

Universidad Nacional
“José Faustino Sánchez Carrión”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

Tesis:

**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN FLOCULADOR
HIDRAULICO HORIZONTAL DE PANTALLAS PARA OPTIMIZAR EL
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PLANTA LOS MOLINOS –
BARRANCA”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

FELICIANO VICTORIANO FLORES LIVIAS

JAVIER HORACIO LA ROSA DÍAZ

ASESOR:

Ing. JAQUELINE VICTORIA ARONI MEJÍA

DOCENTE ASOCIADO A D.E.

HUACHO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por darme la paciencia y la virtud de cumplir mi sueño.

A mi familia, en especial a mis padres que junto a ellos aprendí a valorar el día a día para tratar de llegar a ser un excelente profesional y que con su ejemplo estoy en el camino correcto.

A mi Esposa y mi Hijita por ser la razón de mi superación Profesional.

Javier

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis queridos Padres: Víctor Flores López y Rufina Livias de Flores, quienes estuvieron siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión.

A mi querida Esposa: Gissela y mi linda hijita: Gianella Nicoll, razón y motivo para superarme personalmente y profesionalmente, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

FELICIANO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis Padres por haberme apoyado desinteresadamente y entregado los recursos para culminar mi preparación profesional y estar a mi lado en cualquier momento. Ellos forjaron en mi espíritu la superación.

A la Ing. Jaqueline Victoria Aroni Mejia, Asesor de la Tesis por brindarme la oportunidad de adquirir la experiencia y la información oportuna para llevar a cabo este proyecto de tesis.

A todos mis Profesores gracias por brindarme el conocimiento para llegar a ser un buen profesional y seguir por el camino del bien.

Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía permanente y quien ilumina mi pensamiento para tomar las decisiones más correctas.

A mis Padres por su apoyo invaluable y a mis hermanos con quienes he compartido muchas experiencias y por estar a mi lado en todo momento.

A la Universidad “José Faustino Sánchez Carrión” por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A la Empresa SEMAPA – Barranca, por la oportunidad de desarrollarme Profesionalmente.

A todos los docentes que nos impartieron sus conocimientos en las aulas.

A mi profesor Asesor Ing. Jaqueline Victoria Aroni Mejia por su valioso tiempo dedicado a la elaboración de esta tesis.

FELICIANO

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
RESUMEN	01
ABSTRACTS	03
INTRODUCCIÓN	05
CAPITULO I: GENERALIDADES	07
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	07
1.1.1 Parámetros de calidad y límites máximos permisibles	07
1.1.2 Criterios de calidad y control de calidad del agua	09
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2.1 Problema General	11
1.2.2 Problemas Específicos	11
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
	vi

1.4	LIMITACIONES	12
	CAPITULO II: MARCO TEORICO	14
2.1	ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	14
2.1.1	Visión y Misión de la Empresa	15
2.1.1.1	Visión	15
2.1.1.2	Misión	15
2.1.2	Área Geográfica	16
2.1.2.1	Límite	16
2.1.2.2	Ubicación	16
2.1.2.3	Clima	16
2.1.2.4	Topografía	16
2.1.2.5	Tipo de suelo	17
2.1.2.6	Vías de acceso	17
2.1.2.7	Actividades económicas	17
2.1.2.8	Servicios públicos	17
2.1.2.9	Población	18
2.1.3	Objetivos Institucionales	18
2.1.4	Estructura Orgánica	19
2.1.4.1	Órganos de Alta Dirección	19
2.1.4.2	Órgano de Control	19
2.1.4.3	Órganos de Asesoría	19
2.1.4.4	Órgano de Apoyo	19

2.1.4.5	Órganos de Línea	20
2.1.4.6	Órganos Descentralizados	20
2.1.5	El Agua	21
2.1.5.1	Propiedades del agua	21
2.1.5.2	Empleo del agua	25
2.1.5.3	Fuentes principales de abastecimiento de agua	25
2.1.5.4	Agua de consumo humano	26
2.1.5.5	Principales componentes del agua según la naturaleza	26
2.1.6	Aspectos básicos del tratamiento	26
2.1.6.1	Higiene	26
2.1.6.2	Estético	27
2.1.6.3	Económico	27
2.1.6.4	Fuentes de Contaminación	27
2.1.6.5	Microorganismos en el agua	28
2.1.6.6	Normas de Calidad Físico – Química para uso doméstico	29
2.1.6.7	Normas Bacteriológicos	30
2.1.7	Insumos Químicos	31
2.1.7.1	Coagulantes	31
2.1.7.2	Desinfectantes	32
2.1.8	Preparación y Aplicación de Productos Químicos	34
2.1.8.1	Aplicación del sulfato de aluminio	34
2.1.8.2	Aplicación de desinfectantes	35

2.1.9	Productos Auxiliares	38
2.1.9.1	Polímero Catiónico	38
2.1.10	Plantas de filtración rápida: características	39
2.1.10.1	Planta de filtración rápida completa	40
2.1.10.2	Planta de filtración rápida completa	42
2.2	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.2.1	Internacionales	46
2.2.2	Nacionales	50
2.3	BASES TEORICAS	52
2.3.1	Sistema de Tratamiento	52
2.3.1.1	Agua Superficial	52
2.3.1.2	Línea de conducción II	56
2.3.1.3	Planta de Tratamiento	56
2.3.1.4	Unidad de difusión	64
2.3.1.5	Floculador	64
2.3.1.6	Sedimentador de Flujo Horizontal	65
2.3.1.7	Filtración	67
2.3.1.8	Cisterna	68
2.3.1.9	Desinfección	69
2.3.1.10	Línea de conducción III	74
2.3.1.11	Sistema de almacenamiento	74
2.3.1.12	Línea de aducción	74

2.3.1.13	Línea de distribución	75
2.3.2	Aguas Subterráneas	75
2.3.2.1	Pozo ordeza N° 1	75
2.3.2.2	Pozo ordeza N° 2	75
2.3.2.3	Pozo ordeza N° 3	75
2.3.3	Sistema de almacenamiento	76
2.3.3.1	Reservorio de 270 m ³	76
2.3.4	Planta de Tratamiento de Agua o Planta Potabilizadora	77
2.3.4.1	Tipos de Plantas de Tratamiento de Agua	77
2.4	DEFINICIONES CONCEPTUALES	77
2.5	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	81
2.5.1	Hipótesis General	81
2.5.2	Hipótesis Específicas	81
2.6	ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL	81
2.6.1	Procesos Constructivos	81
2.6.1.1	Desmontaje	81
2.6.1.2	Demolición	82
2.6.1.3	Picado y Perforación	83
2.6.1.4	Concreto armado	84
2.6.1.5	Tarrajeo impermeabilizado	85
2.6.1.6	Concreto armado prefabricado en obra	85
2.6.2	Características Técnicas Importantes	86

2.6.3	Características mecánicas de los materiales	87
2.6.4	Normas	87
2.6.5	Tratamiento previo	88
2.6.5.1	Captación	88
2.6.5.2	Desarenadores	88
2.6.5.3	Pre-sedimentadores	88
2.6.5.4	Planta de Tratamiento	88
2.6	MODIFICACIONES PROYECTADAS	89
2.6.1	Mezcla rápida	90
2.6.2	Floculadores	90
2.6.3	Canal de distribución a los decantadores	91
2.6.4	Decantadores de Placas Paralelas	92
2.6.5	Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo	94
2.7	FLOCULADORES HORIZONTALES	96
2.7.1	Clasificación de los Floculadores	96
2.7.1.1	Floculadores de contacto de sólidos	97
2.7.1.2	Floculadores de potencia o de disipación de energía	98
2.7.1.3	Floculador hidráulico de pantallas	99
2.8	ANÁLISIS DE DOSIFICACIÓN	101
2.8.1	Dosificación	101
2.8.2	Instrumentos y Aparatos	102
2.8.3	Turbidímetro	102

2.8.4	Aparato de Prueba de jarras	103
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN		106
3.1	DISEÑO Y METODO DE INVESTIGACIÓN	106
3.1.1	Diseño	106
3.1.2	Método	107
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	107
3.2.1	Población	108
3.2.2	Muestra	108
3.3	VARIABLES E INDICADORES	108
3.3.1	Definición conceptual de las variables	108
3.3.2	Definición operacional de las variables	109
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	109
3.4.1	Técnicas para recolectar información	109
3.4.2	Instrumentos para recolectar información	110
CAPITULO IV: RESULTADOS		111
4.1	MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE FILTRACIÓN RÁPIDA	111
4.1.1	Floculador de Pantallas	111
4.2	COMPROBACIÓN DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA	113
4.3	MODIFICACIÓN DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A LOS DECANTADORES	115
4.4	DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A LOS DECANTADORES	117

4.5	CÀLCULO DEL DECANTADOR LAMINAR	118
4.6	BATERIA DE FILTROS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO	120
	CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1	DISCUSIÓN	123
5.2	CONCLUSIONES	123
5.3	RECOMENDACIONES	128
	CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	132
6.1	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	132
	ANEXOS	135

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01: Componentes del agua según su naturaleza	26
Cuadro N° 02: Enfermedades relacionadas con el agua	29
Cuadro N° 03: Normas de la Organización Mundial de la Salud	29
Cuadro N° 04: Características Químicas del Aluminio soluble	32
Cuadro N° 05: Características Químicas	33
Cuadro N° 06: Características Químicas del Polímero	39
Cuadro N° 07: Límites de Calidad del Agua para tratamiento mediante filtración	
Rápida completa (1)	42
Cuadro N° 08: Límites de Calidad del Agua para Plantas de filtración directa (1)	44
Cuadro N° 09: Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa (1)	44
Cuadro N° 10: Dimensiones de la cámara de mezcla rápida	57
Cuadro N° 11: Índice de Willcomb	61
Cuadro N° 12: Dimensiones del Floculador	65
Cuadro N° 13: Dimensiones del vertedero	67
Cuadro N° 14: Dimensiones del Filtro	68
Cuadro N° 15: Instrumentos y aparatos	102
Cuadro N° 16: Formulario de Control de lavado de filtros	140
Cuadro N° 17: Condiciones de calidad para establecer filtración directa	142

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01: Organigrama	21
Figura N° 02: Aplicación de solución de cloro en tubería presurizada	36
Figura N° 03: Aplicación de solución de cloro en canal	37
Figura N° 04: Aplicación de solución de cloro en canal – vista lateral	37
Figura N° 05: Diagrama de flujo de la cloración	73
Figura N° 06: Floculador de Pantallas existentes	89
Figura N° 07: Decantador de placas paralelas	94
Figura N° 08: Efecto del periodo de floculación en la sedimentación	100
Figura N° 09: Compartimentalización y cortocircuitos	101

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01: Mililitros de solución de sulfato de Aluminio al 1% que deben dosificarse en los vasos según capacidad	59
Tabla N° 02: Características del nuevo floculador	91
Tabla N° 03: Granulometría del medio filtrante seleccionado	95
Tabla N° 04: Tiempo de operación	104
Tabla N° 05: Primera Modificación del canal	114
Tabla N° 06: Segundo Modificación del canal	116
Tabla N° 07: Dosificación de HTH al 1% de concentración (1000 mg/l) Caudal Planta 185 l/s	136

RESUMEN

El presente estudio de investigación tiene por finalidad resolver los problemas de los pobladores de la ciudad de Barranca, el cual es contar con un sistema de abastecimiento de agua potable de acuerdo a las normas de calidad recomendadas, que sea eficiente y óptimo.

Independientemente de su origen, el agua potable ha de tratarse y someterse a prueba para garantizar su inocuidad. Son muchos los procesos que se llevan a cabo antes de que el agua potable llegue hasta el grifo, y el someter a prueba todos estos procesos, desde la fuente hasta los sistemas de distribución, proporcionará una mayor eficacia para la planta, reducirá sus costos, y entregará a la comunidad un agua potable más inocua.

Por tal motivo, el objetivo principal del presente estudio es determinar la viabilidad técnica y económica para la Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos” Semapa – Barranca S.A.

El estudio consta de ocho capítulos: generalidades, Semapa – Barranca S.A., sistema de tratamiento, análisis y diseño estructural, resultados, presupuesto, análisis de costos unitarios y conclusiones y recomendaciones.

El capítulo referido a generalidades comprende el estudio de los antecedentes, objetivos del estudio, limitaciones del estudio y un resumen concreto del estudio.

La Semapa – Barranca S.A. esta referido a establecer la misión y visión de la empresa, el organigrama funcional y describe las funciones generales de cada área o división, la materia prima y los reactivos e insumos utilizados para su optimización.

El sistema de tratamiento describe el proceso de tratamiento del agua potable, descripción y especificaciones de los equipos principales y auxiliares del proceso productivo, además, comprende el terreno y área necesaria del estudio.

El análisis y diseño estructural explica los procesos constructivos, consideraciones técnicas, características de los materiales y normas adoptadas en el análisis y diseño estructural para la realización del Proyecto de Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos” – Barranca.

Los resultados muestran el dimensionamiento de los equipos y auxiliares del proceso de tratamiento. El presupuesto a muestra los probables ingresos y egresos del estudio por cada una de las actividades desarrolladas en el estudio. El análisis de costos unitarios describe el cálculo desarrollado para determinar el costo unitario de cada actividad realizada.

También se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio, la bibliografía empleada y los anexos respectivos.

Palabras Clave: Tratamiento de agua potable, Optimización, Floculador Hidráulico Horizontal de Pantallas

ABSTRACTS

This research study aims to solve the problems of the inhabitants of the city of Barranca, which is to have a potable water supply system according to the recommended quality standards, which is efficient and optimal.

Regardless of their origin, drinking water has to be treated and tested to ensure its safety. There are many processes that take place before drinking water reaches the tap, and testing all these processes, from the source to the distribution systems, will provide greater efficiency for the plant, reduce costs, and will provide the community with safer drinking water.

For this reason, the main objective of this study is to determine the technical and economic feasibility for the Optimization of the "Los Molinos" Rapid Filtration Plant Semapa - Barranca S.A.

The study consists of eight chapters: generalities, Semapa - Barranca S.A., treatment system, analysis and structural design, results, budget, unit cost analysis and conclusions and recommendations.

The chapter referring to generalities includes the study of the antecedents, objectives of the study, limitations of the study and a concrete summary of the study.

La Semapa - Barranca S.A. it refers to establishing the mission and vision of the company, the functional organizational chart and describes the general functions of each area or division, the raw material and the reagents and supplies used for its optimization.

The treatment system describes the drinking water treatment process, description and specifications of the main and auxiliary equipment of the production process, and includes the land and the necessary area of the study.

The analysis and structural design explains the construction processes, technical considerations, characteristics of the materials and standards adopted in the analysis and structural design for the realization of the Optimization Project of the "Los Molinos" Rapid Filtration Plant - Barranca.

The results show the dimensioning of the equipment and auxiliaries of the treatment process. The budget shows the probable income and expenses of the study for each of the activities developed in the study. The unit cost analysis describes the calculation developed to determine the unit cost of each activity carried out.

The conclusions and recommendations of the study, the bibliography used and the respective annexes are also presented.

Key Words: Drinking water treatment, Optimization, Horizontal Hydraulic Flocculator of Screens

INTRODUCCIÓN

El agua producida por la empresa, proviene de diversas fuentes y generalmente es tratada en una planta con adecuado diseño y operación, desinfectada y entregada al consumidor a través de un sistema de distribución, en cantidad y presión adecuadas.

Los estándares de calidad del agua para consumo humano se establecen mediante valores máximo permisibles referidos a todos los parámetros presentes en el agua que son perjudiciales para la salud o causan rechazo de los consumidores.

Los estándares de calidad del agua pueden clasificarse en varios grupos:

- Organolépticos
- Indeseables en cantidades excesivas
- Los que afectan la salud de la población
- Tóxicos

También se puede hablar de una calidad microbiológica y de una calidad física y química del agua.

La finalidad de la presente Tesis es realizar un Estudio para la Implementación de un Floculador Hidráulico horizontal de Pantallas para optimizar el tratamiento de agua potable en la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos”, con la finalidad de ampliar la cobertura a la red de usuarios en la ciudad de Barranca.

Todo esto se enmarca de acuerdo a las funciones generales de la E.P.S. SEMAPA BARRANCA S.A.:

- Planificar, organizar, coordinar, conducir y evaluar el desarrollo de programas específicos, acciones de promoción, prevención, recuperación de cartera, rehabilitación, docencia e investigación en los servicios públicos que administra en la jurisdicción que le corresponde; además comercializar eficientemente los servicios de agua potable, alcantarillado y colaterales que brinda la empresa.
- Mantener operativo los sistemas de captación, conducción, tratamiento, abastecimiento, distribución del agua potable para el consumo humano; asimismo, la recolección, tratamiento y disposición final de aguas servidas.
- Fomentar, difundir y orientar la investigación y desarrollo de tecnologías adecuadas a la realidad local.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La realidad problemática del presente estudio se centra en solucionar el problema de la falta de cobertura de agua potable en la ciudad de Barranca, la cual se tiene que solucionar a partir de la instalación de un Floculador Hidráulico Horizontal de Pantallas, el cual nos va a permitir optimizar los recursos a partir del tratamiento de mayor cantidad de agua en el menor tiempo, permitiendo coberturar la demanda de agua potable en la población de la ciudad de la ciudad de Barranca.

El agua que produce La EPS SEMAPA BARRANCA S.A., son de fuentes superficiales y subterráneas, las mismas que presentan una calidad aceptable dentro de los rangos que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los procesos de tratamiento que se da en la Planta de Tratamiento los Molinos hace que los estándares de calidad sean buenos, así también las aguas subterráneas de los pozos P1, P2 y Galerías Filtrantes de Vinto, presentan estándares muy aceptables, por lo que se considera un agua de buena calidad para el consumo humano. Además de cumplir con los estándares impuestos sobre Control de Calidad y Límite máximo permisibles.

1.1.1 Parámetros de Calidad y Límites máximos permisibles

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas

internacionales. Los principales parámetros de calidad de agua y los límites máximo permisibles (LMP) referenciales para el agua potable, se indican en el cuadro siguiente

Límites máximo permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua (SUNASS)

PARAMETRO	UNIDAD	LMP
Coliformes totales	UFC/100 mL	ausencia
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	ausencia
Turbiedad	UNT	5
pH	6,5 - 8,5	
Conductividad	uS/cm	1500
Color Platino/Cobalto	20	
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza	mg/L	500

Límites máximo permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua (SUNASS)

PARAMETRO	UNIDAD	LMP
Nitratos	mg/L	50
Hierro	mg/L	0,5 (total con Mn)
Manganeso	mg/L	0,5 (total con Fe)
Aluminio	mg/L	0,2

Cobre	mg/L	3
Plomo	mg/L	0,1
Cadmio	mg/L	0,003
Arsénico	mg/L	0,1
Mercurio	mg/L	0,001
Cromo	mg/L	0,05
Flúor	mg/L	2
Selenio	mg/L	0,05

Límites máximos permisibles: Los límites máximo permisibles son referenciales y la SUNASS así los considera para determinar el porcentaje de muestras que sobrepasan los valores límite; ello se debe a que la norma nacional vigente sobre calidad del agua potable, “reglamento de requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, data del año 1946.

1.1.2 Criterios de calidad y control de calidad del agua

La calidad del agua es el sello que distingue al producto que las EPS brindan a la población, su calidad debe estar acorde a los estándares nacionales y ello debe cumplirse en todo momento. Para garantizar que así sea, las Empresas deben realizar el control de calidad de manera permanente.

El control de calidad es un conjunto de actividades que debe planificarse bajo un enfoque sistémico, donde la labor de los responsables involucra las coordinaciones

necesarias, en el ámbito interno y externo a la empresa, para garantizar la calidad del agua producida y distribuida.

La SUNASS ha emitido dos directivas referidas específicamente al control de la calidad del agua: una está referida a la desinfección, Directiva sobre Desinfección del Agua para Consumo Humano, aprobada por Resolución de Superintendencia N°190-97-SUNASS y la otra al control bacteriológico, físico y químico del agua, Directiva sobre Control de Calidad del Agua Potable, aprobada por Resolución de Superintendencia N°1121-99-SUNASS

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema central que se presenta en el estudio de investigación Esquema y da origen al respectivo proyecto, son las “Frecuentes Casos de Enfermedades Infecciosas, Parasitarias y Dérmicas”, que sufre la Población en Las Delicias de Villa y Anexos del distrito de Chorrillos. 2.5.1.1.Causas Directas e Indirectas - Insuficiente cantidad de agua (causa directa) - Consumo de Agua de calidad no garantizada (causa directa) Estas causas son generadas por: - Insuficiente cobertura e inadecuado servicio de agua potable (causas indirectas). - Inadecuada disposición de excretas y aguas servidas (causa directa), generado por: Falta de un servicio de alcantarillado (causa indirecta). - Inadecuados Hábitos de Higiene (causa directa), generado por: Baja educación sanitaria de la población (causa indirecta).

En consecuencia, formulamos el problema general y los problemas específicos:

1.3.1 Problema General

¿Será factible aumentar y optimizar el tratamiento del agua potable en la Planta de Filtración de Los Molinos – EMAPA S.A.?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Será factible analizar sus principales propiedades físicas y químicas del agua?
- ¿Será factible alcanzar un óptimo nivel de desarrollo en la región con respecto a la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, conjugando para ello el empleo de un conjunto de técnicas sofisticadas de empleo físico y no tangible?
- ¿Será factible promover y difundir el Proceso de Tratamiento del Agua Potable en la EPS SEMAPA BARRANCA S.A., como un instrumento de desarrollo de política social, en función de las necesidades de atender la vida y el bienestar de la población?
- ¿Será factible contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, incrementando la cobertura del servicio en los diferentes sectores de la jurisdicción de la empresa que no cuenta con el servicio?

1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio persigue los siguientes objetivos:

1.3.1 Objetivo General.

Aumentar y Optimizar el tratamiento del agua potable en la Planta de Filtración de Los Molinos – EMAPA S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- a) Analizar sus principales propiedades físicas y químicas del agua.

- b) Alcanzar un óptimo nivel de desarrollo en la región con respecto a la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, conjugando para ello el empleo de un conjunto de técnicas sofisticadas de empleo físico y no tangible.
- c) Promover en la EPS SEMAPA BARRANCA S.A como un instrumento de desarrollo de política social, en función de las necesidades de atender la vida y el bienestar de la población.
- d) Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, incrementando la cobertura del servicio en los diferentes sectores de la jurisdicción de la empresa que no cuenta con el servicio

1.4 LIMITACIONES

Las plantas de tratamiento tienen límites en cuanto a la calidad del agua que pueden tratar. Asimismo, cuando ocurre un cambio muy brusco de calidad del agua, si no se dispone de un embalse o presedimentador, podría ser conveniente suspender el tratamiento, mientras pasa el pico de turbiedad.

Algunos de los principales compuestos que no podrían ser tratados adecuadamente por la planta son:

- a) Valores de color orgánico y turbiedad elevados que superen los límites siguientes:
 - turbiedad > 1000 UNT
 - color > 600 UC

Estos límites deberán ser comprobados en la práctica, estudiando las variaciones de la calidad de la fuente, durante un lapso de por lo menos 1 año. En el caso de superarse las 1000 UNT, deberá preverse tratamiento preliminar por pre-sedimentación. En el

caso de presentarse color orgánico mayor de 600 UC, estudiar en el laboratorio la alternativa de aplicar un polímero y proyectar las instalaciones respectivas.

- b) Contenido de cloruros (salinidad) superior a 250 mg/l. Algunas veces se acepta como límite superior 400 mg/l de cloruros.
- c) Presencia de pesticidas y agroquímicos en general, que obligue a un estudio especial de la calidad del agua.
- d) Presencia de hidrocarburos.
- e) Sustancias productoras de olor y sabor (fenoles).
- f) Sustancias tóxicas extremadamente peligrosas como: Arsénico, Cadmio, Mercurio, Cianuro, Plomo. En estos casos deberá establecerse una dosificación especial.
- g) Bajo caudal: Caudal mínimo de lavado de un filtro = 185 l/s. Con caudales menores de 185 l/s el lecho no expandirá adecuadamente, no quedará bien lavado y gradualmente se irá apelmazando y deteriorando la eficiencia del filtro. Con caudales mayores, la expansión será demasiado alta y gradualmente se irá perdiendo la antracita.

CAPITULO II

MARCO TEORÍCO

2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La Empresa de Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Barranca Sociedad Anónima “SEMAPA BARRANCA S.A “ se ubica en la ciudad de Barranca, capital de la provincia del mismo nombre .

La escritura pública de constitución se formaliza en la ciudad de barranca, provincia de Barranca, con fecha 15 de junio de 1993, cuya escritura contiene el estatuto de la empresa.

La naturaleza jurídica de SEMAPA BARRANCA S.A es la de una empresa Municipal de derecho privado. En la actualidad la EPS SEMAPA BARRANCA S.A viene administrando las localidades de Supe Pueblo y Barranca.

La ciudad de Barranca se encuentra ubicada en la faja costera del Océano Pacifico a 47 msnm y a 200 Km de la ciudad de Lima, su clima es calido templado.

La E.P.S. SEMAPA BARRANCA S.A tiene por finalidad el servicio de agua potable y alcantarillado en la provincia de barranca, preservando la salud publica y el medio ambiente a través de tratamiento que aseguren la calidad del agua potable y el manejo adecuado de las aguas servidas acorde con las normas vigentes y rangos permisibles establecidos por los organismos reguladores y de salud correspondientes.

Es el organismo que establece las políticas sanitarias de forma integral, así como de dirigir, evaluar, ejecutar y supervisar los proyectos que conduzcan a la mejora, ampliación y/o rehabilitación del servicio que presta.

El sistema de abastecimiento de agua Potable de la ciudad de Barranca es del tipo mixto o conjuntivo el cual tiene como fuentes de abastecimiento las aguas superficiales (Río Pativilca), y las aguas subterráneas (Galerías filtrantes y Pozos), siendo el caso que los caudales disponibles de estas fuentes deberían permitir abastecer satisfactoriamente a la población; sin embargo, esto no ocurre debido a las pérdidas de agua que se produce tanto en las redes como en las conexiones intradomiciliarias

2.1.1 Visión y Misión de la Empresa

2.1.1.1 Visión

“Aspiramos a ser una empresa líder a nivel regional, sólida que brinde confianza necesaria, la calidad y eficiencia de los servicios prestados, mejorando para ello la cobertura y el control de producción y distribución”

2.1.1.2 Misión

“Brindar a los usuarios un servicio continuo en calidad y un adecuado volumen para satisfacer la demanda y mejorar la calidad de vida de los usuarios, preservando el medio ambiente y manteniéndonos dentro de los parámetros establecidos por los organismos reguladores

2.1.2 Área Geográfica

2.1.2.1 Límite

La Provincia de Barranca comprende 05 Distritos y cuenta con la ciudad de Barranca como Capital, se encuentra delimitada con el Norte con La Provincia de Huarvey, por el Sur Con la Provincia de Huaura, por el Este con la Provincia de Bolognesi y por el Oeste con el Océano Pacífico.

2.1.2.2 Ubicación

Barranca se encuentra ubicado a 2° 06' de longitud Oeste y 88° 17' 30" de latitud sur y a 180 Km. de la ciudad de Lima, a 49 m.s.n.m. y una superficie de 153.73 Km². y el distrito de Supe 516.28 Km².

2.1.2.3 Clima

El clima de la localidad de Barranca y Distritos es cálido, la temperatura media promedio es de 18.0° C variando entre una máxima media mensual promedio de 20.2 ° C y una mínima media mensual de 13.4 ° C. La humedad relativa mensual promedio es de 82% con una máxima de 75% en Junio y una mínima de 3% en Febrero. El promedio de precipitaciones total mensual es de 0.7 mm. Y ocurre solo en los meses de invierno, siendo la evaporación total mensual promedio de 83.4 mm.

2.1.2.4 Topografía

La ciudad de Barranca y Distritos presenta una topografía casi plana, inclinada de Oeste a Este con una pendiente de 1% a 4%, por lo que las redes de agua potable corresponden a una zona de presión variando de la cota de 35 a 100 m.s.n.m.

2.1.2.5 Tipo de Suelo

El terreno sobre el cual se asienta la ciudad de Barranca, presenta un suelo que predomina conglomerados aluviales de arcillas y limos conformando un terreno normal para efectos de excavaciones de zanjas.

2.1.2.6 Vías de Acceso

La principal vía de acceso es la carretera Panamericana Norte, que la conecta con todas las ciudades de la costa. El tiempo de viaje promedio a la ciudad de Lima es de 3 horas, así mismo existen carreteras de penetración que se comunican con las ciudades de la sierra.

2.1.2.7 Actividades Económicas

La Principal actividad económica en la ciudad de Barranca es el comercio y en menor escala la agricultura, ganadería y pesca. La Provincia de Barranca representa el punto de intersección con las localidades de la sierra, por lo se hace mas intensa la actividad comercial.

Así también, por su buena ubicación a lo largo del litoral peruano, la ciudad de Barranca posee hermosas playas, incrementando así la actividad turística.

2.1.2.8 Servicios Públicos

La ciudad de Barranca por su cercanía a Lima dispone de la mayoría de los servicios y adelantos actuales, teléfono, fax, radio, TV-cable, Internet, Universidad, vías de comunicación etc. Así mismo, es posible conseguir comunicación con cualquier lugar de la República y el exterior.

2.1.2.9 Población

La ciudad de Barranca comprende además del casco urbano, los centros poblados periféricos, no se han considerado a los centros poblados rurales, debido a que en su mayoría son caseríos, anexos y unidades agropecuarias, muy distantes del casco urbano. La población para el año 2004 es de 67,128 habitantes de los cuales 57,503 habitantes corresponden a la población servida con agua potable representando un 85.66% de cobertura, y 54,958 habitantes representando el 81.87% de cobertura para el servicio de alcantarillado.

El presente expediente se apoyó en los datos de población censada (total, urbana y rural), INEI 1993.

2.1.3 Objetivos Institucionales

- a) Salvaguardar la democratización de la prestación de los servicios públicos como principio de solidaridad y de paz en el ámbito de su competencia.
- b) Alcanzar un óptimo nivel de desarrollo en la región con respecto a la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, conjugando para ello el empleo de un conjunto de técnicas sofisticadas de empleo físico y no tangible.
- c) Promover a la EPS SEMAPA BARRANCA S.A como un instrumento de desarrollo de política social, en función de las necesidades de atender la vida y el bienestar de la población.
- d) Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, incrementando la cobertura del servicio en los diferentes sectores de la jurisdicción de la empresa que no cuenta con el servicio

2.1.4 Estructura Orgánica

Para el cumplimiento de las funciones establecidas la E.P.S. SEMAPA BARRANCA S.A. cuenta con la siguiente estructura orgánica:

2.1.4.1 Órganos de Alta Dirección.

- Junta General de Accionistas.
- Directorio.
- Gerencia General.

2.1.4.2 Órgano de Control.

- Oficina de Auditoría Interna.

2.1.4.3 Órganos de Asesoría.

- Oficina de Planificación y Presupuesto.
- Oficina de Asesoría Legal.

2.1.4.4 Órgano de Apoyo.

- Gerencia Administrativa y Financiera.
 - ♦ Departamento de Recursos Humanos.
 - ♦ Departamento de Logística.
 - Área de Programación y Adquisiciones.
 - Área de Almacén.
 - Área de Control Patrimonial.
 - Área de Servicios Generales.
 - ♦ Departamento de Estadística e Informática.
 - ♦ Departamento de Contabilidad.

- ♦ Departamento de Tesorería.
- ♦ Departamento de Servicios Generales.

2.1.4.5 Órganos de Línea.

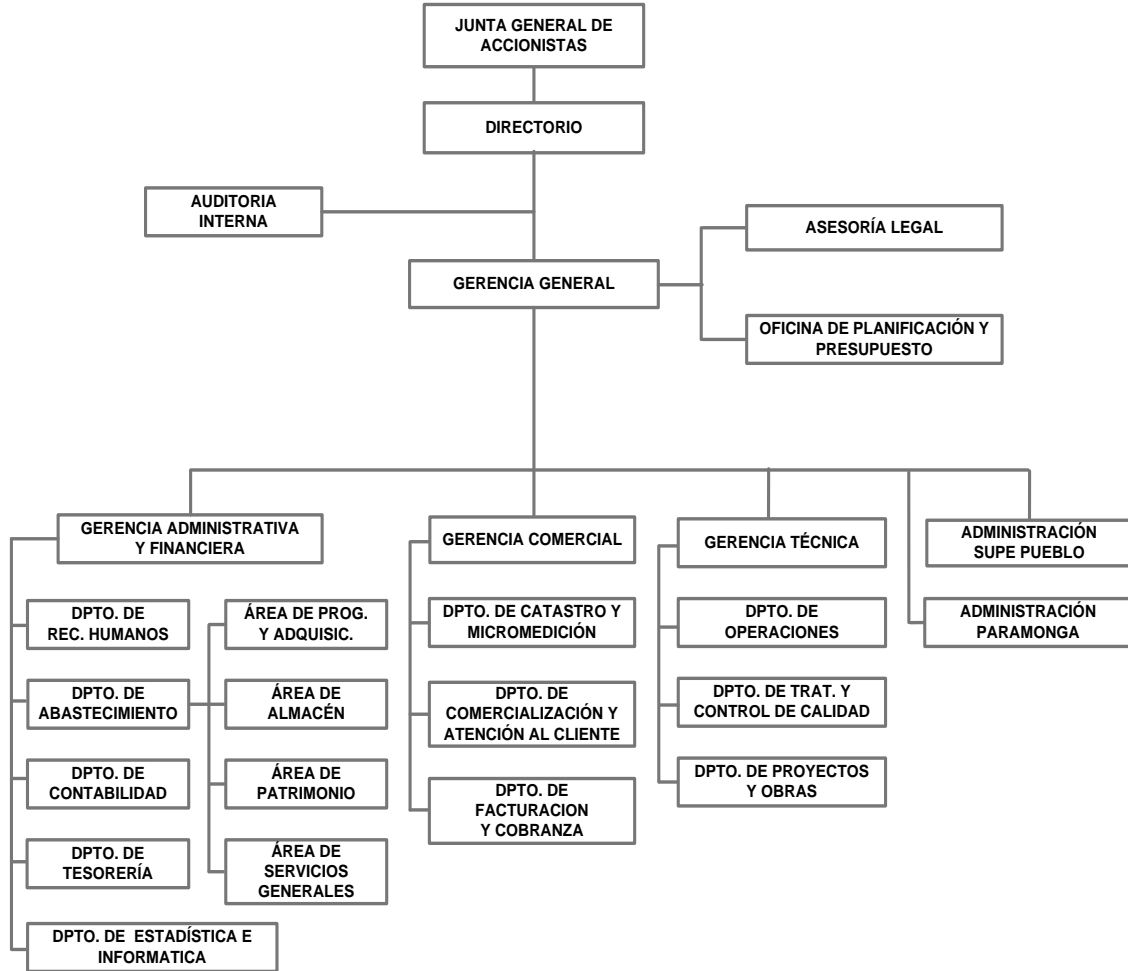
- Gerencia Comercial.
 - ♦ Departamento de Catastro y Micro medición.
 - ♦ Departamento de Comercialización y Atención al Cliente.
 - ♦ Departamento de Facturación y Cobranzas.
 - Área de Facturación.
 - Área de Cobranzas.
- Gerencia Técnica.
 - ♦ Departamento de Operaciones.
 - ♦ Departamento de Control de Calidad.
 - ♦ Departamento de Proyectos y Obras.

2.1.4.6 Órganos Descentralizados.

- Administración de Supe Pueblo.
- Administración de Paramonga.

ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL DE LA E.P.S. SEMAPA BARRANCA S.A.

Figura N° 1: Organigrama



Fuente: SEMAPA - Barranca

2.1.5 El Agua

2.1.5.1 Propiedades del agua

- a. **Calor específico.**- Se llama calor específico a la cantidad de calor que debe suministrarse a una unidad de masa de un cuerpo para elevar su temperatura en un 1° (un grado). Aparte del amoníaco líquido, el agua posee el calor específico

más alto de todos los líquidos, lo cual hace que aporte una gran transferencia de calor para producir pequeñas variaciones de temperatura, es decir posee una gran cantidad de capacidad térmicas. Esto trae como consecuencia su utilización en los intercambiadores de calor.

El calor específico del agua es 1,0 cal/gr en comparación de los líquidos orgánicos que tienen un valor comprendido entre 0,4 y 0,6 (alcoholes y éteres), compuestos biológicos como los amino-ácidos, la úrea, los triglicéridos, cuyo valor oscila entre 0,3 y 0,4, y por último, los elementos metálicos que muestran ser “fríos”, con el más bajo calor específico, como los alcalino-térreos, que varían entre 0,1 y 0,3; el hierro y el cobre son menores a 0,1. Se explica este comportamiento especial por la fuerte resistencia opuesta por la ligadura de hidrógenos al movimiento llamado de agitación térmica que se consigue cuando se suministra calor.

- b. Tensión superficial.**- Se define a la tensión superficial como la razón entre la fuerza superficial a la longitud (perpendicular a la fuerza) a lo largo de la cual actúa.

$$\text{Tensión superficial} = F / 2 L$$

A excepción del mercurio, el agua tiene mayor tensión superficial de las sustancias líquidas (73,5 dinas/cm a 15 °C). Se explica esta característica por la ligadura de hidrógenos que le da una fuerza de unión muy alta, cuyos efectos se manifiestan particularmente sobre la superficie externa de las gotas, que tienen forma esférica.

Las sustancias tenso – activas no iónicas, como el alcohol monilfenólico condensado con 9 moles de óxido de etileno, producen una disminución de la tensión superficial del agua hasta 30 dinas /cm (semejantes a los triglicéridos) y permiten limpiar fácilmente los objetos y dar infinidad de aplicaciones industriales y domésticas.

c. Densidad.- La densidad se define como la razón masa al volumen. Todos los demás cuerpos aumentan su densidad con la disminución de la temperatura. La máxima densidad del agua a la presión de la atmósfera se alcanza a una temperatura de 4 °C. Por ejemplo, por debajo de esta temperatura la densidad vuelve a disminuir hasta cuando se alcanza el punto de congelación a 0 °C.

El paso de estado de hielo es caracterizado por una fuerte y violenta disminución de densidad en donde el volumen de hielo resulta superior a un 10% respecto a una igual masa de agua. A medida de que la temperatura baje la densidad vuelve a aumentar.

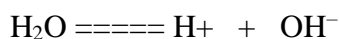
d. Poder Absolvente.- Al agua se le confiere, entre todas las sustancias, la propiedad de ser el solvente universal lo que se explica por la elevada constante dieléctrica. Además, ésta propiedad hace que el agua se use como medio electrolítico y para formar soluciones coloidales.

Si bien es cierto que compuestos sofisticados se han preparado últimamente tales como la acetamida fundida (C_2H_5NO) y la formamida (CH_3NO), los cuales parecen ser más “solventes” que el agua líquida, ésta última sigue siendo el solvente más utilizado por su facilidad de obtención, precio bajo y uso fácil.

e. **Disociación Iónica.**- El agua químicamente pura está formada por moléculas neutras con fórmulas H₂O. La separación de la molécula en sus componentes se llama ionización. La auto – ionización del agua es pequeña, pero muy importante, pues se divide en iones hidrógeno positivos H⁺ e iones oxidrilo negativos OH⁻ y otra vez la reacción es reversible. De acuerdo a la ley de acción de masas, cuando dos reacciones opuestas proceden a igual velocidad, o sea, cuando el sistema está en equilibrio y la concentración entre ellos se efectúa, la razón de concentración de los constituyentes es constante.

$$\frac{(\text{H}^+) (\text{OH}^-)}{(\text{H}_2\text{O})} = \text{Constante K} = 10^{-14}$$

Que significa que a la temperatura normal, el agua pura contiene 55 moles de agua por litro, pero sólo 10⁻⁷ moles, tanto de iones hidrógeno como de iones oxidrilo.



A 25 °C es q.p. tiene la misma concentración de H⁺ y OH⁻.

La constante implica, que al aumentar la concentración de uno de los iones, el otro debe disminuir.

Si [H⁺] es mayor que [OH⁻] la solución será ácida.

Si [H⁻] es mayor que [OH⁺] la solución es alcalina

En general la concentración de los iones H⁺ y OH⁻ se expresan como pH y pOH respectivamente.

Se define como el logaritmo negativo de la concentración H⁺

$$\text{pH} = \log_{10} \text{H}^{-1}$$

Así, una solución con un $\text{pH} = 5$, indica que la concentración de iones hidrógeno es de 1×10^{-5} moles/litro.

2.1.5.2 Empleo del agua

1. Para consumo humano
2. Para procesos industriales
3. Para sistemas de enfriamiento
4. Para calderos
5. Para análisis, Etc.

2.1.5.3 Fuentes principales de abastecimiento de agua

- a. **Agua Meteóricas**; como la lluvia, granizo, nieve, escarchas.
- b. **Aguas superficiales**: como ríos, lagos, lagunas, acequias, canales, arroyos y en casos específicos puede ser agua de mar.
- c. **Aguas subterráneas**: como manantiales, galerías filtrantes y pozos (los mismos que pueden ser: pozos profundos cuando son de una profundidad mayor a los 30 mts. y pozos poco profundos de menos de 20 mts.)

Las aguas subterráneas constituyen importantes fuentes de abastecimiento de agua, tiene muchas ventajas, su temperatura es uniforme durante el año, su captación resulta más barata que los embalses y las cantidades de agua no requieren tratamiento. Las acequias prácticamente no les afectan, durante los períodos secos; los pozos, las fuentes y las corrientes se alimentan de agua subterráneas, la cual se repone por percolación o durante las lluvias. En lo que

respecta a tipos de pozos, un pozo artesiano, es aquel en que el agua se eleva por encima del nivel en que se encuentra el acuífero; el pozo ordinario es aquel en que el agua se eleva a la altura del material saturado que lo rodea y esta sometida a presión atmosférica.

2.1.5.4 Agua de Consumo Humano

Es el agua que cumple con los requisitos físico-químicos y bacteriológicos que se especifican en el reglamento de calidad del Agua para consumo humano.

2.1.5.5 Principales componentes del agua según la naturaleza

Cuadro N° 1: Componentes del agua según su naturaleza

NATURALEZA	PRODUCTOS
Mineral	Arcilla, arena, carbonato, bicarbonato de calcio, fosfatos, cloruros, calcio, hierro, magnesio, manganeso y otros.
Orgánico	Carbohidratos, proteínas, materia orgánica, restos de plantas y animales.
Organismos	Algas, hongos, protozoos, bacteria, virus.

2.1.6 Aspectos Básicos del Tratamiento

2.1.6.1 Higiene

Reduce la excesiva mineralización o materias orgánicas que puedan originar trastornos fisiológicos de diferente orden y agregar sustancias que aminoren o reduzcan el desarrollo de ciertos trastornos orgánicos propio de los consumidores, esto quiere decir que se debe de eliminar la bacteria, protozoos, quistes, huevos de parásitos y en general aquellos organismos capaces de producir enfermedades.

2.1.6.2 Estético

Reduce y elimina los factores físicos característicos de las aguas, tales como la turbiedad, olor, color y sabor, que por lo general impresionan al público consumidor; y aunque no constituyen realmente un problema de salud pública, debe reducirse su concentración para que el consumidor no los rechace y busque otras fuentes que pese a no presentar estas características físicas pueden estar contaminadas biológicamente.

2.1.6.3 Económico

Reduce y elimina el efecto corrosivo o incrustantes del agua, ya que este efecto hace que las tuberías metálicas tengan menor vida útil, la dureza ocasiona mayor consumo de jabón, forma una gruesa costra calcárea (sarro) en los utensilios de cocina y mancha los sanitarios y las ropas. La tecnología debe de ser sencilla, eficiente, confiable y económicas, cuyos costos no sean tan elevadas.

2.1.6.4 Fuentes de Contaminación

Los proyectos hídricos, relacionados con la salud están diseñados para proveer agua potable con métodos seguros, con el fin de mejorar la nutrición; por lo que siempre se tiene que realizar análisis físico- químico como microbiológico debido a que el ciclo hidrológico que realiza el agua puede acarrear sustancias que alteren su composición.

2.1.6.5 Microorganismos en el Agua

El agua conduce organismos microscópicos que pueden causar enfermedades en el ser humano. Estos organismos incluyen bacterias, distintos tipos de virus, hongos y protozoarios unicelulares.

El agua proporciona un ambiente necesario para el de muchos animales que transmiten enfermedades. Estos animales llamados vectores, raramente causan enfermedades en forma directa si no a través de los microorganismos que conducen y que son los que causan las enfermedades.

Las moscas y mosquitos, especialmente ayudan a pasar los gérmenes de la persona a la sana, extendiendo de esta manera las enfermedades. En muchos caso el insecto pasa solamente una parte de su vida o de su ciclo de vida en el agua, pero puede transmitir la enfermedad a los humanos sin su contacto directo con el agua infectada.

Las fuentes de aguas pueden proveer ambientes adecuados para formas de vida que son parásitos muy comunes en el ser humano.

Estos parásitos que pueden ser organismos unicelulares, lombrices planas o redondas, son responsables de las enfermedades más comunes que hay en el mundo y que causan gastos en servicios y tratamientos médicos. Ejemplos muy comunes de las enfermedades causadas por estos parásitos son: esquistosomiasis, filariasi y disenteria amebiana.

El siguiente cuadro registra algunas de las principales enfermedades relacionadas con el agua.

Cuadro N° 2
ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA

ENFERMEDAD	AGENTE PATÓGENO	FUNCIÓN DEL AGUA
Cólera	Bacteria	Transmisión directa ingestión
Fiebre Tifoidea	Bacteria	Transmisión directa ingestión
Disentería basilar	Bacteria	Ingestión ocasional
Diarrea (Enteritis)	E. Coli Salmonella Tiphy	Transmisión directa ingestión
Disentería amebiana	Protozoaríos	Transmisión ocasional
Hepatitis (Infecciosa)	Virus	Transmisión directa ingestión
Esquistosomiasis (Bilohariasis)	Lombriz	Transmisión directa Penetración en la piel
Ascariasis	Lombriz	Transmisión directa ingestión
Dracontiasis	Lombriz	Transmisión directa ingestión
Distomatosis distomiasis	Lombriz	Hábitat para huésped intermedio
Malaria	Mosquito	Hábitat para vectores
Filaria	Mosquito	Hábitat para vectores
Fiebre amarilla	Mosquito	Hábitat para vectores
Oncocerciasis	Mosca Negra	Hábitat para vectores

2.1.6.6 Normas de Calidad Físico - Químico del Agua para Uso Doméstico.

Cuadro N° 3

Normas de la Organización Mundial de la Salud

SUSTANCIA	MÁXIMA RECOMENDABLE	MÁXIMA PERMISIBLE
CARACT. FÍSICAS		
TURBIEDAD (U.J.)	5	25
COLOR (UNIDADES)	5	50
OLOR Y SABOR	NINGUNO	NINGUNO
SÓLIDOS TOTALES (ppm)	500	1500

CARACT. QUÍMICAS		
A. GENERALES		
RANGO DE PH	7,0 - 8,5	6,5 - 9,0
DUREZA TOTAL (ppm)	100	500
B. METALES		
CALCIO (ppm)	75	200
HIERRO (ppm)	0,1	1,0
MANGANESO (ppm)	0,05	0,5
MAGNESIO (ppm)	30	150
ZINC (ppm)	5	15
BORO (ppm)	-	-

2.1.6.7 Normas Bacteriológicas

Las normas de la OMS reconocen que pueden haber contaminaciones que desmejoren la calidad, en vista de lo cual recomienda que:

- a.** En el curso del año, el 95% de las muestras no deben contener ningún germen coliforme en 100 ml.
- b.** Ninguna muestra ha de contener E. Coli en 100 ml.
- c.** Ninguna muestra ha de contener más de 10 gérmenes coliformes por 100 ml.
- d.** En ningún caso ha de hallarse gérmenes coliformes en 100 ml de dos muestras consecutivas.

Las normas de sanidad dicen que toda agua para consumo tienen que llegar a los siguientes requisitos:

- Cuando se examinen porciones normales de 10 ml no más de 10 % debe mostrar en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible

la presencia del grupo coliforme en 3 ó más de las proporciones de 10ml de una muestra normal.

- Cuando se examinan porciones normales de 100ml no más del 60 % debe mostrar, en cualquier mes la presencia del grupo coliforme en todas las cinco porciones de 100 ml de una muestra normal.
- Cuando se aplique la técnica de filtro de membranas, la media aritmética de la densidad coliforme de todas las muestras normales que se examinen en un mes, no debe exceder de un organismo por 100ml. El número de coliformes por muestra normal que se examinen en un mes, no debe exceder de un organismo de coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/100 ml, 7/200 ml, o 13/500 ml.

2.1.7 Insumos Químicos

2.1.7.1 Coagulantes

A. Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio tipo B-500, es un producto granulado que se obtiene de la reacción de la Bauxita con ácido sulfúrico debidamente clasificado por un proceso granulométrico, su formula química es $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$, es una de las sustancia químicas mas usadas para promover la coagulación en los procesos de tratamiento de agua.

a. Característica

- **Apariencias:** Sólidos granulados, color beige, soluble en agua

Cuadro N° 4

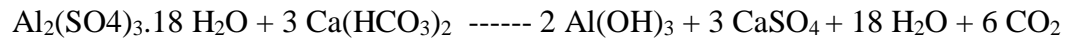
Características químicas del Aluminio soluble

Características Químicas	Valores Típicos	Especificaciones
Aluminio Soluble(Al ₂ O ₃)	16.10	15.50 min
Basicidad (Al ₂ O ₃)	0.50	0.70 max
Fierro soluble (Fe ₂ O ₃)	0.15	0.50 max
Material Insoluble	3.1	3.5 max

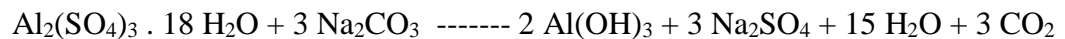
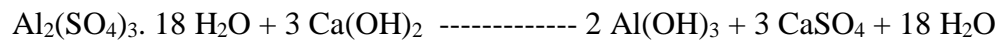
▪ **Reacciones**

La coagulación con sulfato de aluminio se realiza en el rango de pH de 5,0 a 7,0. Las reacciones teóricas del sulfato de aluminio con la alcalinidad natural y adicionada son las siguientes:

Con alcalinidad natural



Con la alcalinidad adicionada



2.1.7.2 Desinfectantes

A. Cloro

El cloro es el principal desinfectante utilizado en el tratamiento de agua. Sin embargo, su utilización debe ser acompañada de cuidados especiales, ya que se trata de un producto que al ser utilizado de manera inadecuada puede causar serios riesgos a la salud del hombre y al medio ambiente.

En condiciones ambientales, el cloro es un gas amarillo verdoso de olor irritante, penetrante y lesivo a las vías respiratorias, aún en bajas concentraciones. Es más denso que el aire, lo que significa que en casos de fuga el gas tiende a acumularse junto al suelo.

El cloro seco no es corrosivo a los metales; sin embargo, en contacto con el agua se transforma en ácido clorhídrico, tornándose extremadamente corrosivo

B. Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio resulta de una combinación del cloro con hidróxido de calcio, es un poderoso desinfectante (bactericida y alguicida) y agente oxidante. Este producto es utilizado en las Plantas de Tratamiento de Agua es suministrado en la forma de polvo blanco, con contenido de cloro activo de aproximadamente 70%.

Tiene buena estabilidad cuando protegido de la humedad.

a. Características

- **Apariencia:** Sólido granulado, color blanco a beige, soluble en agua.

Cuadro N° 5: Características químicas

Características Químicas	Valores Típicos	Especificaciones
Cloro disponible	72.00	65.0 min
Solubilidad en agua	completa	

2.1.8 Preparación y aplicación de productos químicos

2.1.8.1 Aplicación del Sulfato de aluminio

Por Vía Húmeda

- **Preparación de la solución**

Las soluciones son preparadas en tanques apropiados, de madera, de acero o de concreto, debidamente protegidos con revestimiento antiácido.

Esos tanques tienen:

- Una caja perforada - con tela fina de acero inoxidable o plástico - donde se coloca el sulfato de aluminio a ser disuelto.
- Dispositivo en forma de ducha - por donde el agua al caer va disolviendo la sal.
- Dispositivo manual o mecánico de agitación para homogeneizar la solución preparada con aguas poco turbias - o en la utilización del sulfato negro. Es conveniente una agitación constante para mantener a los insolubles en suspensión. Para otros tipos de agua, se utiliza la solución sedimentada.

Durante el preparo, es importante mantener la concentración prevista de la solución. En caso de preparo de solución en un tanque que no esté totalmente vacío, el operador debe adicionar sólo la cantidad de producto necesaria para completar el tanque y alcanzar la concentración deseada. Por esa razón, es importante que la instalación disponga de una balanza que permita determinar el peso exacto de producto a adicionar.

- **Aplicación**

La solución preparada con la concentración de 5 a 10% facilita su dosificación en instalaciones de pequeño tamaño y es aplicada en el agua a través de dosificadores que pueden ser:

- caja de nivel constante, con orificio graduable;
- caja de nivel constante, con dosificador rotativo;
- caja de nivel constante controlada mediante reboces y bomba con retorno de líquido excedente;
- bomba a diafragma, con velocidad y curso regulable.

2.1.8.2 Aplicación de desinfectantes

A. Cloro gas

El cloro gas es suministrado en cilindros de 68 kg.

Los cloradores pueden ser de aplicación directa, cuando el gas cloro es inyectado directamente en el agua a ser desinfectada, o a vacuo, cuando se produce una solución de cloro que será mezclada al agua.

Para la obtención del mejor resultado de la desinfección, es necesario mantener un tiempo de contacto mínimo de 10 minutos entre el cloro y el agua a desinfectar. Para eso se utilizan tanques de contacto, usualmente equipados con pantallas.

Además del tiempo de contacto, es importante garantizar una buena distribución del producto en el agua a ser desinfectada. Las figuras presentadas a continuación muestran esquemas de aplicación de solución clarada en tubería

o en canal, y de aplicación directa de cloro gas, con uso de difusores para mejorar la distribución del producto, en ambos casos.

Los difusores de solución de cloro son dimensionados para una velocidad de 2 m/s en los orificios, de modo que garantice la distribución uniforme.

El uso directo de cloro gas normalmente se efectúa sólo en condiciones de emergencia y exige el empleo de difusores especiales.

El Procedimiento - **Desinfección - Sistemas de Cloración** - presenta los detalles de instalación, operación y control de los cloradores.

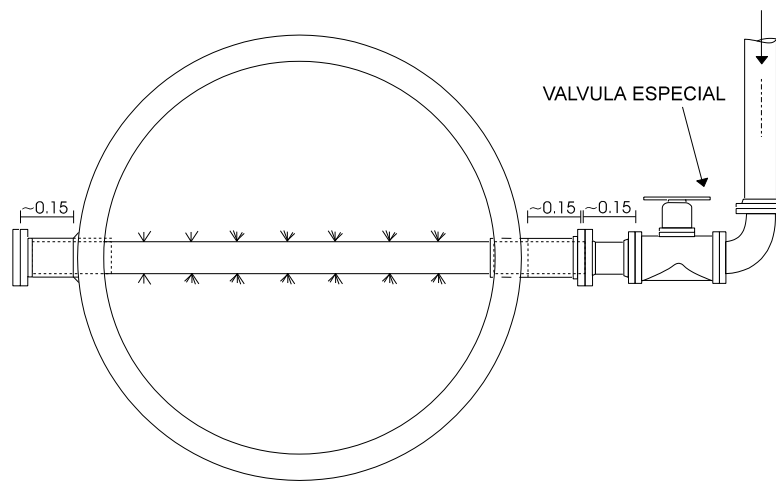


Fig. N° 2: Aplicación de solución de cloro en tubería presurizada

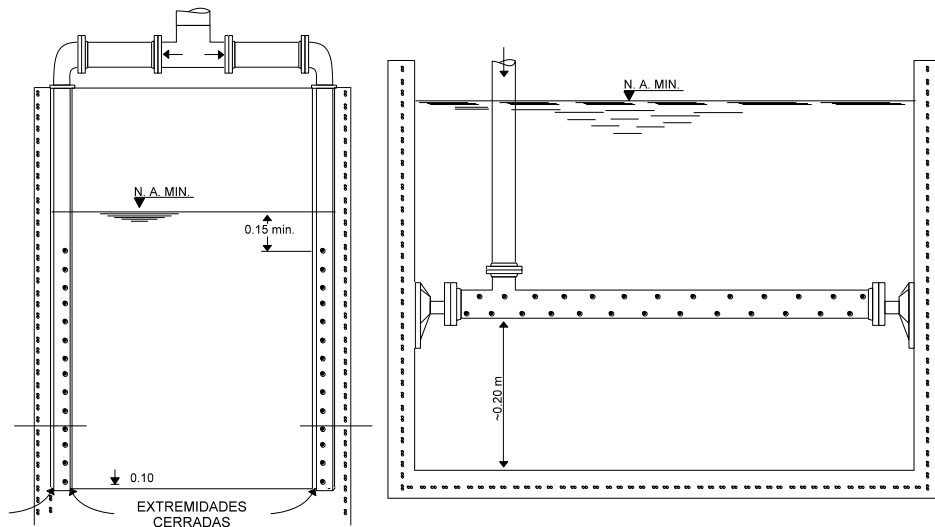


Fig. N° 3: Aplicación de solución de cloro en canal

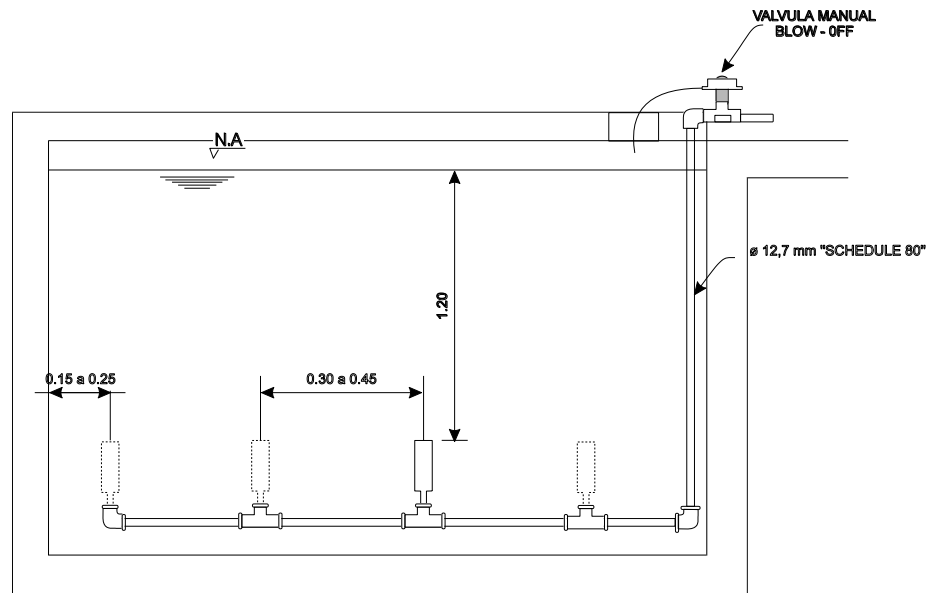


Fig. N° 4: Aplicación de solución de cloro en canal – Vista lateral

B. Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, es un desinfectante largamente utilizado en el Perú.

La aplicación del producto es por vía húmeda, necesitando ser disuelto previamente en agua.

La inconveniencia de su uso está en la presencia de la cal, que provoca atoros en las tuberías y equipos y dificulta el control de su dosificación. Previa aplicación, la solución debe ser sometida a sedimentación, debido a la presencia de residuos.

Los equipos utilizados para dosificación son:

- bombas dosificadoras
- hidroeyectores
- caja de nivel constante, con orificio graduable;

En situaciones de emergencia se puede utilizar un tanque provisto de tubería de descarga acoplada a un flotador, con válvula de ajuste en la extremidad. Este tipo de instalación fue ampliamente utilizada en las pequeñas localidades de Provincias, durante la epidemia de cólera. Debido a la dificultad del control de dosificación y, por lo tanto, del residual de cloro en el agua tratada, se recomienda su sustitución por equipos más confiables.

2.1.9 Productos Auxiliares

2.1.9.1 Polímero catiónico (CATFLOC CF-CL)

Poli electrólito catiónico en solución acuosa al 35% de sólidos poliméricos orgánicos, recomendado como producto auxiliar de coagulación-floculación en la clarificación y tratamiento de agua potable.

A. Aplicaciones

Se emplea principalmente en el tratamiento de agua y efluentes como auxiliar de floculación y auxiliar de desagüe de todos. Se aplica después del coagulante primario, una vez iniciada la desestabilizada de los coloides.

También puede actuar como coagulante primario en algunos tipos de agua, requiriendo en muchos casos el uso adicional de arcilla.

B. Características

a. **Apariencia:** Líquido viscoso y claro, de color amarillo soluble en agua.

Cuadro N° 6: Característica Química del polímero

Análisis Químico	Objetivo	Especificación
Característica Química del polímero		DMDAMC
pH		6.5+1.5
Densidad, g/cc 0 kg/l		1.085
Densidad, en cc/kg		910
Viscosidad. CPS		4500 a 5500
Punto de inflamación, met.		>93 C
Punto de congelación		2.77 (negativo)
Dosificación recomendable mg/l (ppm)	0.5	0.2 a 7
Dosificación máx. permisible mg/l (ppm)		20

2.1.10 Plantas de filtración rápida: características

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³/m².d, de acuerdo con las características del agua, del medio

filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones.

Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

2.1.10.1 Planta de filtración rápida completa

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (*mezcla rápida*) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (*etapa de floculación*).

La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas). El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da el pulimento final al agua.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, el filtro debe producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT para garantizar que esté libre de huevos

de parásitos (*Giardia*, *Cryptosporidium*, etcétera). Para lograr esta eficiencia en la filtración, es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo.

Finalmente, se lleva a cabo la desinfección, proceso común a los dos tipos de plantas, las de filtración rápida completa y las de filtración directa. La función principal de este proceso es completar la remoción de microorganismos patógenos que no quedaron retenidos en el filtro y servir de protección contra la contaminación que el agua pueda encontrar en el sistema de distribución.

La desinfección, en la forma en que normalmente se aplica (esto es, con residual libre de 1 mg/L a la salida de la planta y tiempo de contacto mínimo de 30 minutos), solo tiene la capacidad de remover bacterias. Como se verá detalladamente en el capítulo sobre desinfección, para remover huevos de parásitos se necesitarían aplicar dosis altísimas y disponer de tiempos de contacto muy largos, que hacen impracticable el proceso. Como los huevos de parásitos son grandes, un filtro que opere eficientemente y reciba agua con no más de 2 UNT puede producir un efluente exento de huevos de parásitos.

Las altas tasas con las que operan estos sistemas, así como el empleo de la coagulación (proceso cuya operación requiere sumo cuidado), demandan recursos humanos capacitados, por lo que debe estudiarse con detenimiento la posibilidad de utilizarlos fuera de la zona urbana, en zonas marginales, rurales o, en general, en zonas económicamente muy deprimidas.

En los casos en que las características del agua cruda o el terreno disponible para

construir la planta obliguen a adoptar este tipo de sistema, se deberán desarrollar las condiciones locales necesarias para asegurar una buena eficiencia en calidad y cantidad.

En el cuadro 2-1 se indican los rangos de calidad del agua en los que puede considerarse esta alternativa de tratamiento.

Cuadro N° 7: Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa (I)

Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	< 600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

2.1.10.2 Filtración directa

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras.

Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable caso de una cuenca virgen o bien protegida, en la que la turbiedad del agua no supera de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25 UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear *filtración directa descendente*.

Cuando el agua viene directamente del río y aunque clara la mayor parte del año, presenta frecuentes fluctuaciones de turbiedad, normalmente se considera una floculación corta, generalmente de no más de 6 a 8 minutos, para obtener un efluente de calidad constante, aunque con carreras de filtración más cortas. Esta es la alternativa más restringida de todas en cuanto a la calidad de agua que se va a tratar.

En el caso de aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 60 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC, podrían ser tratadas mediante *filtración directa ascendente*.

La tercera alternativa disponible para aguas relativamente claras es la *filtración directa ascendente–descendente*. Esta alternativa es aplicable a aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan las 250 UNT ni las 60 UC, y alcanzan esporádicamente más de 400 UNT y 100 UC.

El cuadro 2-2 sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para cada alternativa de tratamiento mencionada. Este tipo de soluciones requieren un amplio estudio de la fuente, para estar bien seguros de su comportamiento estacional, sobre todo durante los ciclos lluviosos.

Cuadro N° 8: Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa (1)

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración directa descendente	Color verdadero (UC)			
	NMP de coliformes	< 25		
	Concentración de algas (unidades/mL)			
Filtración directa Ascendente	Turbiedad (UNT)	< 100	< 50	< 200
	Color (UC)	< 60		< 100
Filtración directa ascendente – descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 150	< 400
	Color (UC)	< 60		< 100

Además de las especificaciones de calidad de agua indicadas en el cuadro anterior, se deberán tener en cuenta otros parámetros de calidad de la fuente que se indican en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 9: Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa (2)

Parámetros	Valores recomendables
Sólidos suspendidos (mg/L)	< 50
Carbono orgánico total (mg/L)	< 5
pH	5,5 – 6,5
Fósforo total (mg/L)	< 0,05
Nitrógeno total (mg/L)	< 5
Clorofila (µg /L)	< 10
Coliformes totales (colif./100)	< 2.500
Hierro (mg/L)	1
Manganeso (mg/L)	2

Tener en cuenta estas restricciones es más importante en el caso de la filtración dinámica descendente, en la que el agua tiene un tiempo de retención muy corto dentro de la planta, alrededor de 5 minutos mientras atraviesa el mezclador y

el filtro, por lo que si se producen bruscos cambios en la calidad en la fuente, no hay tiempo suficiente para modificar la dosificación.

Sin embargo, la economía que se obtiene en estos casos en el costo inicial de las obras al considerar apenas dos procesos, así como en la operación y mantenimiento de la planta (ahorro de 40% a 50% de sustancias químicas) justifica ampliamente el mayor costo de los estudios.

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Barranca, SEMAPA – BARRANCA S.A., en su afán de ampliar y prestar mejor servicio de abastecimiento agua potable y alcantarillado a la ciudad de Barranca, viene elaborando estudios y ejecutando obras que hacen posible traducir esa misión en acceso directo de la población a estos servicios básicos; los mismos que permitirán mejorar las condiciones de vida de la población.

Para este fin, los autores de la presente Tesis han elaborado este trabajo de investigación que permitirá la Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos” y su ejecución de obras, cuyo objetivo es el de viabilizar las condiciones técnicas para ampliar la cobertura del servicio en la ciudad de Barranca, ubicada al Norte de Lima.

Es preciso señalar que la Optimización de la Planta de Filtración Rápida de “Los Molinos” involucra a los todos los sectores de la red de distribución de agua potable en la ciudad de Barranca, pero las obras que se plantean ejecutar se encuentran ubicadas geográficamente en los sectores de La Planta de Filtración Rápida en “Los Molinos”.

En la actualidad, el 76% y 74 % de la población del Sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Barranca cuentan con servicio básico de agua potable y alcantarillado respectivamente. En las zonas donde no existe este sistema el abastecimiento se efectúa a través de camiones cisternas.

Gran parte de la problemática del agua potable que vive el Perú se sustenta en la importancia que ha cobrado la salud de las personas, más aún teniendo la experiencia nefasta de haber tenido el cólera en el Perú y de ahí la exigencia de las condiciones de salubridad básicas y esenciales en la sociedad.

Para enriquecer la temática en referencia, quiero aportar los antecedentes de publicaciones de proyectos relacionados con el tema de investigación, los cuales ya entraron en funcionamiento en diferentes lugares del mundo, a nivel nacional y a nivel local.

2.2.1 Internacionales

Tesis 1.

- **Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Evaluación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Vinces. Tesis para obtener el grado de Magister en Gestión Ambiental que presenta José Adolfo Arizaga Mondragón. Guayaquil - Ecuador. 2016.**

En este trabajo son presentados las siguientes conclusiones:

- Las condiciones de dureza del agua cruda del río Vinces con relación al agua cruda de los pozos profundo de acuerdo a la tabla 31 se tiene que el agua de río es mejor para el tratamiento de agua potable.

- De acuerdo al análisis físico químico del agua del río Vinces de la tabla 32, realizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil y en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Salitre, se concluye que el agua se encuentra apta para ser utilizada en la planta de tratamiento.
- Las pruebas de jarras realizada en el laboratorio de control de calidad del cantón Salitre, presentan valores que se encuentran en la tabla 34. Indican la dosis correcta para cada una de las pruebas y en cada uno de los casos, los valores de la turbidez, de 2.20 NTU y 4.04 NTU se encuentran dentro del límite permisible según la norma ecuatoriana INEN 005-9-1. La norma también indica que el agua potable para consumo humano deberá estar bajo el 1 NTU, por lo que los filtros deberán ser capaces de mantener la turbidez del agua por debajo de 1 NTU. De acuerdo a la OMS, la turbidez del agua para consumo humano deberá estar idealmente bajo el 1 NTU.
- La encuesta realizada en la parte urbana a los habitantes en la ciudad de Vinces, generó la tabla 35, en la que indica que los habitantes se encuentran inconforme en calidad y abastecimiento del agua de pozo profundo que reciben en sus hogares. Solicitan de forma inmediata la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua para mejorar las condiciones de vida de acuerdo a la constitución con el “plan del buen vivir”.
- La evaluación realizada en cada una de las etapas de proceso de la planta de tratamiento de agua actual con respecto al caudal de diseño de 120 L/s, se indican

en la tabla 36 y se concluye que en la mayor parte de las etapas de proceso hay que realizar modificaciones excepto en las unidades de sedimentación porque cumple con el tiempo de retención mínimo de acuerdo a la norma INEN 005-9-1 (1992) y cumple también con el tiempo promedio de retención de 2.08 hr. obtenido en la prueba de ensayo de sedimentación realizada en laboratorio, cuyos valores se encuentran en la tabla 28.

- Se concluye que el diseño de los desarenadores ayudará de sobre manera a reducir los tiempos de paradas de proceso y deberá ser ubicado antes del tanque de abastecimiento de agua cruda y tendrá la función principal de receptar toda la arena que venga con el agua cruda del río Vices. Esto evitará primero que el sistema de abastecimiento de agua cruda a la unidad de mezclado rápido, se sobre cargue. Segundo, evitar los daños en los impeler de las bombas.

Tesis 2.

- **Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Estudios a Distancia. Evaluación de la Planta de Tratamiento de agua potable del Municipio de Garzón – Huila. Programa de Ingeniería Civil. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil que presenta Yury Andrea Clavijo Angarita. Huila - Colombia. 2013.**

En este trabajo son presentados las siguientes conclusiones:

- Se puede manifestar que la Quebrada Garzón provee agua de buena calidad ya que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos obedecen a lo ordenado en la normatividad aplicable al agua destinada para consumo humano. Los parámetros que exceden los límites son: Turbiedad y Color.

- Las características microbiológicas del agua infringen los señalamientos normativos pues las muestras de agua cruda analizadas presentan Coliformes totales y Coliformes fecales, sin embargo, luego de recibir el proceso de cloración, en las muestras tanto del tanque de almacenamiento como de la red de distribución no se encontraron bacterias coliformes.
- Respecto las dimensiones y características expuestas en los diseños corresponden a los reales, el estado de los componentes estructurales de la planta de tratamiento de agua potable se puede señalar que es bueno pero se recomienda arreglar o cambiar la rejilla lateral de la bocatoma antigua ya que no cubre en su totalidad el orificio que comunica con la cámara derivadora, permitiendo el ingreso de partículas de gran tamaño.
- En las líneas de conducción se avistaron algunos puntos en los que se generan pérdidas o fugas de agua, es oportuno que se realice la respectiva reparación para que no se afecte el caudal de ingreso.
- En general, las actividades que se realizan en la PTAP cumplen con el objetivo de abastecer a la población de agua potable las 24 horas del día, los operarios están capacitados para solventar las situaciones críticas a las que se da lugar en el manejo del agua y sus características fisicoquímicas.
- Fomenta en el personal operario de la planta el sentido de pertenencia con la empresa y la población a la que le prestan el servicio y en la que ven reflejado el valor de sus labores diarias.

2.2.2 Nacionales

Tesis 1.

- **Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Sistemas. Modelo dinámico para la predicción del Abastecimiento de Agua Potable, Ciudad de Ayacucho, 2010 al 2020. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas que presenta Javier Portillo Quispe. Ayacucho - Perú. 2014.**

En este trabajo son presentados las siguientes conclusiones:

- Se llegó a construir satisfactoriamente el diagrama causal del modelo dinámico para la predicción del abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Ayacucho al 2020, la cual se observa en el capítulo IV en el resultado de investigación ítem 4.2.7, según el diagrama de la figura N° 4.2, así mismo los lazos de realimentación mostrados en la figura N° 4.3, 4.4 y 4.5.
- A partir del diagrama causal se construyó el diagrama de Forrester del modelo dinámico para la predecir el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Ayacucho al 2020, la cual se observa en el capítulo IV en el resultado de investigación ítem 4.3.7 figura N° 4.6, las ecuaciones del modelo en el ítem 4.4.3, las tablas de validación del modelo en el ítem 4.4.4.
- Se simuló satisfactoriamente las variables producción y demanda del modelo dinámico de agua potable las cuales se observan en el capítulo IV de resultados ítem 4.5.1 tabla N° 4.8, figura N° 4.11; también se simuló aplicando diversos escenarios como son el cambio climático, reducción de tasa natalidad ítem 4.6.1, ítem 4.6.2, tabla N° 4.10, tabla N° 4.11.

Tesis 2.

- **Universidad Peruana Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Diseño de la Infraestructura para El Tratamiento de Aguas Residuales mediante Biodiscos del Sistema de Alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca - Sapallanga. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil que presenta Rogers Hugo Gutarra Comun. Huancayo - Perú. 2016.**

En este trabajo son presentados las siguientes conclusiones:

- Se determinó que el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 02, presenta los siguientes componentes: Desarenador, Tanque Imhoff, Biodiscos, Lecho de Secado y Cámara de contacto, el cual vierte agua con las siguientes características 15 mg/l de DBO y 313 NMP/100ml como se ve en los Cuadros N° 19 y 20.
- Con respecto al diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 01, presenta los siguientes componentes: Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro Biológico, Lecho de Secado y Cámara de contacto, el cual vierte agua con las siguientes características 80mg/l de DBO y 313 NMP/100ml como se ve en los Cuadros N° 10 y 12.
- Se demostró que los biodiscos son más económicos que el filtro biológico, como se puede apreciar en la Cuadro N° 23 los biodiscos tendrán un costo de S/. 74,600.00, mientras en el Cuadro N° 22 el filtro biológico tendrá un costo de S/. 147,320.42. Significando un ahorro de S/. 72,720.42.

- Con respecto a la eficiencia los biodiscos son superiores a los filtros biológicos toda vez que los biodiscos obtuvieron mejor rendimiento en la disminución de Demanda Biológica de Oxígeno. Los Biodiscos redujeron la DBO a 15 mg/l como se puede apreciar en el Cuadro N° 19 y el Filtro Biológico redujo la DBO a 80 mg/l como se aprecia en el Cuadro N° 10.

2.3 BASES TEORICAS

2.3.1 Sistema de Tratamiento

2.3.1.1 Agua Superficial

A. Fuente de Captación

La captación se realiza del río Pativilca, formado por muros de encauzamiento de concreto armado, cuenta con cresta de represamiento y rebose (malla metálica rellena de piedras), toma de derivación provista de rejillas, compuerta de regulación y de limpieza.

B. Línea de Conducción I

La primera línea de conducción comprende, desde el río Pativilca hasta la boca toma que da acceso a las lagunas de embalse.

Es un canal matriz de sección trapezoidal que esta integrado por el canal Supe - Barranca, y canal lateral Barranca – Paycuán; por tramos se encuentra revestido de concreto, y la mayor parte del canal es una acequia, la limpieza se efectúa una vez al año durante 15 días; motivo por el cual en ese período Barranca se desabastece del liquido elemento y de emergencia se suministra agua de pozos, complementando con la distribución en camiones cisternas.

El recorrido total de esta línea de conducción es de 8 Km hasta las lagunas de embalse. El caudal es de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

C. Desarenador Primario

El primer desarenador es de concreto armado, y está compuesto por cuatro compartimentos de forma rectangular.

En el primer compartimento es donde se encuentra el canal para el ingreso del agua.

Sus dimensiones son: 3,95 m. de largo por 2,30 m de ancho.

El segundo compartimento tiene 3,95 m de largo por 2,40 m. de ancho.

El tercer compartimento tiene 3,95 m. de largo por 2,36 m. de ancho.

El cuarto compartimento tiene 3,95 m. de largo por 2,40 m. de ancho.

Todos los compartimentos tienen una altura total de 2,55 m. y el tirante del agua es de 1,62 m. la conducción del agua al segundo desarenador es por medio de una tubería de $D=14''$.

El fondo del desarenador es plano, no tiene la pendiente o el diseño hidráulico que permite el drenaje de lodos con facilidad; es mas, el sistema de desfogue es demasiado pequeño y rudimentario, la válvula de desfogue es de $\phi = 8''$, lo que impide un optimo lavado de arena y de lodo en época de alta turbiedad.

Para superar estos inconvenientes es necesario rediseñar el desarenador primario buscando las mejores condiciones operativas, instalando válvulas de desfogue de $\phi = 14''$.

D. Desarenador Secundario

El desarenador secundario, es de concreto armado, de forma irregular y tiene una capacidad de 62 m³.

Sus dimensiones son 15,45 m., de largo por 2,36 m. de ancho y en la parte central tiene un tabique de separación de 20 cm. de ancho. El tirante de agua es de 1,70 m., la retención es de 7' 7", a una cota de 110 m.s.n.m.

Para mejorar el sistema operativo es necesario ampliar el sistema de drenaje, de tal suerte que la evacuación de lodos sea en períodos breves; así mismo se debe buscar independizar cada compartimento para efectuar el lavado individual, por este motivo de limpieza se interrumpe el flujo de ingreso de agua potable.

E. Laguna de Embalse

El agua que sale del desarenador secundario llega a las lagunas de embalse por medio de una tubería de asbesto-cemento de $\phi = 14''$, de 20 m., de largo con una pendiente de 16%. Las lagunas de embalse funcionan independientemente; cuando una se encuentra operativa, en la otra se está realizando la limpieza.

E.1 Laguna de Embalse N° 1

Esta laguna es de forma irregular y a la fecha se encuentra inoperativa por la ejecución de los trabajos de limpieza.

El embalse N° 1 es un pozo cavado en el suelo, con una capacidad promedio de 10,480 m³, está provisto de un dispositivo de salida de

concreto armado de 0.90 m., de largo por 0,90 m. de ancho, con un tirante de agua de 3 m., el dispositivo de salida cuenta con 2 ventanas laterales (cribas metálicas) de 0,70 por 0,30 m., la tubería de salida es de $\phi = 14''$ de asbesto cemento, que conduce hacia el buzón de regulación, donde se unen las 2 líneas de salida del embalse desde este punto se regula el flujo de ingreso de agua ala planta con una válvula de compuerta de $\phi = 14''$, el período de residencia es de $20^h \ 04' \ 36''$ para un caudal de 145 l/s.

E.2 Laguna de Embalse N° 2

Esta laguna es de forma tronco piramidal invertida de 90 m. de largo por 43 m. de ancho, el tirante de agua promedio es de 3 m., lo que hace un volumen de almacenamiento de 9578 m^3 , con un período de retención de $18^h \ 20'$, para un caudal de 145 l/s.

El agua que sale del embalse N° 2 llega al buzón de regulación de caudal, actualmente esta provisto por una válvula de compuerta de $\phi = 10''$, la que estrangula y disminuye el caudal de ingreso a la planta, lo recomendable es instalar una válvula de compuerta de $\phi = 14''$.

2.3.1.2 Línea de Conducción II

Comprende desde el buzón de regulación de las lagunas de embalse, hasta la planta de tratamiento. La conducción del agua se hace por una tubería de concreto reforzado de $\phi = 14''$, con un recorrido total de 1 044 m.l., con una gradiente

hidráulica máxima de 16,1 % desde el embalse (cota 103 m.s.n.m.) hasta la planta de tratamiento (cota 93 m.s.n.m.)

2.3.1.3 Planta de Tratamiento.

La planta de tratamiento de agua potable consta de las siguientes unidades de operación:

A. Coagulación

La coagulación es el proceso o tratamiento que envuelve una serie de operaciones mecánicas y químicas mediante los cuales los agentes coagulantes se tornan más efectivos.

Es necesario considerar una serie de factores importantes que de una manera u otra afecta la coagulación, haciendo que estas sean más o menos eficiente, las cuales son:

- Tipo de coagulante utilizado
- Cantidad de coagulante aplicado
- Cantidad y características del color y turbiedad
- Características químicas del agua
- pH
- Tiempo de mezcla y floculación; temperatura del agua
- Violencia de la agitación

Este proceso comprende de 2 unidades: Cámara de mezcla rápida y floculador.

B. Cámara de Mezcla Rápida

El agua ingresa a la planta después del recorrido por medio de la línea de conducción II. Es en esta unidad donde se inicia el tratamiento químico ya que en este punto se dosifica el coagulante, generalmente es Sulfato de Aluminio grado “B-500”, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$. La cámara de mezcla rápida tiene 2 compartimentos de concreto revestido, cuyas dimensiones son:

Cuadro N° 10: Dimensiones de la cámara de mezcla rápida

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V (m ³)
Compartimento N°1	1	0.5	3.57	1.785
Compartimento N°2	1	1.1	2.44	2.684

Esta cámara comprende 2 fases: dosificación del coagulante y unidad de difusión.

C. Dosificación del Coagulante

El coagulante de mayor uso en las plantas de en el ámbito nacional y mundial en la potabilización del agua, es el Sulfato de Aluminio. Este producto se ha impuesto a muchos otros coagulantes debido a su eficiencia, bajo costo, manejo sencillo, fácil dosificación y por carecer de sustancias residuales de que produzcan daño a la salud. Las etapas de coagulación – floculación son fundamentales en el tratamiento del agua, por que determinan en gran medida la calidad final de la misma y el costo del tratamiento; por consiguiente se debe considerar los siguientes factores que

influyen en la correcta aplicación de los coagulantes – floculantes, como son:

- Intensidad de agitación (gradiente).
- Tiempo de coagulación y floculación.
- Calidad del agua cruda (turbiedad, pH, alcalinidad, temperatura, sulfato, cloruros, etc.)
- Dosificación óptima, etc.

Por lo que es necesario realizar una “simulación” en el laboratorio con el equipo de “prueba de jarras”.

Reacciones en la dosificación del coagulante en el agua

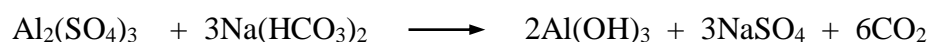
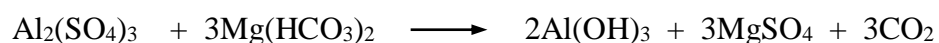
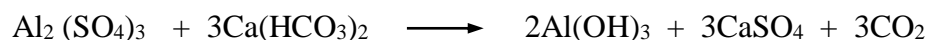


TABLA N° 1: Mililitros de Solución de Sulfato de Aluminio al 1% que deben dosificarse en los vasos según capacidad (1 ó 2 L.).

Dosis de Sulfato de Aluminio mg/l (PPM)	ml. de Solución de Sulfato de Aluminio al 1%	
	1 L	2 L
2.5	0.25	0.5
5	0.50	1.0
10	1.0	2.0
15	1.5	3.0
20	2.0	4.0
25	2.5	5.0
30	3.0	6.0

35	3.5	7.0
40	4.0	8.0
45	4.5	9.0
50	5.0	10.0

Prueba de Jarras.

A. Objetivo

El objetivo de este ensayo es determinar la dosis de sulfato de aluminio que produzca la más rápida desestabilización de las partículas coloidales suspendidas en el agua y forme un floc pesado y compacto para que fácilmente quede retenido en los sedimentadores y no rompan al pasar por los filtros.

B. Precauciones

Con respecto a las Soluciones:

- Evitar la hidrólisis de la solución de coagulante que se usa.
- Es preferible tener una solución patrón concentrado (mayor del 10%) o preparar a partir de ella la solución diluida del 1% (10 gr. Por 1000 ml), cada vez que se va a hacer la prueba de jarra.
- En todos los casos, la solución de coagulantes debe estar fresca y conviene, por eso marcas la fecha de preparación en el frasco donde se la mantenga.

Con respecto a las Temperatura:

- Mejores resultados se obtienen usando volúmenes grandes de agua que volúmenes pequeños. En lo posible deben preferirse jarras de 1 a 2 lt. a la de 0,50 lt. a menos.

Con respecto a las Soluciones:

- La prueba debe realizarse a la misma temperatura que lo que tiene el agua ala planta de tratamiento.

Con respecto a la adición de coagulante

- Los coagulantes deben ser añadidas en el mismo orden en que se agregan en la planta de tratamiento y lo más rápidamente posible a las seis jarras.

Con respecto a la velocidad de rotación de las paletas.

- La prueba de jarras nunca será un verdadero modelo a escala de los mezcladores y floculadores de la planta. Sin embargo, la energía que se comunique al líquido con los agitadores, influencia grandemente el proceso.

C. Observación Visual

Es la que más comúnmente se hace; consiste simplemente en observar la forma como se desarrolla de floc en cada una de las jarras escogiendo aquello que produzca el floc más grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente y que deje ver un agua más cristalina entre las partículas coaguladas. La comparación de

los tamaños del floc no es fácil, algunas prefieren estimara en milímetros en forma muy aproximada. Otras prefieren usar el índice de Willcomb tal como se incluye en la tabla.

Cuadro N° 11: ÍNDICE DE WILLCOMB

0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Flor muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (sedimenta muy lentamente o no sedimenta)
6	Claro. Floc relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente. Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina

D. Equipos

- Equipo de prueba de jarras, de velocidad regulable de 0 a 200 rpm. , con seis agitadores
- Turbidímetro de rango amplio de 0 a 1000 NTU (Unidades Nefelométricas).
- Seis (06) vasos de borosilicato de 1 ó 2 litros de capacidad.
- Seis (06) deflectores.
- Sistema de toma de muestra.
- Balanza analítica.

E. Reactivo

Preparar una solución stock de sulfato de aluminio al 1%, disolver 10 g. de sulfato de aluminio en 1000 ml. de agua; esta solución contiene 10 mg. por ml.

F. Procedimiento

- Determine en el agua cruda los siguientes parámetros: pH, turbidez, alcalinidad, dureza total, etc.; la turbidez obtenida nos permite estimar una dosis aproximada de sulfato de aluminio, la cual debe ser determinada con la prueba de jarras, empezando para ello con dosis de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mg/l.
- Colocar el agua cruda en los vasos del equipo (1 ó 2 L. exactos).
- Medir con una pipeta o bureta los ml. De solución de sulfato de aluminio requerido para cada vaso, según dosis.
- Iniciar la agitación de las paletas del equipo a 100 rpm. o a la velocidad equivalente de la planta, (Nota N° 1).
- Añadir simultáneamente en dosis progresivas la solución de sulfato de aluminio a los vasos, según Tabla N°1, agitar por un minuto después de agitada las dosis (agitación rápida – coagulación).
- Disminuir la velocidad de agitación a 40 rpm. o a la velocidad seleccionada por 14 minutos, (agitación lenta – floculación).

- Luego del tiempo de floculación, se suspende la agitación; se extraen las paletas, se colocan los sifones para la toma de muestra y se deja el tiempo estimado necesario para que se produzca la sedimentación. El tiempo requerido es generalmente de 5 a 15 minutos.
- Se efectúa la toma de muestra descartando los primeros 10 ml. y colectando en vasitos aproximadamente de 30 ml. y se procede a efectuar la medida de la turbidez en cada muestra. Si se requiere muestra de análisis adicional, tomarlas posteriormente a las tomadas para medir la turbiedad.
- Para seleccionar la dosis óptima se debe considerar:
 - La menor dosis de coagulante – floculante.
 - a. El índice de willcomb entre 8 –10.
 - b. Turbiedad residual de la muestra, sea similar a la turbidez ideal del agua decantada en planta.
- Los resultados se grafican en papel aritmético, seleccionándose como dosis óptima a aquella que produce la menor turbiedad.

2.3.1.4 Unidad de Difusión

Esta unidad tiene por objeto fundamental originar agitación del agua, a fin de producir la dispersión de las sustancias químicas agregados. El tiempo recomendado para esta operación es del orden de un minuto, con una velocidad

de 1.5 m/s, turbulencia que se puede lograr mediante resalto hidráulico, siendo el tipo de unidad más económico, con resultados satisfactorios y libre de mantenimiento mecánico.

2.3.1.5 Floculador

Después que la sustancia química ha sido uniformemente difundida en la masa de agua a través de una agitación violenta, se requiere un período de acondicionamiento, con el fin de que los microfloculos formados puedan aumentar de tamaño. Esto se consigue por medio de una agitación suave del agua tendente a que las partículas entren en contacto y se adhieran unas a otras, dando origen al floculo es una agitación moderada continua decreciente, ya que el floculo se hace más frágil a medida que crece.

Las unidades de floculación o acondicionamiento son similares a las indicadas para la mezcla o difusión.

La planta cuenta con un floculador hidráulico de flujo horizontal, con pantallas movibles de asbesto cemento, regulables.

El floculador ésta conformado por 3 tanques rectangulares de concreto armado y que tiene las siguientes dimensiones:

Cuadro N° 12: Dimensiones del floculador

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V (m ³)
Zona de mezcla rápida	9.62	3.34	2.50	80.37
Zona de mezcla lenta	9.62	3.37	2.50	81
Zona de mezcla estabilización rápida	9.62	3.49	2.50	84.07

2.3.1.6 Sedimentador de Flujo Horizontal

El objeto de la sedimentación es eliminar las partículas suspendidas en el agua y se basa en la precipitación de dichas partículas por razón de su peso; volumen y porosidad.

Las partículas mas pesadas tienden a precipitarse más rápido.

Los factores que inciden fundamentalmente en la eficiencia de la sedimentación son:

- Sistema de entrada.
- Numero de tanques sedimentadores.
- Ancho del tanque.
- Largo del tanque.
- Profundidad efectiva del tanque.
- Velocidad de flujo.
- Dispositivos intermedios.
- Método de remoción de lodos.
- Volumen para almacenamiento de sedimentos o lodos.
- Sistema de salida.

Además se debe de considerar los factores que afectan a la velocidad de sedimentación:

- Tamaño de la partícula.
- Peso específico de la partícula.
- Tendencia de las partículas a coagularse.

- Viscosidad del agua.
- Efecto eléctrico.
- Actividad biológica.
- Método de operación.

La planta de tratamiento cuenta con 3 unidades de sedimentación, son de concreto armado de forma rectangular en la parte superior y forma piramidal irregular invertida en la parte inferior (tolva para la precipitación de lodos):

La parte superior cuenta con 135 láminas de asbesto – cemento. Cada lamina tiene 1.22 m. de ancho por 2.44 m. de largo por 0.01m. de espesor; ocupando un volumen de 4.02 m³ las 135 láminas. Las láminas se encuentran colocadas sobre una viga de fierro con espaciamiento de 0.60 m. entre lámina y lámina, con 60° de inclinación, con la finalidad de facilitar la sedimentación.

El drenaje de lodos se realiza por una tubería de fierro fundido de $\varnothing = 8''$, que se encuentra ubicado en el vértice de la base, el lavado se realiza cuando se detectan colmataciones de lodos.

La estructura de salida, son vertederos de rebose dentados, que se comunican con una canaleta recolectora de agua sedimentada, que se va a comunicar con los filtros.

Las dimensiones son las siguientes:

Cuadro N° 13: Dimensiones del vertedero

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V. de laminas (m ³)	V (m ³)
Parte superior	9.60	5.60	2.50	4.02	130.38
Parte inferior			2.35		42.07
Volumen total					172.48

2.3.1.7 Filtración

La filtración es el proceso por el cual se separa la materia suspendida mediante el paso del agua a través de una capa porosa (generalmente arena) que retiene las partículas en suspensión. El sistema de filtración esta constituida por cinco filtros rápidos de arena.

La base del lecho filtrante de cada filtro es un falso fondo, tipo cono hidráulico con viguetas pre – fabricadas de concreto armado reforzado provistos de orificios de $\varnothing = 1''$, por donde fluye el agua filtrada. La vigueta se encuentra llena de grava de $\varnothing = 2''$, con una altura de 0.15 m., que da un volumen 1.8 m³.

El soporte del filtro esta constituido por cinco capas de grava de diámetros 1'', 1/2'', 1/4'', 1/8'', y 1/16'' con altura de 0,08 m. cada capa, obteniendo un volumen de 0,96 m³ en cada etapa o estrato. El volumen total de cada unidad de filtración es de 6,60 m³. El filtro propiamente dicho esta formado por arena de 0,5 mm. de diámetro, con una altura de 0,75 m.; obteniéndose un volumen de 9,00 m³.

Para el tirante de agua máximo, de 3,40 m. sobre el filtro, ocupa un volumen de 46,51 m³. Con un período de residencia de 5' 21''. Para el tirante de agua mínimo,

de 2,05 m. sobre el filtro, ocupa un volumen de 28,04 m³. Con un período de residencia de 3' 13".

Los filtros son retrolavables; se lavan en contra corriente, utilizando presiones y volumen variables en función al grado de colmatación y expansión del lecho filtrante.

Las dimensiones de cada unidad de filtración son:

Cuadro N° 14: Dimensiones del filtro

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V (m ³)
Filtro rápido de arena	3.60	3.28		

2.3.1.8 Cisterna

Es un tanque rectangular tapado cuyas dimensiones son 17,36 mt de largo, 3,54 mt de ancho y 5,50 mt de altura. Tiene como finalidad almacenar el agua que sale de los filtros por medio de una canaleta y distribuida secuencialmente desde el primer comportamiento donde se le va a clorar y pasar al segundo compartimento y así sucesivamente para poder tener mayor tiempo de contacto entre el agua y el cloro. El séptimo compartimento tiene un vertedero que conecta la cisterna con el macromedidor.

En total cuenta con 8 compartimentos; las 7 primeras iguales y una canaleta de distribución. Sus dimensiones son: 2,20 mt de largo y 210 mt ancho que una después del vertedero que tiene 2,20 mt de largo y 0,98 mt de ancho; más una canaleta de 17,36 mt de largo y 1,10 m. de ancho.

2.3.1.9 Desinfección

Se realiza para destruir microorganismos perjudiciales a la salud o al sistema o dificultar su desarrollo. Tiene importante acción contra microorganismos patógenos, algas y bacteria reductoras de hierro o de manganeso.

Entre los desinfectantes disponibles está el cloro que es el más utilizado por su precio, practicidad en su empleo y el control y conocimiento de sus acciones en el agua.

Eficiencia de la Desinfección

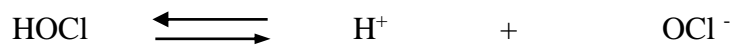
Entre los factores que influyen en la eficiencia de la desinfección y, consiguientemente, en el tipo de tratamiento que será empleado, se encuentra:

- Especie y concentración del organismo a ser destruido.
- Especie y concentración del desinfectante.
- Tiempo de contacto
- Características químicas y físicas del agua.
- Grado de dispersión del desinfectante en el agua.

Reacciones del cloro con el agua



La acción desinfectante y oxidante del cloro esta controlada por el HOCl (ácido hipocloroso) que se disocia instantáneamente según la reacción:



(ácido hipocloroso) (ion hidrogeno) (ion hipoclorito)

A) Dosificación del Cloro.- La dosificación del cloro es por medio de un clorador de marca Advance, de 50 lb/día de inyección directa. El equipo esta provisto de los siguientes accesorios:

- Una unidad de control
- Un rotámetro incorporado a la unidad de control, graduable.
- Un inyector.
- Un soporte metálico para el inyector.
- Una válvula reguladora de vacío.
- Ocho metros de tubería plástica flexible de 3/8" de diámetro para la succión del inyector y para la ventilación.
- Tres metros de tubería plástica flexible de 3/4" para el ingreso de agua al inyector (o descarga del inyector).
- Tres metros de tubería plástica flexible de 3/8" para conectar el cilindro con la unidad de control.
- Empaquetaduras de plomo.
- Dos abrazaderas de 3/4"
- Malla contra insectos en tubería de ventilación.

El dosificador utiliza el principio de vacío total en su funcionamiento. El inyector difusor con su válvula de retención permite que el vacío llegue al regulador para abrir la válvula de entrada de gas desde el cilindro y seguidamente atravesar el tubo de medición (rotámetro).

Después el gas atraviesa el conducto de vacío (tubo pvc) hasta el inyector y finalmente se introduce en el agua a ser tratada por medio del difusor.

La función del inyector es la de crear vacío para operar el regulador al vacío. Por lo tanto, debe existir un suministro de agua con mayor presión que la contrapresión presente en la línea.

Se utiliza manguera de polietileno para la línea de vacío desde el inyector hasta el regulador de vacío: 3/8" de diámetro.

El conjunto del inyector incorpora una válvula de retención operada por un diafragma que evita la entrada del agua en el dosificador/regulador de caudal.

El cloro proveniente de un cilindro de 68 Kg. es regulado en función del caudal y de la carga bacteriana del agua a tratar.

El valor del cloro libre residual promedio en tanque cisterna de la planta de tratamiento es de 0.7 a 0.73 ppm., este valor se determina mediante un instrumento digital llamado Clorímetro que utiliza un método calorimétrico empleando DPD (dietil-p-fenileno diamina).

B) Definiciones:

b.1 Cloro Residual Libre

Cloro remanente en el agua bajo la forma de ácido hipocloroso (HOCl) o ión hipoclorito (OCl^-).

- El ácido hipocloroso (HOCl) tiene poder bactericida muy superior (25 a 30 veces mayor) a la forma ionizada (OCl^-).

- Por eso es más ventajoso hacer la desinfección con pH bajo, por lo menos inferior a 6.5.

b.2 Cloro Residual Combinado

(NH_2Cl ; NHCl_2 ; NCl_3) resultante de la reacción del cloro con la amoníaco y otros compuestos amoniacaes presentes en el agua.

b.3 Cloro Residual Total

La suma de cloro residual libre más cloro residual combinado.

b.4 Demanda de Cloro (Tanque)

- Consumo de cloro por acción de las sustancias o productos químicos y biológicos. Está representado por la diferencia entre el cloro añadido y la cantidad de cloro residual total, al final de un período especificado.
- Determinación colorimétrica del cloro residual libre, combinado o total, empleando.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CLORACIÓN

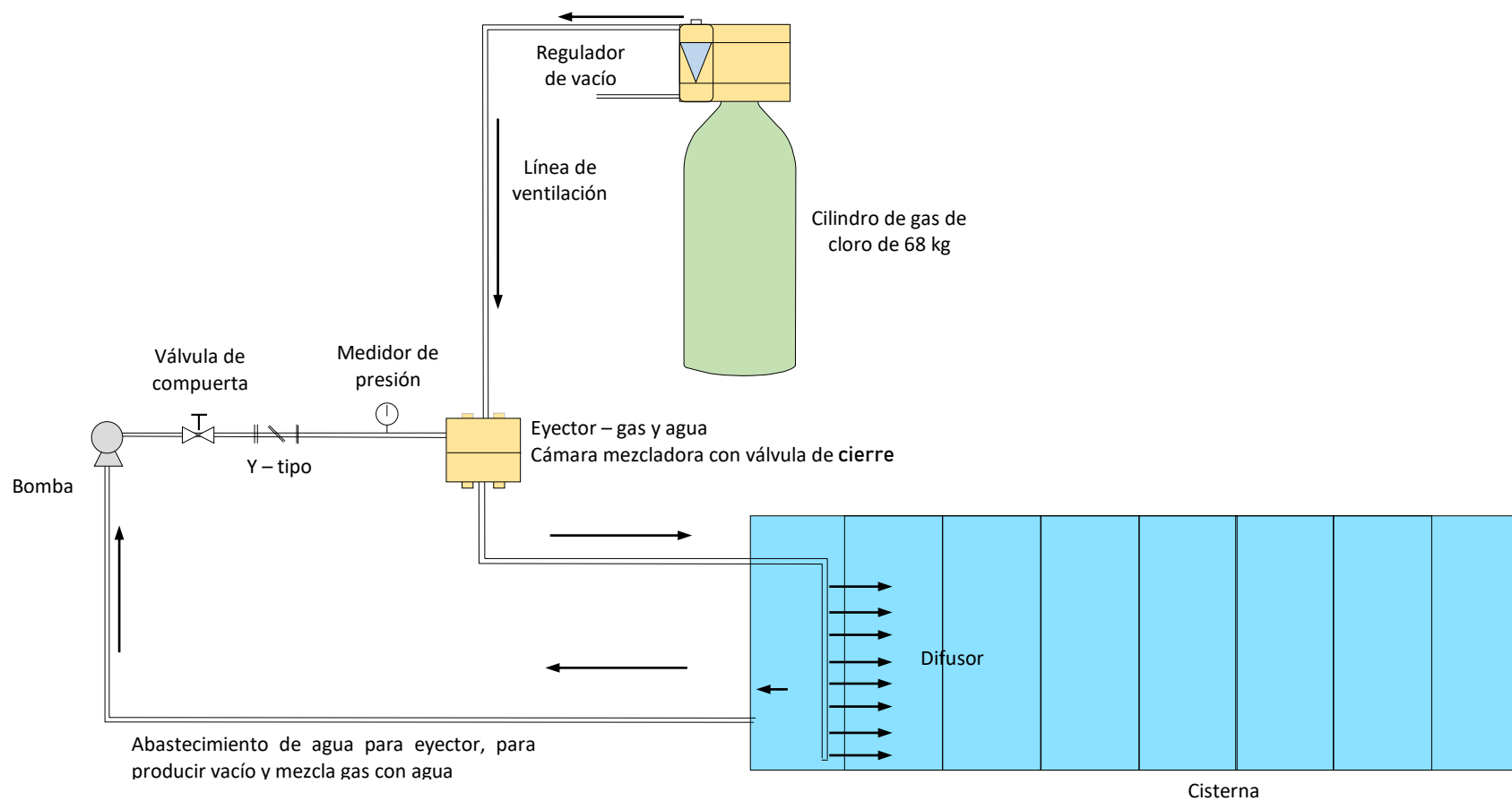


Figura N° 5: Diagrama de Flujo de la Cloración

2.3.1.10 Línea de Conducción III

- Comprende desde la planta de tratamiento hasta el reservorio de 2100 m³.
- La conducción del agua tratada es a través de una tubería de asbesto-cemento de $\varnothing = 16''$, que tiene un recorrido total de 1000 m

2.3.1.11 Sistema de Almacenamiento

A. Reservorio de 2100 m³

- Es un tanque apoyado de concreto armado reforzado, de forma circular.
- El diámetro interior es $\varnothing = 21,9$ m., diámetro exterior es $\varnothing = 22,30$ m., el espesor de la pared es 0,4 m. la altura interior es de 5,70 m., con lo que se obtiene una capacidad máxima de 2147 m³.
- Generalmente el tirante de agua es 5,00 m., dando un volumen real de almacenamiento de 1883 m³, que representa el 87,60 % de su capacidad total.
- En este reservorio recepciona 180 l/s de agua de la planta de tratamiento.
- En este reservorio el cloro libre residual es de 0,8 p.p.m. lo que permitirá obtener un cloro libre residual en la parte media y extrema de la ciudad de 0,7 p.p.m. y 0.3 p.p.m. respectivamente.

2.3.1.12 Línea de Aducción

Comprende desde el reservorio de 2100 m³, hasta la red de distribución, el agua se transporta por una tubería de concreto reforzado de $\varnothing = 16''$ y tiene una longitud de 678,1 m.

2.3.1.13 Línea de Distribución

La red de distribución está compuesta por tuberías de fierro fundido, cemento y eternit con diámetros de 4", 6", 8" y 12"; la tubería de conducción del reservorio a la red de distribución es de $\varnothing = 8"$, con una longitud aproximada de 200 m.

2.3.2 Aguas Subterráneas

Barranca se abastece de pozos de las siguientes características:

2.3.2.1 Pozo Ordeza N° 1

Es un pozo tubular profundo de 70 m. cuyo nivel estático es surgente, y nivel dinámico es de 10 m. El caudal aforado a la fecha es 47.1 l/s. El agua es conducida al reservorio de 270 m³. Por medio de una bomba de 60 HP de marca Delcrosa de potencia atrevas de una línea de impulsión de fierro fundido de diámetro 10".

2.3.2.2 Pozo Ordeza N° 2

Es un pozo de tajo abierto revestido en la parte superior de concreto, con un diámetro de 3 m. y una profundidad de 7.95 m. el rendimiento es de 10.92 l/s; el equipo de bombeo es de 28 HP marca Doming, su período de operación es variable. El diámetro de la tubería de salida del pozo al reservorio 270 m³. Es de 6".

2.3.2.3 Pozo Ordeza N° 3

Es un pozo tubular a tajo abierto arremetido en la parte superior de 2,80 m., una profundidad de 7,95 m. y un rendimiento de 9.8 l/s.

El equipo de bombeo es 18HP, el período de operación es de 12 horas al día, obteniéndose una producción mensual de 19 440 m³/mes. El diámetro de la tubería de salida del pozo al reservorio 270 m³ es 6".

2.3.3 Sistema de Almacenamiento

2.3.3.1 Reservorio de 270 m³

Es un reservorio de concreto piramidal irregular, de un volumen nominal de 270 m³. Tiene 13,10 m. de largo y 8,30 m. de ancho en la parte superior; en la parte inferior presenta 15,10 m. de largo por 10,30 m. de ancho exterior; el espesor de la pared es de 0,30 m. la altura del reservorio es 290 m. y esta ubicado en la cota 70 m.s.n.m.

Para hallar el volumen interior real se descontó el espesor de la pared, dando una capacidad de 344 m³. Considerando un tirante de agua promedio de 2,30 m., se obtiene un volumen efectivo de 257 m³.

Este reservorio recepciona 30 lt/s del pozo N° 1, con el cual el tiempo de llenado es de 2 h. 23'.

El reservorio también almacena la producción del pozo N° 2 y N° 3 de 15 y 20 lts/s, respectivamente.

Considerando estos dos caudales y el del pozo N° 1, el tiempo de llenado es 1 h. 06'.

a) Línea de Aducción

Comprende desde el reservorio de 270 m³, hasta la red de distribución.

En el transcurso de la línea de aducción se empalma la línea de impulsión que transporta el agua del reservorio de 270 m³ al de 2 100 m³.

b) Línea de Distribución

Comprende desde la línea de aducción hasta las matrices principales y las conexiones domiciliarias.

Esta línea es de cemento eternit con diámetros de 4", 6", 8" y 12".

Esta línea abastece a la red secundaria.

2.3.4 Planta de Tratamiento de Agua o Planta Potabilizadora

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

2.3.4.1 Tipos de plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta.

También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

2.4 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Proceso de Tratamiento de Agua Potable.-** El desarrollo de la sociedad reclama cada vez más agua, pero no solo a veces escasea el agua sino que su calidad en los puntos

donde se encuentra y capta, desgraciadamente se ha ido deteriorando día a día con el propio desarrollo, esto obliga a un tratamiento cada vez amplio y complejo técnicamente. La eliminación de materias en suspensión y en disolución que deterioran las características físico-químicas y organolépticas así como la eliminación de bacterias y otros microorganismos que pueden alterar gravemente nuestra salud son los objetivos perseguidos y conseguidos en la estaciones de tratamiento a lo largo de todo un proceso que al final logra suministrar un agua transparente y de una calidad sanitaria garantizada. El tratamiento del agua es el proceso de naturaleza físico-química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para el consumo o le comunican un aspecto o cualidad organoléptica indeseable y la transforma en un agua apta para consumir. Todo sistema de abastecimiento de aguas que no esté provisto de medios de potabilización, no merece el calificativo sanitario de abastecimiento de aguas. En la potabilización del agua se debe recurrir a métodos adecuados a la calidad del agua origen a tratar. Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) es la instalación donde se lleva a cabo el conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades de tratamiento.

- **Floculación.-** La floculación es una técnica de separación habitual en las industrias del petróleo, la biotecnología, la pasta y el papel, y la industria minera. Consiste en un proceso en el que las partículas pequeñas en suspensión se agregan para formar grupos (denominados "flóculos") de mayor tamaño, sedimentados en la fase líquida, con lo que se reduce la turbidez de la solución. El rendimiento de los productos químicos y

los polímeros que intervienen en la floculación depende de la distribución del tamaño de las partículas presentes en la solución, la concentración de sólidos, la eficiencia del mezclado, así como de la dosificación y del tipo de aditivo. La eficacia de este proceso influye en las fases posteriores de separación, sedimentación, flotación y purificación. La implementación de ParticleTrack con la tecnología de medición de partículas basada en sonda PVM (Particle Vision and Measurement) y FBRM (Focused Beam Reflectance Measurement) posibilita el seguimiento de los cambios en tiempo real asociados a la distribución de los flóculos, así como la medición en línea en todas las concentraciones del proceso, sin necesidad de acometer muestreos. ParticleTrack y la tecnología analítica de procesos (PAT) (PVM) permiten la rápida optimización en el laboratorio del rendimiento de los floculantes, así como el control de la floculación de los sólidos y las separaciones posteriores que tienen lugar en la planta (aun cuando cambie el sistema de partículas de entrada).

Entre las aplicaciones de la floculación, se incluyen las siguientes:

- Optimización de las separaciones de células en biotecnología, y de las células y los residuos.
- Mejora de la calidad, la retención y el rendimiento de la pasta y el papel.
- Velocidades de sedimentación de los fangos de las arenas bituminosas.
- Velocidades de sedimentación de las aguas residuales en la industria de la minería
- Eficacia de los tensioactivos químicos y floculantes

- **Agua Potable.-** Llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestras casas a través de una red de tuberías que llamamos red de abastecimiento o red de distribución de agua.

- **Optimización.-** Optimización es un concepto que casi todas las personas aprendemos de manera natural desde la infancia, aunque no conozcamos el término hasta alcanzada una cierta edad. Los colegios primarios suelen incluir en sus programas la realización de trabajos prácticos en grupo, y es a través de esta actividad en particular que tenemos uno de nuestros primeros acercamientos a la búsqueda de la mejor organización posible: intentamos dividir las tareas, de manera tal que cada integrante se haga cargo de aquello que mejor sabe hacer.

Claro que no todos somos capaces de organizarnos de esta forma. Por diversos motivos, muchas personas temen compartir el trabajo; prefieren asumir la mayor cantidad de tareas de un proyecto, sino todas. No importa cuán capaz sea un individuo, las colaboraciones suelen ser enriquecedoras y la clave de la optimización; por poco que pueda aportar un integrante en particular, el simple hecho de contar con un cerebro más permite la ejecución simultánea de las tareas y exige menos energías a cada uno.

2.5 HIPOTESIS

2.5.1 Hipótesis General

Determinar si la implementación de un floculador horizontal de pantallas influye significativamente en la optimización y abastecimiento de agua potable a la población de la ciudad de Barranca.

2.5.2 Hipótesis Específicas

- Determinar si se puede a partir del análisis del agua potable influye significativamente en la caracterización de sus propiedades físicas y químicas del agua.
- Determinar si se puede alcanzar un óptimo nivel de desarrollo en la región con respecto a la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, lo cual influye significativamente conjugando para ello el empleo de un conjunto de técnicas sofisticadas de empleo físico y no tangible.
- Determinar la promoción de los logros en el tratamiento del agua potable mediante cambios en el Proceso en la EPS SEMAPA BARRANCA S.A influyen significativamente como un instrumento de desarrollo de política social, en función de las necesidades de atender la vida y el bienestar de la población.
- Determinar el incremento de la cobertura del servicio en los diferentes sectores de la jurisdicción de la empresa que no cuenta con el servicio influyen significativamente en la contribución al mejoramiento de la calidad de vida de la población de la ciudad de Barranca.

2.6 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El presente ítem explica los procesos constructivos, consideraciones técnicas, características de los materiales y normas adoptadas en el análisis y diseño estructural para la realización del Proyecto de Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos” – Barranca.

Podemos en conocimiento que la Planta de Tratamiento de agua, se encuentra en buenas condiciones, ya que después de la revisión técnica referida a un análisis estructural, se ha podido observar que no se perciben grietas ni deflexiones que comprometan estructuralmente a la construcción existente.

2.6.1 Procesos Constructivos

Considerando las modificaciones propuestas al sistema de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración de la planta de agua se mencionan a continuación los principales procesos constructivos, relacionados con las partidas de construcción de índole estructural, las cuales deben ser compatibilizadas con las partidas de construcción de las otras áreas de este proyecto:

2.6.1.1 Desmontaje

- Desmontaje de las vigas de madera de 4” * 6” y 4” * 4” existentes en pozas de floculación.
- Desmontaje de los vertederos de rebose de agua decantada.

2.6.1.2 Demolición

- Demolición de los muros perimetrales y la losa de fondo del mezclador existente.

- Demolición del muro ondulado y la losa de fondo del primer tramo de las pozas de floculación.
- Demolición de la losa de fondo del segundo tramo de las pozas de floculación.
- Demolición de tres nuevos vanos en el canal de distribución de agua floculada.
- Demolición de los lados del canal superior de recolección de agua decantada.
- Demolición de losa superior de la cisterna para ampliar tapa actual.

2.6.1.3 Picado y Perforación

- Picado superficial de los bordes de los tres vanos existentes del canal de distribución de agua floculada, con la finalidad de empalmar nuevas mallas y tapiar dichos vanos.
- Picado superficial en los lados del canal de distribución de agua floculada para en zonas de contacto con la nueva losa inclinada de concreto.
- Picado de muros de contención en zonas donde se colocarán los dados que soportarán los tubos PVC de 8" perforados con 24 orificios de ½".
- Perforación del canal central de distribución de agua floculada con 34 orificios de 4" de diámetro en cada uno de los lados.
- Picado del borde superior del muro interno de la cisterna.

2.6.1.4 Concreto armado: las obras están relacionadas con excavación, armadura, encofrado y vaciado de concreto.

- Excavación de zanjas, armadura, encofrados, vaciado del cimiento, muros de contención y losa de fondo del nuevo mezclador.

- Excavación de zanjas, armadura, encofrado, vaciado de cimiento y nuevo muro de contención del primer tramo de floculación.
- Excavación de zanja (debajo del muro existente en el primer tramo de floculación colindante con el de sedimentador), apuntalamiento, armadura, encofrado, vaciado de la viga cimentación.
- Excavación, nivelación, compactación del terreno, armadura y vaciado de las losas en los dos primeros dos tramos de floculación.
- Armadura, encofrado y vaciado de concreto sobre los muros existentes de las pozas de floculación que requieren mayor altura.
- Armadura, encofrado y vaciado de concreto en los tres vanos existentes en el canal de distribución de agua floculada.
- Encofrado, armadura y vaciado de la losa inclinada dentro del canal de distribución de agua floculada.
- Encofrado, armadura y vaciado de concreto de los dados de soporte de los tubos de pVC de 8".
- Encofrado, armadura y vaciado de concreto de lados laterales del canal de recolección de agua decantada dejando pases para los tubos PVC de 8".

2.6.1.5 Tarrajeo impermeabilizado

- Tarrajeo impermeabilizado en muro del primer tramo de floculación colindante con el de sedimentador.
- Tarrajeo impermeabilizado de la losa de fondo del tercer tramo del floculador.

- Tarrajeo impermeabilizado de derrames de nuevos vanos del canal de distribución de agua floculada.
- Tarrajeo impermeabilizado de los orificios de 4" en los lados del canal central de distribución de agua floculada.
- Tarrajeo impermeabilizado del derrame superior del muro interior de la cisterna de almacenamiento de agua, previa fijación de los rieles de aluminio que se coloran sobre este muro.

2.6.1.6 Concreto armado prefabricado en obra

- Armadura, encofrado y vaciado de concreto de guías prefabricadas que soportarán las pantallas de concreto armado de los floculadotes.
- Armadura, encofrado y vaciado de concreto de los tableros prefabricados que conformarán las pantallas del floculador.
- Fijación de guías prefabricadas de concreto armado en las pozas de floculación.
- Ensamblaje de las pantallas de concreto armado con los tableros de concreto armado prefabricados.
- Suministro y colocación de tubos PVC de 8" para recolección de agua decantada.
- Colocación de la nueva tapa de la cisterna de almacenamiento de agua.
- Otros.

2.6.2 Características técnicas importantes

- Se deben tomar medidas extremas de seguridad cuando se realice la excavación por debajo de la cimentación del muro del primer tramo de floculación colindante con el

sedimentador, sin descartar la posibilidad de apuntalamiento y/o calzaduras previos a la etapa del vaciado de la nueva viga de cimentación localizada obviamente debajo de la cimentación existente.

- Se debe aplicar aditivo adhesivo en las superficies de concretos antiguos que estarán en contacto con concretos o morteros nuevos.
- El concreto de la viga de cimentación que será vaciado por debajo del cimientado del muro del primer tramo de floculación colindante con el sedimentador debe ser preparado con aditivo expansor de concreto.
- Los morteros para tarrajeos impermeabilizantes deben ser preparados con aditivo impermeabilizante.
- Se sugiere prefabricar primero las guías de concreto, sobre una losa de concreto pulido, perfectamente plana y vaciada exclusivamente para este fin y luego de fijarlas en los muros de contención perfectamente aplomadas, recién prefabricar los tableros con longitudes obtenidas en obra con cierto margen de seguridad que permita el fácil ensamblaje de las pantallas del floculador. Los espacios interiores que se formen entre las guías y las pantallas serán sellados con cordones y sellante elástico de poliuretano.
- Se deja constancia que las pantallas prefabricadas de concreto armado no están diseñadas para que trabajen como muros de contención de agua, por lo tanto se recomienda que el proceso de llenado (o vaciado) de las pozas de floculación se efectúen lentamente de tal manera que no se produzcan diferencias de nivel de agua significativas en ambas caras de una misma pantalla. Asimismo, se debe tener especial cuidado con la primera pantalla que recibe el chorro del mezclador.

2.6.3 Características mecánicas de los materiales

- Usar preferentemente cemento tipo IP
- Acero de Construcción: $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Usar en tableros de concreto prefabricados: $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$
- Usar en resto de elementos concreto: $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

2.6.4 Normas

- Reglamento Nacional de Construcciones (1998)
- Norma de Cargas (E-020-1985)
- Norma de Diseño Sismo Resistente (E-030-2003)
- Norma de Suelos y Cimentaciones (E-050-1997)
- Normas de Concreto Armado (E-060-1989)
- Normas de Seguridad de la Construcción (E-120-2001)
- American Concrete Institute (ACI-318-95)

2.6.5 Tratamiento previo

2.6.5.1 Captación

Bocatoma construida sobre un canal de riego (lateral Paycuan), que se deriva del Río Pativilca.

2.6.5.2 Desarenadores

De la captación el agua pasa a un desarenador denominado primario, que es una unidad no convencional, de forma rectangular muy similar a un floculador, con varias pantallas interiores que lo dividen en cuatro compartimientos a través de las cuales circula el flujo. A continuación, el agua pasa dos desarenadores rectangulares

en paralelo, de tipo convencional. El agua que sale de los desarenadores ingresa a un buzón donde se mezcla con las aguas provenientes de las galerías filtrantes de Vinto Almenara y juntas ingresan a la planta.

2.6.5.3 Presedimentadores

También existen dos lagunas excavadas en terreno arcilloso con taludes compactados en los bordes de 10,000 m³ de capacidad. El día en que se visito el sistema no estaban operando las lagunas, una estaba limpia y la otra totalmente arenada.

2.6.5.4 Planta de Tratamiento

La planta es de filtración rápida completa, de tipo convencional o hidráulica, de alta tasa. Fue proyectada en el año 1976 por la Dirección General de Obras Sanitarias del Ministerio de Vivienda y Construcción y asesorada por el CEPIS. Empezó a operar por el año de 1980.

El diseño se efectuó para un caudal final de 165 l/s, pero actualmente opera con 200 l/s debido al ingreso de las aguas de las galerías filtrantes. Se construyó la primera etapa para 110 l/s con dos decantadores y cuatro filtros y posteriormente se agregó el tercer decantador y un filtro adicional.

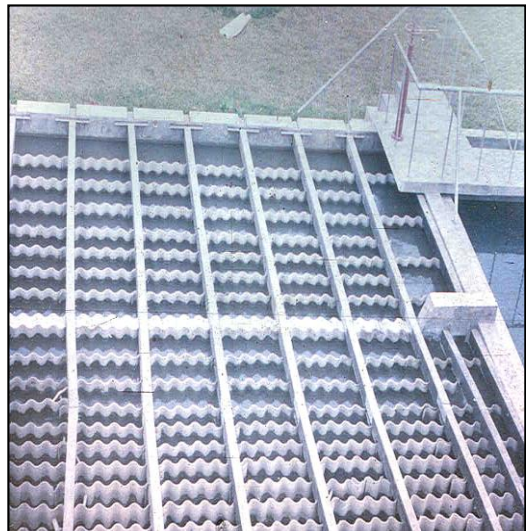


Fig.6 Floculadores de pantallas existentes

La planta de tratamiento básicamente consta de un mezclador hidráulico, floculador de pantallas de flujo horizontal de tres tramos (Figura 1), con pantallas de asbesto cemento corrugadas (actualmente se encuentra sin pantallas debido a que las planchas de asbesto cemento se deterioran pronto), tres decantadores de laminares de placas paralelas de asbesto cemento y una batería de cinco filtros de tasa declinante, lecho doble de antracita y arena y lavado de un filtro con el flujo que produce el resto de la batería.

La sala de dosificación tiene dos dosificadores en seco de tipo volumétrico que no han funcionado nunca y un clorador de inyección directa.

2.6.6 Modificaciones Propietadas

Con las modificaciones propuestas en este proyecto la planta podrá producir adecuadamente un caudal máximo de 185 l/s. Las modificaciones que se efectuaran son las siguientes:

2.6.6.1 Mezcla rápida

Se ha considerado un nuevo mezclador tipo rampa o plano inclinado de 1.10 m. de ancho, 1.30 m. de largo y 0.59 m. de alto. El flujo ingresará por el fondo a una caja de sección transversal de 1.10 m de ancho por 1.10 m de largo y ascenderá hasta alcanzar la coronación de la rampa. La masa de agua descenderá por la rampa y al pie de ésta se generará un resalto hidráulico de 1.76 m de longitud, que producirá un gradiente de velocidad de $1,249 \text{ s}^{-1}$ en el que se distribuirá el coagulante, uniformemente repartido a todo lo ancho del canal, mediante un difusor de 1" de diámetro, con 11 orificios de 1/2", espaciados a 0.10 m. centro a centro. En la

coronación de la rampa se forma un vertedero rectangular sin contracciones, en el cual se efectuará la medición del caudal, (ver Cuadro 1, en la Memoria de calculo).

2.6.6.2 Floculadores

El sistema existente para sujetar de las pantallas de asbesto cemento corrugadas de 8 mm de espesor era muy defectuoso, las placas quedaban sueltas y al ser constantemente agitadas por el movimiento del agua se deterioran rápidamente. Las pantallas se han repuesto dos veces y actualmente el floculador se encuentra nuevamente sin pantallas. Por esta razón, se ha optado por cambiar la unidad de flujo horizontal existente, por una unidad de flujo vertical con pantallas móviles constituidas por tablonces de concreto, una solución mucho mas estable e igualmente flexible.

La unidad proyectada estará compuesta de tres tramos de 2.30 m de altura útil y 9.57 m de largo, con anchos aproximadamente similares aprovechando los tabiques de concreto existentes en la unidad. Las características de la nueva unidad se indican en la Tabla 1.

Tabla N° 2
Características del nuevo floculador

Tramos	Ancho del Tramo (m)	Ancho compart. (m)	N° de compart.	Alto de los pasos (m)	G (s ⁻¹)	T (min)	hf (m)
1	3.35	0.23	30	0.30	60	5.99	0.15
2	3.35	0.28	28	0.42	44	6.64	0.09
3	3.50	0.42	20	0.66	23	6.94	0.03
Total	10.20		78			19.57	0.27

La unidad proyectada tiene menos pérdida de carga que la actual, por lo que será necesario profundizar el fondo del primer tramo de la unidad. Ver cuadro 2 en la Memoria de Calculo.

2.6.6.3 Canal de distribución a los decantadores

Este canal esta distribuyendo el caudal a los tres decantadores con una desviación de 18.7 % entre el primer y el ultimo decantador, ver cuadro 3 en la Memoria de Calculo. Significa que al primer decantador le entraran 11.5 l/s menos que al ultimo. En esta situación, al primero ingresaran 50 l/s y al ultimo 73 l/s y estará operando con una tasa mucho mas alta que los otros dos. Ver cuadro 3 en la Memoria de Calculo.

Para mejorar la distribución del caudal a los 3 decantadores existentes, será necesario que el canal tenga profundidad variable, esto se puede conseguir efectuando un relleno en el fondo del canal entre la primera y la ultima compuerta, de la manera que la profundidad final sea de solo 0.90 m. Con esta modificación, la desviación de caudal que se produzca entre la primera y la última unidad será de solo 5.8 % y al ultimo decantador entrarían 65 l/s, 3.6 l/s mas que al primero. El gradiente de velocidad al paso por las compuertas seria de 12 s-, por lo que podrán utilizarse las mismas compuertas existentes, cambiando su posición de acuerdo a lo indicado en el plano respectivo. Ver cuadro 4 en la Memoria de Calculo.

2.6.6.4 Decantadores de placas paralelas

En los decantadores se han mejorado las siguientes estructuras:

a. Canal central de distribución de agua floculada

Este canal tiene sección uniforme de 1.80 de alto y 0.50 de ancho con una hilera de 34 orificios de 4" de diámetro en el fondo de canal. Con el caudal de proyecto de esta planta (165 l/s) se produce una desviación de caudal aceptable de 3.58 % (ideal <5%), pero el gradiente de velocidad en los orificios de 4" es de 31 s-1 y en este punto donde los floculos están ingresando a la zona de decantación, el gradiente de velocidad no debe ser mayor de 15 s-1. Ver cuadro 5 en la Memoria de Calculo.

Para mejorar el comportamiento de gradientes de velocidad en este canal y para que los decantadores puedan operar con un caudal de 185 l/s, estamos agregando dos hileras laterales de 34 orificios de 4" de diámetro, a través de los cuales se producirá un gradiente de velocidad de 5 s-1 y la desviación de caudal será de 4.85%, siempre menor de 5%. Ver cuadro 6 en la Memoria de Calculo.

b. Módulos de placas

El otro aspecto que requiere mejorarse es la distribución de las placas de asbesto cemento dentro de la unidad. Actualmente se encuentran con una separación de 6 cm. y la velocidad del flujo entre ellas es de 0.19 cm. /s, siendo la velocidad máxima admisible para estas condiciones de 0.09 cm. /s. Ver cuadro 7 en la Memoria de Calculo. Esta excesiva velocidad del flujo entre las placas esta produciendo arrastre de floculos y deterioro de la calidad del agua producida. Actualmente no se nota mucho el impacto de este defecto del

modulo de placas, debido a que la planta esta tratando aguas superficiales del canal mezcladas con el agua proveniente de las galerías filtrantes de Vinto Almenara, pero en cuanto se independicen las galerías, los problemas de la planta van ha mostrar mayor impacto.

Para mejorar este aspecto, las placas de asbesto cemento existentes se deben espaciar a 12 cm. en el plano horizontal, con lo cual la distancia normal entre placas obtenida será de 10.34 cm., y este debe ser el ancho de los nuevos tacos de madera que se deben utilizar para espaciar las placas. En estas condiciones, se obtendría una tasa de decantación de 24.14 m³/m².d, la velocidad del flujo entre las placas seria de 0.17 cm. /s la máxima admisible de 0.16 cm. /s. Ver cuadro 8 en la Memoria de Calculo

c. Sistema de recolección de agua decantada

También es necesario mejorar la tasa de recolección de agua decantada. El sistema actual de recolección consta de dos vertederos de 9 m de largo y operando cada decantador con 61.6 l/s, la tasa de recolección seria de 3.43 l/s.m, siendo el máximo aceptable de 3.0 l/s.m.

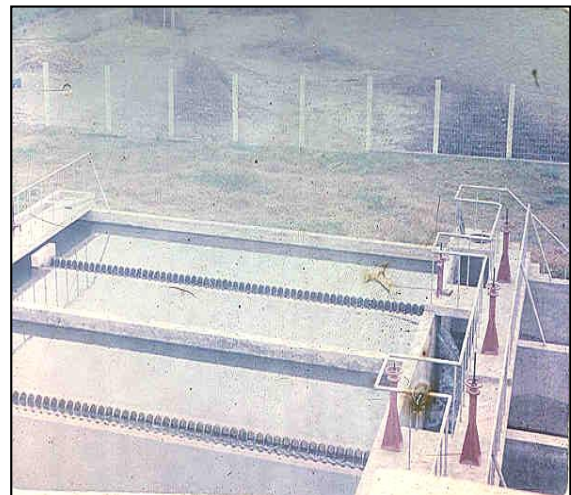


Figura N° 7: Decantador de placas paralelas

Para disminuir la tasa de recolección a un límite aceptable, se ha proyectado un sistema mediante tuberías perforadas. Se instalarán 9 tubos de PVC de 8" de diámetro y 2.4 m de largo a cada lado del canal central, con lo cual la tasa de recolección obtenida será de 1.5 l/s.m.

2.6.6.5 Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo

La batería de filtros existente está constituida por cinco filtros de 4.12 m. de ancho por 3.22 m. de largo, con un área de 13.25 m² cada filtro. Actualmente solo tienen una delgada capa de arena, pero fueron proyectados para operar con un lecho filtrante doble de arena y antracita; esta última se perdió debido a que los filtros han estado siendo operados y lavados con un caudal de 200 l/s, habiendo sido proyectados para ser lavados con 165 l/s. Al ser lavados con un caudal de 200 l/s, el medio filtrante expandió exageradamente y se perdió la antracita, la cual es necesario reponer para mejorar la eficiencia de estas unidades.

Se ha recalculado la batería de filtros para operar con un caudal de 185 l/s y una tasa promedio de 241.40 m³/m²/d. En estas condiciones la velocidad de lavado obtenida es de 0.84 m/min. Y el lecho filtrante con el cual se consigue una expansión promedio del lecho filtrante de 30%, es el indicado en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3

Granulometría del medio filtrante seleccionado

Parámetros	Arena	Antracita
Tamaño efectivo (T.E.) mm	0.66	1.00
Tamaño máximo, mm	1.65	2.83
Tamaño mínimo, mm	0.50	0.70
Coefficiente de uniformidad (CU)	1.48	1.50
Espesor de la capa (m)	0.30	0.60

El vertedero de salida de la batería deberá ubicarse a 0.53 m sobre el borde de las canaletas de recolección de agua de lavado. Este vertedero deberá modificarse para que pueda ser calibrado durante la puesta en marcha de la planta rehabilitada, para lo cual será necesario recortar el muro de concreto a una altura de 3.23 m sobre el fondo de la unidad (cota 90.43) y formar de ranuras en la base y a lo largo de los laterales del vertedero, a través de las cuales puedan deslizarse maderitas machihembradas de 5 cm. de ancho para modificar la altura, hasta obtener que el medio filtrante expanda alrededor de 30 %. Una vez determinada esta altura adicional, se sustituirán las maderitas, colocando una planchita metálica de una altura equivalente. Lo misma modificación debe efectuarse en el vertedero de salida de la cámara de contacto.

De acuerdo a lo calculado se requerirá una carga hidráulica de 0.40 m para operar con tasa declinante, con lo cual la altura total necesaria para operar en estas

condiciones es de 3.57 m. Los filtros tienen una altura total de 5.67 m., por lo que hay disponible más altura de la necesaria. Ver cuadro 9 en la Memoria de cálculo.

a. Sala de dosificación

Se dispone de dos equipos de dosificación en seco, de tipo volumétrico, prácticamente nuevos, que no se están utilizando, por lo que durante la evaluación y puesta en marcha del sistema se pondrán operativos.

2.7 FLOCULADORES HORIZONTALES

El floculador tiene como objetivo el proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad.

La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico.

En este capítulo trataremos sobre el diseño de unidades de agitación hidráulica.

Los floculadores más conocidos se pueden citar, en primer lugar, las unidades de pantallas de flujo horizontal.

2.7.1 Clasificación de los floculadores

Se acostumbra clasificar a los floculadores como mecánicos o hidráulicos de acuerdo con el tipo de energía utilizada para agitar la masa de agua. Puede hacerse una clasificación más amplia si se tiene en cuenta el modo como se realiza la aglomeración de las partículas.

De acuerdo con este principio, podemos clasificarlos del siguiente modo:

2.7.1.1 Floculadores de contacto de sólidos

Los floculadores de contacto de sólidos o de manto de lodos son controlados por la concentración de sólidos (C). Como esta varía continuamente, es necesaria una constante atención del operador.

Usualmente, los floculadores de contacto de sólidos no son utilizados en nuestros proyectos de plantas de tratamiento. Han sido desarrollados y son ofertados generalmente por fabricantes de equipos, cada uno con sus características propias, que siempre resaltan sus ventajas más aparentes. Normalmente forman parte de los tanques de decantación de flujo vertical y constituyen unidades relativamente compactas. Antes de que aparecieran los decantadores de placas, paralelos o tubulares, presentaban precios inferiores a los proyectos convencionales, pero actualmente ya no tienen una ventaja muy significativa de precio. Por este motivo, y por ser unidades cuyo control y operación son muy difíciles, no serán tratadas con más detalle. De ser considerados como alternativa de proyecto, además del costo, deberán examinarse los siguientes puntos:

En cuanto al tamaño de la instalación, no son aconsejables para pequeñas comunidades, carentes de personal altamente calificado, necesario para su operación.

- ✓ El régimen de operación debe ser continuo o, por lo menos, por un periodo diario bastante largo, y no debe estar sujeto a variaciones de caudal, por la dificultad de formar y mantener un manto de lodos.

- ✓ Por el mismo motivo, se recomienda para aguas que mantengan más o menos constantes sus características fisicoquímicas, con variaciones de calidad imperceptibles.

2.7.1.2 Floculadores de potencia o de disipación de energía.

En los floculadores de potencia, las partículas son arrastradas por el flujo de agua a través del tanque de floculación sin que prácticamente exista concentración de sólidos. Normalmente, los gradientes son prefijados en el proyecto. En algunos casos, pueden ser ajustados por el operador. De acuerdo con la forma de disipación de energía, se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos.

A. Hidráulicos

Los floculadores hidráulicos utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica.

- ❖ De pantallas
- ❖ Floculador Alabama
- ❖ Helicoidal
- ❖ De medio poroso
- ❖ Floculadores de mallas

B. Mecánicos

- ❖ De paletas
- ❖ De turbina

2.7.1.3 Floculador hidráulico de pantallas

Los floculadores hidráulicos más utilizados son los de pantallas, de flujo horizontal o de flujo vertical. En los primeros, el agua circula con un movimiento de vaivén, y en los segundos, la corriente sube y baja sucesivamente, contorneando las diversas pantallas.

Las unidades de pantallas son las más eficientes y económicas de todos los floculadores actualmente en uso. Debido a la gran cantidad de compartimientos que tienen, confinan casi perfectamente el tiempo de retención; el tiempo real es prácticamente igual al tiempo teórico cuando la unidad ha sido bien proyectada. Debido a que no se requiere energía eléctrica para su funcionamiento, el costo de producción es muy bajo.

La pérdida de carga total es la suma de dos parciales. La primera, de menor cuantía, debida a la fricción en el canal; y la segunda, la principal, debida a los cambios de dirección. Esta puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$h_f = \left[\frac{n V}{r^{2/3}} \right]^2 l$$

Donde:

n = Coeficiente de fricción de Manning

V = Velocidad de flujo

r = radio hidráulico de los canales

l = longitud de canales en cada tramo.

La pérdida de carga debida a las vueltas:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g}$$

K = coeficiente de pérdida de carga

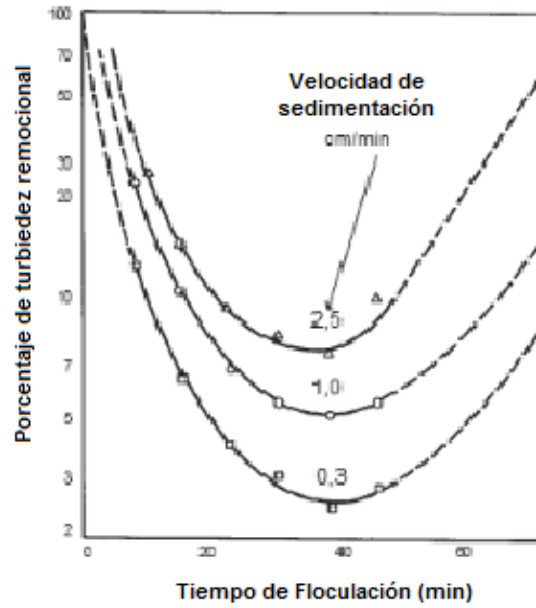


Figura N° 8: Efecto del periodo de floculación en la sedimentación

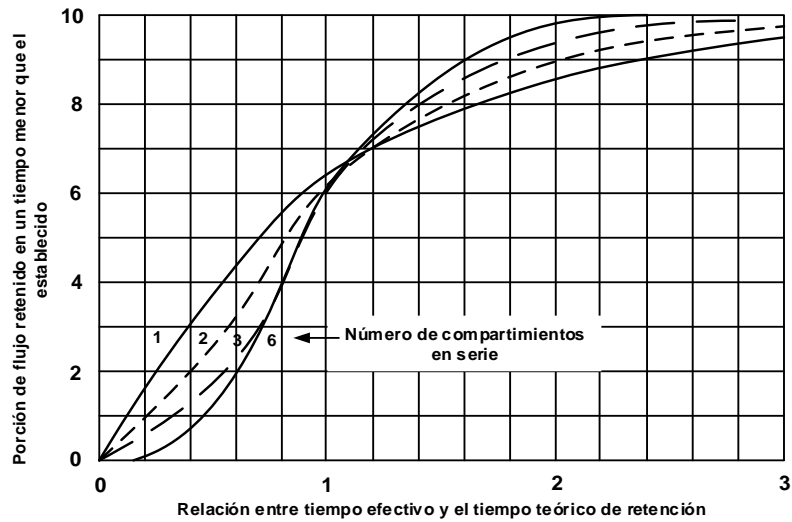


Figura N° 9: Compartimentalización y cortocircuitos

2.8 ANÁLISIS DE DOSIFICACIÓN

2.8.1 Dosificación

Para la aplicación de dosificación es un conjunto de actividades orientadas a la determinación de la dosis óptima a aplicar y su implantación en el dosificador.

Las etapas del proceso de dosificación son:

- Determinación de la dosis óptima.
- Determinación de la cantidad de sustancia a aplica en kilos o litros en función a la cantidad de agua que trata la planta.
- Calibración del dosificador
- Operación de la unidad

2.8.2 Instrumentos y aparatos

Al llevar a cabo la dosificación se han utilizado los siguientes instrumentos y aparatos según se muestra en el cuadro.

Cuadro N° 15: Instrumentos y aparatos

APARATOS-INSTRUMENTOS	DOSIFICACIÓN	FUENTE
➤ Aparato de prueba de jarras ➤ Turbidímetro	Coagulante	Acequia
Comparador de cloro	Cloración	Galerías y Cisterna

2.8.3 Turbidímetro

Turbidimetría:

Se basa en la comparación de la intensidad de la luz que es dispersada en una muestra de agua y una suspensión patrón de turbiedad (Formacina), a las mismas condiciones.

Cuando mayor es la intensidad de la luz dispersada, mayor es la turbiedad.

La luz dispersada debido a las partículas es recogida por el detector. La cantidad de luz dispersa es proporcional a la turbidez de la muestra en Unidades Nefelométricas de turbidez.

La turbidez se puede determinar en cualquier muestra de agua libre de residuos y de sedimentos gruesos.

Las celdas que se utilizan para la lectura de turbidez en el turbidímetro son vidrio el cual no debe de estar sucio, con burbujas de aire, de esta forma pueden dar resultados erróneos.

Equipo:

- 2100P TURBIDIMETER HACH
- CELDAS O TUBOS DE MEDICIÓN

2100P TURBIDIMETER HACH

- El rango de turbiedades de 0 hasta 1000 NTU
- Los accesorios más utilizados son las celdas o frascos transparentes de 15 ml de capacidad hasta la línea de aforo.
- El turbidímetro trabaja con dos tipos de lecturas: de redondeo y auto rango
- Un dato importante el turbidímetro no puede efectuar lecturas de turbidez mayores de 1000 NTU. De esta forma se debe proceder a una disolución de 1/10 parte con agua de turbidez 1 NTU
- La turbidez real se determinará mediante la siguiente formula.

$$\text{Turbidez} = [\text{lectura registrada}] * 10$$

- El turbidímetro opera con baterías de 9 voltios, pero se adquirió un transformador de corriente alterna a corriente continua.

2.8.4 Aparato de prueba de jarras

Mediante este aparato determina la dosis óptima de las sustancias químicas (coagulantes) con el reporte del turbidímetro.

El aparato cuenta con:

- Seis agitadores automáticos con sus respectivos ejes provistos de paletas con capacidades para operar a velocidades de 0 -150 RPM
- Sistema de iluminación y soporte
- Jeringas graduadas de 10 ml
- Seis vasos precipitados de 1 litro

El ensayo de prueba de jarras se realiza en forma automática debido a que el equipo utilizado está programado para operar según la siguiente tabla:

Tabla N° 4: Tiempo de operación

Agitación/Reposo	Tiempo (Minutos)	RPM	Operación
Mezcla rápida	1	150	Coagulación
Mezcla lenta	8	40	Floculación
Reposo	15	-	Sedimentación

Transcurrido el tiempo, el equipo da alarma y se procede a medir la turbidez de la muestra contenida en cada una de las jarras.

A. Procedimiento

- Se toma como muestra 6 litros de agua cruda, se agita la muestra para de esta forma uniformizarlas de las partículas coloidales.
- Llenar los 6 vasos precipitado con capacidad de 1 litro de volumen.
- se bajan las paletas al interior de cada uno de los vasos precipitados.
- Se prepara una solución de 1 % de sulfato de aluminio pesando 1g de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ y diluyendo a 100 ml de agua destilada.
- Se prepara también una solución de 1 % de polímero, midiendo 1 ml de polímero y diluyéndolo en 100 ml de agua destilada.
- Se construye una tabla de dosificación de sulfato y polímero.
- Variadas cantidades de solución de sulfato y polímero se vierte sobre las muestras contenidas en cada uno de los vasos precipitados respectivamente.
- Elaboramos una tabla con las cantidades vertidas y lo que reporto en el turbidímetro.
- La dosis que se suministro a la jarra N° 2 es la sugerida por que se encontró una turbidez menor.

B. Cálculo de la cantidad de coagulante requerido

Por turno de operación:

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Kg}}{\text{Turno}} (\text{Sulfato de Aluminio}) \\ &= 12.1114 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{3}{0.001} \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} \times \frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} \times 60 \times 8 \\ &= 17.440 \frac{\text{Kg}}{\text{Turno}} \end{aligned}$$

=

$$\begin{aligned}\frac{Kg}{Turno}(\text{Polimero}) &= 12.1114 \frac{m^3}{min} \times \frac{0.15 mg}{0.001 m^3} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{1Kg}{1000g} \times 60 \times 8 \\ &= \mathbf{0.872} \frac{Kg}{Turno}\end{aligned}$$

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Diseño

Según Carrasco (2005), el diseño de la investigación es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener información que se requiere en una investigación. De acuerdo a Carrasco (2005), la investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en lo que solo se observan fenómenos en su ambiente natural para luego analizarlos. Carrasco (2005), manifiesta que en un diseño transversal descriptivo se indagan la incidencia de las modalidades, categorías y niveles de una o más variables en una población, son estudios puramente descriptivos. En el presente trabajo de investigación el diseño es implícito a los subtítulos que se tiene sobre la población, muestra, técnicas, instrumentos y operacionalización de las variables para levantar la información. Siendo una investigación descriptiva, el tipo de diseño aplicado es no experimental y transversal, que se muestra en las técnicas, instrumentos y operacionalización de las variables que tienen relación con los problemas y objetivos planteados.

Según Carrasco (2006), la investigación tecnológica está dirigida a descubrir y conocer qué técnicas son más eficaces o apropiadas para operar, es decir, producir cambios o conservar los progresos alcanzados, así como perfeccionar las actividades o manipular cualquier fragmento de la realidad. Rincón (2009), la investigación tecnológica comprende con

mayor énfasis la transformación, cuyo fin es obtener conocimiento para lograr modificar la realidad en estudio, persiguiendo un conocimiento práctico. De acuerdo a Córdoba (2007), la investigación tecnológica constituye un conocimiento aplicado y de uso práctico de manera inmediata, concretada en inventos, diseños e innovaciones. El Diseño de la investigación para el presente trabajo es investigación tecnológica.

3.1.2 Método

Según Bernal (2010), la investigación descriptiva es uno de los métodos o procedimientos investigativos más populares, son estudios de carácter eminentemente descriptivo, en tales estudios se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etcétera. Pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones, los hechos, los fenómenos.

El nivel de investigación para el presente trabajo es descriptivo porque se está formulando un modelo y se aplicará como metodología de desarrollo la dinámica de sistemas.

3.2 POBLACION Y MUESTRA

El objeto de estudio son las modificaciones realizadas en la Planta de Tratamiento de Agua Potable incorporando un Floculador Horizontal de Pantallas para aumentar los volúmenes de agua potable a fin de satisfacer la demanda de la población de la ciudad de Barranca.

3.2.1 Población

La población está compuesto por 151,632 habitantes de la Ciudad de Barranca que requieren los servicios de agua potable al año 2018.

3.2.2 Muestra

La muestra será determinada en base al método probabilístico estratificado y aplicando la fórmula estadística.

Para el cálculo de la muestra se tomó con un 95% de confianza y 5% de error, resultando 720 habitantes a ser encuestados para determinar la demanda de servicios de agua potable.

3.3 VARIABLES E INDICADORES

3.3.1 Definición conceptual de las variables

Primera variable

Modelo Dinámico

Un sistema complejo que presenta un cambio o evolución de su estado en un tiempo, el comportamiento en dicho estado se puede caracterizar determinando los límites del sistema, los elementos y sus relaciones, de esta forma se puede elaborar modelos que buscan representar la estructura del sistema mismo.

Indicadores de la primera variable

Diagrama causal

El diagrama causal es un diagrama que recoge los elementos clave del sistema y las relaciones entre ellos.

Diagrama de Forrester

Diagrama que se obtiene a partir de un diagrama de influencias, clasificando sus nodos en variables de nivel, flujo o auxiliares y asociando a esos nodos los iconos correspondientes recibe la denominación de diagrama de Forrester o diagrama de flujos-niveles.

Segunda Variable

Abastecimiento de agua potable

Conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios.

Indicadores de la segunda variable

Producción de agua potable Captación y tratamiento de agua cruda, para su posterior distribución como agua potable, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, se puede producir agua potable a partir de cualquier fuente natural de agua como por ejemplo subterránea, lagos y ríos (agua superficial) o agua de mar.

Demanda de agua potable

La demanda de agua potable se define como la cantidad y calidad de agua que pueden ser adquiridos por un consumidor (demanda individual) o por el conjunto de consumidores (demanda total o de mercado), en un momento determinado.

3.3.2 Definición operacional de las variables

Primera Variable

X: Modelo Dinámico

Indicadores

X1: Diagrama causal

X2: Diagrama de Forrester

Segunda Variable

Y: Abastecimiento del agua potable

Indicadores de la segunda variable

Y1: Producción de agua potable

Y2: Demanda de agua potable

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1 Técnicas para recolectar información

Se utilizó el análisis documental, la entrevista y encuesta que tiene como objeto identificar los componentes internos, externos y el funcionamiento del sistema dinámico de agua potable.

3.4.2 Instrumentos para recolectar información

Para recolectar información fueron necesarios los reactivos que se presentan en la matriz de operacionalización de las variables, presentados en el Anexo A. Para el análisis documental se revisó diferentes fuentes ya sean estas físicas o magnéticas de las cuales se recopilaron datos para identificar los componentes del sistema de agua potable en la Ciudad de Barranca; también se recopilaron datos históricos, actuales; la ficha de análisis documental se muestra en el Anexo B. Para la técnica de entrevista se utilizó el instrumento guía de entrevista que se encuentra en el Anexo C, que se aplicó al gerente de operaciones de SEMAPA-Barranca.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE FILTRACIÓN RÁPIDA

4.1.1 Floculador de pantallas

Datos:

Caudal de Proyecto (m^3/s)	0.185
Tiempo Total de Floculación (min)	19.6
Longitud de la unidad (m)	9.570
Longitud del Tramo I (m)	8.625
H. Floculador (m)	2.30
Ancho canal 1 (m)	3.35
Ancho canal 2 (m)	3.35
Ancho canal 3 (m)	3.50
Gradiente Velocidad Canal 1 (s^{-1})	45.0
Gradiente Velocidad Canal 2 (s^{-1})	34.8
Gradiente Velocidad Canal 3 (s^{-1})	19.6
Espaciado pantallas vinilona (m.)	0.06
n de Manning	0.013
Factor de temperatura (Peso esp./Viscosidad) ^{0.5}	2920
Aceleración de la gravedad (m/s^2)	9.81

Resultados:

Volumen Total (m ³)	217.23098		
Hf Total (m)	0.260		
Ancho Total (m)	10.20		
	Canal 1	Canal 2	Canal 3
Tiempo de Retención (min.)	5.99	6.64	6.94
Nº Compartimientos entre pantallas	30.0	28.0	20.0
Espacio entre pantallas	0.23	0.28	0.42
Velocidad en los canales (m/s)	0.24	0.19	0.13
Velocidad en los pasajes (m/s)	0.16	0.13	0.08
Extensión de canales (m)	86.36	77.61	52.13
Radio Hidráulico compuerta entre pantallas	0.11	0.13	0.19
Hf continua (m)	1.65E-02	7.50E-03	1.28E-03
Hf en las vueltas (m)	0.13	0.08	0.02
Hf Total por Tramo (m)	0.15	0.09	0.03
Volumen por Tramo (m ³)	64.72	72.12	75.90
Altura de Pasos (m)	0.34	0.43	0.63
Gradiente de Velocidad Total (s ⁻¹)	60	44	23
Gradiente de Velocidad canal vertedero (s ⁻¹)	21	14	5
Aberturas en el fondo	0.04	0.05	0.07

4.2 COMPROBACIÓN DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA

Datos:

Caudal	0.185 m ³ /s
#. de Decantadores	3
Ancho del Canal	0.75 m
Altura Mínima	1.39 m
Velocidad Lat.	0.225 m/s
Coefficiente Expansión O	0.70
Coefficiente Expansión 0	1.67
(P/U) ^{0.5} --- 16 C	2920
Ancho compuertas	0.50
Sum 1/B	2.026
Velocidad sección inicial	0.178
Coefficiente Darcy Weissbach	0.02
Aceleración gravedad	9.81 m/s ²
Longitud entre compuertas	12.2 m

Resultados:

Caudal Ingreso Decantadores.	0.06167	m/s ³
Coefficiente H _f orificios	1.82	
Sección final Decantadores	1.04	m.
Velocidad real compuertas i.	0.20	m ³ /s
Velocidad sección final	0.06	m ³

Velocidad real compuertas f.	0.25	m ³ /s
Sección inicial canal	1.04	m ²
Hf compuertas	5.66E-03	m.
Altura inicial canal	1.39	m.
G. velocidad compuertas	12.01	m/s
Área sección útil compuertas	0.27	m ²
Altura útil	0.55	m.
Radio hidráulico	0.17	
Desviación	18.7	%

Cálculos: Modificación del Canal

Tabla N° 5: Primera Modificación del canal

#.Orif.	Gasto (m ³ /s)	Diámetro Long. (m)	Área Canal (m)	Área (m ²)	Volumen canal (m ²)	V. Canal/ V. Lat.	Beta	Raíz 1/Beta	Velocidad Lat. (m/s)	H _f Compuerta (m)
1	0.185	0.00	1.386	1.039	0.178	0.791	2.745	0.604	0.201	5.66 E-03
2	0.12333	6.10	1.388	1.041	0.118	0.527	2.163	0.680	0.227	5.66 E-03
3	0.06167	12.20	1.390	1.043	0.059	0.263	1.815	0.742	0.247	5.66 E-03

Suma = 2.026

Desviación = 18.68 %

Tan θ^{-1} = -0.000346902

Nota: Se permite una desviación máxima de 5 %

Se cambia el ancho del canal inicial para alcanzar la desviación que se requiera.

4.3 MODIFICACIÓN DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A LOS DECANTADORES

Datos:

Caudal	0.185 m ³ /s
#. de Decantadores	3
Ancho del Canal	0.75 m
Altura Mínima	0.55 m
Velocidad Lat.	0.23 m/s
Coefficiente Expansión O	0.70
Coefficiente Expansión 0	1.67
(P/U) ^{0.5} --- 16 C	2920
Ancho compuerta	0.50
Sum 1/B	1.86
Velocidad sección inicial	0.178
Coefficiente Darcy Weissbach	0.02
Aceleración gravedad	9.81 m/s ²
Longitud entre compuertas	11.7 m

Resultados:

Caudal Ingreso Decantadores.	0.06167	m/s ³
Coefficiente H _f orificios	2.44	
Sección final Decantadores	0.4125	m.
Velocidad real captación i.	0.23	m ³ /s
Velocidad sección final	0.15	m ³

Velocidad real captación f.	0.22	m ³ /s
Sección inicial canal	1.04	m ²
Hf compuertas	6.72E-03	m.
Altura inicial canal	1.39	m.
G. velocidad compuertas	12.01	m/s
Área sección útil compuertas	0.27	m ²
Altura útil	0.55	m.
Radio hidráulico	0.17	
Desviación	5.78	%

Cálculos: Modificación del Canal

Tabla N° 6: Segunda Modificación del canal

# Orif.	Gasto (m ³ /s)	Diámetro Long. (m)	Área canal (m)	Área (m ²)	Volumen canal (m ²)	V. Canal/ V. Lat.	Beta	Raíz 1/Beta	Velocidad Lat. (m/s)	H _f Compuerta (m)
1	0.185	0.00	1.39	1.04	0.178	0.791	2.745	0.604	0.219	6.72E-03
2	0.12333	5.85	0.97	0.73	0.170	0.755	2.651	0.614	0.223	6.72E-03
3	0.06167	11.70	0.55	0.41	0.149	0.664	2.437	0.641	0.233	6.72E-03

Suma = 1.858

Desviación = 5.78 %

Tan $\theta^{-1} = 0.0716$

Nota: Se permite una desviación máxima de 5 %

Se cambia el ancho del canal inicial para alcanzar la desviación que se requiera.

4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A LOS DECANTADORES

Se realiza considerando los siguientes datos experimentales obtenidos en la Planta de Tratamiento de Filtración Rápida de “Los Molinos” – Barranca.

DATOS:

Caudal (m^3/s)	0.062
Velocidad orificios (m/s)	0.22
Separación entre orificios (m)	0.28
Longitud canal (m)	9.60
Ancho canal (m)	0.50
Altura mínima (m)	1.80
Altura máxima (m)	1.80
coeficiente α	0.70
coeficiente θ	1.67
Sum $1/b$	25.658
Coficiente Darcy Weissbach	0.02
(Peso específico/viscosidad) ⁴	0.52920
Longitud entre o_f y o_i (m)	9.24
Aceleración gravedad (m/s^2)	9.81

RESULTADOS:

Caudal Canal (m^3/s)	0.062
Área Total Orificio	0.282

# Orificios	34
Área de Orificio (m ²)	0.008
Diámetro Orificio (m)	0.10
Sección Final Canal	0.9
Caudal Orificio (m ³ /s)	0.002
Caudal Final (m ³ /s)	0.004
Volumen Final (m/s)	0.004
Sección Inicial (m ²)	0.900
Velocidad Inicial (m/S)	0.07
Coefficiente Hf Orificio 1	1.86
Hf Orificio (m)	1.08E-03
Gradiente Velocidad (s ⁻¹)	30
Desviación	4.49%

4.5 CÁLCULO DEL DECANTADOR LAMINAR

Datos:

Numero de unidades		3	
Caudal de diseño de la planta		0.185	
Separación de las placas en el plano			
horizontal	(e')	13	cm
Espesor de las placas	(e)	0.01	cm
Longitud del módulo de placas	(l)	120	cm

Caudal de diseño de cada decantador	(Q)	0.062	m ³ /s
Tasa de decantación real	(qr)	24.12	m ³ /m ² *d
Velocidad de sedimentación de las partículas	(Vs)	0.00028	m/s
Tasa de decantación aparente	(qa)	123	m ³ /m ² *d
Módulo de eficiencia de las placas	(S)	1	
Ancho total neto de la zona de decantación	(B)	480	cm
Ancho del modulo de placas	(b)	240	cm
Viscosidad a 25 C°	(u)	0.013	cm ² /s
Angulo de inclinación de las placas	(O)	60	°
Diámetro de los orificios		0.5	pgd
Espaciamiento entre orificios		0.1	m
Tasa de recolección		1.5	l/s*m

Resultados:

Zona de Decantación:

Espaciamiento entre placas	d =	11.25	cm
Longitud útil dentro de las placas	lu =	113.5	cm
Longitud relativa del modulo de placas	l =	10.09	
Coefficiente de forma del modulo	f =	5.12	
Área superficial de la unidad	As =	43.15	m ²

Numero de canales entre las placas	N =	69	
Longitud total del decantador	Lt =	9.60	m
Velocidad media del flujo	Vo =	0.17	cm/s
Radio hidráulico del modulo	Rh =	5.37	cm
Numero de Reynolds	Nr =	273	
Velocidad longitudinal máxima	V'o =	0.16	cm/s

Zona de Recolección:

Longitud total		41.11	m
Numero de tubos por modulo		9	
Numero de orificios por tubo		48	
Lección de un orificio		0.0001	
Diámetro de los tubos de recolección		8	pgd

4.6 BATERÍA DE FILTROS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO

DATOS

Caudal (m ³ /s)		0.185
Velocidad Lavado (m/min)		0.84
Velocidad Filtración (m ³ /m ² .d)		241.4
T. Efec. Arena (mm)		0.66
C.U. Arena		1.48
C.U. Antracita		1.50
SUM Xi/(1-Ei) AR.		0.000
SUM Xi/(1-Ei) ANT.		0.000

Poros. Arena Limpia	0.42
Poros Antracita Limpia	0.45
# Canaletas	2
H. UT. canaleta lavada (m)	0.25
Altura Total (m)	0.31
H. Falso fondo (m)	0.50
H. Drenaje + Grava (m)	0.52
H. Lecho Filtrante (m)	0.90
Densidad Arena (gr/cm.s2)	2.50
Densidad Agua (gr/cm.s2)	1
H. Capa Arena (m)	0.30
Porosidad Arena	0.42
Densidad Antracita (gr/cm.s2)	1.50
Poros Antracita	0.45
H. Capa Antracita (m)	0.60
Ancho Filtro (m)	4.12
Ancho viga (m)	0.3
Distancia Orificio (m)	0.10
L. Unid. y Vig. (m)	3.22
Diámetro Orificio (plg.)	0.75
Cd Orificios	0.65
Aceleración Gravedad (m/s ²)	9.81

H. Falso fondo (m)	0.40
K falso fondo	1
V. Comp. Lav. (m/s)	2.96
K cpta. Salida	1
Longitud Canal Lavado (m)	4.12
Ce Arena	0.80
SUM X_i/D_i^2 Arena	0.00
SUM X_i/D_i^2 Antracita	0.00
Viscosidad Absoluta (Kg.s/m^2)	0.00013
V. Comp.Entr.(m/s)	0.770
Longitud Cresta vert. (m)	1.95
Coefficiente Esferic. Antracita	0.70

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 DISCUSIÓN

En forma general, teniendo una apreciación del sistema de abastecimiento de agua potable, se puede concluir lo siguiente:

- ❖ La calidad de la fuente superficial tiene características físicas y químicas dentro de las concentraciones para este tipo de fuente y por lo tanto se puede tratar en una planta de filtración rápida completa.
- ❖ La calidad del agua subterránea es adecuada y se puede utilizar con simple desinfección.
- ❖ Reportes de nitratos en las redes de distribución, indican que algunas muestras superan ligeramente los valores establecidos.
- ❖ La planta de tratamiento está operando con un caudal de sobrecarga importante, su capacidad nominal de diseño es de aproximadamente 150 l/s, y está tratando un caudal de 202 l/s.

5.2 CONCLUSIONES

- ❖ El agua el líquido fundamental para la existencia humana sin ella son existiría vida, contiene cuatro tipos básicos de contaminantes como: materia inorgánica disuelta, materia orgánica disuelta, partículas en suspensión, microorganismos, es decir no hay agua químicamente pura.

- ❖ El informe presenta todo el proceso y las operaciones unitarias del tratamiento de agua potable a partir de las aguas superficiales y las subterráneas.
- ❖ Se usa como coagulante sulfato de aluminio para el tratamiento exclusivo de aguas superficiales (río) ya que posee materia abundante en suspensión: Arena, Arcilla, Materia orgánica, etc.
- ❖ La cantidad de coagulante a utilizarse diariamente se encuentre en relación directa con el flujo y la turbidez del abastecimiento.
- ❖ Se debe verificar siempre el pH del agua cruda para que de esta manera el coagulante presente un trabajo óptimo.
- ❖ Existe irregularidad del abastecimiento del flujo de agua hace que los procesos de coagulación – floculación y sedimentación normalmente no sean los más óptimos.
- ❖ Para establecer la optimización del proceso del tratamiento del agua es de suma importancia que el Laboratorio de Análisis de Control de Calidad este equipado, que las instalaciones de los sistemas de floculación y sedimentación presenten todos los accesorios necesarios, los filtros de arena se realice la renovación por su desgaste.

Un aspecto importante para la buena gestión de los servicios, es contar con información documentada de todos los componentes del sistema de agua, así como de las acciones que deben llevarse a cabo para la operación y mantenimiento del sistema; en ese sentido, se ha podido apreciar que no se dispone de un catastro técnico actualizado, ni manuales de operación y mantenimiento.

- **Captación:**

No cuenta con un sistema de limpieza para la retención de materiales sólidos que afectan el funcionamiento de la estructura.

No cuenta con un dispositivo de medición de caudales.

La estructura no cuenta con una compuerta para regular el caudal de captación.

- **Unidades de pretratamiento:**

Existen dos desarenadores y solo está operando uno, el otro se utiliza como cámara de rebose del que está operando.

No cuenta con los dispositivos de control, compuertas al ingreso y salida de la unidad.

Existen dos lagunas de sedimentación, una se encuentra en operación, la otra unidad esta fuera de servicio por presentar una gran acumulación de sedimentos que prácticamente se ha perdido la forma geométrica de la unidad.

Las cajas del sistema de ingreso y salida de la laguna operativa no cuentan con las instalaciones requeridas, compuertas, vertederos, los cuales se han deteriorado y no han sido repuestos. Una situación similar se ha observado en la laguna que no está operativa.

- **Línea de conducción de agua cruda:**

Las líneas de conducción que conducen el agua subterránea no presentan mayores problemas, están en buenas condiciones de operación. Al inicio de la línea de conducción de las galerías de Vinto – Los Molinos, la caja de recolección se encuentra inundada.

El agua subterránea de la galería de Vinto se mezcla en el agua superficial a la salida de las lagunas de sedimentación, con esta acción se deteriora la calidad del agua subterránea y se recarga sin justificación la planta de tratamiento.

▪ **Planta de tratamiento de agua potable:**

El almacén cuenta con área suficiente tanto para el almacenamiento, como para la maniobra de los productos químicos.

Se cuenta con un solo tanque para la preparación de la solución de coagulantes, la sala dosificación se encuentra cerca de la mezcla rápida por lo que se puede considerar una buena ubicación que facilita el trabajo de los operadores.

El sistema de dosificación en seco de tipo volumétrico en la actualidad no se encuentra operativo.

La aplicación del coagulante se realiza antes de la turbulencia, lo que no garantiza una buena mezcla.

La aplicación de coagulante es en forma puntual, por lo que el coagulante no se mezclaría en forma homogénea en el agua cruda.

El estado actual de la unidad de floculación es deficiente, ya que no cuenta con las pantallas para las canaletas de floculación.

El flujo con que fue diseñado el floculador es del tipo pistón, pero por la ausencia de las pantallas hace que no este tipo de flujo no se cumple, y se presentan espacios muertos y cortocircuitos considerables.

Debido a que la unidad de floculación no está operando correctamente, en la unidad de decantación se termina la etapa de floculación, por eso se encuentran flóculos en su

superficie. Así mismo, existe presencia de nata y espuma sobre nadante tanto en el canal de distribución de agua floculada y el canal de distribución de agua decantada. Existe presencia de nata y espuma sobre nadante en el canal de distribución de agua floculada, provocado por una sobre dosificación de coagulante.

Se notó el arrastre de flóculos hacia la canaleta de recolección de agua decantada, esto debido a una alta carga de recolección en los vertederos del decantador.

Debido a las deficiencias de las unidades anteriores, en los filtros prácticamente se realiza el tratamiento del agua.

El operador realiza el lavado de los filtros tres veces al día, lo cual no es el criterio adecuado. Pues para realizar el lavado de cada filtro debe fijarse en el nivel máximo de operación de la batería de filtros.

En la caseta de cloración, no hay una buena ventilación en caso de que se presente una fuga de gas cloro.

En general, la planta de tratamiento está operando con una sobrecarga excesiva, su diseño es para 150 l/s y está operando con 240 l/s.

- **Línea de conducción de agua tratada:**

La línea no presenta mayores problemas de operación, al inicio cuenta con un macromedidor para determinar el caudal que sale de la planta de tratamiento.

No se puede saber exactamente el estado de la cámara rompe presión debido a que está sellada. Sin embargo, por su rebose si podemos afirmar que presenta deficiencias por la fuga encontrada.

- **Líneas de impulsión:**

Estas líneas no presentan mayores problemas de operación.

- **Reservorios:**

En el reservorio de 2,100 m³, las tuberías y válvulas de caseta presentan corrosión, y tiene gran acumulación de residuos sólidos.

Ambos reservorios si cuentan con macro medidor electromagnético.

Los dos reservorios no tienen cerco perimetral, que permita darle seguridad a sus instalaciones.

- **Redes de distribución:**

No existe un programa de mantenimiento permanente de válvulas, las cuales se ha observado que están inundadas o sus cajas están llenas de residuos sólidos.

Los grifos contra incendio presentan corrosión, se utilizan para el purgado de las redes.

No existe una sectorización definida en el sistema de distribución, lo cual no permite un manejo eficiente de las redes.

Existen tuberías con tiempo de instalación que han superado su vida útil, las cuales deben ser investigadas para saber sus condiciones de operación.

En términos generales, los usuarios tienen una buena apreciación de la calidad del servicio.

5.3 RECOMENDACIONES

- Para realizar un buen control y tener conocimiento de las unidades operacionales del sistema de abastecimiento de agua potable de Barranca, es necesario realizar un catastro técnico de cada unidad.

- Para la buena gestión de la operación y mantenimiento de cada unidad operacional, es necesario contar con los manuales de operación y mantenimiento de cada una de ellas, y debe ser difundido entre los operadores del sistema.
- Como se ha podido apreciar la estructura de captación requiere de instalaciones complementarias para su funcionamiento adecuado, por ello se debe incorporar una compuerta de control, mejorar las rejas existentes y adicionar un medidor de caudal como un vertedero.
- Los desarenadores no están funcionando a su máxima capacidad, una de las unidades no está operativa; se deben rehabilitar las compuertas de ingreso y salida para que las dos unidades operen en forma paralela con el consiguiente mejoramiento del proceso de tratamiento.
- Sobre las lagunas de sedimentación, con respecto a la que esta en operación se deben rehabilitar las instalaciones de ingreso y salida, ya que éstas se encuentran deterioradas o faltan las compuertas respectivas.
- En la salida de las lagunas de sedimentación se produce la mezcla del agua subterránea proveniente de las galerías de Vinto – Los Molinos con el agua superficial, debe independizarse las líneas de conducción para evitar el deterioro de la calidad del agua subterránea, para lo cual se debe instalar una línea de conducción paralela a la existente hasta la planta de tratamiento, la misma que debe descargar en la cámara de contacto, de esta forma se dejaría de sobrecargar la planta de tratamiento de agua potable.
- Las bolsas de sulfato de aluminio deben ir apiladas en rumas sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y las paredes.

- Se deben establecer tablas para el operador, de tal forma que facilite la preparación de solución de coagulante, así como la dosificación a emplearse en función a la turbidez del agua cruda.
- Se debe mejorar el sistema de aplicación de coagulante, mejorando el punto de aplicación en la zona de mayor turbulencia y utilizando un dosificador a lo ancho del canal. También, debe tenerse en cuenta la misma consideración para la aplicación del polímero catiónico.
- En los floculadores se debe reponer las planchas corrugadas para que funcione en forma adecuada, siendo estas de asbesto cemento las que ya no se utilizan en plantas de tratamiento.
- A los sedimentadores se deben reponer algunas planchas que se has deteriorado, aquí también se presenta la dificultad de que ya no existen en el mercado las planchas de asbesto cemento, por ello se pueden reemplazar por lonas de vinilo.
- En los filtros se deben analizar el estado del medio filtrante debido a la sobrecarga que recibe, así como se deben determinar el nivel máximo de operación de la batería para que el operador pueda definir el filtro que debe ser lavado.
- En el sistema de desinfección, se debe acondicionar la caseta para que tenga la ventilación adecuada ante el riesgo de una fuga de gas cloro.
- Como se mencionó anteriormente, la planta está operando en forma sobrecargada, con la construcción de una línea paralela para conducir el agua subterránea hasta la cámara de contacto se reducirá notablemente el caudal de tratamiento y por consiguiente, en

esas condiciones, se determinará cual debe ser las nuevas condiciones de operación y las mejoras que deben hacerse al sistema de tratamiento.

- Como los usuarios perciben que el agua tiene sedimentos, se deben efectuar purgas en las redes con una menor frecuencia, e identificar nuevos puntos donde se deben instalar válvulas de purga.

CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Austin George T., "Manual de Procesos Químicos en la Industria", Quinta Edición en Inglés (Primera Edición en español), McGraw Hill Interamericana de México, S.A. 1997. México.
2. Germain, L. y otros. 1982. "Tratamiento de aguas".: Ediciones Omega. Barcelona, España.
3. Hernández Muñoz, Aurelio. 1994. "Depuración de aguas residuales". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 3ª ed. Madrid, España.
4. Kirk Raymond E., Othmer Donald F.; 1989. "Enciclopedia de Tecnología Química". 5ta. Edición en Español. Edit. Willey. Volumen 18. New York.
5. Pérez, J. A. y otros. 1995. "Estudio sanitario del agua". Universidad de Granada,. Granada, España.
6. Seoanez Calvo, Mariano. 1995. "Aguas residuales urbanas". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Obra sobre la problemática del agua; incluye técnicas de depuración.
7. "Manual de Agua su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones". Nalco S.A.
8. Christman, R. F.; Ghassemi, M. "The nature of organic color in water". *Journal of the American Water Works Association*, 58(6), 1966, pp. 623.

9. Di Bernardo, Luiz. “Metodos e tecnicas de tratamento de agua”.
Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
10. Grim, R. E. “Clay mineralogy”. Segunda edición. Nueva York, McGraw
Hill, 1968.
11. Kirchmer, C.; Pérez Carrión, J. *Coagulación*. Programa Regional OPS/
HPE/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo
Humano. Versión preliminar. 1981.
12. Black, A. P.; Christman, R. F. Characteristics of colored surface waters.
Journal of the American Water Works Association, 55(6), 1963, pp. 753-
770.
13. Johnson, P. N.; Amirtharajah, A. Ferric chloride and alum as single and dual
coagulants. *Journal of the American Water Works Association*, vol. 75,
1983, pp. 232-239.
14. Amirtharajah, A. *The mechanisms of coagulation*. Seminario Nacional
sobre Coagulación y Filtración Directa. Universidad de São Paulo,
Escuela de Ingeniería de San Carlos, 1989.
15. Amirtharajah, A. *Velocity gradients in rapid mixing*. Seminario Nacional
sobre Coagulación y Filtración Directa. Universidad de São Paulo,
Escuela de Ingeniería de San Carlos, 1989.
16. Degremont. *Manual técnico de agua*. Cuarta edición, 1981.

17. Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Manual III. Ciclo: Tratamiento*. Serie: Filtración Rápida. CEPIS/OPS, 1992.
18. Richter, Carlos. Submódulo Cb.4.4, Mezcla Rápida, Módulo Cb.4. *Procesos unitarios-Teoría*. Versión preliminar. OPS/HPE/CEPIS, 1981.
19. Stengquist, R.; Kaufman, R. M. *Initial mixing in coagulation processes*. Berkeley, University of California, 1972.
20. Vold, M. J. y Vold, R. D. *Colloid chemistry*. Reinhold Publishing Corp., 1964.
21. Vrale y Jordan. Rapid mixing in water treatment. *Proceedings. AWWA Seminar of Upgrading Existing Water Treatment Plants*, 1

ANEXOS

ANÁLISIS DE MUESTRAS

1. Toma de muestras en planta

Se recomienda tomar muestras para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en los siguientes puntos de la planta: agua cruda, agua sedimentada, agua filtrada y agua desinfectada.

Para un muestreo correcto se requiere conocer los tiempos de retención en la planta, los que deberán determinarse mediante la aplicación de trazadores.

Sitio de muestreo	Tiempo de muestreo (min)
Cámara de entrada	por determinar
Salida de decantadores	por determinar
Canal de aislamiento de cada filtro	por determinar
Después de cloración y tiempo de contacto	por determinar

2. Consumo anual de reactivos

El consumo de reactivos (W) se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = Q \times D \times 0.086 \text{ kg/d}$$

Q = caudal promedio de la planta

D = dosis promedio anual de reactivo (mg/l)

Tabla N° 7

Dosificación de HTH al 1% de concentración (10000 mg/l)

Caudal planta 185 l/s

Dosis (mg/l)	Caudal de solución en l/hora (q)
0.50	99.00
1.00	198.00
1.50	297.00
2.00	396.00
2.50	495.00
3.00	594.00
3.50	630.00
4.00	792.00
4.50	891.00
5.00	990.00
5.50	1089.00
6.00	1188.00

DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE

1. Medición de caudales y mezcla rápida

1.1 Medición de caudales

Se ha proyectado una rampa con la doble función de servir de unidad de aforo y mezcla rápida de sustancias químicas.

La medición precisa del caudal de operación de la planta, es una operación de gran importancia, ya que de ella depende todo el proceso de dosificación tratado previamente.

La curva de descarga de la rampa, calculada teóricamente con la fórmula de Francis es:

$$Q = 1,838 B \times H^{3/2}$$

con $B = 1.10$ m (ancho de la rampa)

$H =$ lámina vertiente medida en la cresta de la rampa (a una distancia no menor de 1.50 m aguas arriba de la cresta)

Para obtener el caudal en l/s:

$$Q = 2.02 H^{3/2}$$

En la práctica, normalmente se miden variaciones apreciables de la anterior ecuación, por lo que se recomienda calibrar la unidad de medición.

Dos técnicas se encuentran disponibles:

- Calibración por trazadores.
- Calibración por pitometría.

Esta operación es practicada usualmente durante el proceso de evaluación inicial de la planta.

Un modo práctico de fijar el caudal de operación, es marcar con pintura la altura de agua correspondiente, en la pared de la caja de entrada opuesta a este. La altura de agua correspondiente a un caudal de 185 l/s, en un vertedero de 1.10 m de ancho es 0.20 m.

1.2 Mezcla rápida

La rampa se encuentra diseñada para que genere un resalto hidráulico al pie de la misma. Este resalto se utiliza para producir una mezcla homogénea de las sustancias químicas con el agua, operación muy importante para alcanzar un tratamiento eficiente.

Debido a que la rampa fue diseñada para un caudal de operación de 185 l/s a caudales inferiores, no operará satisfactoriamente.

La solución de coagulante se deberá aplicar en el punto de mezcla (pie de la rampa) mediante una tubería de PVC de 1" de diámetro con 11 perforaciones de ½", conectados a los dosificadores en seco de tipo volumétrico existentes en la planta.

2. Operación normal

Una vez concluida la operación de puesta en marcha, la planta entra en la etapa denominada de operación normal.

La operación normal incluye una serie de actividades indicadas a continuación:

Control de procesos:

- Medición de caudal
- Medición de parámetros básicos: turbiedad, pH, alcalinidad y cloro residual.
- Preparación de soluciones
- Ajuste de dosificación
- Verificación tiempo de formación inicial y calidad del floculo formado
- Descargas intermedias de los decantadores
- Lavado de filtros

- Limpieza de la casa de operaciones y mantenimiento de áreas verdes adyacentes
- Control de calidad.

En general, la operación normal comprende todas las actividades requeridas para que la planta produzca el caudal para el cual fue diseñada con la calidad estipulada por las normas respectivas, excluyendo cualquier actividad que deba desarrollarse en caso de reducción parcial o total del caudal de diseño.

3. Evaluación del flóculo

Deberá comprobarse que el floculos se este formando en el primer tercio de la unidad y que al final de la unidad se este obteniendo un floculo grande y pesado.

4. Operación de los decantadores de placas

Para evitar tener que realizar la limpieza de estas unidades durante la época de lluvia, se efectuaran descargas cada cuatro horas, procediendo de la siguiente forma:

- Cerrar la compuerta de entrada a la unidad
- Abrir la válvula de descarga de lodos.
- Esperar que el nivel de operación del decantador baje aproximadamente 0.30 m., enrazando con una línea que debe pintarse en la pared interior de la unidad.
- Cerrar la válvula de descarga y abrir la compuerta de entrada a la unidad.

5. Operación del sistema de filtración

Los filtros de la planta son del tipo denominado "tasa variable declinante", lo cual significa que la velocidad de filtración declina desde un valor alto cuando el filtro está limpio, hasta un valor bajo cuando se encuentra colmatado y requiere ser puesto fuera de operación para lavarlo. Durante este lapso, el nivel del agua en los filtros varía desde un nivel mínimo N1,

hasta el nivel máximo de operación N2, que en este caso se encuentra 0.28 m. por encima del vertedero de control de lavado o vertedero general de salida de la batería. Este nivel máximo será limitado mediante una línea marcada con pintura dentro de la caja del filtro.

Los filtros deben lavarse en secuencia numérica (debe marcarse con pintura delante de cada filtro el número correspondiente), para evitar confusiones y anotarse en el formulario de control de filtros (ver cuadro 2), la hora y fecha del lavado. Después de establecida la tasa declinante (ítem 2.4), se seguirán lavando en orden numérico, cada vez que se alcance el nivel máximo de operación marcado en la caja del filtro.

Cada lavado toma un tiempo aproximado de ocho a diez minutos.

Cuadro N° 16

Formulario de Control del lavado de filtros

Fecha	Hora	Filtro	Observaciones
02/12/06	06:00	1	Inicio instalación de la tasa declinante
	11:00	2	
	16:00	3	
	21:00	4	
03/12/06	02:00	5	Concluye instalación tasa declinante
04/12/06	08:00	1	Inicio operación normal
	13:00	2	

5.1 Agitación adicional (lavado superficial)

Para mantener el medio filtrante en buenas condiciones, es recomendable aplicarle junto con el lavado normal un proceso de agitación adicional que evita la formación de bolas de barro

en el lecho. El proceso puede ser ejecutado manualmente por el operador de la siguiente manera:

1. El filtro se pone a lavar normalmente.
2. Con una escoba larga o rastrillo de jardín, de extremo a extremo del filtro, se rasga la superficie del lecho filtrante con un movimiento de vaivén durante tres o cuatro minutos.
3. Se concluye el lavado normalmente.

5.2 Filtración directa

Cuando el agua a tratar presenta buenas condiciones (ver Cuadro 1), es posible tratar el agua solamente mediante coagulación y filtración.

El procedimiento a aplicar es el siguiente:

1. Determinar la dosis óptima de coagulante para filtración directa.
2. Ajustar la dosis de sulfato de aluminio obtenida.
3. Aplicar la solución de coagulante mediante los difusores instalados en las descargas de los decantadores al canal de distribución a filtros.

Una vez estabilizado el proceso, determinar la concentración de aluminio residual en el agua filtrada. Si fuera mayor de 0.10 mg/l, disminuir gradualmente la dosis de sulfato de aluminio hasta encontrar la menor dosis con la cual se consigue mantener la eficiencia del proceso y bajar la concentración de aluminio residual en el efluente.

La filtración directa permite mejorar la calidad del efluente, lograr un gran ahorro de coagulantes debido a la baja dosis utilizada y facilitar las operaciones de mantenimiento en el resto de la planta. Durante esta etapa se podrán sacar de operación uno a uno los decantadores para efectuar labores de mantenimiento.

Cuadro N° 17

Condiciones de calidad de agua para establecer filtración directa

Parámetros		Valores límites recomendados
Turbiedad		90% del tiempo \leq 30 UT 80% del tiempo \leq 20 UT Preferentemente $<$ 10 UT 100% Preferentemente \leq 50 UT
Color		90% preferentemente \leq 40 UC 80% preferentemente \leq 20 UC
Concentración de algas (mg/m ³)		80% \leq 100 100% \leq 500
NMP	Fecales/100 ml	M.G.M. \leq 100/10 ml de muestra
Coliformes	Totales/100 ml	* M.G.M. \leq 500/100 ml de muestra

M.G.M. = Medida geométrica mensual.

- Si el límite de concentración de coliformes fecales/100 ml no es superado, este valor puede incrementarse.

6. Operación especial

Cuando por alguna causa la planta de tratamiento debe suspender la producción, parcial o totalmente, se dice que la operación es "especial". Esto significa que durante determinado lapso de tiempo (corto o largo) la producción de agua potable se verá disminuida. Por esto, es importante efectuar una adecuada programación de las labores de operación especial.

Las principales actividades que se clasifican dentro del concepto de operación especial son:

- Limpieza de estructuras mayores: floculadores y sedimentadores.
- Operaciones de mantenimiento correctivo en obra civil y/o equipos:
 - Sustitución de válvulas

- Reparación de fugas
- Reparación o sustitución de equipos dosificadores y otros equipos.
- Daños anormales como terremotos o inundaciones (situación de desastre).
- Falta de reactivos químicos
- Cambios extremadamente bruscos en la calidad del agua que obliguen a detener el funcionamiento de la planta.
- Otros aspectos relevantes: sequías prolongadas, huelgas, terrorismo, etc.

Puede desprenderse de lo anterior, que la operación especial es generalmente indeseable por lo que, para reducirla a un mínimo, es recomendable:

- Implantar programas de mantenimiento preventivo.
- Ejecutar una adecuada vigilancia del sistema, tanto física como sanitaria.

7. Control de calidad

El control de la calidad del agua producida se efectúa mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos que se realizan con base en muestreos, tanto a la salida de la planta, como en diversos puntos de la red de distribución. Ver anexo para muestreos en la planta.

Para efectuar el control de calidad es necesario:

- a. Contar con normas oficiales de calidad de agua.
- b. Contar con un laboratorio debidamente equipado con el material y personal adecuados para efectuar los análisis requeridos por las normas.

En forma resumida, el control de calidad comprende las siguientes operaciones:

1. Tomar al menos una muestra por cada 5000 habitantes con una frecuencia semanal, para realizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos generales.

2. Efectuar al menos una vez al año, muestreos para determinar la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados, pesticidas, etc.).
3. Realizar la interpretación de los resultados, de manera que las autoridades competentes sean informadas en el menor tiempo posible, en el caso de obtenerse resultados que estuvieran fuera de las normas, con el fin de tomar las acciones correctivas necesarias.

8. Operación estacional

El módulo está previsto para operar con filtración rápida completa y filtración directa, cuando las variaciones estacionales de calidad de agua así lo requieran.

El proceso más sensible a la variación de caudales es la floculación. Los floculadores hidráulicos no admiten sobrecargas y dejan de ser eficientes a caudales inferiores al de diseño.

Para lavar un filtro, el caudal mínimo necesario es de 185 l/s.

9. Aspectos varios

Las plantas de tratamiento son un aspecto muy importante en el abastecimiento de agua y deben ser ejemplo de limpieza y mantenimiento. Para lograr esto, es necesario:

- a) Contar con un personal adecuado, tanto en número como en capacitación. Usualmente el personal mínimo por turno de ocho horas y por módulo, es de:
 - un supervisor de operación
 - un operador capacitado
 - un ayudante
- b) Brindar adecuado mantenimiento a los diferentes ambientes del sistema, incluyendo todo el conjunto:
 - planta de tratamiento

- casa de operaciones
- demás obras complementarias

El mantenimiento debe ser especialmente cuidadoso con las partes metálicas sujetas a corrosión que requieren protecciones periódicas como válvulas, compuertas y dosificadores.

- c) Contar con un adecuado suministro de equipo y materiales requeridos por el sistema.