



**Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**"PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
FILTRACIÓN RÁPIDA LOS MOLINOS – SEMAPA
BARRANCA S.A."**

**TESIS PRESENTADO POR:
RAÚL YOVERA RODRÍGUEZ
JUAN CARLOS CASTRO VILLACORTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

**ASESOR:
Ing. TEÓFILO LEDESMA SANTOS**

Ciudad Universitaria, Febrero del 2020

Huacho - Perú

2020

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de investigación a mi familia, en especial a mi señora madre, gracias a sus consejos y palabras de aliento me forme profesionalmente y cumplí con mis objetivos trazados, a mi hijo Diego por ser la razón principal de mi motivación.

Y gracias a las personas cercanas que brindaron su apoyo incondicional en el desarrollo de esta tesis.

Raúl

AGRADECIMIENTO

A mí querida alma mater Universidad “José Faustino Sánchez Carrión”, centro de formación profesional que me dio la oportunidad de estudiar en sus aulas y ser un profesional.

A los Ingenieros, docentes de la E.P. de Ingeniería Química, quienes me ayudaron en mi formación personal y aportaron con sus conocimientos y experiencia en mi formación integral profesional.

A la Empresa SEMAPA BARRANCA S.A. por la oportunidad brindada para trabajar en ella, obteniendo un cúmulo de experiencia, que me han ayudado a realizar este pequeño pero valioso trabajo de investigación.

A mí querido asesor Ing. Teófilo Ledesma Santos, quien Dios tenga en su gloria.

Raúl

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE FIGURAS	ix
INDICE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1 Descripción de la realidad problemática	01
1.1.1 Parámetros de calidad y límites máximos permisibles.	01
1.1.2 Criterios de calidad y control de calidad del agua.	02
1.2 Formulación del problema	02
1.2.1 Problema General	02
1.2.2 Problemas Específicos	02
1.3 Objetivos del estudio	02
1.3.1 Objetivo General	02
1.3.2 Objetivos Específicos	02
1.4 Justificación de la investigación	03
1.4.1 Justificación técnica	03
1.4.2 Justificación económica	02
1.4.3 Justificación social	03
	iv

1.5	Delimitación del estudio	04
1.5.1	Delimitación temporal	04
1.5.2	Delimitación espacial	04
1.5.3	Delimitación académica	04
1.6	Viabilidad del estudio	04
1.6.1	Viabilidad de recurso teórico	04
1.6.2	Viabilidad de recurso humano	04
1.6.3	Viabilidad de recurso financiero	04
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		05
2.1	Antecedentes de la EPS SEMAPA BARRANCA S.A.	05
2.1.1	Breve descripción de la empresa y su sistema	05
2.1.2	Ubicación	05
2.1.3	Visión y misión	06
	2.1.3.1. Visión	06
	2.1.3.2. Misión	06
2.1.4	Estructura orgánica	07
2.2	Bases Teóricas	08
2.2.1	El Agua	08
	2.2.1.1. Propiedades del agua	08
	2.2.1.2. Empleo del agua	11
	2.2.1.3. Fuentes principales de abastecimiento de agua	11
	2.2.1.4. Agua de consumo humano	12
	2.2.1.5. Aspectos básicos del tratamiento	12

2.2.1.6.	Normas de Calidad Físico - Químico del Agua para uso doméstico.	16
2.2.1.7.	Normas Bacteriológicas	16
2.2.2.	Insumos Químicos	17
2.2.2.1.	Coagulantes	17
2.2.2.2.	Desinfectantes	18
2.2.3.	Preparación y aplicación de productos químicos	20
2.2.3.1.	Aplicación del sulfato de aluminio	20
2.2.3.2.	Aplicación de desinfectantes	21
2.2.4	Productos auxiliares	24
2.2.4.1	Polímero Catiónico	24
2.3	Definiciones conceptuales	25
2.4	Planta de tratamiento de agua o Planta potabilizadora	51
2.4.1	Tipos de plantas de tratamiento de agua	51
2.5	Análisis y diseño estructural	53
2.6	Procesos constructivos	53
2.6.1	Desmontaje	53
2.6.2	Demolición	53
2.6.3	Picado y Perforación	54
2.6.4	Concreto armado	54
2.6.5	Tarrajeo impermeabilizado	56
2.6.6	Concreto armado prefabricado en obra	56
2.7	Características técnicas importantes	56
2.8	Características mecánicas de los materiales	57

2.9	Normas	57
2.10	Tratamiento previo	58
2.10.1	Captación	58
2.10.2	Desarenadores	58
2.10.3	Pre-sedimentadores	58
2.10.4	Planta de Tratamiento	58
2.11	Modificaciones proyectadas	59
2.11.1	Mezcla rápida	60
2.11.2	Floculadores	60
2.11.3	Canal de distribución a los decantadores	61
2.11.4	Decantadores de Placas Paralelas	62
2.11.5	Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo	64
CAPITULO III: METODOLOGÍA		66
3.1	Diseño metodológico	66
3.1.1	Tipo de investigación	66
3.1.2	Nivel de investigación	66
3.1.3	Diseño	66
3.1.4	Enfoque	66
3.2	Población y muestra	67
3.2.1	Población	67
3.2.2	Muestra	67
3.3	Operacionalización de variables e indicadores	67
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	68

3.4.1	Técnicas a Emplear	68
3.5	Técnicas para el procesamiento de la información	69
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		70
4.1	Mejoramiento de la planta de filtración rápida	70
4.1.1	Mezclador	70
4.1.2	Difusor	71
4.1.3	Floculador de pantalla	71
4.2	Resultados	72
4.3	Modificación del canal de distribución de agua floculada a los decantadores	72
4.4	Dimensionamiento del canal de distribución de agua floculada a los decantadores	75
4.5	Calculo del decantador laminar	77
4.6	Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo	78
4.7	Presupuesto	79
4.8	Obras Complementarias	80
4.8.1	Obras previsionales	80
4.8.2	Trabajo preliminares	80
4.8.3	Movimientos de tierras	81
4.8.4	Obras de concreto simple	81
4.8.5	Obras de concreto armado	81
4.8.6	Obras de concreto armado prefabricado	82
4.8.7	Revoques en muros y losas	82
4.8.8	Obras sanitarias	82
4.9	Análisis de costos unitarios	84

CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1 Discusión	97
5.2 Conclusiones	98
5.3 Recomendaciones	99
CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	102
6.1 Fuentes Bibliográficas	102
ANEXOS	104

INDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 01.	Principales componentes del agua según la naturaleza	12
Tabla 02.	Enfermedades relacionadas con el agua	15
Tabla 03.	Normas de la Organización Mundial de la Salud	16
Tabla 04.	Características químicas del sulfato de aluminio	18
Tabla 05.	Características químicas del hipoclorito de calcio	19
Tabla 06.	Características químicas del polímero catiónico	25
Tabla 07.	Dimensiones de la cámara de mezcla rápida	31
Tabla 08.	Índice de Willcomb	34
Tabla 09.	Dimensiones del floculador	37
Tabla 10.	Dimensiones del Sedimentador de Flujo Horizontal	40
Tabla 11.	Dimensiones de cada unidad de filtración	41
Tabla 12.	Características del nuevo floculador	61
Tabla 13.	Granulometría del medio filtrante seleccionado	64
Tabla 14.	Operacionalización de las variables	67
Tabla 15.	Dimensiones del canal – mayor pendiente	74
Tabla 16.	Dimensiones del canal – menor pendiente	76
Tabla 17.	Obras provisionales	80
Tabla 18.	Trabajos preliminares	80
Tabla 19.	Movimiento de tierras	81
Tabla 20.	Obras de concreto simple	81

Tabla 21.	Obras de concreto armado	81
Tabla 22.	Obras de concreto armado prefabricado	82
Tabla 23.	Revoques en muros y losas	82
Tabla 24.	Obras sanitarias	82
Tabla 25 – 75.	Análisis de costos unitarios	84 – 98
Tabla 76.	Insumos utilizados	101
Tabla 77.	Sitio y tiempo de muestreo	107

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Organigrama estructural de la E.P:S. SEMAPA BARRANCA S.A.	03
Figura 02. Aplicación de solución de cloro en tubería presurizada	28
Figura 03. Aplicación de solución de cloro en canal	28
Figura 04. Aplicación de solución de cloro – vista lateral	29
Figura 05. Línea de conducción	37
Figura 06. Desarenadores	39
Figura 07. Laguna de embalse	40
Figura 08. Planta de Tratamiento “Los Molinos”	41
Figura 09. Mezcla rápida	43
Figura 10. Equipo de prueba de jarras	47
Figura 11. Floculadores	50
Figura 12. Sedimentadores	52
Figura 13. Batería de 4 filtros	54
Figura 14. Tesistas en el área de dosificación de cloro	55
Figura 15. Diagrama de Flujo de la cloración	59
Figura 16. Planta de Tratamiento “Los Molinos” SEMAPA BARRANCA S.A.	64
Figura 17. Floculadores de pantallas existentes	71
Figura 18. Decantador de placas paralelas	75
Figura 19, 20, 21, 22, 23 y24. Planos 1, 2, 3, 4, 5 y 6	108 - 113

RESUMEN

La presente investigación está enmarcada en determinar la optimización de la planta de filtración rápida “Los Molinos” de SEMAPA BARRANCA S.A. para tratar un caudal de 184 l/s que nos asegure la calidad del agua potable de acuerdo a las normas internacionales de la OMS, para lo cual se han de realizar algunas modificaciones importantes en floculación, sedimentación y filtración.

El estudio consta de Planteamiento del problema, que comprende la determinación de problema general y problemas específicos, objetivos generales y específicos del estudio, justificación del estudio, delimitación del estudio y viabilidad del estudio.

Seguidamente se trata el Marco Teórico, relacionado sobre la Empresa Semapa – Barranca S.A., antecedentes de estudios parecidos o similares al presente, descripción integral del sistema de tratamiento, bases teóricas relacionadas con las variables de presente estudio y definiciones conceptuales.

A metodología empleada en el desarrollo del trabajo de investigación, señalando que e tipo de investigación es descriptivo, el nivel es explorativo, el diseño es longitudinal y el enfoque es explicativo; establece parámetros para determinar la población y la muestra a investigar; se realiza la operacionalización de las variables, que nos sirve para realizar la matriz de consistencia de la investigación.

A través del capítulo IV se establecen los resultados obtenidos están relacionados sobre 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. Además, muestran el dimensionamiento de los equipos y auxiliares de proceso de tratamiento. También se realiza el presupuesto que nos indica los probables ingresos y egresos del estudio para 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.

Finalmente, se desarrolla la discusión de los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones del estudio, la bibliografía empleada y los anexos respectivos.

Palabras Claves: Optimización, Planta de Tratamiento, floculación/sedimentación, filtración.

ABSTRACT

The present investigation is framed in determining the optimization of the “Los Molinos” rapid filtration plant of SEMAPA BARRANCA S.A. to treat a flow rate of 184 l / s that assures us the quality of drinking water according to the international standards of the WHO, for which some important changes in flocculation, sedimentation and filtration have to be made.

The study consists of Problem Statement, which includes the determination of a general problem and specific problems, general and specific objectives of the study, justification of the study, delimitation of the study and feasibility of the study.

The following is the Theoretical Framework, related to Empresa Semapa - Barranca S.A., background of studies similar or similar to the present, comprehensive description of the treatment system, theoretical bases related to the variables of this study and conceptual definitions.

A methodology used in the development of research work, indicating that the type of research is descriptive, the level is exploratory, the design is longitudinal and the approach is explanatory; establishes parameters to determine the population and the sample to investigate; the operationalization of the variables is carried out, which helps us to carry out the research consistency matrix.

Through chapter IV, the results obtained are established, they are related to the analysis and structural design, it explains the construction processes, technical considerations, characteristics of the materials and standards adopted in the analysis and structural design for the realization of the Plant Optimization Project. Quick Filtration "Los Molinos" - Barranca. They also show the sizing of the equipment and auxiliary treatment process. The budget that indicates the probable income and expenses of the study for each of the activities developed in the study is also made.

The unit cost analysis describes the calculation developed to determine the unit cost of each activity performed.

Finally, the discussion of the results obtained, the conclusions and recommendations of the study, the bibliography used and the respective annexes is developed.

Keywords: Optimization, Treatment Plant, flocculation / sedimentation, filtration.

INTRODUCCIÓN

El agua no tratada adecuadamente ocasionaría de que los parámetros exigidos no estarían en norma exigida por la OMS, asimismo, se correría el riesgo o probabilidad que se puedan transmitir enfermedades gastrointestinales con su consecuente problema sanitario.

También, Fajardo (2005) en su interpretación menciona que cientos de personas utilizan diariamente el recurso elemental, al ser de uso diario y frecuente, para su consumo, limpieza diaria, para cocinar, para lavado de sus prendas personales, cosas de restauración y para su aseo personal, sin embargo, antes de gozar de sus beneficios, por la mala calidad microbiológica del agua terminan contaminados, como la diarrea, tifoidea parasitosis y el cólera. Por tanto, en El Salvador queda como obligación puntual de exclusiva expectativa, el de conservar y cuidar los recursos hídricos, pues este sector de la población usuaria depende de ella para salir del subdesarrollo (p. 39).

La preocupación de los directivos de SEMAPA BARRANCA S.A: es encontrar una salida técnica viable, es decir, optimizar la Planta de Tratamiento de Filtración rápida “Los Molinos”, mediante cambios y modificación en la zona de floculación, sedimentación y filtración que aseguren la viabilidad técnica del proyecto. En la actualidad la PTA está en buenas condiciones estructurales y prestando un servicio oportuno, sin embargo, el sistema de tratamiento a implementar podría ser optimizado, mejorando no solo la calidad de vida de los usuarios, sino también evitando gastos innecesarios haciendo un buen uso del recurso consiguiendo que cuenten con un sistema de agua potable que perdure en el tiempo y tenga la capacidad de abastecer las necesidades de la ciudad de Barranca con la mejor calidad de agua. Para la implementación del presente proyecto, se realizó un estudio que contempla el incremento del caudal de diseño de 165 l/s a 180 l/s, mediante el

cambio de tipo de floculadores de horizontal por un tipo de vertical, mejoramiento de los sedimentadores y la rehabilitación de las 5 unidades de filtro, asimismo, se mejoran las estructuras del sistema de canales de las interconexiones entre las unidades. Además, se contempla la realización de obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, obras de concreto simple, concreto armado y materiales. Con estas actividades se aseguran los cambios proyectados sobre el caudal deseado asegurando el abastecimiento de agua potable en un mayor porcentaje.

Al finalizar el presente trabajo de investigación se realiza una discusión sobre los logros del proyecto, se exponen conclusiones y recomendaciones de acuerdo a lo propuesto y se plantean alternativas de optimización para esta planta.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La presente investigación está orientada a ampliar la cobertura de agua potable a los usuarios 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 calidad y límite máximo permisibles.

1.1.1 Parámetros de Calidad y Límite máximo permisibles

La calidad del agua para el abastecimiento a la población, es un control riguroso y metodológico, que inicia en el origen de la misma, es decir, río Pativilca y galerías filtrantes, continuando en la Planta de Tratamiento de Filtración rápida “Los Molinos”, y finalmente a través de la red de distribución hasta que llega a los usuarios.

Límites máximo permisibles: La SUNASS considera que los límites máximo permisibles son referenciales, porque de esta forma se puede determinar el porcentaje de muestras que sobrepasan los valores límite; ello está considerado en 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 un estándar que nos garantiza agua segura para la población, Para garantía de su consumo, debe ser necesario que se realizan los análisis físico-químicos y microbiológicos permanentemente.

Según Ribeiro (2011), en su capacidad de análisis señala que, el agua utilizada para el abastecimiento doméstico debe poseer características sanitarias y toxicológicas adecuadas, sin la presencia de microorganismo patógenos y de alguna sustancia nociva para la salud, con el objetivo de para prevenir daños y promover el bienestar de las personas (Ribeiro, 2011, p. 99)

El control de calidad es un conjunto de actividades sistemáticas planificadas, cuya responsabilidad involucra establecer las coordinaciones necesarias, de forma interna y externa de la Empresa, que garanticen su calidad en la producción y distribución.

La SUNASS es un ente rector fiscalizador en el control de la calidad del agua, según sus normas vigentes al respecto.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuáles serán las modificaciones en el proceso de tratamiento del agua potable en Planta de Filtración de Los Molinos – SEMAPA BARRANCA S.A., para aumentar la producción de agua potable?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál será el mejoramiento en la Planta de filtración rápida?

¿Cálculo de la batería de filtros de tasa declinante y eficiencia en el lavado mutuo?

¿Cómo se mejorará la calidad de vida de los pobladores de la provincia de Barranca?

1.3 Objetivo del estudio

1.3.1 Objetivo General.

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

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Aumentar el caudal de tratamiento en la zona de floculación, sedimentación y filtración.
- Alcanzar un óptimo nivel de abastecimiento en la ciudad de Barranca con respecto a la calidad en base al cumplimiento de normas.
- Promover EPS SEMAPA BARRANCA S.A como un instrumento de desarrollo de política social en la ciudad de Barranca.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica.

El presente estudio está justificado, ya que el problema de calidad en el tratamiento del agua potable y su distribución en la ciudad de Barranca es importante porque vamos a realizar modificación y ampliaciones de la Planta de Tratamiento, específicamente en la zona de floculación, sedimentación y filtración (5) para solucionar al encontrar las causas que los originan, además se podrán implementar controles para optimizar su abastecimiento y calidad. Considerando que estas acciones aumentaran el volumen del servicio generando un aumento de la rentabilidad del servicio brindado.

1.4.2 Justificación económica.

La optimización del Sistema de Tratamiento propuesto permitirá mejorar el servicio y optimizar los costos de operación para lograr una mejor rentabilidad y calidad de servicio.

1.4.3 Justificación social.

La EPS SEMAPA BARRANCA S.A. permitirá durante el desarrollo del proyecto la generación de más puestos de trabajo, calidad en el servicio y generador de política social.

1.5 Delimitación del estudio.

1.5.1 Delimitación temporal.

El estudio está enmarcado dentro del período del 2007 al 2011, siendo su proyección al 2016.

1.5.2 Delimitación espacial.

El estudio se realizó en base a la base de datos del INEI. 2002.

1.5.3 Delimitación académica.

El estudio elaborado cumple con las exigencias establecidas en la normatividad de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, complementándose con las líneas de formación en la carrera de Ingeniería Química.

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Viabilidad de recurso teórico.

El tema desarrollado en la presente investigación dispone de diferentes técnicas y repositorios de la información en estudio.

1.6.2 Viabilidad de recurso humano.

El presente es viable porque cuenta con especialistas en el tema de Optimización de Procesos y Servicios

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Empresa SEMAPA BARRANCA S.A.

SEMAPA BARRANCA S.A., es una empresa prestadora de servicios de abastecimiento agua potable y alcantarillado a la ciudad de Barranca, cuya situación actual con respecto a la planta de tratamiento de agua, se encuentra en buenas condiciones, ya que no se perciben grietas ni deflexiones que comprometan estructuralmente a la construcción existente.

Para este fin, los autores de la presente Tesis han elaborado este trabajo de investigación que permitirá la Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos”, mediante la consideración de modificaciones propuestas al sistema de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración de la planta de agua.

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

SEMAPA – BARRANCA S.A. tiene que cumplir con la normatividad vigente, como lo señala al respecto La Comisión Nacional de Agua (CONAGUA, 2003), “la cual indica que la infraestructura de provisión de agua tiene varias partes para captar, conducir, regular y distribuir”.

2.1.1 Breve descripción de la empresa y su sistema

La Empresa “SEMAPA BARRANCA S.A.” se encuentra ubicada en la ciudad de Barranca.

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.

2.1.2 Ubicación

La ciudad de Barranca se encuentra ubicada en la faja costera del Océano Pacífico a 47 msnm y a 200 Km de Lima, posee un clima cálido 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 pública 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.

2.1.3 Visión y misión de la empresa

2.1.3.1. 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”

2.1.3.2. 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.

2.1.4 Estructura orgánica

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

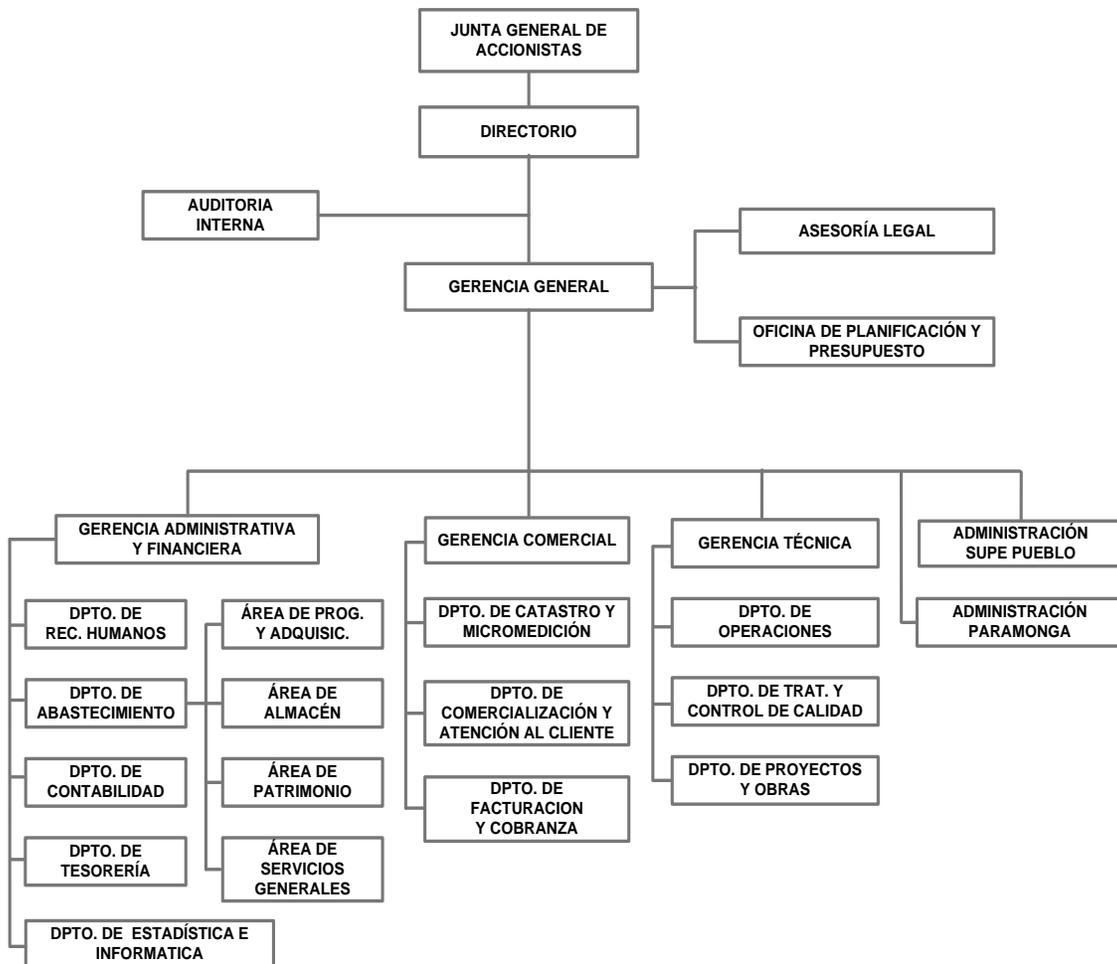


Figura 1. Organigrama estructural de la E.P.S. SEMAPA BARRANCA S.A.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 El agua

2.2.1.1. Propiedades

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°. 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.

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.

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.

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.

Disociación Iónica.- El agua químicamente pura está formada por moléculas neutras con fórmulas H_2O . 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.



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 $[OH^-]$ es mayor que $[H^+]$ 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^+

$$pH = \log_{10}H^+$$

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

2.2.1.2. Empleo del agua

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

2.2.1.3. 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.)

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 está sometida a presión atmosférica.

2.2.1.4. 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.

Tabla 1. Principales Componentes del agua según la 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.

2.2.1.5. Aspectos Básicos del Tratamiento

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.

Estético

Reduce y elimina la turbiedad, color y sabor, aunque no constituyen problema de salud público, 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.

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 sencillo, eficiente, confiable y económicas, cuyos costos no sean tan elevadas.

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.

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 casos el insecto pasa solamente una parte de su vida, 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 disentería amebiana.

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

Tabla 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	Protozoarios	Transmisión ocasional
Hepatitis (Infecciosa)	Virus	Transmisión directa ingestión
Esquistosomiasis (Bilharriasis)	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

2.2.1.6 Normas de Calidad Físico - Químico del Agua para uso doméstico.

Tabla 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)	-	-

2.2.1.7 Normas Bacteriológicas

La OMS recomienda:

- 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 tiene que llegar a los siguientes requisitos:

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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.

2.2.2 Insumos Químicos

2.2.2.1 Coagulantes

- **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 fórmula química es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$, es una de las sustancias químicas más usadas para

promover la coagulación en los procesos de tratamiento de agua.

Característica

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

Tabla 4. Características Químicas del sulfato de aluminio

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 máx.
Hierro soluble (Fe ₂ O ₃)	0.15	0.50 máx.
Material Insoluble	3.1	3.5 máx.

▪ **Reacciones**

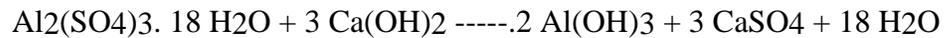
La coagulación con sulfato de aluminio se realiza en el rango de pH de 5,0 a 7,0.

Las reacciones teóricas del sulfato de aluminio con la alcalinidad natural y adicionada son las siguientes:

Con alcalinidad natural



Con la alcalinidad adicionada



2.2.2.2 Desinfectantes

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

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.

Tabla 5.

Características químicas del hipoclorito de calcio

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

2.2.3 Preparación y aplicación de productos químicos

2.2.3.1 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.

2.2.3.2 Aplicación de desinfectantes

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 30 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 clorada 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.

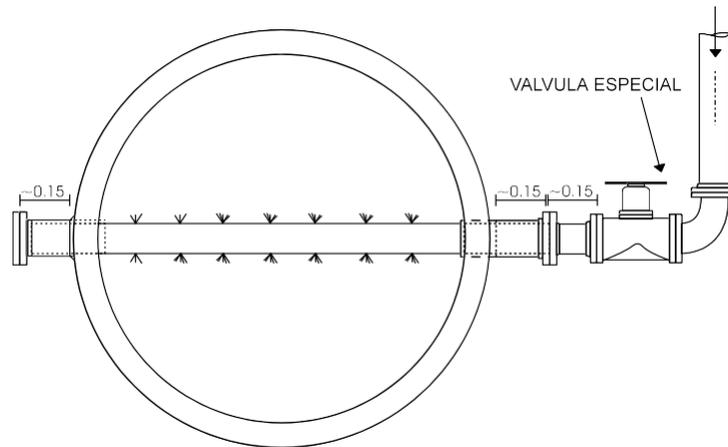


Figura 2. Aplicación de solución de cloro en tubería presurizada

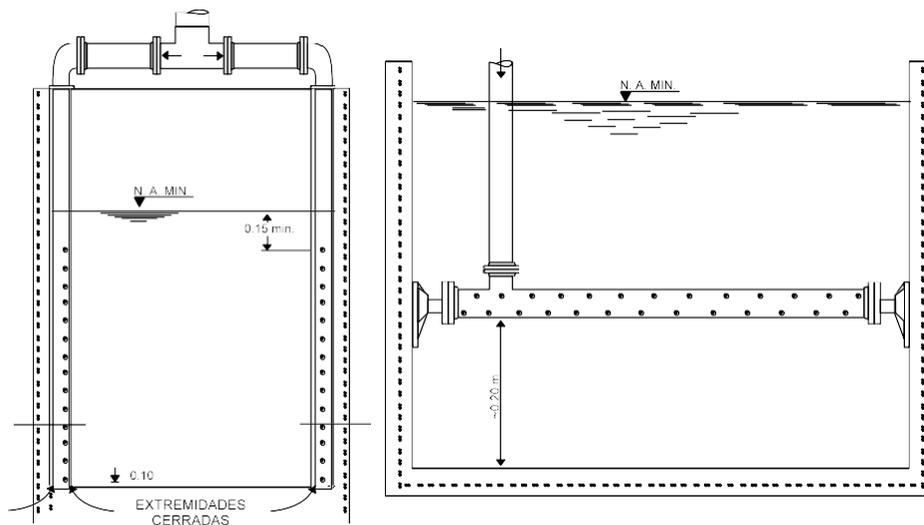


Figura 3. Aplicación de solución de cloro en canal

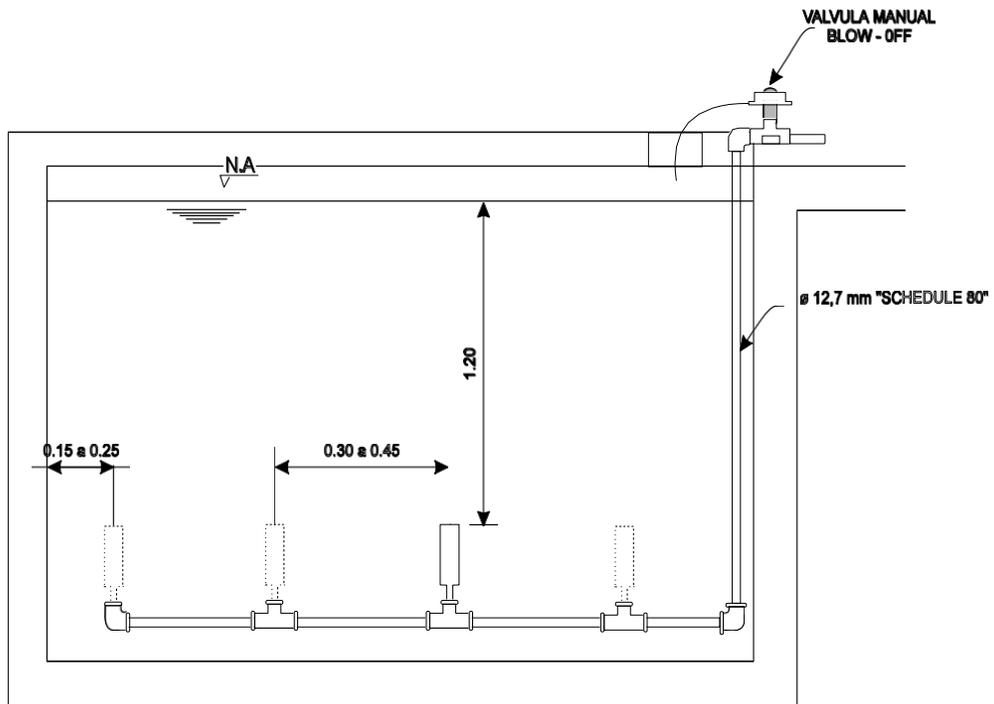


Figura 4. Aplicación de solución de cloro en canal – Vista lateral

Hipoclorito de Calcio

El hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 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:

- a) bombas dosificadoras
- b) hidroeyectores
- c) 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.

2.2.4 Productos auxiliares

2.2.4.1 Polímero catiónico (CAT-FLOC)

Poliectrolito 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.

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.

Características

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

Tabla 6.

Característica química del polímero catiónico

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 máxima permisible mg/l (ppm)		20

2.3 Definiciones conceptuales

- **Agua superficial**

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.

- **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 está 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 líquido 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 $1 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 5. Línea de Conducción

- **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 más, el sistema de desfogue es demasiado pequeño y rudimentario, la válvula de desfogue es de $\phi = 8''$, lo que impide un óptimo 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 $\phi = 14''$.

- **Desarenador Secundario**

El desarenador secundario, es de concreto armado, de forma irregular y tiene una capacidad de 62 m^3 .

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., el periodo de 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.



Figura 6. Desarenadores

- **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.

- **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 $10,480 \text{ m}^3$, 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 a la 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.

- **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 está 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 $\phi = 14''$.



Figura 7. Laguna de embalse

- **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.)

- **Planta de Tratamiento.**

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



Figura 8. Planta de Tratamiento “Los Molinos”

- **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 afectan 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.

- **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:

Tabla 7.

Dimensiones de 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.



Figura 9. Mezcla Rápida

- **Prueba de jarras.**

Es un método para determinar la velocidad de sedimentación en muestras de agua cruda tomadas en Planta de tratamiento de Filtración Rápida “Los Molinos”, tomadas al mismo tiempo y dosificación diferente de sulfato de aluminio la cuales han seguido el procedimiento de acuerdo a la guía sobre el “Protocolo del procedimiento para la toma de la muestra, preservaciones, conservaciones, transportes, almacenamientos y recepciones de agua para consumo humano” indicado por Ministerio de Salud (2015).

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.

A. 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 obtiene 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 a la 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.

B. 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.

Tabla 8. Índice de Willcomb

0	Floculante 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

C. 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 Nefelométrías).
- Seis (06) vasos de borosilicato de 1 ó 2 litros de capacidad.
- Seis (06) deflectores.
- Sistema de toma de muestra.

- Balanza analítica



Figura 10. Equipo de Prueba de Jarras

D. 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.

E. 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.
- **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.

- **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 microflóculos 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 conformada por 3 tanques rectangulares de concreto armado y que tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 9.

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



Figura 11. Floculadores

- **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 más 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 $\phi = 8''$, 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:

Tabla 10.

Dimensiones del Sedimentador de Flujo Horizontal

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V. de láminas (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



Figura 12. Sedimentadores

- **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 está 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 de 1.8 m^3 .

El soporte del filtro está 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 $0,96 \text{ m}^3$ en cada etapa o estrato. El volumen total de cada unidad de filtración es de $6,60 \text{ m}^3$. El filtro propiamente dicho está formado por arena de 0,5 mm. de diámetro, con una altura de 0,75 m.; obteniéndose un volumen de $9,00 \text{ m}^3$.

Para el tirante de agua máximo, de 3,40 m. sobre el filtro, ocupa un volumen de $46,51 \text{ m}^3$. 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 $28,04 \text{ m}^3$. 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.

Tabla 11.

Dimensiones de cada unidad de filtración

ITEM	L (m)	A (m)	H (m)	V (m³)
Filtro rápido de arena	3.60	3.28		



Figura 13. Batería de 4 Filtros

▪ **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 compartimiento 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 macro medidor.

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 une 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.

- **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.



Figura 14. Tesistas en el área de dosificación de cloro

- **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 está 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 está 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 Colorímetro que utiliza un método calorimétrico empleando DPD (dietil-p-fenilén 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

(NH₂Cl; NHCl₂; NCl₃) resultante de la reacción del cloro con el amoníaco y otros compuestos amoniacales 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.

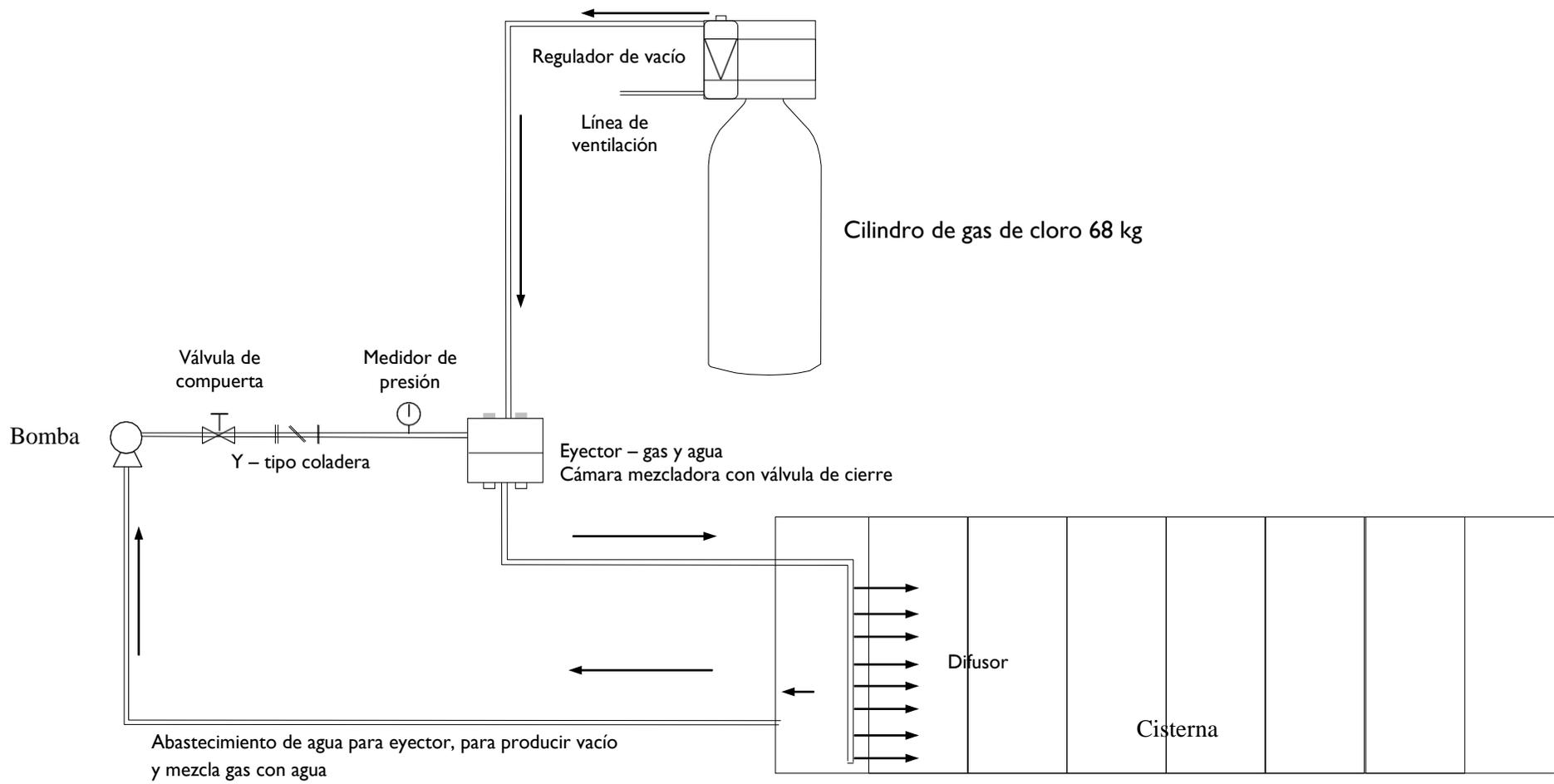


Figura 15. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CLORACIÓN

- **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

- **Sistema de Almacenamiento**

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.
- Este reservorio receptiona 180 l/s de agua de la planta de tratamiento y 30 l/s de agua del pozo tubular profundo; con estos caudales el tiempo de llenado es de 2^h 59'.
- En este reservorio receptiona 180 l/s de agua de la planta de tratamiento y 30 l/s de agua del pozo tubular profundo; con estos caudales el tiempo de llenado es de 2^h 59'.
- 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.

- **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.

- **Línea de Distribución**

La red de distribución están compuestas 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.

Aguas subterráneas

Barranca se abastece de pozos de las siguientes características:

- **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''.

- **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''.

- **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”.

▪ **Sistema de Almacenamiento**

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 está 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/sg. 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/sg., 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.

2.4 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.

2.4.1 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.

PLANTA DE TRATAMIENTO RAPIDO "LOS MOLINOS" - SEMAPA BARRANCA S.A

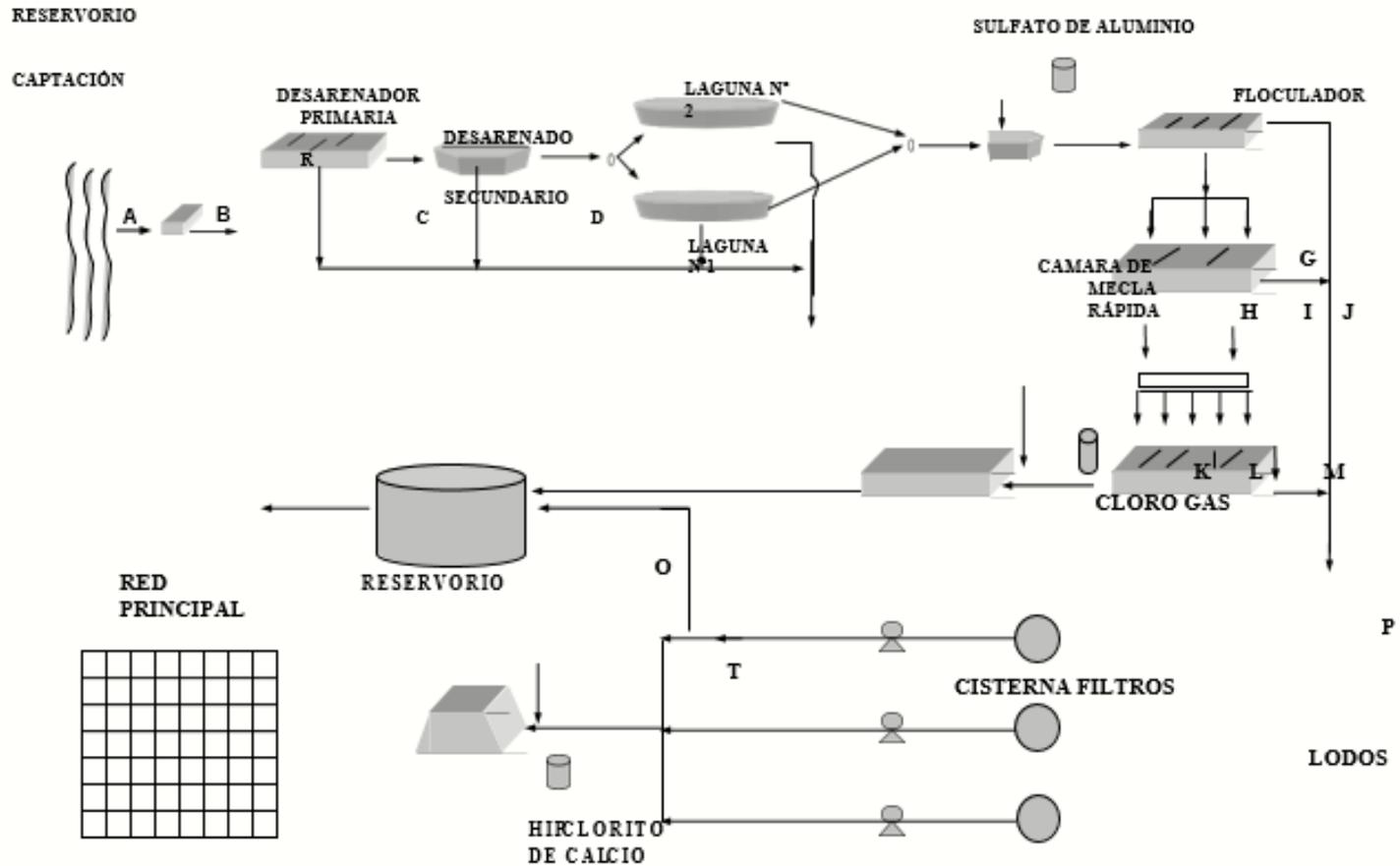


Figura 16. Planta de tratamiento rápido "Los Molinos" SEMAPA - BARRANCA S.A.

2.5 Análisis y diseño estructural

El presente capítulo 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 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 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.

2.6.2 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.

2.6.3. 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.

2.6.4. 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 estructuras.
- 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”.

2.6.5. 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.

2.6.6. Concreto armado prefabricado en obra

- Armadura, encofrado y vaciado de concreto de guías prefabricadas que soportarán las pantallas de concreto armado de los floculadores.
- 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.

2.7 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 cimiento 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.

2.8 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: $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$

2.9 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)

2.10 Tratamiento previo

2.10.1 Captación

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

2.10.2 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.

2.10.3 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 visitó el sistema no estaban operando las lagunas, una estaba limpia y la otra totalmente arenada.

2.10.4 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 220 l/s, pero actualmente opera con 180 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.



Figura 17. 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.

2.11 Modificaciones proyectadas

Con las modificaciones propuestas en este proyecto la planta podrá producir

adecuadamente un caudal máximo de 220 l/s. Las modificaciones que se efectuaran son las siguientes:

2.11.1 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.

2.11.2 Floculadores

El sistema existente para sujetar de las pantallas de asbesto cemento corrugado 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 más 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 12.

Tabla 12. Características del nuevo floculador

Tramos	Ancho del Tramo (m)	Ancho Compart. (m)	Nº 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.

2.11.3 Canal de distribución a los decantadores

Este canal está 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 último. En esta situación, al primero ingresarán 50 l/s y al último 73 l/s y estará operando con una tasa mucho más 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 última 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 último decantador entrarían 65 l/s, 3.6 l/s más que al primero. El gradiente de velocidad al paso por las compuertas sería de 12 s⁻¹, 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.

2.11.4 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. Esta excesiva velocidad del flujo entre las placas está produciendo arrastre de floculos y deterioro de la calidad del agua producida. Actualmente no se nota mucho el impacto de este defecto del módulo de placas, debido a que la planta está tratando aguas superficiales del canal mezclado

con el agua proveniente de las galerías filtrantes de Vinto Almenara, pero en cuanto se independicen las galerías, los problemas de la planta van a 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 $24.14 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, la velocidad del flujo entre las placas sería 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 sería de 3.43 l/s.m, siendo el máximo aceptable de 3.0 l/s.m. Ver cuadro 7 en la Memoria de Calculo.

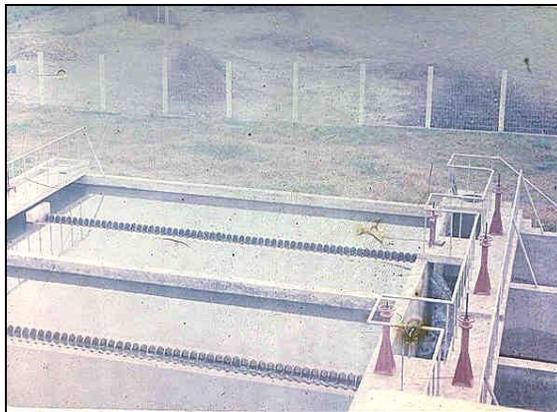


Figura 18. Decantador de placas paralelas

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. Ver cuadro 8 en la Memoria de Calculo.

2.11.5 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 2.

Tabla 13.

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.

CAPITULO III:

METODOLOGÍA

3.1 Diseños metodológicos

La presente investigación se desarrolla como una investigación multivariada, por contar con aportes significativos de tesis y publicaciones especializadas relacionados con el tema en estudio, todo este valioso aporte no hace más que enriquecer el trabajo; igualmente la investigación de campo es valiosa, ya que las muestras representativas para la evaluación serán tomadas in – situ en el Consorcio constructor de las obras.

Por lo anteriormente expuesto la presente investigación tiene un nivel descriptivo – explorativo – longitudinal – explicativo.

3.1.1 Tipo de investigación

- **Descriptivo:** Para que la validez de la información sea la correcta, tiene que ser tomada de las variables del estudio tal y conforme se presenta el fenómeno de estudio.

3.1.2 Nivel de investigación

- **Explorativo:** la exploración se desarrolla en el fenómeno de estudio para obtener conclusiones y también permite la comparación de las variables.

3.1.3 Diseño

- **Longitudinal:** El estudio y la evaluación se desarrollan periódicamente en el transcurso de la investigación.

3.1.4 Enfoque

Enfoque

- **Explicativo:** Están orientadas a controlar los eventos sociales y explicar del porque ocurre.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Población

La población de estudio involucra desde las obras pre-liminares, construcción y funcionamiento de la obra en estudio.

3.2.2. Muestra

La muestra a investigar busca desarrollar la optimización de un área estratégica de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos”, la cual es el área de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional; los cuales desarrollarán tareas de capacitación, señalética en toda la obra, y finalmente realizarán evaluaciones a través de auditorías para determinar las no conformidades al funcionamiento de la obra en materia de seguridad y minimizar los accidentes.

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 14.

Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
V1: Optimización	<ul style="list-style-type: none">▪ Inversión▪ Productividad▪ Rentabilidad	<ul style="list-style-type: none">▪ Calidad▪ Cantidad▪ Costos
V2: Planta de Filtración rápida “Los Molinos”	<ul style="list-style-type: none">▪ Floculación▪ Sedimentación	<ul style="list-style-type: none">▪ Tiempo▪ Velocidad de floculación▪ Velocidad de sedimentación

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizará una evaluación de calidad de servicio y una evaluación económica que permita determinar la factibilidad del Proyecto.

Del resultado de la evaluación económica, se determinarán los costos unitarios en las obras complementarias, así como en la compra de los equipos, se aplicarán las siguientes técnicas de investigación, instrumentos y validación.

3.4.1 Técnicas empleadas

- Técnica: Seguimiento y medición del funcionamiento de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos”
- Toma de datos e Informes: se emplearán este tipo de instrumentos en el análisis de la documentación a revisar, así como en los procesos para la toma de datos.

Libreta de notas: es importante también, llevar el registro escrito de todas las etapas y actividades (toma de datos, observaciones, informes preliminares, y análisis de los procesos, etc.) de la investigación.

Análisis documental. Se utilizó para análisis del marco legal y otras informaciones referente a esta investigación.

Descripción de los Instrumentos

Se utilizó los siguientes instrumentos:

- **Instrumento:** Toma de datos de floculación y sedimentación.

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

La técnica a emplear será la gestión a través de un plan de trabajo, previo informe de la toma de la data relacionada a la floculación y la sedimentación, que permitirá el

seguimiento y la medición adecuada, y la responsabilidad para la aplicación de una evaluación económica que permita la factibilidad del proyecto.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Mejoramiento de la planta de filtración rápida

4.1.1 Mezclador

Datos:

Q =	185.00	lt/seg	Caudal de diseño
B =	1.10	M	Ancho del canal
Eo =	0.59	M	Altura rampa
Fr =	5.50		No. Froude deseado
X =	1.30	M	Largo de rampa
(p/u) ^{.5} (15°C)	2,920.00		

Resultados:

q= Q/B	0.17	lt/seg/m caudal unitario
=	0.42	rad. Inclinación rampa
=	24.23	grados de Inclinación rampa
K =	5.09	Factor
=	1.19	Angulo virtual en radianes
=	67.97	Angulo virtual en grados
d ₂ /d ₁ =	7.97	Relación
d ₁ =	0.05	m. Lámina de agua antes resalto
h ₁ =	0.05	m. altura de agua antes resalto
v ₁ =	3.36	m/s velocidad inicio resalto
F ₁ =	4.8	No. Froude
H ₂ =	0.36	m. Altura de agua final resalto
v ₂ =	0.46	m/s Velocidad final resalto
h _f =	0.43	m. perdida de carga
L =	1.89	m. Longitud resalto
V _{OL} =	0.43	m ³ . Volumen resalto
G =	1,249	seg-1 Gradiente de velocidad
T =	2.32	seg. Tiempo de mezcla
h =	0.06	m. Altura grada al final resalto

4.1.2 Difusor

Datos:

$e = 0.10$ m Espaciamiento orificios

$d = 0.50$ pgd Diámetro de los orificios

$D = 15.00$ mg/l Dosis optima

$C = 20,000.00$ mg/l Concentración optima

Resultados:

$N = 11$ Numero de orificios

$A_o = 0.0001$ m². Sección de los orificios

$q = 0.139$ l/s Caudal de solución

$v_o = 0.10$ Velocidad en los orificios

$V_t = 0.22$ Velocidad en la tubería

$A_t = 0.00064$ pgd. Sección del difusor

$D = 1$ pgd. Diámetro del difusor

$H_3 = 0.20$ m. Altura de agua en el vertedero.

Comprobación:

$E_O + H_3 = 0.79$

$h_f + H_2 = 0.79$

4.1.3 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

4.2 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

4.3 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
$(P/U)^{0.5} \text{ --- } 16 C$	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
H _f 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 – mayor pendiente

Tabla 15.

Dimensiones 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 %

$\tan \theta^{-1} = -0.000346902$

Nota: Se permite una desviación máxima de 5 %

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

4.4 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 ³ /s
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
H _f 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 – menor pendiente

Tabla 16.

Dimensiones 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)	Hf 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 %

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

Nota: Se permite una desviación máxima de 5 %

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

4.5 Resultados del 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 o	0.70
coeficiente 0	1.67
Sum 1/b	25.658
Coeficiente Darcy Weissbach	0.02
(Peso específico/viscosidad) ^{0.5}	2920
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
Coeficiente Hf Orificio 1	1.86
Hf Orificio (m)	1.08E-03
Gradiente Velocidad (s^{-1})	30
Desviación	4.49%

4.6 Resultados del decantador laminar

Datos:

Número 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 módulo 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 módulo de placas	l =	10.09	
Coefficiente de forma del modulo	f =	5.12	
Área superficial de la unidad	As =	43.15	m ²
Número 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	
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

4.7 Resultados en la 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.s ²)	2.50
Densidad Agua (gr/cm.s ²)	1
H. Capa Arena (m)	0.30
Porosidad Arena	0.42
Densidad Antracita (gr/cm.s ²)	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	
Longitud Canal Lavado (m)	4.12
Ce Arena	0.80

SUM Xi/Di2 Arena	0.00
SUM Xi/Di2 Antracita	0.00
Viscosidad Absoluta (Kg.s/m2)	0.00013
	1
V. Comp.Entr.(m/s)	0.770
Longitud Cresta vert. (m)	1.95
Coefficiente Esférico Antracita	0.70

4.8 Presupuesto

Proyecto de Optimización de la Planta de Filtración Rápida “Los Molinos”

Obra : Optimización de la PFR “Los Molinos”

Propietario : Semapa – Barranca

Ubicación : Barranca – Lima

Observaciones:

Fecha: 12/11/07

Tabla 17. Obras provisionales

Partida	Descripción	Unidad	Metrado	Unitario	Parcial
1.00	Obras Provisionales				
ES010108	Cartel de obra 3.60 m * 2.40 m	glo	1.00	1156.03	1156.03
				Sub - Total	1156.03

Tabla 18. Trabajos preliminares

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
2.00	Trabajos Preliminares				
ES020333	Desmontaje de vigas de madera	glo	1.00	432.66	432.66
ES020335	Desmontaje vertederos de rebose de agua	glo	1.00	173.06	173.06
ES020420	Demolición de losas de concreto	m ³ .	13.40	331.68	4444.51
ES020422	Demolición de muros de concreto	m ³	8.14	331.68	2699.88
ES020426	Picado de concreto armado	m ³ .	0.64	373.14	238.81
ES020428	Perforación de muro de concreto	m ³ .	0.46	259.13	119.20
ES020601	Trazos niveles y replanteo	m ² .	492.69	1.23	606.01
				Sub - Total	8714.13

Tabla 19. Movimientos de tierras

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
3.00	Movimientos de Tierra				
ES030205	Excavación de zanjas h= 1.70m	m ³ .	20.69	33.17	686.29
ES030401	Relleno compactado c/material propio 4HP	m ³ .	5.52	19.51	107.70
ES030501	Eliminación de material excedente D=10Km	m ³	18.96	19.70	373.51
ES030601	Nivelación interior y apisonado	m ² .	51.93	3.08	159.94
Sub - Total					1327.44

Tabla 20. Obras de concreto simple

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
4.00	Obras de Concreto Simple				
ES040301	Solado de concreto pobre	m ² .	9.88	13.53	133.68
Sub - Total					1327.44

Tabla 21. Obras de concreto armado

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
5.00	Obras de Concreto Armado				
ES050211	Cimiento reforzado F'c=210kg/cm ²	m ³ .	4.72	237.93	1123.03
ES050216	Cimiento reforzado Fy=4200 kg/cm ²	kg.	185.14	3.14	581.34
ES050301	Vigas de cimentación F'c=210kg/cm ²	m ³	0.60	296.00	177.60
ES050305	Vigas de cimentación encofrado/desencofr	m ² .	1.01	34.06	34.40
ES050306	Vigas de cimentación acero Fy=4200kg/cm ²	kg.	90.30	3.14	283.54
ES050601	Muros contención concreto F'c=210kg/cm ²	m ³ .	13.46	332.86	4480.30
ES050605	Muros contención encofrado/desencofrado	m ² .	161.93	25.41	4114.64
ES050606	Muros contención acero Fy=4200 kg/cm ²	kg.	1861.03	3.14	5843.63
ES050911	Losas macizas concreto F'c=210 kg/cm ²	m ³ .	12.01	268.29	3222.16
ES050915	Losas macizas encofrado y desencofrado	m ² .	13.87	26.53	367.97
ES050916	Losas macizas acero Fy=4200 kg/cm ²	kg.	1204.62	3.14	3782.51
ES051511	Dados de apoyo, tubo PVC 215mm F'c=210	m ³ .	0.65	332.86	216.36
ES051515	Dados de apoyo encofrado/desencofrado	m ² .	8.64	25.41	219.54
ES051516	Dados de apoyo acero Fy=4200kg/cm ²	kg.	257.17	3.14	807.51
ES052510	Aplicación aditivo adhesivo de concretos	m ² .	32.38	26.78	867.14
Sub - Total					26121.67

Tabla 22. Obras de concreto armado prefabricado

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
6.00	Obras de Concreto Armado Prefabricado				
ES050711	Guías prefabricadas F'c=210 kg/cm2	m ³ .	3.74	332.86	1244.90
ES050715	Guías prefabricadas encofrado/desencofr	m ² .	96.92	35.99	3488.15
ES050716	Guías prefabricadas acero Fy=4200 kg/cm2	kg	954.84	3.14	2998.20
ES050721	Tableros prefabricados F'c=280 kg/cm2	m ³ .	29.81	306.47	9135.87
ES050725	Tableros prefabricados encofr./desencof.	m ² .	220.01	24.71	5436.45
ES050726	Tablero prefabric. acero Fy=4200 kg/cm2	kg.	5071.80	3.14	15925.45
ES241420	Fijación guías prefabricadas de concreto	und.	150.00	58.28	8742.00
ES241430	Ensamblaje pantallas c/tableros en guías	und.	75.00	67.18	5038.50
Sub - Total					52009.52

Tabla 23. Revoques en muros y losas

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
7.00	Revoques en Muros y Losas				
AR101015	Tarrajeo impermeabilizado de muros	m ² .	113.16	15.31	1732.48
AR101018	Tarrajeo impermeabilizado de losas	m ² .	143.69	13.73	1972.86
AR101020	Tarrajeo impermeabilizado de derrames	m.	176.63	11.17	1972.96
Sub - Total					5678.30

Tabla 24. Obras sanitarias

Partida	Descripción	Unid.	Metrado	Unitario	Parcial
8.00	Obras Sanitarias				
RA030202	Excavación de zanjas 0.80m*2.00m	m.	5.00	41.46	207.30
RA030401	Rellenos compactación c/material propio	m.	5.00	19.51	97.55
RA030450	Eliminación de material excedente D=10Km	m ³ .	40.00	19.70	788.00
RA241005	Desmontaje tubería de agua existente	glo	1.00	21.63	21.63
RA251040	Suministr/Colocación tubos PVC 215mm 7.5	m.	129.60	125.05	16206.48
RA251045	Suministr/Colocación tubos PVC 355mm 7.5	m.	5.00	810.38	4051.90
RA251070	Desmontaje placas asbesto cemento c/6 cm	pza	840.00	16.36	13742.40
RA251075	Montaje placas asbesto cemento c/12 cm.	pza	420.00	15.90	6678.00
RA251080	Suministro y colocación arena en filtros	m ³ .	20.08	711.31	14283.10
RA251090	Suministro/colocación antracita p/filtro	m ³ .	40.17	988.91	39724.51
RA251170	Guía de aluminio perfil 1"*1"*6mm*6m	glo	1.00	24.27	24.27
RA251180	Tapa metálica para cisterna	m ² .	1.82	198.03	360.41
Sub - Total					96185.55

Resumen del presupuesto:

COSTO DIRECTO	191326.32
GASTOS GENERALES	19132.63
UTILIDADES	19132.63
TOTAL (NO INCLUYE I.G.V.)	229591.58
I.G.V. (19 %)	43622.40
TOTAL (INCLUIDO I.G.V.)	273213.98

PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE FILTRACIÓN “LOS MOLINOS”

OBRA : OPTIMIZACION DE LA PFR LOS MOLINOS

PROPIETARIO : SEMAPA BARRANCA

UBICACIÓN : BARRANCA - LIMA

OBSERVACIONES:

FECHA: 12/11/07

4.9 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Tabla 25.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES010108	CARTEL DE OBRA 3.60 M * 2.40 M	glo	1.00		
47C100	Capataz	h/h	4.000	12.03	48.12
47C400	Carpintero en madera	h/h	40.000	10.94	437.60
47P100	Peón	h/h	20.000	8.86	177.20
02C100	Clavos	kg.	1.375	2.90	3.99
39C100	Cola sintética	gal	0.440	13.56	5.97
43M110	Madera tornillo cepillada	p2.	102.500	3.20	328.00
44T115	Triplay lupuna 4'*8'*08mm	pla	3.000	34.50	103.50
54E105	Esmalte	gal	0.540	26.48	14.30
55P200	Pintura base de madera	gal	0.540	32.34	17.46
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		19.89
COSTO UNITARIO ...					1156.03

Tabla 26.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020333	CARTEL DE OBRA 3.60 M * 2.40 M	glo	1.00		
47C100	Capataz	h/h	2.000	12.03	24.06
47O100	Operario	h/h	20.000	10.94	218.80
47P100	Peón	h/h	20.000	8.86	177.20
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		12.60
COSTO UNITARIO ...					432.66

Tabla 27.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020335	DESMONTAJE VERTEDEROS DEREBOSE DE AGUA	glo	1.00		
47C100	Capataz	h/h	0.800	12.03	9.62
47O100	Operario	h/h	8.000	10.94	87.52
47P100	Peón	h/h	8.000	8.86	70.88
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		5.04
COSTO UNITARIO ...					173.06

Tabla 28.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020420	DEMOLICION DE LOSAS DE CONCRETO	m3.	13.40		
47C100	Capataz	h/h	3.200	12.03	38.50
47P100	Peón	h/h	32.000	8.86	283.52
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		9.66
				COSTO UNITARIO ...	331.68

Tabla 29.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020422	DEMOLICION DE MUROS DE CONCRETO	m3.	8.14		
47C100	Capataz	h/h	3.200	12.03	38.50
47P100	Peón	h/h	32.000	8.86	283.52
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		9.66
				COSTO UNITARIO ...	331.68

Tabla 30.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020426	PICADO DE CONCRETO ARMADO	m3.	0.64		
47C100	Capataz	h/h	3.600	12.03	43.31
47P100	Peón	h/h	36.000	8.86	318.96
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		10.87
				COSTO UNITARIO ...	373.14

Tabla 31.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020422	TRAZOS NIVELES Y REPLANTEO	M2.	492.69		
47C100	Capataz	h/h	0.002	12.03	0.02
47O100	Operario	h/h	0.027	10.94	0.30
47P100	Peón	h/h	0.053	8.86	0.47
47T100	Topógrafo	h/h	0.001	10.94	0.01
02C100	Clavos	kg.	0.005	2.90	0.01
30Y105	Yeso (20 kg)	bol	0.025	5.46	0.14
37W105	Wincha de 20 mts.	und	0.001	50.00	0.05
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2.	0.026	2.25	0.06
30N105	Nivel topográfico	día	0.003	50.00	0.15
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
				COSTO UNITARIO ...	1.23

Tabla 32.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES020422	PERFORACION DE MURO DE CONCRETO	m3.	0.46		
47C100	Capataz	h/h	2.500	12.03	30.08
47P100	Peón	h/h	25.000	8.86	221.50
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		7.55
COSTO UNITARIO ...					259.13

Tabla 33.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES030205	EXCAVACION DE ZANJAS H= 1.70M	m3.	20.69		
47C100	Capataz	h/h	0.320	12.03	3.85
47P100	Peón	h/h	3.200	8.86	28.35
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.97
COSTO UNITARIO ...					33.17

Tabla 34.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES030401	RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO 4HP	m3.	5.52		
47C100	Capataz	h/h	0.050	12.03	0.60
47O200	Operador de equipo liviano	h/h	0.500	9.82	4.91
47P100	Peón	h/h	0.500	4.43	4.43
49C310	Compactadora manual 4 HP	h/m	0.500	18.54	9.27
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.30
COSTO UNITARIO ...					19.51

Tabla 35.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA030450	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=10KM	m3.	18.96		
47C100	Capataz	h/h	0.002	12.03	0.02
47O300	Operador de equipo pesado	h/h	0.137	10.94	1.50
47P100	Peón	h/h	0.023	8.86	0.20
48V110	Volquete de 10 m3.	h/m	0.114	123.17	14.04
49C115	Cargador frontal sobre llantas 125 HP	h/m	0.023	169.04	3.89
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.05
COSTO UNITARIO ...					19.70

Tabla 36.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES030601	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2.	51.93		
47C100	Capataz	h/h	0.018	12.03	0.22
47O200	Operador de equipo liviano	h/h	0.059	9.82	0.58
47P100	Peón	h/h	0.128	8.86	1.13
49C310	Compactadora manual 4 HP	h/m	0.059	18.54	1.09
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.06
COSTO UNITARIO ...					3.08

Tabla 37.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES040301	SOLADO DE CONCRETO POBRE	m2.	9.88		
47C100	Capataz	h/h	0.020	12.03	0.24
47O100	Operario	h/h	0.200	10.94	2.19
47P100	Peón	h/h	0.440	8.86	3.90
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	0.230	15.55	3.58
38H100	Hormigón	m3	0.100	16.10	1.61
39A100	Agua	m3.	0.012	9.00	0.11
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.075	22.77	1.71
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.19
COSTO UNITARIO ...					13.53

Tabla 38.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050211	CIMIENTO REFORZADO F'C=210KG/CM2	m3.	4.72		
47C100	Capataz	h/h	0.064	12.03	0.77
47O100	Operario	h/h	0.640	10.94	7.00
47O400	Oficial	h/h	0.320	9.82	3.14
47P100	Peón	h/h	2.560	8.86	22.68
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.320	22.77	7.29
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.320	6.03	1.93
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		1.01
COSTO UNITARIO ...					237.93

Tabla 39.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050301	VIGAS DE CIMENTACION F'C=210KG/CM2	m3.	0.60		
47C100	Capataz	h/h	0.109	12.03	1.31
47O100	Operario	h/h	1.090	10.94	11.92
47O400	Oficial	h/h	0.730	9.82	7.17
47P100	Peón	h/h	2.990	8.86	26.49
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
30A132	Aditivo expansor para mezclas de cemento	kg.	8.279	5.22	43.22
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.360	22.77	8.20
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.360	6.03	2.17
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		1.41
				COSTO UNITARIO ...	296.00

Tabla 40.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050216	CIMIENTO REFORZADO FY=4200 KG/CM2	kg.	185.14		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
				COSTO UNITARIO ...	3.14

Tabla 41.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050305	VIGAS DE CIMENTACION ENCOFRADO/DESENCOFRADO	m2.	1.01		
47C100	Capataz	h/h	0.110	12.03	1.32
47O100	Operario	h/h	1.100	10.94	12.03
47O400	Oficial	h/h	1.100	9.82	10.80
02A115	Alambre N 8	kg.	0.300	2.90	0.87
03F100	Clavos	kg.	0.330	2.90	0.96
37C100	Madera Tornillo para encofrado	P2	3.270	2.25	7.36
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.72
				COSTO UNITARIO ...	34.06

Tabla 42.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050306	VIGAS DE CIMENTACION ACERO FY=4200KG/CM2	kg.	90.30		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO ...					3.14

Tabla 43.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050601	MUROS CONTENCIÓN CONCRETO F'C=210KG/CM2	m3.	13.46		
47C100	Capataz	h/h	0.160	12.03	1.92
47O100	Operario	h/h	1.600	10.94	17.50
47O400	Oficial	h/h	0.800	9.82	7.86
47P100	Peón	h/h	9.600	8.86	85.06
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.800	22.77	18.22
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.800	6.03	4.82
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		3.37
COSTO UNITARIO ...					332.86

Tabla 44.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050605	MUROS CONTENCIÓN ENCOFRADO/DESENCOFRADO	m2.	161.93		
47C100	Capataz	h/h	0.073	12.03	0.88
47O100	Operario	h/h	0.730	10.94	7.99
47O400	Oficial	h/h	0.730	9.82	7.17
02A115	Alambre N 8	kg.	0.080	2.90	0.23
03F100	Clavos	kg.	0.270	2.90	0.78
37C100	Madera Tornillo para encofrado	P2	3.500	2.25	7.88
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.48
COSTO UNITARIO ...					25.41

Tabla 45.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050606	MUROS CONTENCIÓN ACERO FY=4200 KG/CM2	kg.	1861.03		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO ...					3.14

Tabla 46.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050911	LOSAS MACIZAS CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3.	12.01		
47C100	Capataz	h/h	0.080	12.03	0.96
47O100	Operario	h/h	0.800	10.94	8.75
47O400	Oficial	h/h	0.400	9.82	3.93
47P100	Peón	h/h	4.800	8.86	42.53
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.400	22.77	9.11
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.400	6.03	2.41
49W105	Winche eléctrico de 2 tambores	h/m	0.400	12.00	4.80
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		1.69
COSTO UNITARIO ...					268.29

Tabla 47.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050915	LOSAS MACIZAS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2.	13.87		
47C100	Capataz	h/h	0.074	12.03	0.89
47O100	Operario	h/h	0.740	10.94	8.10
47O400	Oficial	h/h	0.740	9.82	7.27
02A115	Alambre N 8	kg.	0.100	2.90	0.29
03F100	Clavos	kg.	0.100	2.90	0.29
37C100	Madera Tornillo para encofrado	P2	4.090	2.25	9.20
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.49
COSTO UNITARIO ...					26.53

Tabla 48.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050916	LOSAS MACIZAS ACERO FY=4200 KG/CM	kg.	1204.62		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO ...					3.14

Tabla 49.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES051511	DADOS DE APOYO DE TUBO PVC 215MM F'C=210	m3.	0.65		
47C100	Capataz	h/h	0.160	12.03	1.92
47O100	Operario	h/h	1.600	10.94	17.50
47O400	Oficial	h/h	0.800	9.82	7.86
47P100	Peón	h/h	9.600	8.86	85.06
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.800	22.77	18.22
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.800	6.03	4.82
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		3.37
COSTO UNITARIO ...					332.86

Tabla 50.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES051515	DADOS DE APOYO ENCOFRADO/DESENCOFRADO	m2.	8.64		
47C100	Capataz	h/h	0.073	12.03	0.88
47O100	Operario	h/h	0.730	10.94	7.99
47O400	Oficial	h/h	0.730	9.82	7.17
02A115	Alambre N 8	kg.	0.080	2.90	0.23
03F100	Clavos	kg.	0.270	2.07	0.78
37C100	Madera Tornillo para encofrado	P2	3.500	2.25	7.88
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.48
COSTO UNITARIO ...					25.41

Tabla 51.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES051516	DADOS DE APOYO ACERO FY=4200KG/CM2	m2.	257.17		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO ...					3.14

Tabla 52.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES052510	APLICACION ADITIVO ADHESIVO DE CONCRETOS	m2.	32.38		
47C100	Capataz	h/h	0.038	12.03	0.46
47O100	Operario	h/h	0.380	10.94	4.16
30A127	Aditivo adhesivo de concretos	kg.	0.400	55.04	22.02
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.14
COSTO UNITARIO ...					26.78

Tabla 53.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050711	GUIAS PREFABRICADAS F'C=210 KG/CM2	m3.	3.74		
47C100	Capataz	h/h	0.160	12.03	1.92
47O100	Operario	h/h	1.600	10.94	17.50
47O400	Oficial	h/h	0.800	9.82	7.86
47P100	Peón	h/h	9.600	8.86	85.06
04A110	Arena gruesa	m3.	0.420	16.95	7.12
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.850	39.85	33.87
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	9.740	15.55	151.46
39A100	Agua	m3.	0.184	9.00	1.66
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.800	22.77	18.22
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.800	6.03	4.82
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		3.37
COSTO UNITARIO ...					332.86

Tabla 54.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050725	TABLEROS PREFABRICADOS ENCOFR./DESENCOF.	m2.	96.92		
47C100	Capataz	h/h	0.088	12.03	1.06
47O100	Operario	h/h	0.880	10.94	9.63
47O400	Oficial	h/h	0.880	9.82	8.64
02A115	Alambre N 8	kg.	0.300	2.90	0.87
02C100	Clavos	kg.	0.310	2.90	0.90
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2	6.360	2.25	14.31
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.58
COSTO UNITARIO ...					35.99

Tabla 55.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050716	GUIAS PREFABRICADAS ACERO FY=4200 KG/CM2	kg.	954.84		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	p2	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO ...					3.14

Tabla 56.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050721	TABLEROS PREFABRICADOS F'C=280 KG/CM2	m3.	29.81		
47C100	Capataz	h/h	0.080	12.03	0.96
47O100	Operario	h/h	0.800	10.94	8.75
47O400	Oficial	h/h	0.400	9.82	3.93
47P100	Peón	h/h	4.800	8.86	42.53
04A110	Arena gruesa	m3.	0.450	16.95	7.63
05P105	Piedra chancada de 1/2"	m3.	0.510	39.85	20.32
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	13.340	15.55	207.44
39A100	Agua	m3.	0.189	9.00	1.70
48M105	Mezcladora de 9 p3	h/m	0.400	22.77	9.11
49V105	Vibrador de concreto 1.5	h/m	0.400	6.03	2.41
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		1.69
COSTO UNITARIO ...					306.47

Tabla 57.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050725	TABLEROS PREFABRICADOS ENCOFR./DESENCOF.	m2.	220.01		
47C100	Capataz	h/h	0.073	12.03	0.88
47O100	Operario	h/h	0.730	10.94	7.99
47O400	Oficial	h/h	0.730	9.82	7.17
02A115	Alambre N 16	kg.	0.080	2.90	0.23
02C100	Clavos	kg.	0.027	2.90	0.08
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2	3.500	2.25	7.88
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.48
COSTO UNITARIO...					24.71

Tabla 58.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES050726	TABLERO PREFABRICADO ACERO FY=4200 KG/CM2	kg.	5071.80		
47C100	Capataz	h/h	0.003	12.03	0.04
47O100	Operario	h/h	0.030	10.94	0.33
47P100	Peón	h/h	0.030	8.86	0.27
02A115	Alambre N 16	kg.	0.030	2.90	0.09
03F100	Fierro estructural corrugado	kg.	1.070	2.07	2.21
37C100	Cizalla	h/m	0.030	6.00	0.18
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.02
COSTO UNITARIO...					3.14

Tabla 59.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES241420	FIJACION GUÍAS PREFABRICADAS DE CONCRETO	und.	150.00		
47C100	Capataz	h/h	0.075	12.03	0.90
47O100	Operario	h/h	0.750	10.94	8.21
47P100	Peón	h/h	0.375	8.86	3.32
30P150	Perno expansión 3/8"*3 3/4" acero inox.	und	4.000	11.37	45.48
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.37
COSTO UNITARIO ...					58.28

Tabla 60.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
ES241430	ENSAMBLAJE PANTALLAS C/TABLEROS EN GUÍAS	und.	75.00		
47C100	Capataz	h/h	0.200	12.03	2.41
47O100	Operario	h/h	2.000	10.94	21.88
47P100	Peón	h/h	1.000	8.86	8.86
30C106	Aditivo poliuretano respaldo selladores	ml.	8.000	0.73	5.84
30S090	Aditivo sellante elástico de poliuretano	mga	1.000	27.20	27.20
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.99
COSTO UNITARIO ...					67.18

Tabla 61.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
AR101015	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO DE LOSAS	m2.	113.16		
47C100	Capataz	h/h	0.067	12.03	0.81
47O100	Operario	h/h	0.667	10.94	7.30
47P100	Peón	h/h	0.220	8.86	1.95
02C100	Clavos	kg.	0.030	2.90	0.09
04A105	Arena fina	m3.	0.020	16.10	0.32
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	0.120	15.55	1.87
30A125	Aditivo impermeabilizante para mortero	kg.	0.400	5.46	2.18
39A100	Agua	m3.	0.004	9.00	0.04
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2	0.200	2.25	0.45
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.30
				COSTO UNITARIO ...	15.31

Tabla 62.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
AR101018	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO DE LOSAS	m2.	143.69		
47C100	Capataz	h/h	0.057	12.03	0.69
47O100	Operario	h/h	0.571	10.94	6.25
47P100	Peón	h/h	0.189	8.86	1.67
04A105	Arena fina	m3.	0.020	16.10	0.32
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	0.120	15.55	1.87
30A125	Aditivo impermeabilizante para mortero	kg.	0.400	5.46	2.18
39A100	Agua	m3.	0.004	9.00	0.04
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2	0.200	2.25	0.45
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.26
				COSTO UNITARIO ...	13.73

Tabla 63.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
AR101020	TARRAJEO IMPERMEABILIZADO DE DERRAMES	m.	176.63		
47C100	Capataz	h/h	0.067	12.03	0.81
47O100	Operario	h/h	0.667	10.94	7.30
47P100	Peón	h/h	0.220	8.86	1.95
02C100	Clavos	kg.	0.005	2.90	0.01
04A105	Arena fina	m3.	0.002	16.10	0.03
21C100	Cemento portland tipo IP o tipo I	bol	0.012	15.55	0.19
30A125	Aditivo impermeabilizante para mortero	kg.	0.054	5.46	0.29
43M105	Madera Tornillo para encofrado	p2	0.127	2.25	0.29
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.30
				COSTO UNITARIO ...	11.17

Tabla 64.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA030202	EXCAVACION DE ZANJAS 0.80M*2.00M	m.	5.00		
47C100	Capataz	h/h	0.400	12.03	4.81
47P100	Peón	h/h	4.000	8.86	35.44
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		1.21
COSTO UNITARIO ...					41.46

Tabla 65.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA030401	RELLENOS COMPACTACION C/MATERIAL PROPIO	m.	5.00		
47C100	Capataz	h/h	0.050	12.03	0.60
47O200	Operador de equipo liviano	h/h	0.500	9.82	4.91
47P100	Peón	h/h	0.500	4.43	4.43
49C310	Compactadora manual 4 HP	h/m	0.500	18.54	9.27
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.30
COSTO UNITARIO ...					19.51

Tabla 66.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA030450	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=10KM	m3.	40.00		
47C100	Capataz	h/h	0.002	12.03	0.02
47°300	Operador de equipo pesado	h/h	0.137	10.94	1.50
47P100	Peón	h/h	0.023	8.86	0.20
48V110	Volquete de 10 m3.	h/m	0.114	123.17	14.04
49C115	Cargador frontal sobre llantas 125 HP	h/m	0.023	169.04	3.89
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.05
COSTO UNITARIO ...					19.70

Tabla 67.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA241005	DESMONTAJE TUBERIA DE AGUA CALIENTE EXISTENTE	glo.	1.00		
47C100	Capataz	h/h	0.100	12.03	1.20
47O100	Operario	h/h	1.000	10.94	10.94
47P100	Peón	h/h	1.000	8.86	8.86
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.63
COSTO UNITARIO ...					21.63

Tabla 68.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251040	SUMINISTRO/COLOCACION TUBOS PVC 215MM 7.5	m.	129.60		
47C100	Capataz	h/h	0.083	12.03	1.00
47O100	Operario	h/h	0.833	10.94	9.11
47P100	Peón	h/h	0.417	8.86	3.69
72A250	Perno expansión 3/8"*2 3/4" acero inox.	und	0.833	7.43	6.19
72C355	Taco de neoprene 0.12*0.05 60-65 A	und	0.417	15.12	6.31
72A090	Abrazadera PVC 7.5 1 1/2"*1/4"	und	0.417	12.00	5.00
72T275	Tubería PVC clase 7.5 215 mm * 5m	pza	0.208	448.73	93.34
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.41
				COSTO UNITARIO ...	125.05

Tabla 69.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251045	SUMINISTRO/COLOCACION TUBOS PVC 355MM 7.5	pza	5.00		
47C100	Capataz	h/h	0.002	12.03	0.02
47O100	Operario	h/h	0.020	10.94	0.22
47P100	Peón	h/h	0.020	8.86	0.18
72A250	Adaptador de tubería CSN a PVC 355mm 7.5	und	0.200	858.00	171.60
72C355	Codo de PVC clase 7.5 de 90*355mm	pza	0.200	2310.00	462.00
72T275	Tubería PVC clase 7.5 355mm*6m	tub	0.167	1056.00	176.35
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.01
				COSTO UNITARIO ...	810.38

Tabla 70.

CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251075	DESMONTAJE PLACAS ASBESTO CEMENTO C/6 CM.	pza	840.00		
47C100	Capataz	h/h	0.040	12.03	0.48
47O100	Operario	h/h	0.400	10.94	4.38
47O400	Oficial	h/h	0.400	9.82	3.93
47P100	Peón	h/h	0.800	8.86	7.09
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.48
				COSTO UNITARIO ...	16.36

Tabla 71.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251075	MONTAJE PLACAS ASBESTO CEMENTO C/12 CM.	pza	420.00		
47C100	Capataz	h/h	0.027	12.03	0.32
47O100	Operario	h/h	0.267	10.94	2.92
47O400	Oficial	h/h	0.267	9.82	2.62
47P100	Peón	h/h	0.533	8.86	4.72
43M100	Madera tornillo	p2.	2.250	2.22	5.00
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.32
				COSTO UNITARIO ...	15.90

Tabla 72.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251080	SUMINISTRO Y COLOCACION ARENA EN FILTROS	m3.	20.08		
47C100	Capataz	h/h	0.042	12.03	0.51
47°100	Operario	h/h	0.421	10.94	4.61
47°400	Oficial	h/h	0.421	9.82	4.13
47P100	Peón	h/h	0.842	8.86	7.46
04ª112	Arena seleccionada para filtro	m3.	1.000	694.10	694.10
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.50
COSTO UNITARIO ...					711.31

Tabla 73.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251170	SUMINISTRO/COLOCACION ANTRACITA P/FILTRO	m3.	40.17		
47C100	Capataz	h/h	0.042	12.03	0.51
47O100	Operario	h/h	0.421	10.94	4.61
47O400	Oficial	h/h	0.421	9.82	4.13
47P100	Peón	h/h	0.842	8.86	7.46
80T111	Antracita seleccionada para filtro	m3.	1.000	971.70	971.70
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.50
COSTO UNITARIO ...					988.91

Tabla 74.

CODIGOS	DESCRIPCION	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251170	GUIA DE ALUMINIO PERFIL 1"*1"*6MM*6M	glo	1.00		
47C100	Capataz	h/h	0.100	12.03	1.20
47O100	Operario	h/h	1.000	10.94	10.94
47P100	Peón	h/h	0.500	8.86	4.43
80T111	Perfil de aluminio U 1"*1"*6mm*6m	pza	7.200	1.00	7.20
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.50
COSTO UNITARIO ...					24.27

Tabla 75.

CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN	UND	APORTE	PRECIO	PARCIAL
RA251180	TAPA METALICA PARA CISTERNA	m2.	1.82		
47C100	Capataz	h/h	0.200	12.03	2.41
47O100	Operario	h/h	2.000	10.94	21.88
47P100	Peón	h/h	1.000	8.86	8.86
80T111	Tapa metálica para cisterna	m2.	1.000	163.89	163.89
99DH00	Desgaste de herramientas	%	3.000		0.99
COSTO UNITARIO ...					198.03

CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

La discusión se centra en algunas limitaciones del sistema actual operativo como, por ejemplo:

- Con respecto a la 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 la 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 servicio de alcantarillado.
- El agua tratada proviene de galerías superficiales y subterráneas, las mismas que presentan una calidad aceptable rangos que establece la OMS. Los estándares de calidad obtenidos están de acuerdo a las normas de calidad, así también las provenientes de los pozos tubulares P1, P2 y Galerías Filtrantes en Vinto, presentan estándares muy aceptables, por lo que se considera un agua de buena calidad.
- Estas ingresan a PT “Los Molinos” son de aguas crudas superficiales del río Pativilca y actualmente con un volumen de agua superficial de las galerías, que se mezclan en el buzón de reunión de la laguna de embalse; presenta una concentración de cloruros promedio de 149 mg/l, la dureza se encuentra en 390 mg/l, la concentración de nitratos en 21 mg/l, así también una conductividad de 1131 us/cm y un T.D.S. de 523. De los

resultados físicos – químicos, podemos decir que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por OMS y la SUNASS.

5.2 Conclusiones

Presentamos las siguientes conclusiones:

1. Esta Planta está trabajando con un caudal de **180 l/s**, con el estudio se propone niveles de trabajo que serían con un caudal de **220 l/s**.
2. Con esta ejecución del Proyecto de Optimización se tendría mejor calidad de agua tratada, los floculadores tendrían su propia pantalla, ya que en este momento no cuenta con una pantalla de floculación, colocando dicha pantalla se tendría más tiempo de retención de los coagulantes (sulfato de aluminio, polímero) por consiguiente mayor floculación de las impurezas, mejor calidad de agua en contenido de dureza.
3. Los sedimentadores trabajarían mejor, como consecuencia de la instalación de pantallas en los floculadores, el producto de estos, llegarían con una turbidez de **20, 15 y 10 NTU** de turbidez, como resultado se tendría una buena decantación (bajaría la turbidez).
4. En la actualidad los filtros se encuentran en la necesidad de hacerle un cambio de arena, la cual se encuentra muy desgastada, evitando la colmatación. En la actualidad se presenta un problema con la turbidez del agua con valores antes de iniciar el llenado de la planta, deben efectuarse las siguiente de **1,8 – 2,0 NTU** en la cisterna.
5. Con la optimización, se cambiaría el lecho del filtro, mejorando ostensiblemente la turbidez con valores de **0.5 NTU**.
6. Con la optimización de la Planta de Tratamiento se trabajará mejor con los equipos de Prueba de Jarras ya que tendríamos los floculadores, sedimentadores y filtros en

buenas condiciones operativas y sería más exactos para la dosificación de los insumos, trayendo consigo un ahorro de los mismos y mejorando la rentabilidad de la operación.

Esto se traduce en la siguiente información:

Tabla 76. Insumos utilizados

Insumos utilizados en la Floculación	Actual	Futuro (Proyecto)
1. Sulfato de Aluminio	45	24
2. Polímero	4,5	3

5.3 Recomendaciones

Recomendaciones para la operación inicial del sistema.

Se requiere efectuar una serie de operaciones preliminares antes de poner en operación la planta. Además, al iniciar la puesta en marcha deben tomarse una serie de precauciones:

- Inspección preliminar
- Operaciones iniciales de funcionamiento del sistema de transporte del agua (inicio – final).
- Es recomendable efectuar el llenado de la misma para su trabajo normal. Cuando el floculador esté lleno se instalará el caudal de proyecto (220 l/s), y se iniciará la aplicación del coagulante.
- Las válvulas de desagüe en floculadores y sedimentadores deben estar cerradas y las compuertas de ingreso abiertas.
- En filtros, las compuertas de desagüe de fondos y de salida de agua de lavado deberán estar cerradas y las de ingreso de agua decantada abiertas.

Con la operación anterior, los cinco filtros se llenarán por la parte superior y el material

filtrante quedo con los poros llenos de aire, lo cual producirá el efecto de una falsa perdida de carga y acortara las carreras de filtración, por lo que debe ser eliminado mediante un flujo ascensional. Con este fin y para eliminar el polvo y basura que puede encontrarse entre la arena y la antracita como consecuencia de su manipulación, se procederá a lavar consecutivamente todos los filtros, comenzando por el filtro 1 y terminando con el filtro 5.

Para iniciar el lavado de las unidades, esperaremos hasta que el agua llegue cerca del borde del vertedero general de salida, para tener la carga hidráulica necesaria para compensar las pérdidas por fricción durante el lavado y en ese momento, se pondrá en posición de lavado al filtro N° 1 y se lavara durante 10 minutos. Al término de esta operación, se colocara al filtro N° 1 en operación, se esperará la interconexión llegue nuevamente cerca del borde del vertedero de salida y en ese momento, se colocara en posición de lavado al filtro N° 2, el cual se lavará durante 10 minutos. Se procederá de manera semejante con los otros tres filtros. De estará manera se habrá expulsado el aire retenido, limpiado el lecho y preparado la batería para instalar la tasa declinante.

- Turbiedad menor a 1.0 UT (unidades nefelométricas). Sería deseable alrededor de 0.1 UNT para garantizar la ausencia de huevos de parásitos (USEPA).
- Color aparente menor a 5 UC (unidad de color)

Lavado de filtros

- Una vez que todos los filtros están limpios y se han llenado por la parte inferior, se ponen a operar todos juntos.
- La tasa declinante es una forma de operación de los filtros, que debe establecerse durante la puesta en marcha de la batería. Como la batería consta de cinco filtros, procederemos a establecerla aproximadamente en 24 horas, lavando un filtro cada 5 horas. Suponiendo que empecemos a las seis de la mañana lavando el Filtro 1, a las once de la mañana se lavará el Filtro 2, a las cuatro de

la tarde el Filtro 3, a las 9 de la noche al Filtro 4 y a las dos de la mañana culminaremos la instalación de la tasa declinante, lavando el Filtro 5. A partir de este momento se ha ingresado a la etapa de operación normal del sistema y el próximo filtro a lavarse será el Filtro 1 cuando el nivel del agua en el canal de distribución a los filtros, llegue a una altura de 0.28 m. Este nivel deberá dejarse marcado con pintura en la caja del filtro, para que sirva de guía a los operadores.

Aplicación del desinfectante

- La solución desinfectante se aplica en el vertedero de salida de los filtros, antes de que ingrese al tanque de agua tratada de la planta.

La precloración debe instalarse cuando el NMP de Coliformes fecales o termo tolerantes, es igual o superior a 600/ 100 ml de muestra.

Medición de caudales y mezcla rápida

- Es una operación de gran importancia, ya que de ella depende todo el proceso de dosificación tratado previamente.
- Un modo práctico de fijar el caudal de operación, es marcar con pintura la altura del agua, 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.

Mezcla rápida

- La rampa se encuentra diseñada para que genere un resalto hidráulico al pie de la misma.

CAPÍTULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Fuentes Bibliográficas

1. Comisión Nacional de Agua (2003). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Redes de distribución de agua potable. Recuperado de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf
2. Fajardo, D. (2005) *Calidad del agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.* Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-094.pdf>
3. Germain, L. y otros. (1982). “Tratamiento de aguas”: Ediciones Omega. Barcelona, España.
4. Hernández Muñoz, Aurelio. 1994. “Depuración de aguas residuales”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 3ª ed. Madrid, España.
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. Ministerio de Salud. (2015). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano: D.S. N°160- 2015- SA*. Lima, Perú: Dirección General de Salud Ambiental.
8. “Manual de Agua su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones”. Nalco S.A.

9. Christman, R. F.; Ghassemi, M. (1966). "*The nature of organic color in water*". *Journal of the American Water Works Association*, 58(6), , pp. 623.
10. Di Bernardo, Luiz. "*Metodos e tecnicas de tratamento de agua*". Asociación Brasileira de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
11. Grim, R. E. (1968). "*Clay mineralogy*". Segunda edición. Nueva York, McGraw Hill,.
12. Kirchmer, C.; Pérez Carrión, J. (1981). *Coagulación*. Programa Regional OPS/HPE/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Versión preliminar.
13. Black, A. P.; Christman, R. F. (1963). Characteristics of colored surface waters. *Journal of the American Water Works Association*, 55(6), pp. 753-770.
14. Johnson, P. N.; Amirtharajah, A. (1983). Ferric chloride and alum as single and dual coagulants. *Journal of the American Water Works Association*, vol. 75, pp. 232-239.
15. Amirtharajah, A. (1989). *The mechanisms of coagulation*. *Seminario Nacional sobre Coagulación y Filtración Directa*. Universidad de São Paulo, Escuela de Ingeniería de San Carlos..
16. Amirtharajah, A. (1989). *Velocity gradients in rapid mixing*. *Seminario Nacional sobre Coagulación y Filtración Directa*. Universidad de São Paulo, Escuela de Ingeniería de San Carlos.
17. Degremont. *Manual técnico de agua*. Cuarta edición, 1981.
18. 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.
19. Ribeiro, G., De Abreu, K., Julido, F., De Oliveira, O., Da Silva, R., Frari M.,...Segura,

- S. (2011). *Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo*, 35(1), 98-104. Recuperado de http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/artigos/qualidade_fisico_quimica_microbiologica_%C3%A1gua_consumo_humano.pdf.
- 20.** Richter, Carlos. (1981). Submódulo Cb.4.4, Mezcla Rápida, Módulo Cb.4. *Procesos unitarios-Teoría*. Versión preliminar. OPS/HPE/CEPIS,
- 21.** Stengquist, R.; Kaufman, R. M. (1972). *Initial mixing in coagulation processes*. Berkeley, University of California,
- 22.** Vold, M. J. y Vold, R. D. (1964). *Colloid chemistry*. Reinhold Publishing Corp..
- 23.** Vrale y Jordan. Rapid mixing in water treatment. *Proceedings. AWWA Seminar of Upgrading Existing Water Treatment Plants*, 1

ANEXOS

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.

Tabla 77. Sitio y tiempo de muestreo

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:

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

Donde:

Q = caudal promedio de la planta

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

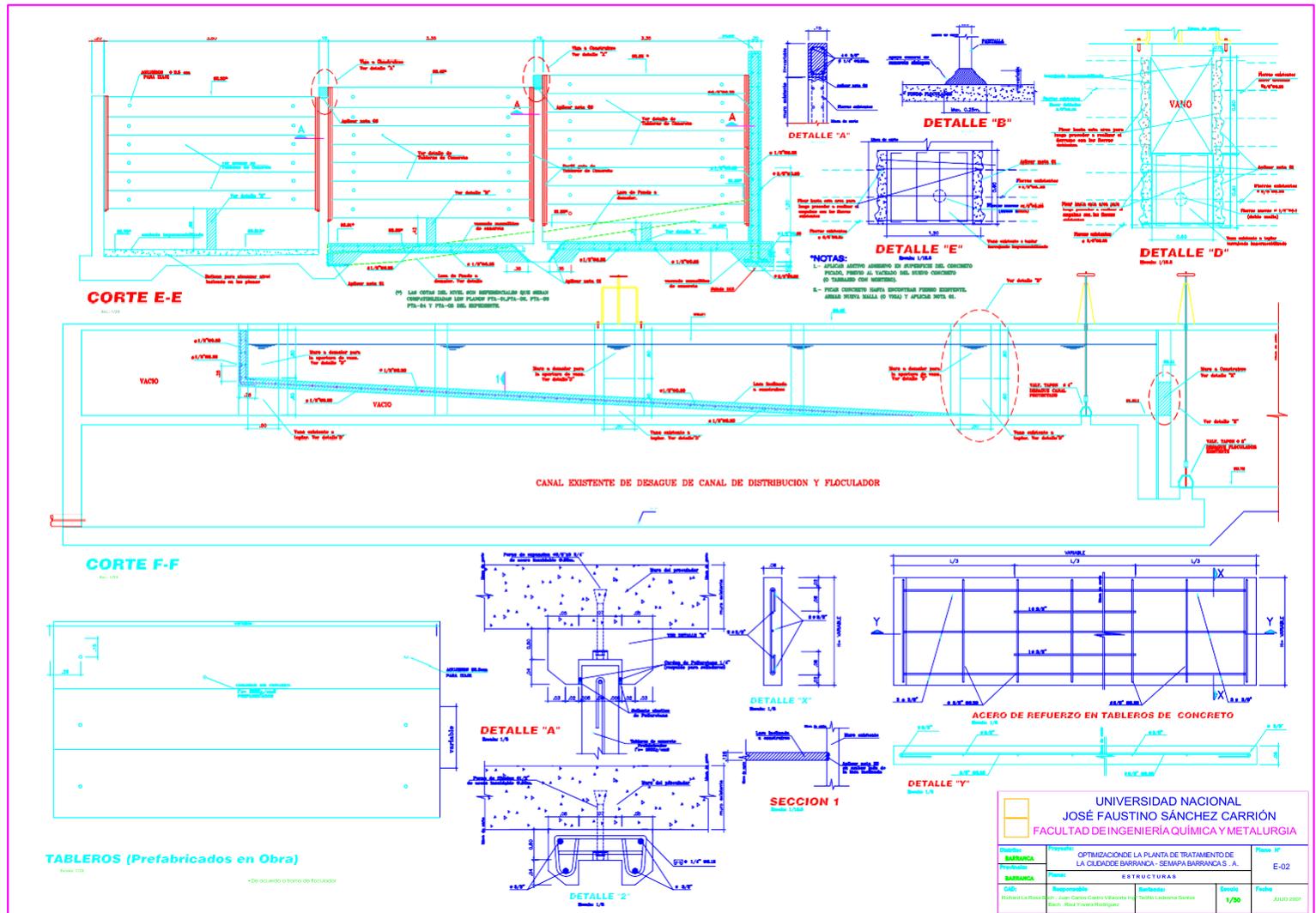


Figura 19. Plano 1

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA			
Director: BARRANCA	Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD BARRANCA - SEMAPA BARRANCA S. A.	Plano: E-02	
Profesor: BARRANCA	Tema: ESTRUCTURAS	Autor: Richard La Rosa	Fecha: JUNIO 2007
CAD: AutoCAD	Responsable: Ing. Carlos Castro Villanueva Bach. Raúl Yovera Rodríguez	Revisor: Ing. Ludmila Santos	Escala: 1/30

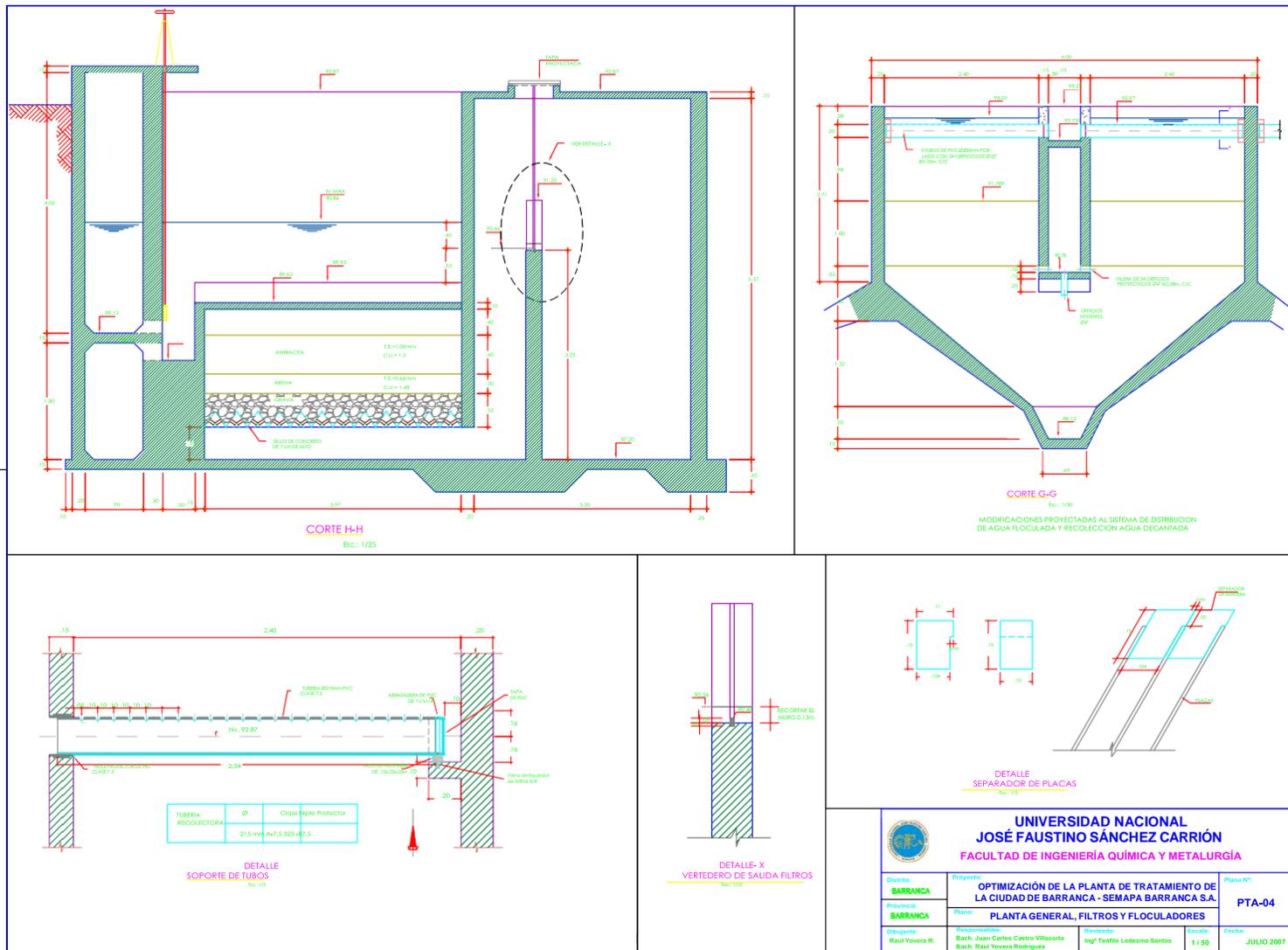


Figura 20. Plano 2

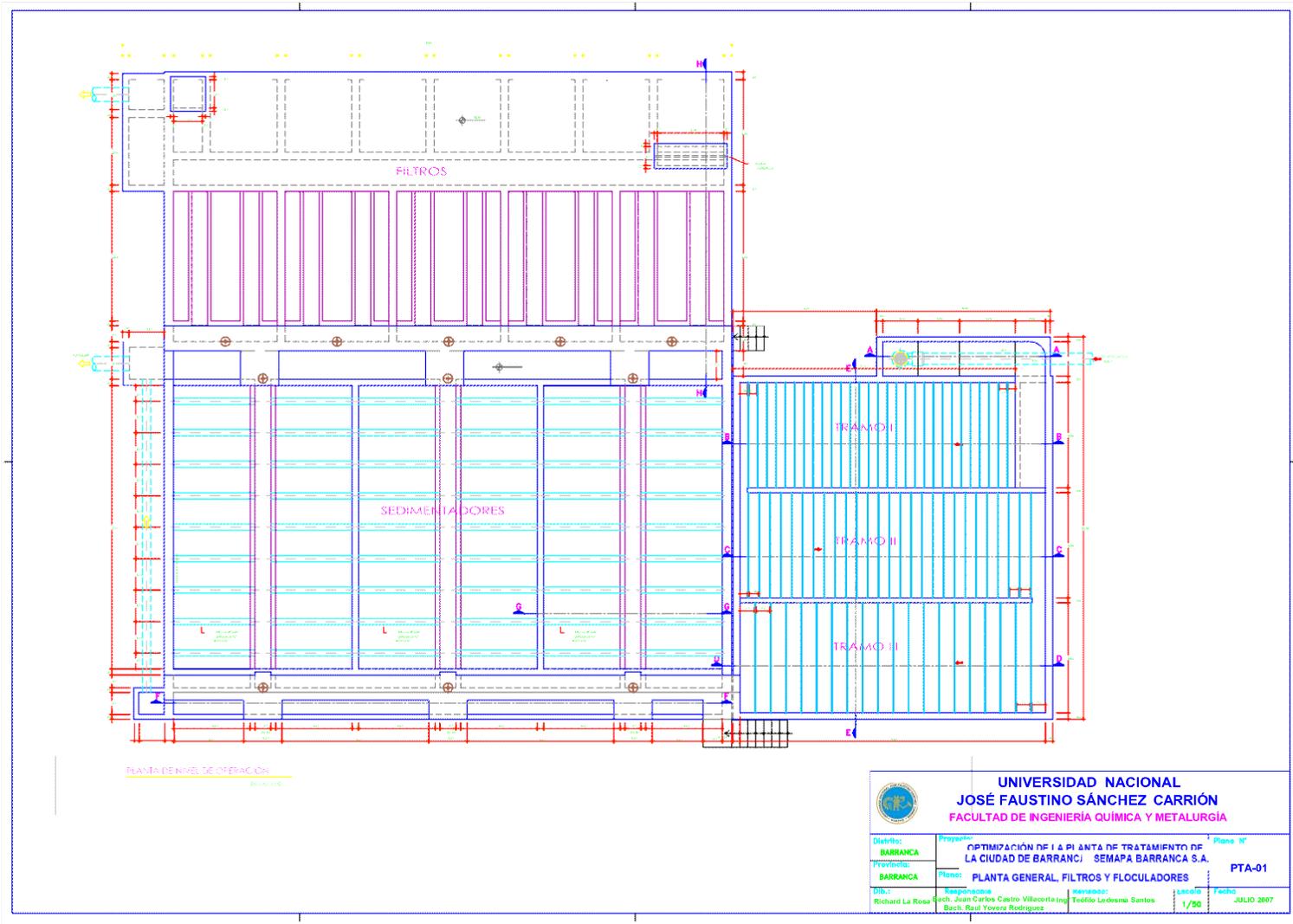


Figura 21. Plano 3

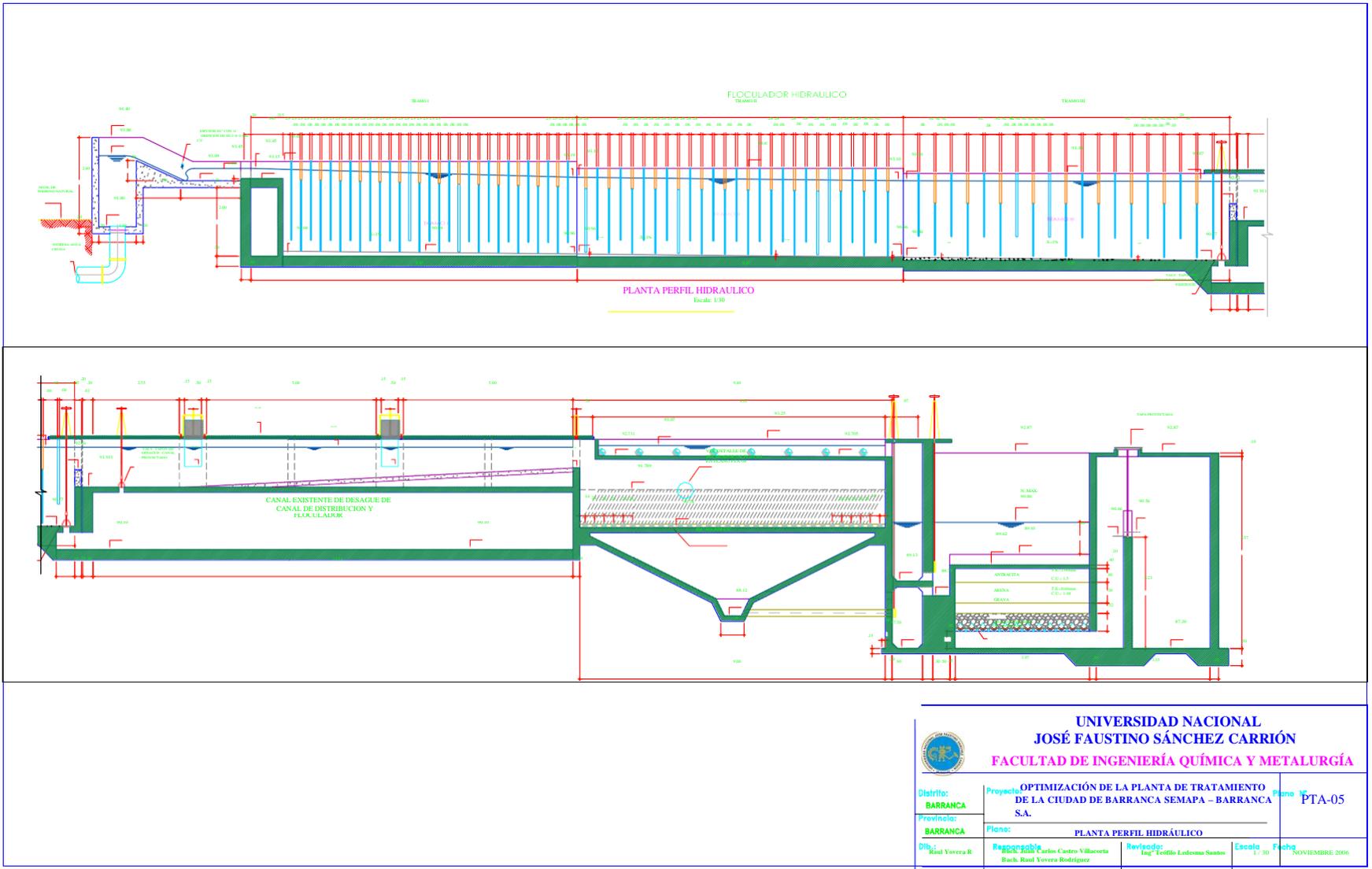
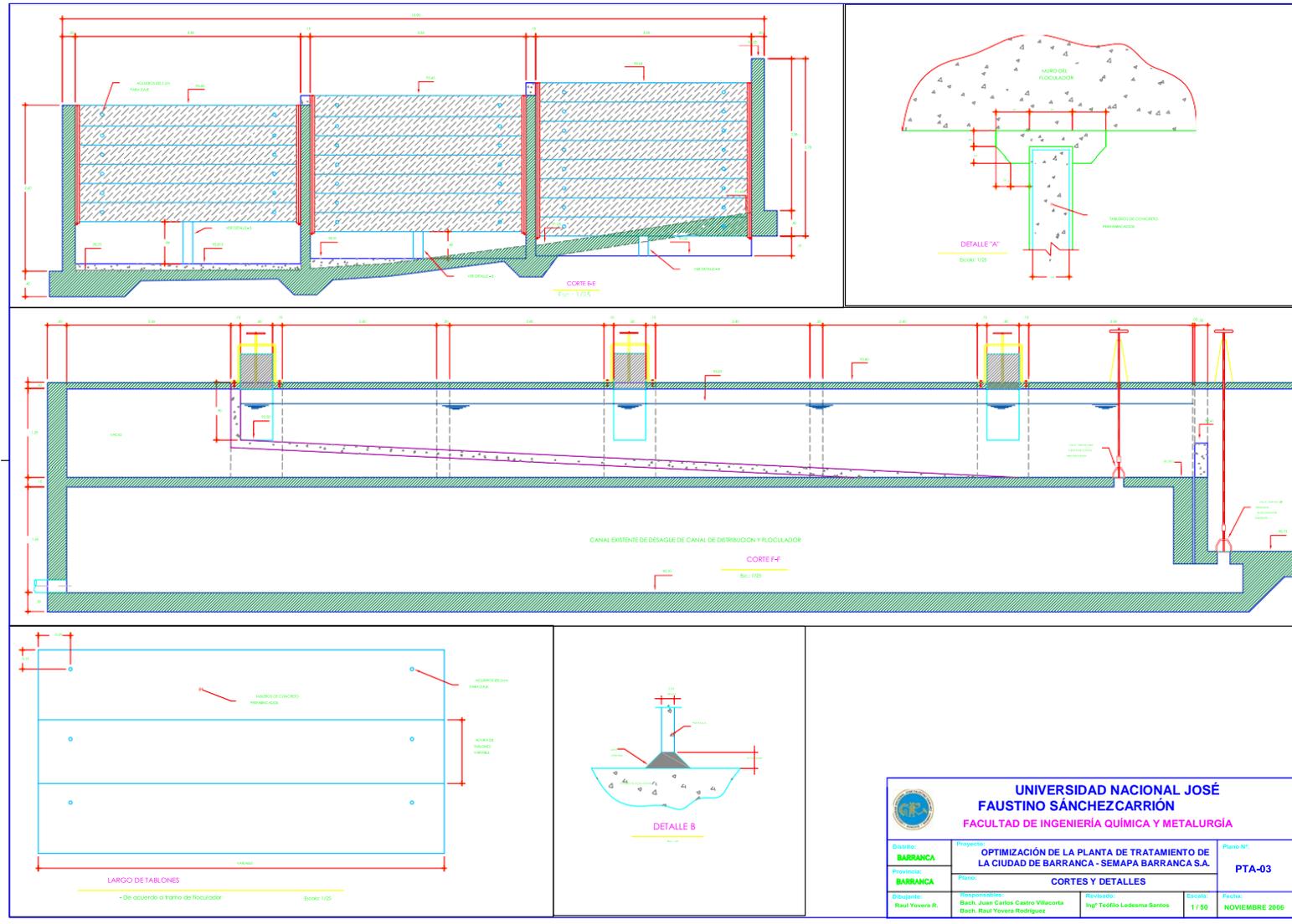


Figura 22. Plano 4



 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGÍA			
Distrito: BARRANCA	Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE BARRANCA - SEMAPA BARRANCA S.A.	Plano N°: PTA-03	
Provincia: BARRANCA	Plano: CORTES Y DETALLES		
Diseñador: Raúl Yovera R.	Responsables: Bach. Juan Carlos Castro Villacorta Bach. Raúl Yovera Rodríguez	Revisor: Ing° Teófilo Ledesma Santos	Escala: 1/50
			Fecha: NOVIEMBRE 2006

Figura 23. Plano 5

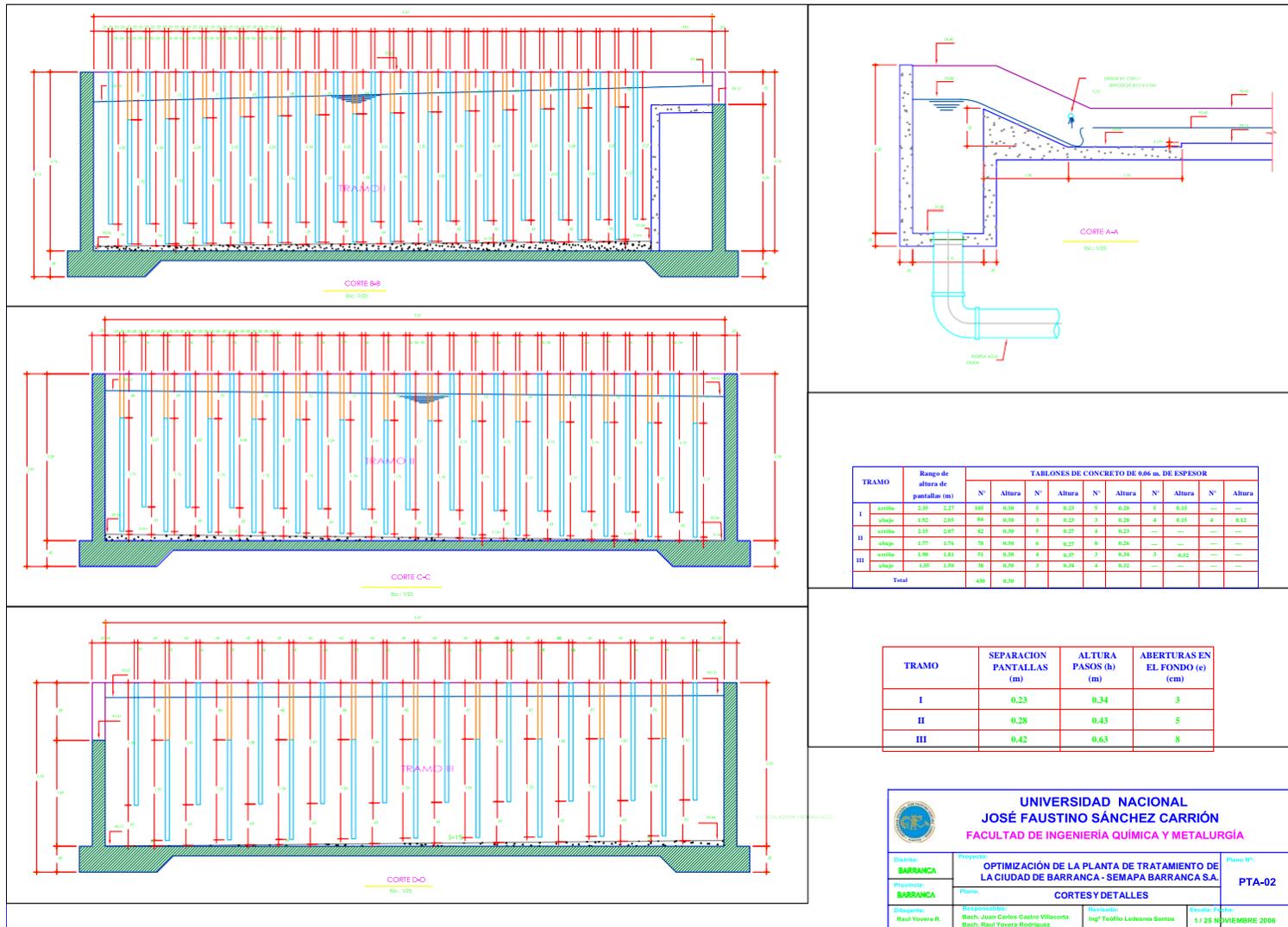


Figura 24. Plano 6