

**VIABILIDAD DE LA FILTRACIÓN DIRECTA DE AGUA DULCE PARA
HANGARES FLOTANTES**

ELENA ROCIO ROJAS CUBIDES

**Proyecto de grado presentado para optar al título de Ingeniera Ambiental y
Sanitaria**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C
2010**

**VIABILIDAD DE LA FILTRACIÓN DIRECTA DE AGUA DULCE PARA
HANGARES FLOTANTES**

ELENA ROCIO ROJAS CUBIDES

**Proyecto de grado presentado para optar por el título de Ingeniera Ambiental
y Sanitaria**

**Director
Roberto Balda Ayala
Ingeniero Sanitario
Msc. Ingeniería Sanitaria**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ D.C
2010**



Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado



AGRADECIMIENTOS

Al finalizar otra etapa pienso en todos aquellos que hicieron parte de mi formación como profesional, y por ello doy infinitas gracias al principal ser que gobierna mi vida, que es Dios, quien me da abrigo y amor acogiéndome de las dificultades, enseñándome cada día que con fortaleza y sabiduría lograré sobrepasar las adversidades, para poder con los conocimientos adquiridos brindar una mejor calidad de vida.

También agradezco a mis padres que con amor han guiado mi vida y me han enseñado que con fe y persistencia se pueden cumplir las metas.

A mi esposo que con su amor y paciencia, me apoyo en la realización de este proyecto.

A mi hermano Christian, que con su ternura y alegría lleno los momentos tristes, con gozo y esperanza.

A Roberto Balda, director de tesis quien con sus conocimientos me brindo la ayuda necesaria para el desarrollo del proyecto.

Al Astillero Naval J.O.L quien me dio la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos al servicio de la Armada Nacional de Colombia.



CONTENIDO	Pág.
RESUMEN	17
ABSTRACT	19
INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS	
OBJETIVO GENERAL	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1. MARCO DE REFERENCIA	
1.1 MARCO TEORICO	24
1.1.1 HANGARES FLOTANTES.....	24
1.1.2 FILTRACIÓN DIRECTA.....	25
1.1.3 PARAMETROS ADMISIBLES PARA LA FILTRACIÓN DIRECTA	26
1.1.4 LIMITACIONES DE LA FILTRACION DIRECTA.....	27
1.1.5 CONCENTRACIONES DEL PRODUCTO QUIMICO EMPLEADAS EN EL PROCESO DE FILTRACION DIRECTA	28
1.1.6 PRETRATAMIENTO QUIMICO PARA LA FILTRACION DIRECTA.....	29
1.1.7 CLASIFICACIÓN DE LA FILTRACION DIRECTA.....	29
1.1.8 TIPOS DE FILTRACION DIRECTA.....	30
1.1.9 ETAPAS ESENCIALES DE LA FILTRACION DIRECTA.....	31
1.1.10 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACION.....	32
1.1.11 FLOCULACIÓN.....	35
1.1.12 FLOCULADOR CON FILTRO GRUESO	36
1.1.13 FILTRACIÓN.....	37
1.1.14 ADICIÓN DE QUÍMICOS.....	37
1.1.15 DESINFECCIÓN.....	38
1.2 MARCO LEGAL.....	39
2. METODOLOGIA.....	42
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	
ETAPA I: DESARROLLO DE FASES PRELIMINARES	
3.1 FASE 1: DIAGNOSTICO INICIAL.....	44
3.1.1 FUNCIONES DE UN HANGAR FLOTANTE.....	44
3.1.2 INFORMACIÓN ESPECIFICA DE INSTALACIÓN DE PLANTAS COMPACTAS POTABILIZADORAS.....	45
3.1.3 SEÑALIZACIÓN DE RÍOS.....	46
3.2 FASE 2: VISITAS Y ANALISIS DEL TERRENO	
3.2.1 CONDICIONES DEL ENTORNO EN LOS HANGARES FLOTANTES.....	47



	Pág.
3.2.2 PARTES BASICAS DE EMBARCACIONES NAVALES ACCESO Y ÁREA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN.....	49
3.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACION.....	52
3.2.4 CARACTERIZACIONES DE AGUA CRUDA EN VISITAS EFECTUADAS.....	56
3.3 FASE 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	
3.3.1 DISEÑO SISTEMA DE FILTRACION DIRECTA.....	57
3.3.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	61
3.3.3 CAPACITACIÓN TEORICA Y PRACTICA ANTES DE LA INSTALACIÓN.....	63
3.4 FASE 4: DISEÑO DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CON CUANTIFICACIÓN DE COSTOS.	
3.4.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	65
3.4.2 CUANTIFICACIÓN DE COSTOS.....	66
3.5 FASE 5: PRE – EXPERIMENTACIÓN	
3.5.1 COAGULACIÓN	67
3.5.2 SISTEMA COMPACTO DE POTABILIZACION DE AGUA POR MEDIO DE FILTRACIÓN DIRECTA.....	72
3.5.3 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	72
3.5.4 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.....	75
ETAPA II: DESARROLLO DE FASES EXPERIMENTALES	
3.6 FASE 6: EXPERIMENTACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL	
3.6.1 PRUEBAS Y ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	77
3.6.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	80
3.6.3 CURVAS DE RENDIMIENTO DE BOMBAS DOSIFICADORAS.....	82
3.7 FASE 7: ANALISIS DE DATOS	
3.7.1 RESULTADOS ESTADISTICOS.....	84
3.7.2 ANALISIS ESTADISTICO.....	90
3.8 ANALISIS DE RESULTADOS EN CAMPO	
3.8.1 CONSECUENCIAS DE DOSIFICACIONES NO ÓPTIMAS.....	96
3.8.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA LITERATURA.....	96
4. CONCLUSIONES.....	100
5. RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	105



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros físico químicos ideales para la filtración directa	27
Tabla 2. Parámetros físico químicos ideales para la filtración directa	27
Tabla 3. Tipos de filtración directa.	30
Tabla 4. Características físicas del agua (Res 2115/2007)	39
Tabla 5. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana (Res 2115/2007)	40
Tabla 6. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana (Res 2115/2007)	40
Tabla 7. Características microbiológicas (Res 2115/2007)	41
Tabla 8. Normatividad en general para Agua Potable	41
Tabla 9. Información específica de instalación de PTAP	45
Tabla 10. Identificación de ríos en los departamentos de Colombia	46
Tabla 11. Partes Básicas de Embarcaciones Navales	50
Tabla 12. Resultados caracterización en visita de obra.	56
Tabla 13. Parámetros de diseño del sistema compacto de agua potable	58
Tabla 14. Áreas y Diámetros de los filtros	58
Tabla 15. Densidades del lecho Filtrante	58
Tabla 16. Composición de Filtro Pulidor No. 1	59
Tabla 17. Composición de Filtro Pulidor No. 2	59
Tabla 18. Composición de Filtro Desolorizador	59
Tabla 19. Volumen de medios filtrantes	59
Tabla 20. Masas de los medios filtrantes	60
Tabla 21. Diámetro de Tuberías	60
Tabla 22. Dimensionamiento de la tubería de lavado	60
Tabla 23. Estimación del tiempo de lavado	60
Tabla 24. Concentraciones iniciales de coagulante y alcalinizante con fines de arranque	70
Tabla 25. Análisis de agua cruda y potabilizada en siete ríos de Colombia, (Color, Turbiedad y Hierro).	80
Tabla 26. Aforo de caudal bomba dosificadora	83
Tabla 27. Concentraciones soluciones madre de producto químico	83
Tabla 28. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Color en la Mañana.	85
Tabla 29. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para color en la mañana.	86
Tabla 30. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Color en La tarde	86
Tabla 31. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas	



para color en la tarde	87
Tabla 32. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Turbiedad.	87
Tabla 33. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para Turbiedad.	88
Tabla 34. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Hierro.	88
Tabla 35. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para Hierro.	89
Tabla 36. Rangos de Alcalinidad	93
Tabla 37. Concentraciones ideales para la implementación de filtración directa según literatura.	98
Tabla 38. Parámetros bajo los cuales se llevo a cabo la técnica de filtración directa en Hangares Flotantes.	98

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafica 1. Efecto de la dosificación del coagulante sobre las Limitaciones en el intervalo de pH.	35
Grafica 2. Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP del río San Juan	83
Grafico 3. Eficiencia % de Remoción de Color, Turbiedad y Hierro en los ríos.	90
Grafica 4. Dosificación final aplicada en las PTAP de cada río	92
Grafica 5. Relación en concentración de alcalinidad y soda caustica	93
Grafica 6. Concentración de coagulante aplicada en las PTAP expresada en porcentaje	94
Grafica 7. Concentración de Alcalinizante aplicada en las PTAP expresada en porcentaje	95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Clasificación de la filtración directa	29
FIGURA 2. Mapa de señalización de ríos de la geografía colombiana	46
FIGURA 3. Diagrama de flujo (Pruebas de jarras)	69
FIGURA 4. Perilla de graduación de bombas dosificadoras tipo Electromecánica	84



LISTA DE FOTOS

	Pág.
FOTO 1. Mujeres de Etnia Embera	48
FOTO 2. Familias Chocoanas	48
FOTO 3. Viviendas de Etnia Embera	49
FOTO 4. Viviendas de poblaciones indígenas	49
FOTO 5. Tanque de químicos en proceso de construcción	62
FOTO 6. Tanques de químico y filtros en proceso de terminado	62
FOTO 7. Tapas tipo presión en poliéster (PRFV)	62
FOTO 8. Difusor tipo araña	63
FOTO 9. Montaje de pruebas hidrostáticas	63
FOTO 10. Infantes navales realizando desarme de electrobombas	64
FOTO 11. Instrucción De Sistemas De Bombeo	64
FOTO 12. Capacitación (componentes internos, función y mantenimiento)	64
FOTO 13. Demostración de accesorios (válvula multiport y clorador)	64
FOTO 14. Realizando ensayo de Jarras.	68
FOTO 15. Explicación del ensayo de Jarras.	71
FOTO 16. Aplicación de anticorrosivo	72
FOTO 17. Ingreso de unidades e instalación de estructura de soporte	73
FOTO 18. Estableciendo el lugar de ubicación para la estructura de soporte.	73
FOTO 19. Montaje de sistema de potabilización	73
FOTO 20. Llenado de filtro con Turbidex	74
FOTO 21. Montaje de sistema de potabilización	74
FOTO 22. Instalación de sistema de micro filtración.	74
FOTO 23. Serpentín de mezcla rápida	74
FOTO 24. Planta Compacta Potabilizadora de Agua con Filtración Directa	75
FOTO 25. Señalización del flujo de agua	75
FOTO 26. Válvulas Multiport	75
FOTO 27. Ingreso de agua a la caja de rio	75
FOTO 28. Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo Hidroneumático de tanque horizontal.	76
FOTO 29. Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo Hidroneumático de tanque vertical	76
FOTO 30. Tanque de almacenamiento de agua potable	76
FOTO 31. Tablero de control eléctrico.	76
FOTO 32. Medición de Turbiedad	78
FOTO 33. Medición de parámetros in-situ	79
FOTO 34. Comparación de muestras antes y después de tratamiento	79
FOTO 35. Efluente de la PTAP	79



LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Sustancias químicas utilizadas en el proceso de potabilización	106
ANEXO 2. Esquema hidráulico de PTAP por filtración directa	108
ANEXO 3. Informe de análisis físico químicos	109
ANEXO 4. Equipos y materiales utilizados	115
ANEXO 5. Estructura física interna y externa de válvula Multiport	117
ANEXO 6. Despiece de bomba dosificadora tipo diafragma	118
ANEXO 7. Medio filtrante Turbidex	121
ANEXO 8. Manual de operación y mantenimiento de la planta compacta potabilizadora de agua	122
ANEXO 9. Estimación de costos en insumos químicos y materiales agotables	156
ANEXO 10. Muestra de cálculo diseño sistema de filtración directa	162
ANEXO 11. Muestra de cálculo para la construcción de curvas de bombas dosificadoras	166
ANEXO 12. Curvas de rendimiento de bombas dosificadoras	167
ANEXO 13. Calculo de perdidas	170
ANEXO 14. Técnicas de campo	180
ANEXO 15. Determinaciones cualitativas en pruebas de jarras	185



GLOSARIO

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3).

Actividad Astillera: Son actividades conjuntas para el desarrollo de diseños y construcción y reparación buques

Babor: Parte izquierda de la embarcación.

Barandillas y escaleras interiores: estructura metálica redondeada que permiten el ascenso o descenso a un compartimiento.

Carreras de Filtración: Tiempo que dura el filtro antes de ser lavado, antes de que pierda su carga.

Caja de río: Unidad metálica sellada, fija al casco de una unidad flotante y permite la entrada de agua para ser tomada por electrobombas ó equipos hidroneumáticos

Casco: Es el envoltente de la embarcación, hasta la cubierta principal.

Calado: Distancia vertical desde la quilla hasta la línea de flotación.

Coagulación: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de sustancias químicas (coagulantes).

Coloides: Sólidos finamente divididos (que no disuelven) que permanecen dispersos en un líquido por largo tiempo debido a su menor diámetro y a la presencia de una carga eléctrica en su superficie.

Conductividad: medida de la capacidad de una disolución para conducir una corriente eléctrica.

Cuadernas: Barras unidas a la quilla de forma transversal. Las cuadernas son refuerzos estructurales que dan resistencia y definen la forma del casco y por tanto de la embarcación.

Cubierta: Plancha o planchas que forman el suelo de la embarcación. Las embarcaciones pueden llevar una o más cubiertas.



Compartimiento: Área interna de una unidad flotante la cual es utilizada como almacén ó para ubicación de sistemas auxiliares (electrobombas, unidades de tratamiento de aguas, entre otros)

Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Eslora: Longitud del casco.

Estribor: Parte derecha de la embarcación mirando de popa a proa

Escotillas: Aberturas, generalmente rectangulares o cuadradas, instaladas en las cubiertas para dar luz y ventilación y también para dar acceso al interior del barco.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Filtración convencional: Unidad en la cual se realiza mezcla rápida con posterior agitación lenta para inducir la unión de las partículas pequeñas en suspensión y formar floc grandes, con posterior sedimentación en donde se asientan por fuerza de gravedad y después de un tiempo se pasa el agua clarificada a través de filtros para retener materia suspendida.

Filtración directa: Unidad en la cual se realiza mezcla rápida y lenta, después de terminar estos procesos, el agua pasa directamente a los de filtros para que cualesquier partículas restantes se adhieran por sí mismas al material interno del filtro.

Floculación: Proceso de tratamiento de aguas en el que se inducen las colisiones de una partícula para potenciar el crecimiento de partículas mayores.

Hangar Flotante: Construcción flotante que carece de propulsión propia que opera en el medio marítimo y fluvial, puede desplazarse sobre el agua para el cumplimiento de sus fines específicos. En el evento que ese artefacto naval se destine al transporte con el apoyo de un buque se entenderá el conjunto como una misma unidad de transporte.

Hueco de Hombre: Aberturas en cubiertas que tienen acceso esporádico.

Línea de flotación: Línea o corte de la superficie del agua con el casco, separa la obra viva de la obra muerta.

Manga: Anchura máxima del casco.



Mamparo: Tabique transversal o longitudinal con que se divide en compartimientos el interior del buque ó un hangar.

Obra viva: Parte sumergida del casco. La obra viva es todo el volumen que queda por debajo de la línea de flotación.

Obra muerta: Parte emergida del casco por encima de la línea de flotación.

Proa: Parte delantera de la embarcación.

Popa: Parte trasera de la embarcación.

Pontón: Estructura metálica flotante con compartimientos internos utilizados como almacén o áreas de sistemas auxiliares.

Puntal: Es la altura del casco; se mide desde la quilla hasta la cubierta superior.

Puerta Estanca: Puerta que tiene cierre en varios puntos para impedir el paso de agua.

Quilla: Columna central situada en lo más bajo de la embarcación y que se extiende de proa a popa. Sirve como base de apoyo y sujeción a las cuadernas.

Tapa de Inspección: es para poder hacer revisión o mantenimiento y ajuste de algún dispositivo de la embarcación.

Turbidex: mineral de Zeolita de alta área superficial que provee filtración excepcional de sólidos suspendidos.



RESUMEN

En la actualidad se hace necesaria la implementación de sistemas compactos de potabilización de agua para hangares flotantes y buques que requieren de sistemas prácticos y eficientes, ya que por encontrarse en áreas geográficas de difícil acceso no cuentan con los medios para abastecerse con agua potable de una red de acueducto. En este proyecto se desarrolló el diseño, construcción e instalación de sistemas compactos de potabilización de agua dulce mediante filtración directa para hangares flotantes en donde inicialmente se hizo acopio de la documentación teórica siendo esta la base para estructurar el proyecto y comparar los resultados obtenidos con el fin de determinar la viabilidad de la filtración directa en hangares flotantes. Además se plantearon los factores que influían para el diseño de estos sistemas en artefactos navales y los parámetros relevantes como carga hidráulica, caudal a tratar, características físico químicas y microbiológicas del agua, unidades a utilizar en el sistema con esquema hidráulico de la técnica de filtración directa y especificaciones del medio filtrante a utilizar.

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico en donde se demostró por medio de diagramas y gráficas el comportamiento del sistema de potabilización frente a las diferentes localizaciones y variaciones en las características físico químicas del agua a potabilizar; por tanto este proyecto es de gran importancia para la Ingeniería Ambiental y Sanitaria ya que se demostrará que se pueden diseñar e instalar en hangares flotantes y demás unidades navales en el área fluvial sistemas compactos de potabilización de agua por medio de la filtración directa.



En resumen, con el ánimo de dar cumplimiento con los objetivos propuestos, se desarrolló una metodología en ocho fases, iniciándose con una recopilación, selección y generación de información de acuerdo a los propósitos del proyecto.

La fase experimental incluyó varios muestreos, antes y después de la filtración directa, en distintas áreas de la geografía Colombiana, en donde se determinaron datos significativos de la caracterización del agua, teniendo claro que la unidad a utilizar como unidad filtrante mantuvo el mismo diseño para determinar así la viabilidad de la misma en fuentes hídricas con características físico químicas variables. Por tanto, lo que se modificó fue el tipo de agua a tratar puesto que se tomaron fuentes hídricas diferentes, tales como los ríos: San Juan, Baudo, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena y Atrato.



ABSTRACT

At present, requires the implementation of compact systems for water purification floating hangars and ships that require practical and efficient systems, as for being in inaccessible geographical areas do not have the means to stock up on drinking water of a aqueduct network. In this project we developed the design, construction and installation of compact systems of fresh water purification by direct filtration floating hangar where it was initially gathering the documentation of this theory is still the basis for structuring the project and compare the results obtained in order to determine the feasibility of direct filtration in floating hangars. Also raised the factors influencing the design of these systems in naval and relevant parameters such as hydraulic head, flow to be treated, physic chemical and microbiological water units used in the hydraulic diagram of the system of direct filtration technique and specifications of the filter medium used.

With the results, statistical analysis was performed where it was shown through charts and graphs the behavior of the water treatment system from the various locations and changes in physical and chemical characteristics of potable water, therefore this project is of great importance for Environmental and Sanitary Engineering will demonstrate that it can be designed and installed in floating hangars and other naval units in the area river compact systems of water purification by means of direct filtration.

In summary, with the aim of complying with the proposed objectives, a methodology was developed in eight phases, starting with a collection, sorting and generation of information according to project purposes.



Briefly, in an effort to comply with the proposed objectives, a methodology was developed in eight phases, starting with a collection, sorting and generation of information according to project purposes. The experimental phase included several samples before and after direct filtration, in different areas of the Colombian geography, where significant data were determined from the characterization of water, having clear that the unit to use as a filter kept the same design, thus determining the feasibility of the same water sources with variable chemical and physical characteristics. So what changed was the type of water to treat because different water sources were taken, such as the following rivers: San Juan, Baudó, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena and Atrato.



INTRODUCCIÓN

Los Hangares Flotantes se constituyen como artefactos navales pertenecientes a la Armada Nacional siendo elementos básicos para la protección del estado Colombiano pero, al mismo tiempo, brindan a su tripulación, conformada por Sub oficiales marinos de distintos rangos e infantes, una calidad de vida estable para su buen rendimiento y operación de la unidad. Los hangares están dotados con todos los sistemas necesarios tales como: planta potabilizadora de agua y planta de tratamiento de agua residual, planta eléctrica, aire acondicionado, sistemas de lavado, batería de cocina y baños, entre otros.

Los hangares flotantes se encuentran ubicados en zonas geográficas de difícil acceso, en áreas de conflicto entre grupos insurgentes y fuerza armada. Por esta razón son unidades que requieren tener las comodidades y elementos necesarios para habitar en ellas, resguardándose del peligro externo.

Los hangares, al estar ubicados en zonas alejadas de centros poblados, no pueden abastecerse de agua potable. Adicionalmente, las características físico químicas de los ríos en donde se ubican no permiten ser aguas óptimas para consumo porque la turbiedad sobrepasa niveles de 360 UNT¹ con color no aceptable y con presencia de desechos orgánicos, inorgánicos y patógenos que genera la necesidad que estas embarcaciones posean un sistema práctico y óptimo de potabilización.

De acuerdo a las necesidades básicas de estas unidades, el proyecto va dirigido a mostrar que, por medio de la filtración directa, se puede lograr obtener agua potable, con entradas de agua de alta turbiedad y con cambios continuos en sus

¹ Según análisis realizado por la autora del presente proyecto.



características físico químicas, haciendo de ésta una planta compacta y fácil de operar.

Por consiguiente, las plantas de potabilización en los hangares flotantes requieren de un diseño eficiente, económico y compacto, que cumpla con lo establecido en la resolución 2115 de 2007, ya que estas unidades tienen espacios reducidos para la instalación de una planta convencional, donde se tuvo en cuenta estructuras como quillas, cuadernas, mamparo, entre otras. Es así como, en proyectos de esta naturaleza, no solo interviene la Ingeniería Ambiental y Sanitaria, sino también la Ingeniería Naval.

En virtud de lo anterior, la planta potabilizadora de agua fue una secuencia de procesos unitarios, convenientemente seleccionados para tratar determinada cantidad de agua cruda, enfocándose en la filtración directa.



OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

- Demostrar la viabilidad de la filtración directa de agua dulce para Hangares Flotantes

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores relevantes y parámetros básicos para el diseño de filtración directa en un Hangar Flotante con estructura naval.
- Diseñar e implementar una planta compacta potabilizadora de agua por filtración directa que cumpla con la resolución 2115 de 2007 en cuanto a turbidez, color, pH, hierro, alcalinidad, dureza, cloro, sulfatos, cloruros, conductividad y, coliformes totales y fecales.
- Valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa en los ríos; San Juan, Baudo, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena y Atrato, en el área Colombiana en cuanto a parámetros de turbiedad, color y hierro.
- Evaluar el efecto del coagulante y alcalinizante en la eficiencia del sistema de Filtración Directa.



1. MARCO DE REFERENCIA

1.1 MARCO TEORICO

1.1.1 HANGARES FLOTANTES

La Armada Nacional de Colombia ha incorporado Artefactos Navales como Hangares Flotantes Blindados, para apoyar el desarrollo de las operaciones fluviales en cualquier área de la geografía Nacional, con el propósito de incrementar las capacidades para combatir a las organizaciones Narcoterroristas, ejercer el control a la navegación fluvial y contribuir en quebrantar la voluntad de lucha de la amenaza terrorista y de apoyo a las operaciones de la Infantería de Marina², quienes han tenido que incrementar su capacidad operacional permitiéndoles tener mayor autonomía sobre áreas de difícil acceso.

La necesidad que ha presentado la Armada Nacional por adquirir hangares flotantes, ha llevado a que nuevos empresarios se incorporen en la actividad Astillera, la cual comprende los servicios de diseño, construcción, reparación, modificación y desarme de naves y artefactos navales, asesoría y consultoría en Ingeniería Naval y Arquitectura Naval, actividades complementarias requeridas para la instalación, mantenimiento y reparación de los diferentes sistemas principales y auxiliares de las naves y artefactos navales, metalmecánica, soldadura en general, y todo lo relacionado con las diferentes embarcaciones³

Por esto quienes ejercen la actividad Astillera saben que deben cubrir al máximo las necesidades básicas para las tropas, entre las cuales se destaca en este proyecto el sistema compacto de potabilización de agua, por medio de la Filtración Directa.

²Citado en línea. Ministerio de Defensa Nacional.< www.armada.mil.co>

³Por la cual se ordena la apertura de la Licitación Pública No. 04 ...
www.acinpa.org/.../Gustavo_Mora_OBSERVACIONES_proyecto_Ley_astilleros_26oct08.pdf



1.1.2 FILTRACIÓN DIRECTA

La Filtración Directa es un sistema de potabilización de agua que en la actualidad se ha deseado mostrar como una de las mejores alternativas de filtración en algunos contextos, pero los mismos restringen su utilidad al presentar varias restricciones para su implementación.

La Filtración en general permite el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las unidades de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita o bien carbón activado granulado y la materia en suspensión está constituida por flóculos o microflóculos procedentes de la etapa anterior de sedimentación; sin embargo, también existe la técnica de la filtración directa donde los flóculos son formados expresamente cuando se sigue el proceso conocido como "micro floculación sobre filtro" (o la misma filtración directa). Los filtros de estas instalaciones, generalmente son abiertos, con velocidades de filtración entre 6 y 15 m/h, empleándose los filtros cerrados a presión en instalaciones pequeñas (menores de 50 m³ /h)⁴.

Es sabido que la filtración directa no es un término nuevo ya que empezó a tomar auge desde los años 70 donde se viene trabajando combinando los procesos de la misma con la filtración convencional, obteniendo resultados que para la época podían ser buenos, pero la modernidad ha llevado a un incremento poblacional, que ha generado en las aguas superficiales cambios drásticos en su composición físico química; de esta forma, el agua está sujeta a contaminación directa de tipo humana, industrial y animal, que causa enfermedades o malestares en los mismos humanos.

⁴ Citado en línea <Filtración. www.fortunecity.es/felices/andorra/.../filtracion.ht> El 11 de noviembre de 2009



La contaminación de los cuerpos de agua superficiales, en la actualidad, requieren cada vez más de equipos eficientes que cumplan a cabalidad con la normatividad actual para consumo de agua potable, teniendo en cuenta los nuevos avances en la ciencia y tecnología.

En conclusión los sistemas de filtración directa son similares a los sistemas convencionales, pero omiten la sedimentación. En este proceso incluye la adición de coagulantes, mezcla rápida, floculación y filtración en donde en algunos casos, inclusive el tanque de floculación se omite.

1.1.3 PARAMETROS ADMISIBLES PARA LA FILTRACION DIRECTA

La turbiedad y el color en el agua son principalmente causados por partículas muy pequeñas, llamadas partículas coloidales. Estas partículas permanecen en suspensión en el agua por tiempo prolongado y pueden atravesar un medio filtrante muy fino. Por otro lado aunque su concentración es muy estable, no presentan la tendencia de aproximarse unas a otras.

En virtud de lo anterior, según las condiciones del agua cruda se establecen valores admisibles según el comité de la división de calidad del agua de la AWWA (American Water Works Association 1980) y el autor Jorge Arboleda Valencia, para el diseño de sistemas de filtración directa.

A continuación se relacionan los parámetros de color, turbidez, algas, hierro según los autores mencionados:

- La AWWA (American Water Works Association) definió unos parámetros de calidad de agua que cumpliera los siguientes criterios:



Tabla 1. Parámetros físico químicos ideales para la filtración directa

PARAMETRO	UNIDAD
Color	< 40 Unidades de Color
Turbidez	< 5 UNT
Algas	< 2000 asu/ml
Hierro	< 0.3 mg/Lt

Fuente: D. Letterman, Raymond. Calidad y Tratamiento del Agua. Madrid: McGraw-Hill Profesional, 2002. 504 pág.

- El agua cruda para filtración directa es la que tiene las mismas características de los efluentes provenientes de sistemas de decantación, esto es:

Tabla 2. Parámetros físico químicos ideales para la filtración directa

PARAMETRO	UNIDAD
Color	90% del tiempo menor 10 Unidades de Color
Turbidez	90% del tiempo inferior 5 UNT
Algas	[] máxima de 500 asu/ml y normales de 200 asu/ml
Hierro	90% del tiempo menor 0.3 mg/Lt

Fuente: A. Valencia, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 538 pág

1.1.4 LIMITACIONES DE LA FILTRACION DIRECTA

“...Cuando el color está entre 15 y 40 UC en forma habitual, la turbiedad entre 10 y 40, y contenidos de hierros mayores de 0.3 mg/lit pero menores de 1 mg/lit, la filtración directa nos es posible sin tomar especiales precauciones, sobre todo si se combinan o superponen dichos factores...”⁵

“...Aguas que exceden en forma permanente los 50 UPC de color y los 30 UNT de turbiedad ya sea conjunta o individualmente, en principio deben ser tratados con

⁵ A. Valencia, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 538 pág



los cuatro procesos que son mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración. Estos valores sin embargo son tentativos y pueden variar según sean las características del agua, por tanto no deben establecerse parámetros rígidos...”⁶.

1.1.5 CONCENTRACIONES DEL PRODUCTO QUIMICO EMPLEADAS EN EL PROCESO DE FILTRACION DIRECTA

De acuerdo a pruebas realizadas de filtración directa por diferentes autores, establecen rangos máximos de concentración de coagulante empleado según las características del agua, presentadas en las tablas 1 y 2, dichas concentraciones son:

➤ Según el comité de la división de calidad de agua de AWWA⁷:

CONCENTRACIONES FAVORABLES PARA FILTRACION DIRECTA	De 6 a 7 mg/Lt de sulfato de aluminio y una pequeña dosis de polímeros
CONCENTRACIONES NO FAVORABLES PARA FILTRACION DIRECTA	Con 15 mg/Lt de sulfato de aluminio se considera una concentración dudosa para el filtrado directo

➤ Según parámetros físico químicos ideales para la filtración directa expuestas en la tabla 2. del autor Jorge Arboleda Valencia⁸, se obtienen las siguientes concentraciones de coagulante:

CONCENTRACIONES FAVORABLES PARA FILTRACION DIRECTA	Se logra realizar filtración directa sin decantación previa con dosis de coagulante entre 4 y 8 mg/lit, con o sin adición de polímeros.
--	---

⁶Teoría y práctica de la purificación del agua, Mc Graw Hill. 538 pág

⁷ G. Brage. Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros del agua comunitaria, 504 p,(2002)

⁸ Ibid



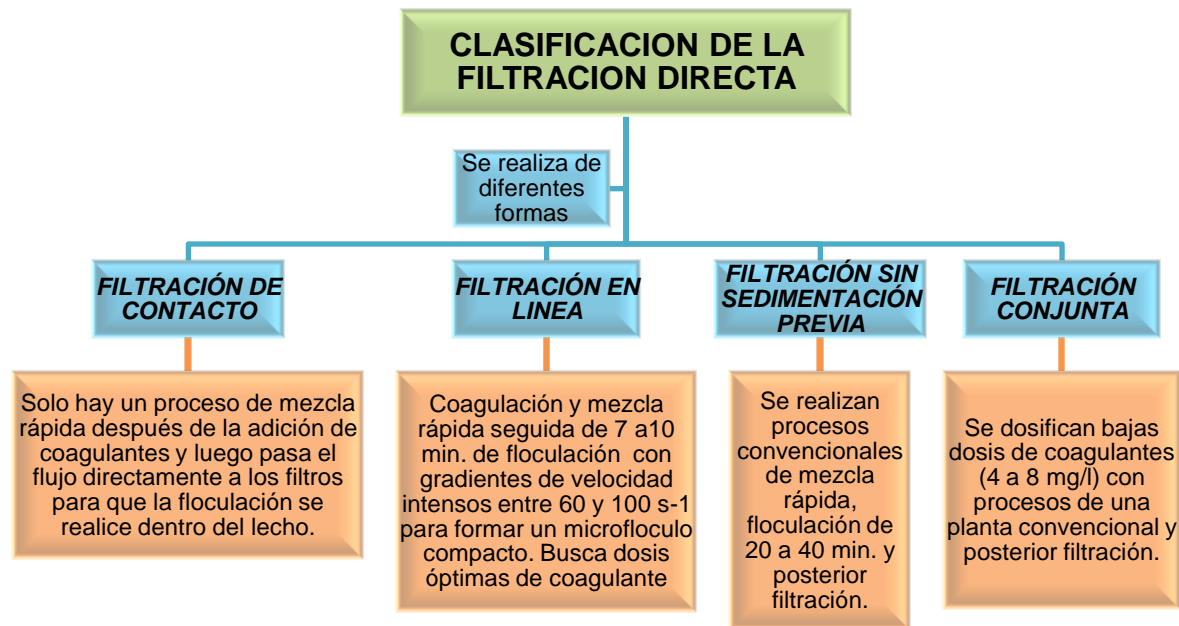
1.1.6 PRETRATAMIENTO QUÍMICO PARA FILTRACION DIRECTA

La selección de dosis de coagulante para la filtración directa es determinada por ciclos completos, usando filtros piloto ó a plena escala.

Las pruebas de jarras no presentan ser del todo confiables puesto que el objetivo real es formar pequeños flóculos que apenas son visibles, pero que filtren con efectividad, por tanto la aproximación más normal implica confirmación de la dosis seleccionada en las mejoras del filtrado. Una dosis óptima, no se basa solamente en la calidad del filtrado, más bien a medida que la dosis aumenta la calidad del filtrado se vuelve mejor, desarrollando una pérdida de carga mayor⁹.

1.1.7 CLASIFICACIÓN DE LA FILTRACIÓN DIRECTA

Figura 1. Clasificación de la filtración directa



Fuente: La Autora, 2009, compilado de teoría y práctica de la purificación del agua, calidad y tratamiento del agua y fundamentos entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

⁹ A. Valencia, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Colombia: McGraw-Hill, 2000.



1.1.8 TIPOS DE FILTRACION DIRECTA

Tabla 3. Tipos de filtración directa.

ASCENDENTE	DESCENDENTE
CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS:
<ul style="list-style-type: none">• El agua cruda es coagulada con sales de aluminio por neutralización de cargas e introducida en la parte inferior de la unidad filtrante.	<ul style="list-style-type: none">• El agua puede ser coagulada con sales de aluminio o hierro y recibir un polímero como auxiliar de floculación o filtración, o ser coagulada con un polímero catiónico.
<ul style="list-style-type: none">• Debido a la dificultad para remover impurezas acumuladas en la capa de grava se hace necesario efectuar descargas de fondo antes de cada lavado.	<ul style="list-style-type: none">• La unidad de mezcla rápida debe generar pequeños flocs con gran resistencia a las fuerzas de corte durante la filtración.
<ul style="list-style-type: none">• Esta tecnología no es recomendable para tratar aguas que presenten variaciones repentinas de calidad.	<ul style="list-style-type: none">• El lavado del medio filtrante debe realizarse con agua filtrada.
<ul style="list-style-type: none">• La eficiencia de estos filtros es mayor que los filtros de flujo descendente, debido a que el flujo penetra en el lecho filtrante en el sentido decreciente de la granulometría, aprovechándose íntegramente todo el lecho de arena.	<ul style="list-style-type: none">• Es recomendable para aguas de muy buena calidad y características constantes.• Es la más rígida de todas las alternativas.• Requiere de recursos humanos calificados para su operación y mantenimiento.
<ul style="list-style-type: none">➤ El crecimiento de la pérdida de carga durante la filtración es menor que en los filtros de flujo descendente, obteniéndose carreras de filtración más largas	<ul style="list-style-type: none">• Es un sistema sensible a las variaciones de turbiedad y color por lo que no se debe adoptar como solución tecnológica mientras no se tengan ensayos de laboratorio o planta piloto.• Posee un tiempo de retención de unos pocos minutos, por lo que no da margen para reaccionar en caso de emergencia.
El medio filtrante para los filtros de flujo ascendente y descendente están constituidos por lo general de antracita y arena o solamente de arena uniforme para garantizar así una mayor duración de las carreras de filtración.	

Fuente: Autora del proyecto 2009, compilado de artículo de Aplicación de la tecnología de la filtración directa en el tratamiento de agua cruda del río Meléndez¹⁰.

¹⁰ E. Juan Carlos. Aplicación de la tecnología de la filtración directa en el tratamiento de agua cruda del río Meléndez. En: Acodal, Bogotá, N°184(1999)



1.1.9 ETAPAS ESENCIALES DE LA FILTRACIÓN DIRECTA:

➤ MEZCLA RÁPIDA

La mezcla rápida se constituye como la etapa de mezcla con alta intensidad usada para realizar la adición del coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, generando así las condiciones óptimas para llevar a cabo el proceso de coagulación; éste consiste en incrementar la tendencia de las pequeñas partículas en una suspensión acuosa, e interacción de las partículas para formar flocs de mayor tamaño. Existen dos tipos de coagulación:

1. **Coagulación por Adsorción:** En este caso, el coagulante debe dispersarse en forma instantánea en toda la masa de agua.
Por puente químico: Cadenas tridimensionales con extremos activos
Por neutralización: Reducción del potencial de carga
2. **Coagulación por barrido:** el agua es sobresaturada en 3 ó 4 órdenes de magnitud y el hidróxido se precipita con mucha rapidez. En estas circunstancias son considerablemente más importantes las condiciones químicas para lograr una buena precipitación.

➤ COAGULANTES

¹¹“...En Filtración Directa se utilizan: sulfato de aluminio más polímeros catiónicos,

El polímero: Reduce el volumen del floc
 Disminuye el residual de aluminio
 Minimiza problemas de ajuste de pH y
 Alcalinidad.

¹¹ **Citado en línea** <<http://cabierta.uchile.cl/revista/15/articulos/pdf/edu4.pdf>> “Investigación sobre procesos de coagulación. Floculación de aguas en plantas de tratamiento”, Enrique Causa & Carlos Pinto, Santiago, Chile, 1974. El 10 de octubre de 2009



- Intensidad y tiempo de agitación previa

Gradiente de Velocidad óptimo: por experimentación y Gradiente Óptimo es aquel por encima del cual las partículas coaguladas no siguen creciendo sino que se desintegran.

Aunque para algunos como para McCormick y King (1982) encontraron que la inclusión de la floculación no afecta mayormente los resultados. Solo cuando se usan polímeros se ve un mejoramiento debido al mayor tiempo de detención que produce una reacción más completa de estos productos en el agua¹²

- Capacidad de almacenar sólidos del medio filtrante.

En la Filtración Directa es frecuente encontrar bajas productividades (100 a 200 m³/m²d) lo que se compensa con bajo consumo de coagulantes y energía¹³.

Para obtener tasas de filtración más altas o poder tratar un contenido importante de sólidos se requiere:

- Aumentar la porosidad del lecho
- Aumentar la profundidad del lecho
- Aumentar simultáneamente ambos parámetros¹⁴.

1.1.10 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN

Mediante las pruebas de jarras y procesos de filtración directa se hacen presentes los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

- pH.
- Turbiedad.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.

¹² A. Valencia Jorge. Teoría y practica de la purificación del agua. Tercera edición,(2000).

¹³, A. Valencia Jorge. Teoría y practica de la purificación del agua. Tercera edición, pág. 541. (2000).

¹⁴ R. Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; pag 84. 2000



La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

➤ **pH.**

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, pues de ella depende la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar, para este proyecto el sulfato de aluminio se maneja con un pH de 3 en la solución madre.

Se presenta en la grafica 1 el efecto de la dosificación del coagulante sobre las limitaciones en el pH.

➤ **Influencia de la Turbiedad**

La turbiedad del agua superficial es gran parte debido a partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5 μm . La coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

1. Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
2. Cuando la turbiedad aumenta la cantidad de coagulante que se adiciona no es mas de la normal debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.



➤ **Influencia de la Temperatura del Agua**

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

➤ **Influencia de la Dosis del Coagulante**

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

1. Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, y la formación de los microflóculos es muy escasa.
2. Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, Conduce a la formación de gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, obteniendo agua con coloración lechosa. La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determinó mediante los ensayos de pruebas de jarras en cada una de las áreas en donde quedó instalado el sistema de potabilización.

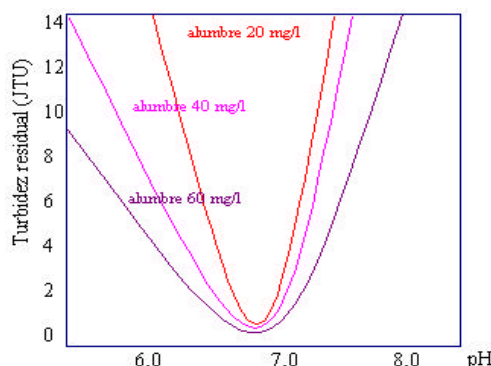
La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua tratada.
- El buen o mal funcionamiento de los filtros...¹⁵

¹⁵ **Citado en línea** <<http://cabierta.uchile.cl/revista/15/articulos/pdf/edu4.pdf>> "Investigación sobre procesos de coagulación. Floculación de aguas en plantas de tratamiento", Enrique Causa & Carlos Pinto, Santiago, Chile, 1974. El 10 de octubre de 2009



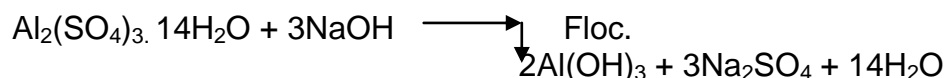
GRAFICA 1: ¹⁶Efecto de la dosificación del coagulante sobre las limitaciones en el intervalo de pH.:



Fuente: <http://cabierta.uchile.cl/revista/15/articulos/pdf/edu4.pdf> "Investigación sobre procesos de coagulación. Floculación de aguas en plantas de tratamiento", Enrique Causa & Carlos Pinto, Santiago, Chile, 1974.

Una observación destacable radica en ver que el valor óptimo de pH permanece casi constante, pero el intervalo de pH es menos limitante a medida que aumenta la dosificación de coagulante.

La reacción de sulfato de aluminio con la alcalinidad del agua es:



1.1.11 FLOCULACIÓN

En este proceso se utiliza mezcla lenta, que tiene por objeto permitir los contactos entre los flóculos, induciendo a colisiones de una partícula para potenciar el crecimiento de partículas mayores, se manejarán con filtros gruesos los cuales son una buena alternativa disponible frente a las limitaciones de procesos convencionales con coagulación para manejar aguas durante periodos de alta y baja turbiedad y moderados niveles de materia disuelta; así como para manejar fuertes y rápidas variaciones de la calidad del agua, que limitan el empleo de tecnologías con filtración lenta. Las velocidades del agua dentro de la unidad no deben ser grandes,

¹⁶ Ibid



ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; Para el desarrollo del procedimiento de la floculación se cuenta con dos tipos de Floculadores, hidráulicos y mecánicos.

“...Los Floculadores Hidráulicos pueden ser de flujo horizontal y vertical, construidos en tanques de concreto, divididos por baffles o pantallas. En la práctica los Floculadores de flujo horizontal se utilizan para plantas pequeñas, con caudales menores de 50 l/s y los de flujo vertical para plantas grandes.

Los Floculadores mecánicos funcionan introduciéndole potencia al agua para asegurar una mezcla lenta mediante agitadores mecánicos, los agitadores más utilizados son las paletas de eje horizontal o vertical...”¹⁷

1.1.12 FLOCULADOR CON FILTRO GRUESO O LECHO DE GRAVA

¹⁸“...En estas unidades el agua floculada pasa a través de los espacios o poros de un material granulado, los cuales desempeñan la función de pequeños compartimientos. Siendo un sistema hidráulico con un número infinito de cámaras, combinando dos tipos de grava de 5 a 10 mm y de 10 a 20 mm con el objeto de disminuir gradualmente el gradiente de velocidad, los tiempos de floculación son más breves porque todo el lecho de grava es efectivo en la formación de floc y los tiempos de floculación son de 3 a 5 minutos en lechos de grava y de 15 minutos en ensayo de jarras y 25 minutos en un tanque de floculación sin compartimientos. La profundidad de la grava está entre 1.5 y 3 m, el gradiente de velocidad de un lecho de grava es función del tamaño de la grava, del caudal, del área de la sección transversal de lecho y de la pérdida de energía a través del lecho...”

¹⁷ R.Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000 pág. 84

¹⁸ R.Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000 pág. 84



1.1.13 FILTRACIÓN

Al llegar a este punto la materia coloidal y en suspensión se elimina del agua al pasar a través de un medio granular y por la acción conjunta de diferentes acciones físicas, químicas y biológicas que ocurren en el filtro, según el tipo de filtro y la calidad del agua filtrada¹⁹.

1.1.14 ADICIÓN DE QUÍMICOS

La Coagulación es uno de los procesos más importantes para el tratamiento de agua ya que si realiza una filtración directa sin adición de químicos los coloides suspendidos en el agua al ser muy pequeños e inestables, no logran ser retenidos en su mayoría por los lechos filtrantes ocasionando resultados desfavorables con presencia de color y sedimentos en el agua de consumo.

La Coagulación permite incrementar el tamaño de los coloides presentes en el agua cruda con el fin de otorgarles mayor resistencia para ser retenido. El color presente en los cuerpos de agua se debe al Material Orgánico Natural MON el cual puede ser desprendido por el plancton y bacterias siendo absorbido por partículas naturales, lo cual le permite estar asociado con metales tóxicos y productos químicos sintéticos que generan un riesgo en la salud.

“...El alto contenido de Material Orgánico Natural hace en algunos casos primordiales la reducción de este y no del color, en donde normalmente solemos dosificar al agua sulfato de aluminio en su proceso de coagulación y de acuerdo a las características del agua cruda, se usa algún poli electrolito para ayudar a formar flocs consistentes y de mayor tamaño. Pero debido a diferentes caracterizaciones de agua, se encuentran **aguas con baja alcalinidad inicial**, que presentan un precipitado bajo a pesar de tener un pH mínimo con solución de sulfato de aluminio, no siendo suficiente dosificar buena cantidad de coagulante para la remoción de Material

¹⁹,G. Brage.Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros del agua comunitaria, p 145,(2002)



Orgánico natural, lo cual requiere el no ser indispensable en este proceso la remoción del material orgánico ya que pueden ser removidos por el proceso de filtración y se podrá suplementar la alcalinidad inicial con una base como : NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ó CO_3Na_2 ...²⁰

Pero también según sea el caso a tratar o el interés requerido para el proceso de tratamiento, son para esto utilizados polímeros coagulantes primarios ó polímeros floculantes los cuales pueden reemplazar fácilmente las sales de aluminio o bases alcalinas, para incrementar el tamaño y tensión de los agregados de las partículas.

1.1.15 DESINFECCIÓN

...El requerimiento primordial del agua es estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. Los procesos tales como el almacenamiento, coagulación , floculación y filtración rápida, reducen un grado variable el contenido bacteriológico del agua, pero esto no asegura que el agua que se produce sea bacteriológicamente apta para el consumo, por lo cual se necesita de una desinfección final.

La desinfección del agua se encarga de la destrucción y/o desactivación completa, de los microorganismos dañinos presentes en el agua. Se le realiza utilizando métodos físicos o químicos. Los siguientes factores influyen en la desinfección del agua:

- 1) La naturaleza y numero de microorganismos a ser destruidos.
- 2) El tipo y concentración de desinfectante
- 3) La temperatura del agua
- 4) Tiempo de contacto
- 5) La naturaleza del agua a ser desinfectada
- 6) El pH del agua
- 7) Una buena mezcla....²¹

²⁰ G. Brage. Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros del agua comunitaria, 3032 p,(2002)

²¹ Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: Tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países de desarrollo/ CEPIS, 1988



1.2 MARCO LEGAL

Actualmente Colombia cuenta con una normatividad completa en el tema ambiental, que incluye los recursos (Aire, Agua, Suelo) que componen el ambiente, esta normatividad se ha creado bajo los principios de armonía regional, gradación normativa y superior jerárquico, las cuales permiten dar un enfoque hacia el desarrollo sostenible dando así los lineamientos para el desarrollo de técnicas eficientes para dar cumplimiento a dicha normatividad.

Actualmente en el tema del recurso hídrico, específicamente en agua potable se cuenta con la resolución 2115/2007 “Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”, siendo esta la base para el cumplimiento del presente proyecto de grado, en cual permitió demostrar la viabilidad de la filtración directa de agua dulce en hangares flotantes.

A continuación se relacionan los artículos que permitirán la comparación de los resultados físico químicos realizados bajo el diseño de la planta compacta potabilizadora en los hangares flotantes:

²²“...**ARTÍCULO 2º.-** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 4. Características físicas del agua (Res 2115/2007)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Color aparente	UPC	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT	2

Fuente: (Res 2115/2007)

²² Resolución 2115/2007 Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano"



ARTÍCULO 6º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana (Res 2115/2007)

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	EXPRESADAS COMO	Valor máximo aceptable (mg/L)
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1

Fuente: (Res 2115/2007)

ARTÍCULO 7º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS E INDIRECTAS SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a Continuación:

Tabla 6. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana (Res 2115/2007)

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	EXPRESADAS COMO	Valor máximo aceptable (mg/L)
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0.3
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250
fosfatos	PO ₄ ⁻³	0.5

Fuente: (Res 2115/2007)



ARTÍCULO 11º.- CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Tabla 7. Características microbiológicas (Res 2115/2007)

TÉCNICAS UTILIZADAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: (Res 2115/2007)

Tabla 8. Normatividad en general para Agua Potable

NORMATIVIDAD	
Constitución Política De Colombia	<p>Art. 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.</p> <p>Art. 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.</p> <p>Art. 366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.</p> <p>Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.</p>
Decreto 1575 de 2007	"Por la cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano" MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL"
Resolución 2115 de 2007	"Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano" MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL
Decreto 2811 de 1974	"Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente"

Fuente: Autora, 2009



2. METODOLOGIA

El proyecto se llevó a cabo mediante una metodología exploratoria, descriptiva y experimental, la cual parte de la observación de las operaciones internas de un hangar flotante y la interacción con su entorno, en donde se logrará determinar la necesidad de un sistema compacto de potabilización de agua con filtración directa y los factores que influyen en su diseño. Luego, el proyecto continúa con la cuantificación de costos y diseño de un manual de operación y mantenimiento.

Con base en la recopilación de datos se efectúa la experimentación, en el cual se realizaron varios muestreos antes y después de la filtración directa en distintas áreas de la geografía Colombiana, en donde se determinaron datos significativos de la caracterización del agua, teniendo claro que la unidad a utilizar como unidad filtrante no cambió en diseño para poder determinar así la viabilidad de la misma en fuentes hídricas con características físico químicas variables. Por tanto lo que vario fue el tipo de agua a tratar puesto que se tomaron distintos ríos como los son: San Juan, Baudo, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena y Atrato.

Se trabajaron con dos (02) productos químicos esenciales como coagulante y alcalinizante que en este caso son Sulfato de Aluminio tipo A y Soda Cáustica en escamas, con distintas soluciones para cada río y dosificación de las mismas según convenga a cada fuente fluvial.

Con las variables definidas y los resultados de las pruebas físico - químicas se procedió a determinar, por medio de un método estadístico, la viabilidad de la filtración directa de agua dulce para hangares flotantes.

El proyecto está dividido en dos etapas, en donde la primera etapa se integraron cinco fases y la segunda etapa tres fases, para un total de ocho fases:



ETAPA I

DESARROLLO DE FASES PRELIMINARES

- FASE 1: Diagnostico Inicial: Búsqueda y recolección de información.
- FASE 2: Visitas y análisis de terreno: Se registra la localización y tripulación a la cual va a ir dirigida la planta potabilizadora de agua por filtración directa.
- FASE 3: Diseño y Construcción: Se realizan los diseños de cada una de las unidades que intervienen en el sistema de filtración directa y descripción del proceso de construcción y pruebas.
- FASE 4: Diseño de Manual de Operación y Mantenimiento con Cuantificación de costos: Elaboración y/o construcción del manual de operación y mantenimiento para la planta compacta potabilizadora de agua, el cual se desarrolló a manera de procedimiento y costos en insumos químicos y materiales agotables.
- FASE 5: Pre – experimentación: Se realiza el montaje de la planta compacta de agua potable explicando secuencialmente el procedimiento de instalación y adecuaciones de área. Se procedió a realizar pruebas hidráulicas para garantizar el estado de conexión y/o pegues de tuberías en PVC. Posteriormente se realizaron ensayos de jarras en campo, determinando dosis aproximadas para la preparación de solución química.

ETAPA II

DESARROLLO DE FASES EXPERIMENTALES

- FASE 6: Experimentación y diseño experimental: Se indujeron cambios deliberados en concentración de los componentes químicos en las unidades, en siete ríos del área geográfica colombiana, en donde por sus diferentes características físico químicas, se demostró la viabilidad del sistema de filtración directa
- FASE 7: Análisis de Datos
- FASE 8: Elaboración del documento final.



3. DESARROLLO DEL PROYECTO

ETAPA I

DESARROLLO DE FASES PRELIMINARES

3.1 FASE 1: DIAGNOSTICO INICIAL

La búsqueda y recolección de información constituyó una actividad imprescindible en el presente proyecto, ya que con esto se determinaron los factores que influyen en el diseño de plantas compactas potabilizadoras de agua por medio de filtración directa para Hangares Flotantes.

3.1.1 FUNCIONES DE UN HANGAR FLOTANTE

Los Hangares Flotantes tienen como función primordial la protección del territorio y población colombiana, en áreas de conflicto entre grupos insurgentes y fuerza armada. No obstante, el uso de estas unidades no es exclusivo de la Armada Nacional, ya que su diseño permite ser utilizado en los ámbitos hospitalario, educativo, comercial y turístico.



3.1.2 INFORMACIÓN ESPECIFICA DE INSTALACIÓN DE PLANTAS COMPACTAS POTABILIZADORAS

Esta información fue adquirida durante las visitas de obras e investigación acerca de la tripulación fija y flotante con la que cuenta este tipo de unidades; para así determinar el tipo de material que se emplearía como estructura de soporte. En la siguiente tabla se describe la información recopilada en cada una de las unidades en las cuales se instalaron plantas potabilizadoras de agua por medio de la filtración directa.

Tabla 9. Información específica de instalación de PTAP

Ubicación de Planta Potabilizadora (Filtración Directa)		Río	Tipo de Estructura del Hangar Flotante	Tripulación fija	Tripulación Flotante
Municipio	Departamento				
Docordo	Choco	San Juan	Lamina en acero al carbón (Blindado)	50	150
Pizarro	Choco	Baudo	Lamina en acero al carbón (Blindado)	50	150
Yatí	Bolívar	Magdalena	Lamina en acero al carbón (Blindado)	35	100
Bellavista	Choco	Atrato	Lamina en acero al carbón (Blindado)	50	150
Arauca	Arauca	Arauca	Lamina en acero al carbón (Blindado)	35	100
Puerto López	Meta	Metica	Lamina en acero al carbón (Blindado)	30	100
Cartagena del Chaira	Caquetá	Caguán	Lamina en acero al carbón (Blindado)	50	150

FUENTE: Autora, 2009

3.1.3 SEÑALIZACIÓN DE RÍOS

En la figura 2 se encuentran señalizados los ríos en los cuales fueron instaladas plantas potabilizadoras en hangares flotantes. Y en la tabla 10 el nombre de cada uno de los ríos señalizados.

Figura 2. Mapa de señalización de ríos de la geografía colombiana




Fuente: citado en línea <www.colombia.com> El 5 de octubre de 2009.

Tabla 10. Identificación de ríos en los departamentos de Colombia

N°	Nombre	Departamento	Afluentes
1	Río Baudó	Chocó	
2	Río San Juan	Chocó	Condoto, fujiado etc.
5	Río Magdalena	Huila	
		Tolima	
		Cundinamarca	
		Caldas	
		Antioquia	
		Bojayá	
		Santander	
		Bolívar	Cimitarra, Cuaca, etc.
		Magdalena	
		Atlántico	
7	Río Atrato	Chocó	



N°	Nombre	Departamento	Afluentes
		Antioquía	
15	Río Arauca	Arauca	
16	Río meta	Vichada	
		Casanare	
		Meta	Manacacias, Metica , etc.
29	Río Caguán	Caquetá	Es un río afluente del río Caquetá.
CONVENCION:			
 Punto de ubicación de plantas compactas potabilizadoras			

Fuente: Autora, 2009

3.2 FASE 2: VISITAS Y ANALISIS DEL TERRENO

Con el objeto de determinar la veracidad del diagnostico inicial, se realizaron visitas de obra a cada uno de los municipios en los cuales se instalaría plantas compactas potabilizadoras de agua en hangares flotantes, en donde se registra la localización y tripulación a la cual va a ir dirigida la planta potabilizadora de agua por filtración directa.

3.2.1 CONDICIONES DEL ENTORNO EN LOS HANGARES FLOTANTES

Durante las visitas realizadas se visualizan las condiciones reales de interacción de los hangares flotantes con su entorno, en donde se encontraron los siguientes hechos:

➤ **Alejados de centros poblados:**

Cada uno de los siete hangares flotantes se encuentra ubicado en áreas geográficas de difícil acceso; por tanto están alejados de centros poblados, lo que les dificulta tener sistemas de acueducto y alcantarillado.



➤ **Descarga de aguas residuales domesticas:**

Los hangares flotantes se encuentran ubicados a las riveras de los ríos, cerca de asentamientos humanos, grupos étnicos, y embarcaciones flotantes como: Buques Patrulleras, Buques civiles ó embarcaciones de transporte de carga, los cuales no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, y por ende hacen sus vertimientos directamente al río, provocando una alteración en las características físico químicas del agua, y generando el crecimiento de microorganismos patógenos que afectarían la salud de todo aquel que tome de esta agua, como lo es el caso de los hangares, ya que ellos toman el agua directamente de la caja de río.

➤ **Presencia de residuos sólidos:**

Los asentamientos humanos que se encuentran ubicados cerca de estas embarcaciones, habitan en casas construidas por ellos, con tablas, guaduas y latas, en donde apenas en un área alrededor de 8 m², se alojan hasta ocho personas entre niños y adultos.

Los asentamientos humanos se componen de migraciones originadas en las etnias blanco-mestiza de origen paisa; indígena-mestiza de origen caucano, entre otros. **Tipo de Población y vivienda, al entorno de los Hangares Flotantes (2008 - 2009)**

Foto 1. Mujeres de Etnia Embera



Descripción: Mujeres de Etnia Embera
Lugar: Río Baudó (Pizarro)
Tomada por: Elena Rojas

Foto 2. Familias Chocoanas



Descripción: Familias Chocoanas
Lugar: río San Juan (Docordo)
Tomada por: Elena Rojas



Foto 3. Viviendas de Etnia Embera



Descripción: Viviendas de Etnia Embera
Lugar: rivera del río Baudó (Pizarro)
Tomada por: Elena Rojas

Foto 4. Viviendas de poblaciones indígenas



Descripción: Viviendas de poblaciones indígenas
Lugar: rivera del río Magdalena
Tomada por: Elena Rojas

Las comunidades asentadas en las regiones del Pacífico, Orinoquía, Amazonia y Andina, en donde se encuentran localizados los hangares flotantes, han debido desarrollar mecanismos que les permitan sortear las difíciles condiciones impuestas por el entorno y las circunstancias de la marginalidad social, económica y política a que han sido sometidas por parte de la sociedad.

Debido a las difíciles condiciones de salubridad, se lleva a cabo una disposición de residuos sólidos a cielo abierto, ya que no cuentan con los servicios básicos de saneamiento. Además, estos residuos, al disponerse sobre las riveras de los ríos, son arrastrados por las aguas, lo que agrava la contaminación de los cauces.

3.2.2 PARTES BASICAS DE EMBARCACIONES NAVALES

La estructura de una embarcación naval es el conjunto de piezas que le dan forma uniforme, con cualidades esenciales para navegar.

Entre los elementos estructurales se distinguen los que forman su esqueleto o armazón, que contribuirán en grado sumo a darle solidez, como lo son: *quilla, cuadernas, puntales, entre otros (ver Tabla 11.)*.



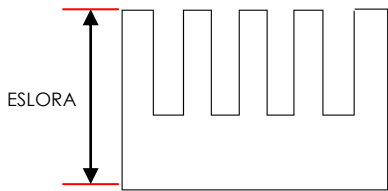

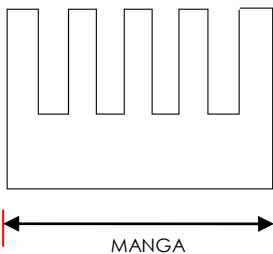
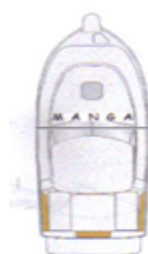
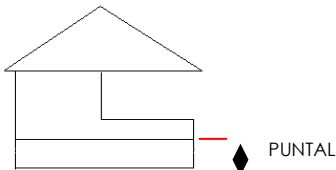

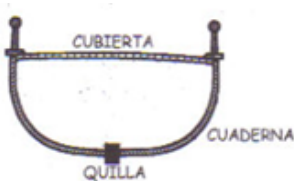

Para dar estanqueidad al interior del casco se encuentran los siguientes elementos: *forro exterior, cubiertas y mamparos* (ver Tabla 11.)

Por medio de la siguiente tabla se esquematizan las partes básicas de un Hangar flotante, el cual es similar a las partes de un buque, y permitieron determinar áreas factibles para la instalación de la planta.

Tabla 11. Partes Básicas de Embarcaciones Navales

HANGAR FLOTANTE	BUQUE
<p>Vista en Planta</p>	<p>Vista en Planta</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Proa: Parte delantera de la embarcación. - Popa: Parte trasera de la embarcación. - Babor: Parte izquierda de la embarcación. - Estribor: Parte derecha de la embarcación mirando de popa a proa - Pontón: Estructura flotante con divisiones internas. 	
<p>Vista Lateral</p>	<p>Vista Lateral</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Línea de flotación: Línea o corte de la superficie del agua con el casco, separa la obra viva de la obra muerta. - Obra viva: Parte sumergida del casco. La obra viva es todo el volumen que queda por debajo de la línea de flotación. - Obra muerta: Parte emergida del casco. Es todo lo que queda por encima de la línea de flotación. - Casco: Es el envoltorio de la embarcación, hasta la cubierta principal. - Calado: Distancia vertical desde la quilla hasta la línea de flotación. 	



<p>Vista en Planta</p> 	<p>Vista Lateral</p> 
<p>- Eslora: Longitud del casco.</p>	
<p>Vista en Planta</p> 	<p>Vista en Planta</p> 
<p>- Manga: Anchura máxima del casco.</p>	
<p>Vista Lateral</p> 	<p>Vista Lateral</p> 
<p>- Puntal: Es la altura del casco; se mide desde la quilla hasta la cubierta superior.</p>	
<p>Vista frontal por Pontón</p> 	<p>Vista del Buque</p> 
<p>- Quilla: Columna central situada en lo más bajo de la embarcación y que se extiende de proa a popa. Sirve como base de apoyo y sujeción a las cuadernas.</p> <p>- Cuadernas: Barras unidas a la quilla de forma transversal. Las cuadernas son refuerzos estructurales que dan resistencia y definen la forma del casco y por tanto de la embarcación.</p> <p>- Cubierta: Plancha o planchas que forman el suelo de la embarcación. Las embarcaciones pueden llevar una o más cubiertas.</p>	

Fuente: La Autora, 2009.



ACCESO Y ÁREA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN

De acuerdo al reconocimiento de las partes de un hangar flotante y las necesidades que estos presentan en cuanto a la operatividad y logística de la unidad se tomaron medidas del área en donde se instaló el sistema de potabilización, buscando áreas de acceso seguras y rápidas, que no llevaran mayor costo de inversión en su adecuación.

3.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACION

La construcción de la planta potabilizadora de agua se realizó en áreas de difícil acceso, con espacios reducidos y sobre el agua, es indispensable identificar los factores que afectan el diseño, los cuales son:

- Necesidad de la unidad flotante
- Espacios de localización y transporte
- Tipo y calidad de materiales
- Población
- Calidad del agua cruda

➤ NECESIDAD DE LOS HANGARES FLOTANTES

En la ingeniería se busca aplicar los conocimientos y experiencias para que mediante diseños, modelos y técnicas se resuelvan problemas que afectan un área y población determinada, por tanto se buscó la satisfacción de los tripulantes, en la aplicación del sistema de filtración directa en hangares Flotantes, y por esto se determinaron las siguientes necesidades básicas:



- a. **Funcional y Eficiente:** Con esto se buscaba que la planta potabilizadora de agua, trabajara correctamente, siendo un sistema práctico de operar y mantener, el cual siendo un sistema compacto pueda generar agua óptima para consumo.
- b. **Economía:** Tanto en construcción, como en operación y mantenimiento de la planta potabilizadora es importante ofrecer sistemas que no requieran de gran inversión, sin bajar su calidad, puesto que los Hangares Flotantes no son provistos de equipos y materiales para realizar un mantenimiento preventivo y correctivo y no cuentan con ingreso de dinero periódico constante, por parte de la Armada Nacional para este tipo de sistemas.
- c. **Estético:** Era importante que no solo fuera un sistema eficiente, sino que sea agradable a la vista, es decir que a pesar de estar ubicado en áreas muy pequeñas, estuviera acorde con la estructura del hangar, sin ser necesariamente en el mismo material de la superestructura, contando con la señalización necesaria sobretodo el no interferir con la operatividad de la unidad.
- d. **Liviano:** Al ser los hangares unidades construidas en lamina de acero blindado y por la gran cantidad de elementos, tanto de protección como sistemas de operación, tienen un peso muy elevado; por tanto al no tener en cuenta la distribución de pesos del hangar puede generarse un desequilibrio de la unidad provocando daños en la superestructura o como mayor consecuencia el hundimiento de la misma.



➤ ESPACIOS DE LOCALIZACIÓN Y TRANSPORTE

La localización se determinó teniendo en cuenta una distribución equitativa de pesos en el interior del hangar para evitar futuros inconvenientes de desestabilización, por tanto fue indispensable la ubicación de la planta potabilizadora para determinar los movimientos en la realización del montaje y acondicionamiento de áreas de acceso.

a. Hangar Flotante (Unidad*²³)

Los hangares flotantes, al estar ubicados en áreas geográficas de difícil acceso, complican el transporte al área de localización del mismo, generando un elevado costo de movilización de equipos, por lo cual se requirió determinar las distancias para así incluirlo dentro del presupuesto y establecer la forma en que se transportarían los elementos para el montaje de la planta compacta potabilizadora de agua.

b. Planta Compacta Potabilizadora de Agua.

Fue importante el conocer la estructura interna y externa de un hangar flotante para determinar la ubicación de la planta potabilizadora, de acuerdo a esto, encontrar o adecuar un área de acceso a la planta, el cual tiene que ser seguro, rápido y sobretodo que cumpliera con el diseño de la infraestructura naval. Para este acceso se requirió de escotilla, tapa de inspección, hueco de hombre, puerta estanca, barandillas y/o escaleras interiores plegables o fijas.

²³ * Unidad: También llamado a todo tipo de embarcación fluvial o en este caso el hangar flotante.



➤ TIPO Y CALIDAD DE MATERIALES

Al hacer la selección y distribución de los materiales a utilizar en la construcción de la planta de tratamiento es necesario el tener presente las áreas de localización, las necesidades del hangar y resultados que se deseaban obtener con el diseño, construcción y montaje de una planta compacta potabilizadora de agua por medio de filtración directa. A pesar de requerir de un sistema económico, es indispensable proveer el mismo con equipos de trabajo pesado y de alta vida útil, como lo son; filtros con resistencia de presión no menor a 80 psi con protección ultravioleta y electrobombas que en lo posible sean en construcción no corrosivo y con componentes internos en acero inoxidable, termoplásticos ó con recubrimiento epóxico.

➤ POBLACIÓN

De acuerdo a la cantidad de tripulación, ya sea fija o flotante se determinó la capacidad de caudal requerido para el diseño de la planta potabilizadora.

➤ CALIDAD DEL AGUA CRUDA

Para el diseño del sistema de filtración directa fue importante el contar con un análisis físico químico del agua cruda, ya que la literatura muestra que este tipo de sistemas requieren de características físico químicos bajos, como lo es una turbiedad que en el 90% fuera menor a 5UNT y con un color verdadero menor a 10UPC, entre otros.

Debido a los parámetros de turbidez resulto ser un factor importante en el diseño, puesto que el agua de los ríos; San Juan, Baudó, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena y Atrato, objetivo del presente proyecto de grado tienen altos niveles de turbidez y color, con lo cual se pretendió valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa.



3.2.4 CARACTERIZACIONES DE AGUA CRUDA EN VISITAS EFECTUADAS.

Con equipos de medición portátiles, se llevó a cabo una caracterización para la cual se tomó una muestra puntual en cada uno de los siete ríos objetivo del proyecto, en donde se analizaron parámetros básicos como la turbiedad, color, hierro, dureza, alcalinidad, nitritos, cloro libre y pH, que sirvieron para comparar las características físico químicas del agua en la fecha de visita con la posterior entrega y puesta en funcionamiento ya que estos análisis del agua cruda varían debido a los cambios climáticos de la zona.

En la tabla 12, no se presentaron los datos de los ríos; Baudo, San Juan, Atrato, y Caguán, porque son áreas de alto riesgo armado y no fue permitido realizar muchos movimientos en las zonas, es por esto que para poder tener valores para realizar un diseño, se asumió un alto grado de turbidez, teniendo en cuenta que los ríos de Colombia presentan cambios importantes en sus características físico químicas.

Tabla 12. Resultados caracterización en visita de obra.

Parámetros	Resultados Caracterización de Ríos			Valor Máximo Aceptable según Res 2115 de 2007
	Magdalena	Arauca	Metica	
	03/12/2008	20/02/2009	28/04/2009	
Color aparente UPC	20	10	13	15 UPC
Olor y sabor	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable	Aceptable
Turbiedad UNT	343	80	120	2 UNT
Alcalinidad Total CaCO ₃	80	40	40	200 mg/l
Nitritos NO ₂	0	0	0	0.1 mg/l
Dureza CaCO ₃	80	40	20	300 mg/l
Hierro Fe	2,3	3,2	3	0.3 mg/l
Cloro libre	0	0	0	0.3 a 2
pH	6	7	5	6.5 a 8

Fuente: La Autora, 2009



Los resultados obtenidos en la tabla anterior demuestran que los datos de color, turbiedad y hierro sobrepasan los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 2115/2007.

El resultado en el parámetro de color sobrepasa la norma en el río Magdalena (Yatí- Bolívar), los parámetros de turbiedad y hierro son sobrepasados en todos los ríos (Magdalena, Arauca y Meta).

Los análisis iniciales de color, turbiedad y hierro presentados en la **tabla 12** demuestran que las condiciones del agua a tratar en la planta mediante la técnica de filtración directa, son los parámetros críticos para el diseño de la planta potabilizadora debido a las grandes variaciones en sus concentraciones en cada uno de los ríos analizados.

3.3 FASE 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Esta fase consistió en realizar los diseños de cada una de las unidades que intervienen en el sistema de filtración directa, las cuales son: serpentín de mezcla rápida, floculador de grava, filtros pulidores y filtro descolorizador. Para cada uno de estos se calculo diámetros, áreas, volúmenes y pérdidas y las cargas hidráulicas se asumieron de acuerdo a los parámetros de diseño propuestos por (Ing. Lidia Vargas de Cánepa Asesora en Tratamiento de Agua para Consumo Humano, citado en línea, <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/rapida/rapida1.html>).

3.3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRACION DIRECTA

A continuación se muestran los valores obtenidos en cuanto al dimensionamiento del sistema de filtración directa. Se puede observar el caudal de diseño, caudal de bombas dosificadoras, cargas hidráulicas, diámetros, áreas, densidad y cantidad de lechos filtrantes y alturas de los mismos, Además se encontrara el



dimensionamiento de las tuberías involucradas en este proceso. En las tablas 13 a la 23 se presentan los parámetros del diseño del sistema de agua potable.

Ver muestra de cálculo, Anexo 10.

Tabla 13. Parámetros de diseño del sistema compacto de agua potable

PARAMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA COMPACTO DE AGUA POTABLE						
PARAMETRO	CANTIDAD			UNIDADES		
Población	40			Infantes de marina		
Dotación	120			l/hab.día		
Q _{Diseño}	4800	0.0555		Lt/día	Lt/s	
La planta fue diseñada para un caudal mayor (0.6 lt/s), por efectos de que la población flotante varía constantemente.						
Caudal de la bomba (Resultado de la curva de rendimiento de la bomba)	0,6	51,84	2,16	l/seg	m ³ /día	m ³ /hr
Qh (arena y carbón)	12			m ³ / m ² h		

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 14. Áreas y Diámetros de los filtros

AREAS Y DIAMETROS DE LOS FILTROS		
DIMENSIONAMIENTO	VALOR	UNIDAD
Área del filtro de arena	0,18	m ²
Área del filtro de Carbón Activado	0,18	m ²
Diámetro Filtro	0,48	m

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 15. Densidades del lecho Filtrante

DENSIDAD DE LECHO FILTRANTE		
PARAMETRO	DENSIDAD	UNIDADES
Densidad Arena	1,6	Kg/ L
Densidad Carbón Activado	0,4	Kg/ L
Densidad Grava	1,60	Kg/ L

Fuente: ²⁴Soluciones globales para el tratamiento de aguas. <http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/medios-filtrantes-de-filtos/el-carbon-activado-como-adsorbente.htm>> El 16 de octubre de 2009

²⁴ Soluciones globales para el tratamiento de aguas. <http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/medios-filtrantes-de-filtos/el-carbon-activado-como-adsorbente.htm>> El 16 de octubre de 2009



Tabla 16. Composición de Filtro Pulidor No. 1

Composición de Filtro Pulidor No. 1		
ALTURAS	ALTURA	UNIDADES
Altura de área Malla 10-20	0,58	m
Altura de área Malla 20-30	0,3	m
Altura Grava	0,12	m
Altura total de arena en filtro pulidor No.1	0,88	m
Borde Libre	0,3	m
Altura total del filtro pulidor No.1	1,3	m

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 17. Composición de Filtro Pulidor No. 2

Composición de Filtro Pulidor No. 2		
PARAMETRO	ALTURA	UNIDADES
Altura de Turbidex Malla 10-20	0,44	m
Altura de area Malla 20-30	0,44	m
Altura Grava No. 8	0,12	m
Altura total de arena en filtro pulidor No.2	0,88	m
Borde Libre	0,3	m
Altura total del filtro pulidor No.2	1,3	m

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 18. Composición de Filtro Desolorizador

Composición de Filtro Desolorizador		
PARAMETRO	ALTURA	UNIDADES
Carbón Activado tipo Hidroffyn	0,83	m
Altura Grava, No. 6-10	0,12	m
Borde Libre	0,35	m
Altura total del filtro desolorizador	1,3	m

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 19. Volumen de medios filtrantes

VOLUMEN DE MEDIOS FILTRANTES				
PARAMETRO	VOLUMEN		UNIDADES	
Volumen de Arena en el Filtro Pulidor No.1	0,1584	158,4	m ³	L
Volumen de Arena en el Filtro Pulidor No.2	0,1584	158,4	m ³	L
Volumen Carbón Activado	0,1494	149,4	m ³	L

Fuente: La Autora, 2009



Tabla 20. Masas de los medios filtrantes

MASA DE MEDIOS FILTRANTES				
MASAS	MASA		UNIDADES	
Masa Arena	253,44	5,1	Kg	Bultos
Masa Carbón	59,8	2,4	Kg	Bultos

Fuente: La Autora, 2009

NOTA: Presentación Bulto de Arena x 50 kg
Presentación Bulto de Carbón Activado x 25 kg

Tabla 21. Diámetro de Tuberías

DIAMETRO TUBERIAS		
VARIABLES	VALOR	UNIDADES
Velocidad de tubería	0,7	m/s
Diámetro tubería PVC	1,30	pulg

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 22. Dimensionamiento de la velocidad de lavado

TUBERÍA DE LAVADO		
VARIABLES	VALOR	UNIDADES
Caudal	$1,2 \times 10^{-3}$	m^3/s
Área de la tubería	$8,55 \times 10^{-4}$	m^2
Velocidad de lavado	1,4	m/s

Fuente: La Autora, 2009

Tabla 23. Estimación del tiempo de lavado

TIEMPO DE LAVADO		
Tiempo de lavado	15	min

Fuente: La Autora, 2009



3.3.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

Al tener definido los diseños de cada uno de los filtros se realizó la construcción del sistema de potabilización en Bogotá.

La construcción de los filtros se efectuó en material resistente a la corrosión, ya que en los compartimentos en donde se instalaron generan una condensación alta provocando la corrosión de cualquier elemento metálico, y al construirse los filtros en acero, se corre el riesgo de tener desprendimiento de material a largo plazo, lo que perjudicaría la calidad del agua potabilizada. Es por esto que los filtros y tanques son contruidos en Poliéster reforzado en fibra de vidrio (PRFV), lo que evitará corrosión de las unidades con un mayor tiempo de vida útil y minimización en costos de mantenimiento.

De acuerdo al trabajo y área en donde fueron instaladas las unidades de filtración se consideró importante la excelente calidad en materiales para la construcción de estos filtros, puesto que están expuestos a temperaturas promedio de 30 a 60 °C en algunas embarcaciones, golpes por maniobras de la tripulación o algún tipo de ataque armado.

El hecho de poder construir los filtros en poliéster reforzado, no solo tiene las ventajas ya expuestas, también permiten ser más livianos, punto a favor, puesto que los hangares flotantes y buques llevan consigo varios elementos internos y externos muy pesados lo que afecta la flotabilidad y equilibrio de estas embarcaciones, siendo un factor importante a tener en cuenta en la instalación de esta planta potabilizadora, el peso de la misma.

Después de tener finalizada la construcción, se realizaron pruebas hidrostáticas a los filtros para comprobar la calidad.

Estas pruebas se efectuaron de la siguiente forma:



1. Se ubicaron cuatro filtros en fila, dejando comunicación entre uno y otro en tubería PVC de 1" con conexión de un manómetro de 0 – 100 psi y buje de 1/4" para conexión de manguera, y el resto de orificios fueron sellados.
2. Se realizó llenado con agua a todos los filtros.
3. Después del llenado se taparon y se conectó la manguera del compresor. Secuencialmente se inyectó aire, ascendiendo en presión de 20 en 20 psi, para no afectar la estructura, hasta llegar a 80 psi. En cada parada de presión se dejó transcurrir un tiempo de 10 min y se observó detenidamente la función de cada filtro, es decir, verificando que no tuviesen fugas. Ver foto 9.

Foto 5. Tanque de solución de químicos en proceso de construcción



Descripción: Tanque de químicos en proceso de construcción
Lugar: Bogotá D.C
Tomada por: Elena Rojas

Foto 6. Tanques de solución de químico y filtros en proceso de terminado



Descripción: Tanques de químico y filtros en proceso de terminado
Lugar: Bogotá D.C
Tomada por: Elena Rojas

Foto 7. : Tapas tipo presión en poliéster (PRFV)



Descripción: Tapas tipo presión en poliéster (PRFV)
Lugar: Bogotá D.C
Tomada por: Elena Rojas



Foto 8. Difusor tipo araña



Descripción: Difusor tipo araña
Lugar: Bogotá D.C
Tomada por: Elena Rojas

Fuente: La Autora, 2008 y 2009

Foto 9. Montaje de pruebas hidrostáticas



Descripción: Montaje de pruebas hidrostáticas
Lugar: Bogotá D.C
Tomada por: Elena Rojas

3.3.3 CAPACITACIÓN TEORICA Y PRACTICA ANTES DE LA INSTALACIÓN

La capacitación es una herramienta fundamental, que ofrece la posibilidad de mejorar la eficiencia del trabajo de la planta compacta potabilizadora de agua, permitiendo a su vez que los operadores se adapten a las nuevas circunstancias que se presentan por los cambios continuos de las características físico químicas del agua de los ríos, y que de esta forma puedan dar una mayor vida útil al sistema de potabilización.

A su vez proporciona la oportunidad de adquirir mayores aptitudes, conocimientos y habilidades que aumentan las competencias de los operarios, para desempeñarse con éxito. La capacitación realizada antes de la instalación, es importante para el operario a cargo del sistema de potabilización ya que podrá observar cada una de las unidades que componen la planta, permitiendo conocer las características físicas y funcionales. Ya que después de instalada no podrán ver las partes internas de las unidades de filtración, ni tampoco saber desarmar una pieza en caso de que llegase a fallar.



Por esto durante la capacitación se les dio las herramientas básicas para realizar un mantenimiento correctivo y se les enseñó la composición interna de las electrobombas utilizadas.

Foto 10. Infantes navales realizando desarme de electrobombas



Foto 11. Instrucción De Sistemas De Bombeo



Instrucción teórica y práctica de equipos hidroflow y sistemas de bombeo de agua potable con ensamble y desensamble de electrobombas tipo caracol, conociendo sus partes internas y externas.

Fuente: La Autora, 2009

Foto 12. Capacitación (componentes internos, función y mantenimiento)



Foto 13. Demostración de accesorios (válvula multiport y clorador)



Fuente: La Autora, 2008 y 2009.



3.4 FASE 4: DISEÑO DE MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CON CUANTIFICACIÓN DE COSTOS.

3.4.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Esta fase consistió en la elaboración y/o construcción del manual de operación y mantenimiento para la planta compacta potabilizadora de agua, el cual está desarrollado a manera de procedimiento para hacer de éste una herramienta fácil de entender y útil para llevar a cabo una correcta operación y mantenimiento de la planta.

El manual se divide en dos capítulos y estos son:

1. **CAPITULO 1:** *Descripción física y funcional de las unidades*, en este capítulo se presenta una explicación detallada de la operación con tablas de control y operación y además se explica cada uno de los componentes que hacen parte de la unidad, teniendo en cuenta las características de modelo, voltaje, potencia, dimensiones y despiece de unidades con datos técnicos de las mismas.
2. **CAPITULO 2:** *Actividades de operación y mantenimiento general*, este capítulo presenta al operario de la planta las acciones a efectuar para llevar a cabo un mantenimiento preventivo o en su defecto correctivo, adicionalmente el capítulo desarrolla paso a paso cada uno de los procedimientos a realizar cuando se genere una falla técnica y operacional. En el presente documento también se incluye los instructivos para llevar a cabo el lavado y cambio de unidades que han llegado al final de su vida útil.



Al final del manual se encontrará unos anexos que ilustrarán la distribución y esquema hidráulico de la planta compacta potabilizadora de agua implementada en el hangar flotante.

Ver el manual en el **Anexo 8**. Manual de operación y mantenimiento de la planta compacta potabilizadora de agua.

3.4.2 CUANTIFICACIÓN DE COSTOS

De acuerdo a pruebas químicas realizadas a lo largo del desarrollo del proyecto se pudo establecer un promedio de consumo en productos químicos, determinando los gastos para cada inversión en estos productos. Se identificaron dos tipos de consumo y estos son:

- **Ríos de alto consumo:** los ríos identificados de alto consumo son el Río San Juan, río Baudó, río Atrato, y río Magdalena, debido a las altas concentraciones de unidades nefelométricas de turbidez, altas concentraciones de hierro y alto color, haciendo que la demanda de coagulante sea mayor y por ende los costos.
- **Ríos de bajo consumo:** los ríos identificados de bajo consumo son Arauca, río metica y río Caguán, pues las concentraciones encontradas fueron inferiores a las determinadas en los ríos de alto consumo.

Ver cuantificación de costos en el **Anexo 9**. Estimación de costos en insumos químicos y materiales agotables



3.5 FASE 5: PRE – EXPERIMENTACIÓN

La presente fase consistió en realizar el montaje de la planta compacta de agua potable explicando secuencialmente el procedimiento de instalación y adecuaciones de área con sus respectivas estructuras de soporte. Al finalizar la implementación con previa señalización (flujo, numérica) se procedió a realizar pruebas hidráulicas para garantizar el estado de conexión y/o pegues de tuberías en PVC.

Posteriormente se realizaron ensayos de jarras en campo, determinando dosis aproximadas para la preparación de solución química de sulfato de aluminio y la soda caustica, generando los datos preliminares de dosificación, de los cuales se genero la tabla 24.

3.5.1 COAGULACIÓN

El objetivo principal de la coagulación durante el proceso de pre - experimentación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, inicialmente con pruebas de jarras, para favorecer su aglomeración, y así se eliminan las materias en suspensión estables, teniendo en cuenta que la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

Con el producto químico que se aplicó al agua, se busco producir reacciones químicas con los componentes artificiales presentes en el agua, especialmente con la alcalinidad para formar un floc voluminoso.



3.5.1.1 PROCEDIMIENTOS REALIZADOS EN PRUEBAS DE JARRAS

Debido a las condiciones difíciles de trabajo, era imposible poder tener muestras de agua para realizar pruebas de jarras antes de la instalación, lo que requería que las mismas se llevaran a cabo en el momento de puesta en marcha de la planta potabilizadora.

Por lo anterior, las pruebas de jarras fueron realizadas utilizando los elementos que se encontraban en el área, como botellas plásticas transparentes, probeta plástica de 1000ml, regla, jeringa, y beaker plásticos de 50ml.

Foto 14. Realizando ensayo de Jarras.



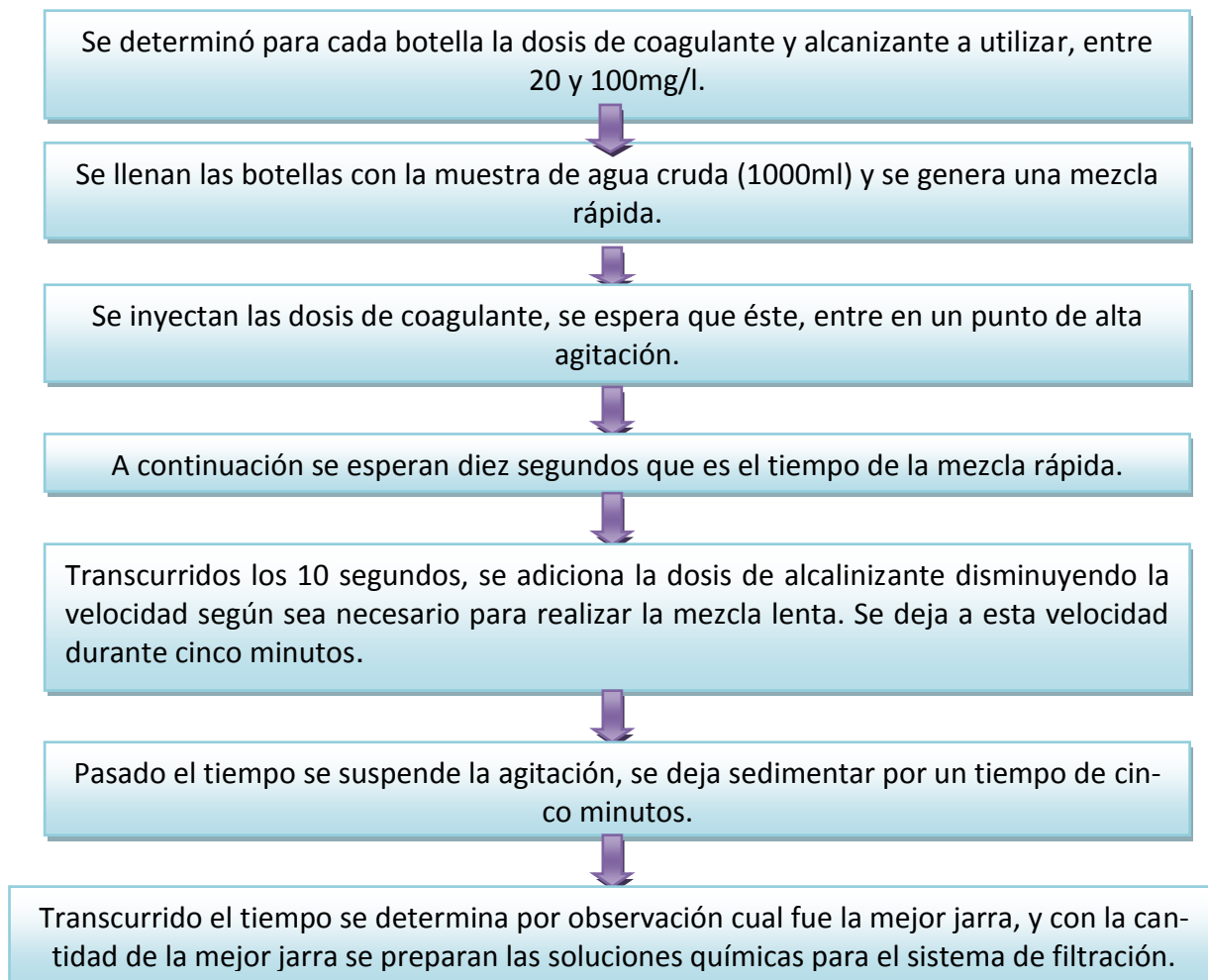
Descripción: Realización del test de Jarras.

Lugar: Hangar Flotante

Tomada por: Elena Rojas

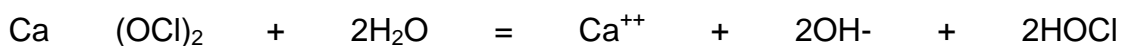


FIGURA 3. Diagrama de flujo (Pruebas de jarras)



Ver **Anexo 15** para las determinaciones cualitativas de las pruebas de jarras.

Para el proceso de desinfección se empleo hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) en presentación de capsulas H.T.H al 70% de contenido disponible de cloro y se conserva durante más de un año bajo condiciones normales de almacenamiento. Es inestable cuando se expone a la luz solar y a fuentes térmicas (mayor de 50°C). Es un buen desinfectante, bactericida, alguicida, fungicida y blanqueador.





3.5.1.2 RESULTADOS PRELIMINARES

TABLA 24. Concentraciones iniciales de coagulante y alcalinizante con fines de arranque

Item	LOCALIZACION		dosis de sulfato aluminio en estado solido			dosis de soda caustica en estado solido		
			[] (mg/l)	[] (mg/l)	[] (mg/l)	[] (mg/l)	[] (mg/l)	[] (mg/l)
1	Fecha	09/11/2008	63	42	32	23	16	12
	Río	San Juan						
	Municipio	Docordo						
	Departamento	Choco						
2	Fecha	22/11/2008	67	44	33	23	16	12
	Río	Baudo						
	Municipio	Pizarro						
	Departamento	Choco						
3	Fecha	29/04/2009	50	33	25	23	16	12
	Río	Magdalena						
	Municipio	Yatí						
	Departamento	Bolivar						
4	Fecha	15/05/2009	58	39	29	22	14	11
	Río	Atrato						
	Municipio	Bojayá						
	Departamento	Choco						
5	Fecha	26/05/2009	43	28	21	19	13	10
	Río	Arauca						
	Municipio	Arauca						
	Departamento	Arauca						
6	Fecha	20/08/2009	46	31	23	19	13	10
	Río	Metica						
	Municipio	Puerto Lopez						
	Departamento	Meta						
7	Fecha	09/10/2009	43	28	28	19	13	10
	Río	Caguán						
	Municipio	Cartagena de Chaira						
	Departamento	Caquetá						

Fuente: Autora, 2009



De acuerdo a la tabla anterior se logra identificar los ríos que consumen alta cantidad de coagulante y alcalinizante para su óptimo tratamiento, cabe resaltar que los datos obtenidos provienen de dosis de producto químico determinadas en pruebas de Jarras realizadas en campo. Lo anterior es una aproximación a las concentraciones de dosificación que puede requerir y aplicarse en la planta para llevar a cabo el procedimiento de potabilización, esto significa que las concentraciones fueron ajustadas en el arranque de la planta, momento en que se realizaron curvas de rendimiento de las bombas dosificadoras para determinar la concentración real de coagulante y de alcalinizante a suministrar.

Foto 15. Explicación del ensayo de Jarras en campo



Descripción: Realización del test de Jarras en campo

Lugar: Hangar Flotante

Tomada por: Elena Rojas



3.5.2 SISTEMA COMPACTO DE POTABILIZACION DE AGUA POR MEDIO DE FILTRACIÓN DIRECTA.

El sistema de tratamiento de agua contó con unidades construidas en poliéster reforzado de fibra de vidrio y difusores internos para el ingreso y salida de agua. Los filtros diseñados que componen el sistema de filtración directa son:

- **FILTRO FLOCULADOR DE LECHO DE GRAVA**
- **FILTRO PULIDOR 1**
- **FILTRO PULIDOR 2**
- **FILTRO DESOLORIZADOR (CARBON ACTIVADO)**

Ver anexo 4

3.5.3 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Durante el proceso de construcción y montaje, se desarrollaron las siguientes actividades:

3.5.3.1 Rutina mecánica y Esquema de pinturas:

Foto 16. Aplicación de anticorrosivo



Durante este proceso se realizó rutina mecánica dentro de los comportamientos, que consiste en pulir o sanblastiar la lámina para que tenga un buen perfil de anclaje de tal manera que al aplicarle la pintura está, penetrara en la lámina para su protección.

La pintura que se utiliza para protección de la lamina es la anticorrosiva y para su cubrimiento se empleo esmalte epóxico.

Descripción: Aplicación de anticorrosivo

Lugar: Hangar Flotante

Tomada por: Elena Rojas



3.5.3.2 Adecuación del área y construcción de estructura de soporte.

Foto 17. Ingreso de unidades e instalación de estructura de soporte



Se procedió al acceso de unidades de filtración, y adecuación de áreas para ingreso, con construcción e instalación de soportería.

Descripción: Ingreso de unidades e instalación de estructura de soporte
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 18. Estableciendo el lugar de ubicación para la estructura de soporte.



Descripción: Estableciendo el lugar de ubicación para la estructura de soporte.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

3.5.3.3 Montaje de Sistema de Potabilización por Filtración Directa

Foto 19. Montaje de sistema de potabilización



Descripción: Montaje de sistema de potabilización.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

La Tubería utilizada en los montajes fue en PVC de alta presión RDE 13.5 y 21, en diámetros de $\frac{3}{4}$ " a $1\frac{1}{2}$ "



Foto 20. Llenado de filtro con Turbidex



Descripción: Llenado de filtro con Turbidex.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Ver en el **Anexo 7** Especificaciones del medio filtrante turbidex

Foto 21. Montaje de sistema de potabilización



Descripción: Llenado de filtro con Turbidex.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 22. Instalación de sistema de micro filtración.



Descripción: Instalación de sistema de micro filtración.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 23. Serpentín de mezcla rápida



Descripción: Instalación de sistema de micro filtración.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas



3.5.4 Puesta en Funcionamiento

Foto 24. Planta Compacta Potabilizadora de Agua con Filtración Directa



Bomba dosificadora tipo diafragma

Señalización de cada unidad

Demarcación numérica y sentido de flujo del agua.

Descripción: Planta Compacta Potabilizadora de Agua con Filtración Directa
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 25. Señalización del flujo de agua



Descripción: Señalización del flujo de agua
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 26. Válvulas Multiport



Descripción: Válvulas Multiport
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Ver en el **Anexo 5** la estructura física interna y externa de la válvula multiport

Foto 27. Ingreso de agua a la caja de rio



Descripción: Ingreso de agua a la caja de rio
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Ver en el **Anexo 6** Despiece de bomba dosificadora tipo diafragma



VIABILIDAD DE LA FILTRACIÓN DIRECTA DE AGUA DULCE PARA HANGARES FLOTANTES

Foto 28. Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo hidroneumático de tanque horizontal.



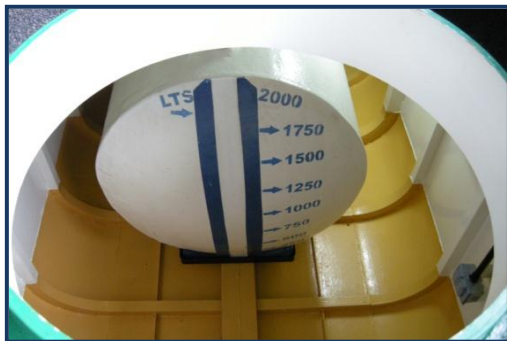
Descripción: Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo hidroneumático de tanque horizontal.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 29. Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo hidroneumático de tanque vertical



Descripción: Unidad de micro filtración de 30 a 5 micras con equipo hidroneumático de tanque vertical
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Foto 30. Tanque de almacenamiento de agua potable



Descripción: Tanque de almacenamiento de agua potable
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas

Fuente: La Autora, 2008- 2009

Foto 31. Tablero de control eléctrico.



Descripción: Tablero de control eléctrico.
Lugar: Hangar Flotante
Tomada por: Elena Rojas



ETAPA II

DESARROLLO DE FASES EXPERIMENTALES

3.6 FASE 6: EXPERIMENTACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Mediante diferentes pruebas, se indujeron cambios deliberados en la concentración de los componentes químicos en plantas compactas potabilizadoras de agua con filtración directa, en siete ríos del área geográfica colombiana, en donde por sus diferentes características físico químicas, se demostró la viabilidad del sistema de filtración directa con agua dulce para hangares flotantes.

3.6.1 PRUEBAS Y ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Con el fin de dar cumplimiento con el objetivo de valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa en los ríos del área colombiana mencionados en la **Tabla 9**, en cuanto a parámetros de análisis básicos, se realizaron distintas mediciones tanto del afluente a tratar, como del agua después del proceso de filtrado en el tanque de almacenamiento de agua potable de la siguiente forma:

- En horas de la mañana se tomó una muestra de agua del río y con los equipos de análisis se determinó el grado de concentración de las variables de turbiedad, color y hierro para la valoración de la viabilidad del sistema de filtración directa. En el área de ubicación de la unidad se efectuaron pruebas de jarras con elementos existentes para su realización, es decir con botellas plásticas, ya que por el difícil acceso al sitio de ubicación de estos hangares, no se podían llevar elementos de gran tamaño debido a las limitaciones de espacio en los medios de transporte,



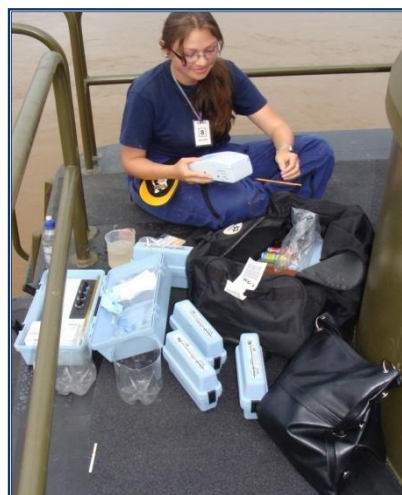
además de esto, se contaba con el riesgo de dañar el equipo por la fragilidad de sus unidades.

- Inmediatamente después se energizó el tablero de control eléctrico de la planta de tratamiento, permitiendo la succión de agua a los filtros hasta el tanque de almacenamiento con previa inyección de químicos, en donde se tomo una muestra de agua y se analizaron los parámetros considerados para determinar su grado de reducción en concentración.
- En horas de la tarde del mismo día se tomó otra muestra de agua del río con el fin de encontrar diferencias en la calidad del agua cruda, puesto que las áreas en donde se encontraban ubicados los hangares flotantes eran propensas a fuertes lluvias, lo que generó cambio en las concentraciones de turbiedad y color del agua. Con esta muestra se efectuaron los mismos análisis que se consideraron en horas de la mañana.
- Finalmente se tomó una muestra de agua filtrada llevando a cabo el mismo proceso que se realizó en horas de la mañana.

Foto 32. Medición de Turbiedad



Descripción: Medición de Turbiedad
Lugar: Rio Baudo



Descripción: Medición de turbiedad.
Lugar: Rio Metica



Foto 33. Medición de parámetros *in-situ*



Descripción: medición de hierro, turbiedad, color, alcalinidad, dureza.
Lugar: Río Metica
Tomada por: Elena Rojas



Con la adición del reactivo, se produce el cambio de color, indicador de presencia de hierro.

Foto 34. Comparación de muestras antes y después del tratamiento.



Descripción: comparación de muestras antes y después del tratamiento
Lugar: Río Arauca y Caguan
Tomada por: Elena Rojas



Foto 35. Efluente de la PTAP



Descripción: Efluente de la PTAP
Lugar: Río Arauca y San Juan
Tomada por: Elena Rojas





3.6.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 25. Análisis de agua cruda y potabilizada en siete ríos de Colombia, (Color, Turbiedad y Hierro).

Ítem	LOCALIZACION		Color (UPC)		Turbiedad (UNT)		Fe (mg/l)	
			Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1	Fecha	09/11/2008	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	San Juan	12	0	56	1,42	0,8	0,2
	Municipio	Docordo	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Choco	18	0	85	1,6	0,8	0,2
2	Fecha	22/11/2008	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Baudo	20	0	200	2,8	2,4	0
	Municipio	Pizarro	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Choco	21	0	220	3	2,6	0,1
3	Fecha	29/04/2009	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Magdalena	28	2	372	4	2,3	0,3
	Municipio	Yatí	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Bolívar	29	2	370	3,6	2,3	0,3
4	Fecha	15/05/2009	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Atrato	25	3	352	3	3	0,3
	Municipio	Bojayá	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Choco	26	3	356	3,3	3	0,3



VIABILIDAD DE LA FILTRACIÓN DIRECTA DE AGUA DULCE PARA HANGARES FLOTANTES

Ítem	LOCALIZACION		Color (UPC)		Turbiedad (UNT)		Fe (mg/l)	
			Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
5			(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Arauca	22	0	120	2	3,2	0,4
	Municipio	Arauca	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Arauca	18	0	200	1,8	3,2	0,4
6	Fecha	20/08/2009	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Metica	40	1	220	2	3,3	0,3
	Municipio	Puerto López	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Meta	40	1	223	2,1	3,3	0,3
7	Fecha	09/10/2009	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)	(Horas de la Mañana)
	Río	Caguán	20	0	240	1,8	2,3	0,1
	Municipio	Cartagena de Chaira	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)	(Horas de la Tarde)
	Departamento	Caquetá	18	0	120	1,3	2	0

Fuente: La Autora, 2009



El diseño experimental permitió valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa en los ríos; San Juan, Baudo, Arauca, Metica, Caguán, Magdalena y Atrato, en cuanto a parámetros de Color, turbiedad y hierro, se desarrollo por medio de *PRUEBAS T PAREADO* ó *DE 2 VÍAS*, en el cual se tienen datos antes y después.

3.6.3 CURVAS DE RENDIMIENTO DE BOMBAS DOSIFICADORAS EN LAS PTAP OBJETO DE ESTUDIO.

Después de haber realizado pruebas preliminares para el arranque y determinar la concentración de coagulante y alcalinizante mediante ensayo de jarras, se procedió a establecer con el funcionamiento real de la planta las cantidades necesarias de soluciones químicas para potabilizar determinada cantidad de agua.

La construcción de las curvas se realizó de la siguiente manera:

1. Se determinaron concentraciones de soluciones de producto químico a partir de los ensayos de jarras realizados preliminarmente, para cada una de las 7 plantas potabilizadoras implementadas,
2. Posteriormente se dio arranque a cada una de las plantas de agua potable determinando mediante pruebas, la dosis optima de dosificación en cada bomba dosificadora con su respectivo químico (sulfato de aluminio tipo A y Soda Caustica).
3. Se registraron los valores obtenidos de dosificación por solución madre y se aforo el caudal de la bomba dosificadora en cada uno de los 6 puntos de dosificación.
4. En base a los datos registrados que fueron compilados en cuanto a aforos de caudal de la bomba dosificadora y las concentraciones de las soluciones madre para cada planta se encuentran en la **Tabla 27**.

Ver la totalidad de las curvas de dosificación en el **Anexo 12**.



Tabla 26. Aforo de caudal bomba dosificadora

	Caudal de planta 0.6 LPS					
	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(LPS)	(LPS)	(LPS)	(LPS)	(LPS)	(LPS)
Caudal de bomba dosificadora	0,00086	0,00142	0,00198	0,0025	0,00269	0,00281

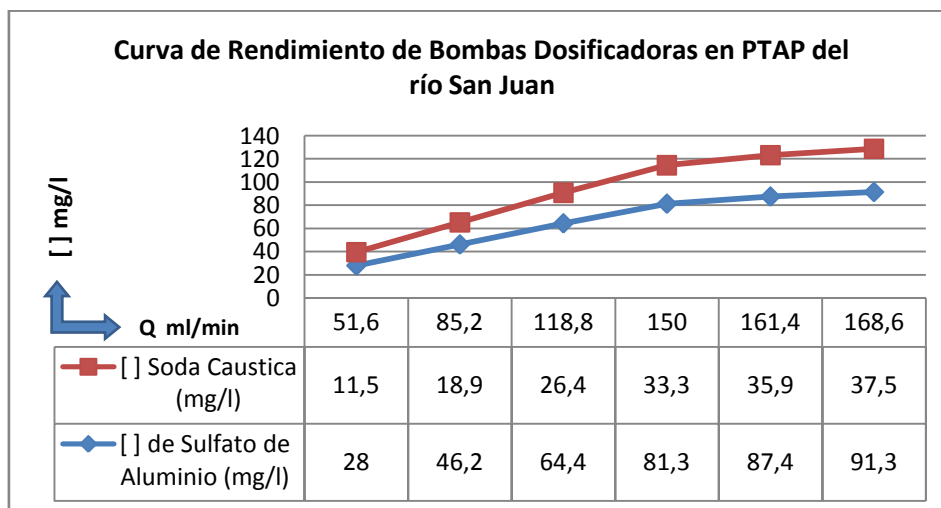
Fuente: Autora, 2009

Tabla 27. Concentraciones soluciones madre de producto químico

Tanque de Solución química	PLANTAS COMPACTA POTABILIZADORA DE AGUA POR FILTRACION DIRECTA						
	Rio San Juan	Rio Baudo	Rio Magdalena	Rio Atrato	Rio Arauca	Rio Metica	Rio Caguán
[] de Sulfato de Aluminio (mg/l)	19500	20500	15400	18000	13000	14000	13000
[] Soda Caustica (mg/l)	8000	7200	7200	6600	6000	6000	6000

Fuente: Autora, 2009

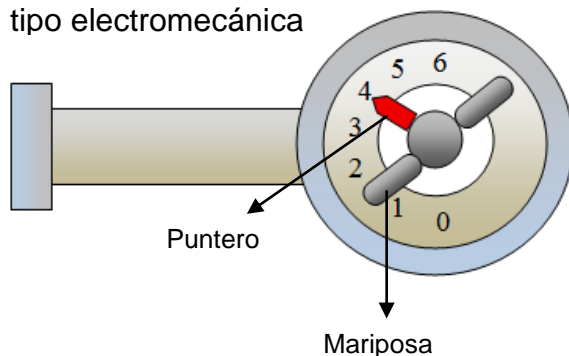
Grafica 2. Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP del río San Juan



Posición de la bomba	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

3.6.3.1 PERILLA DE LA BOMBA DOSIFICADORA

Figura 4. Perilla de graduación de bombas dosificadoras tipo electromecánica



La perilla en la posición No.4 indica, el punto de dosificación en el cual quedo graduada la bomba dosificadora dando una concentración de sulfato de aluminio de 81.3 mg/lit, para un caudal de 150 ml/min.

Esto es una demostración de la graduación de la perilla que se realiza para cada bomba dosificadora ya sea de coagulante o alcalinizante.

3.7 FASE 7: ANALISIS DE DATOS

En el presente numeral se presentan los resultados obtenidos mediante los análisis estadísticos con pruebas de dos vías ANOVA.

3.7.1 RESULTADOS ESTADISTICOS

De acuerdo a los análisis obtenidos se miden los resultados y se observan respuestas significativas con previa comprobación de los supuestos.

Para correr la prueba se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- $\alpha = 0.05$; Error de tipo 1, con el que debo, o no aceptar una prueba.
- Nivel de confianza = 95%
- Df = grado de libertad
- F = Estadístico de prueba
- P = Probabilidad
- H_0 = (hipótesis nula) No hay diferencias significativas
- H_a = Si hay diferencias significativas
- Cuando $P < \alpha$, se rechaza H_0 .



Para la realización de análisis de cada uno de los datos obtenidos, se toman por aparte los análisis tomados en la mañana y en la tarde, para cada parámetro, obteniendo los siguientes resultados:

1. COLOR (UPC) MAÑANA - (ANTES VS DESPUES)

PRUEBA DE DOS VÍAS ANOVA

Para las pruebas fueron clasificados de la siguiente forma los datos:

- Grupos = Color, Turbiedad y Hierro.
- Ríos = río San Juan, río Baudo, río Magdalena, río Atrato, río Arauca, río Metica, río Caguán.

Tabla 28. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Color en la Mañana.

	Df	F value	Pr (>F)
GRUPOS	1	54.724	0.0003133
RÍOS	6	1.2745	0.3879668

Fuente: La Autora, 2009

GRUPOS: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 54.724$, $df = 1, 6$, $P = 0.0003133$)

RÍOS: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.2745$, $df = 1, 6$, $P = 0.3879668$)

- ✓ Dado que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), por tanto si hay diferencias significativas en Grupos (Color de la mañana – Antes vs Después).
- ✓ Dado que $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), por tanto no hay diferencias significativas en Ríos (Color de la mañana – Antes vs Después).



1.1 COMPROBACIÓN DE LOS SUPUESTOS ANOVA

Tabla 29. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para color en la mañana.

	PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO – WILK	PRUEBA DE BARTLETT DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
GRUPOS	P – Value = 0.3944	P – Value = 0.0001537
RÍOS		P – Value = 0.9832

Fuente: La Autora, 2009

- ✓ Dado que $P < \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los grupos.
- ✓ Dado que $P > \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los ríos.

2. COLOR (UPC) TARDE - (ANTES VS DESPUES)

PRUEBA DE DOS VÍAS ANOVA

Tabla 30. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Color en la Tarde.

	Df	F value	Pr (>F)
GRUPOS	1	65.9216	0.0001874
RÍOS	6	1.3464	0.3635926

Fuente: La Autora, 2009

GRUPOS: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 65.9216$, $df = 1, 6$, $P = 0.0001874$)

RÍOS: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.3464$, $df = 1, 6$, $P = 0.3635926$)

- ✓ Dado que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), por tanto si hay diferencias significativas en Grupos (Color de la tarde – Antes vs Después).
- ✓ Dado que $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), por tanto no hay diferencias significativas en Ríos (Color de la tarde – Antes vs Después).



2.1 COMPROBACIÓN DE LOS SUPUESTOS ANOVA

Tabla 31. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para color en la tarde.

	PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO – WILK	PRUEBA DE BARTLETT DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
GRUPOS	P – Value = 0.6356	P – Value = 0.000216
RÍOS		P – Value = 0.99913

Fuente: La Autora, 2009

- ✓ Dado que $P < \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los grupos.
- ✓ Dado que $P > \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los ríos.

3. TURBIEDAD (UNT) (ANTES VS DESPUES)

3.1 PRUEBA DE DOS VÍAS ANOVA

Tabla 32. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Turbiedad.

	Tiempo	Df	F value	Pr (>F)
GRUPOS	Mañana	1	26.445	0.002131
RÍOS	Mañana	6	1.026	0.487949
GRUPOS	Tarde	1	23.1493	0.002966
RÍOS	Tarde	6	1.0293	0.486448

Fuente: La Autora, 2009

GRUPOS - MAÑANA: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 26.445$, $df = 1, 6$, $P = 0.002131$)

RÍOS - MAÑANA: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.026$, $df = 1, 6$, $P = 0.487949$)

GRUPOS - TARDE: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 23.1493$, $df = 1, 6$, $P = 0.002966$)

RÍOS - TARDE: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.0293$, $df = 1, 6$, $P = 0.486448$)



- ✓ Dado que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), por tanto si hay diferencias significativas en Grupos (Turbiedad, mañana - tarde (Antes vs Después)).
- ✓ Dado que $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), por tanto no hay diferencias significativas en Ríos (Turbiedad, mañana - tarde (Antes vs Después)).

3.2 COMPROBACIÓN DE LOS SUPUESTOS ANOVA

Tabla 33. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para Turbiedad.

	Tiempo	PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO – WILK	PRUEBA DE BARTLETT DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
GRUPOS	Mañana	P – Value = 0.4065	P – Value = 1.104e-11
RÍOS	Mañana		P – Value = 0.8548
GRUPOS	Tarde	P – Value = 0.2128	P – Value = 1.124e-11
RÍOS	Tarde		P – Value = 0.8576

Fuente: La Autora, 2009

- ✓ Dado que $P < \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los grupos (mañana y tarde).
- ✓ Dado que $P > \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los ríos (mañana y tarde).

4. HIERRO (MG/L) (ANTES VS DESPUES)

4.1 PRUEBA DE DOS VÍAS ANOVA

Tabla 34. Datos obtenidos de Prueba de dos vías ANOVA para Hierro.

	Tiempo	Df	F value	Pr (>F)
GRUPOS	Mañana	1	54.4930	0.000317
RÍOS	Mañana	6	1.3051	0.377361
GRUPOS	Tarde	1	52.4860	0.0003512
RÍOS	Tarde	6	1.3508	0.3621551

Fuente: La Autora, 2009



GRUPOS - MAÑANA: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 54.4930$, $df = 1, 6$, $P = 0.000317$)

RÍOS - MAÑANA: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.3051$, $df = 1, 6$, $P = 0.377361$)

GRUPOS - TARDE: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 52.4860$, $df = 1, 6$, $P = 0.0003512$)

RÍOS - TARDE: (Prueba de dos vías ANOVA: $F = 1.3508$, $df = 1, 6$, $P = 0.3621551$)

- ✓ Dado que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), por tanto si hay diferencias significativas en Grupos (Hierro, mañana - tarde (Antes vs Después)).
- ✓ Dado que $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), por tanto no hay diferencias significativas en Ríos (Hierro, mañana - tarde (Antes vs Después)).

4.2 COMPROBACIÓN DE LOS SUPUESTOS ANOVA

Tabla 35. Datos obtenidos de normalidad y homogeneidad de varianzas para Hierro.

	Tiempo	PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO – WILK	PRUEBA DE BARTLETT DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS
GRUPOS	Mañana	P – Value = 0.9485	P – Value = 0.0003522
RÍOS	Mañana		P – Value = 0.9579
GRUPOS	Tarde	P – Value = 0.941	P – Value = 0.0003099
RÍOS	Tarde		P – Value = 0.9556

Fuente: La Autora, 2009

- ✓ Dado que $P < \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los grupos (mañana y tarde).

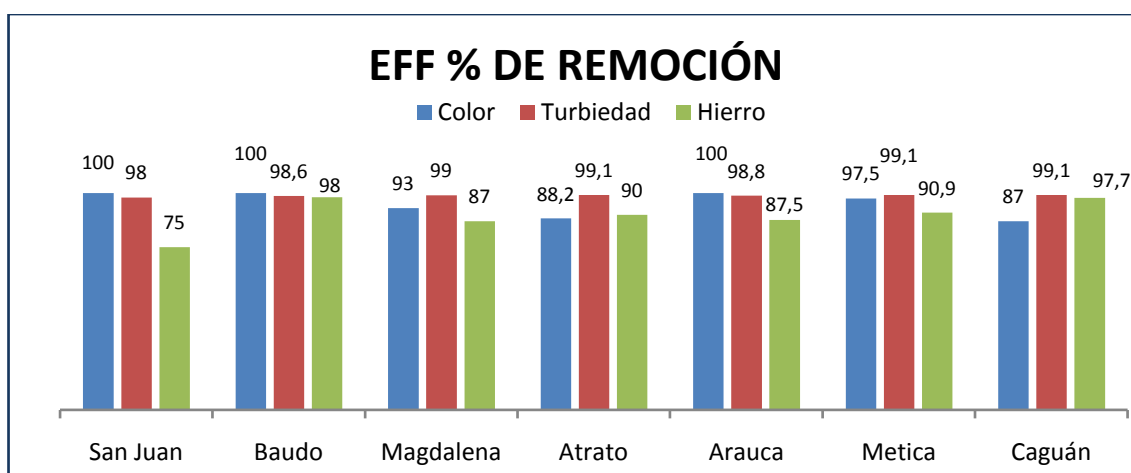


- ✓ Dado que $P > \alpha$; en homogeneidad de varianzas, se comprueba el supuesto Prueba de dos vías ANOVA de los ríos (mañana y tarde).

3.7.2 ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados obtenidos de las pruebas de dos vías ANOVA, dio como resultado que con los análisis de color, turbiedad y hierro el rechazo de la hipótesis nula (H_0), por tanto si hay diferencias significativas en los ensayos entre el antes y el después de ser potabilizada el agua, en donde se comprueba la eficiencia de remoción de color, turbiedad y hierro del agua durante el proceso de filtración directa.

Grafico 3. Eficiencia % de Remoción de Color, Turbiedad y Hierro en los ríos.



Fuente: La Autora, 2009

Los resultados obtenidos de las pruebas de dos vías ANOVA, para los ríos, reflejó que la probabilidad era mayor que $\alpha=0.05$ ($P > \alpha$), donde se acepta la hipótesis nula (H_0), por tanto no hay diferencias significativas en los ríos.

Esto no significa una falla en la eficiencia de los ríos, todo lo contrario, esto demuestra que se cuenta con un sistema compacto de potabilización de agua con



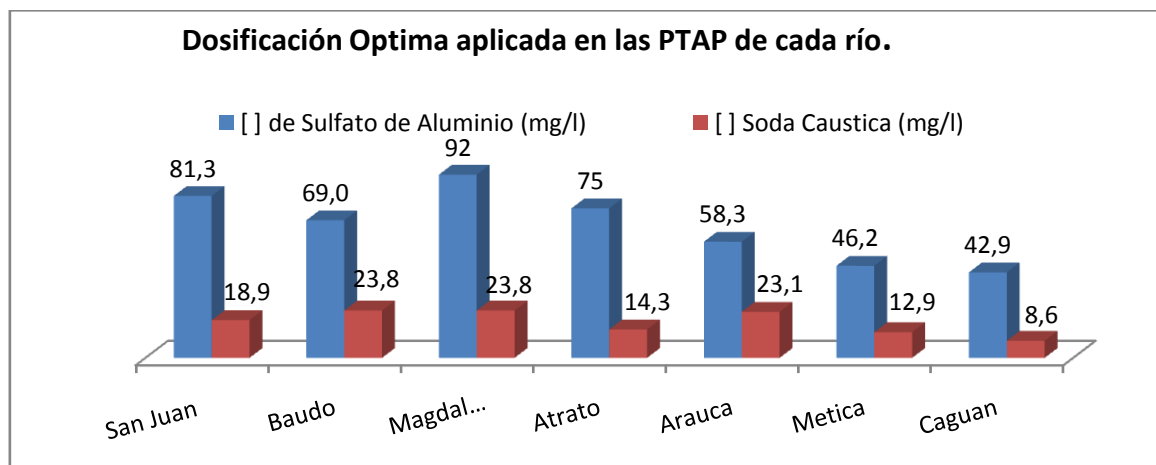
filtración directa eficiente en cada uno de los ríos empleados para los ensayos, donde, a pesar de tener características físico – químicas distintas en cada uno de ellos, el sistema de tratamiento logró realizar una remoción efectiva de los grupos analizados, y por tanto los ríos no tienen diferencias frente al tratamiento. Por esto el diseño de la planta de tratamiento fue el mismo para todos los ríos, en donde las variables fueron las características físico químicas de los ríos y las concentraciones de coagulante y alcalinizante aplicadas en cada una para lograr un óptimo rendimiento que da como resultado el cumplimiento de los parámetros físico químicos con la resolución 2115/2007.

Mediante el análisis estadístico se logró valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa en los ríos de estudio, en cuanto a parámetros de turbiedad, color y hierro, arrojando una diferencia significativa entre el antes y después del tratamiento al cual fue sometida el agua de los diferentes ríos. Estas diferencias nos demuestran una eficiencia general de remoción para turbiedad entre el 98 y 99%, para color entre el 87 y 100 % y hierro entre el 75 y 98%.

3.8 ANALISIS DE RESULTADOS EN CAMPO

La determinación de las concentraciones de solución de sulfato de aluminio y soda caustica, para cada uno de los puntos de graduación de la bomba dosificadora se demuestran mediante la **grafica.4**, la dosificación óptima de coagulante y alcalinizante aplicada a cada una de las plantas potabilizadoras de los hangares flotantes.

Grafica 4. Dosificación final aplicada en las PTAP de cada río

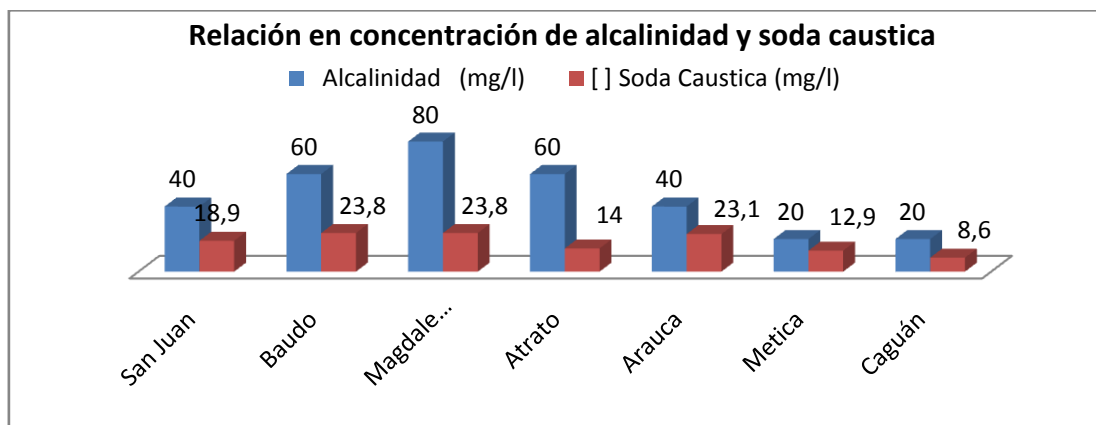


Fuente: Autora, 2009

En la grafica anterior se observa que la concentración de dosificación óptima de coagulante ($\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$), oscila entre 42,9 mgr/lit y 92 mg/lit, En donde los ríos que requirieron menor dosificación de ($\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$) fueron los ríos Caguán, metica y Arauca Esto debido a que los parámetros de calidad del agua no eran tan altos o críticos pues en estas épocas no se presentaron lluvias y los lugares en los cuales se encuentran ubicados los hangares presentaban baja turbulencia en sus aguas y por lo tanto una turbiedad inferior a 200 UNT, los ríos que requirieron mayor dosificación de coagulante, fueron los ríos San Juan, Atrato y magdalena con concentraciones de 75 mg/ lit y 92 mg/lit respectivamente, esto debido a que las características físico químicas del agua eran criticas y/o elevadas en comparación a los demás ríos, pues cuando se realizó el tratamiento del agua hubo alta presencia de lluvias, lo que genero corrientes fuertes que traían consigo gran cantidad de material orgánico e inorgánico en suspensión.



Grafica 5. Relación en concentración de alcalinidad y soda caustica



Fuente: Autora, 2009.

Con respecto a la dosificación de soda caustica se observa una oscilación de concentraciones entre 8.6 mg/lit y 23,8 mg/lit, identificando los ríos Metica y Caguán, con la menor concentración de dosificación esto debido a que la alcalinidad presente en estas aguas es baja en comparación con los ríos Magdalena y Atrato que llegaron a concentraciones de NaOH de 23,8 mg/lit y 14 mg/lit respectivamente.

Bajo la grafica anterior se observa que en todos los ríos fue necesario la aplicación de un alcalinizante puesto que las alcalinidades obtenidas en los análisis fueron bajas de acuerdo a valores dados por la tabla , y por tanto fue necesario realizar una dosificación de soda caustica en bajas proporciones para lograr la buena formación de flocs con la ayuda del sulfato de aluminio tipo A.

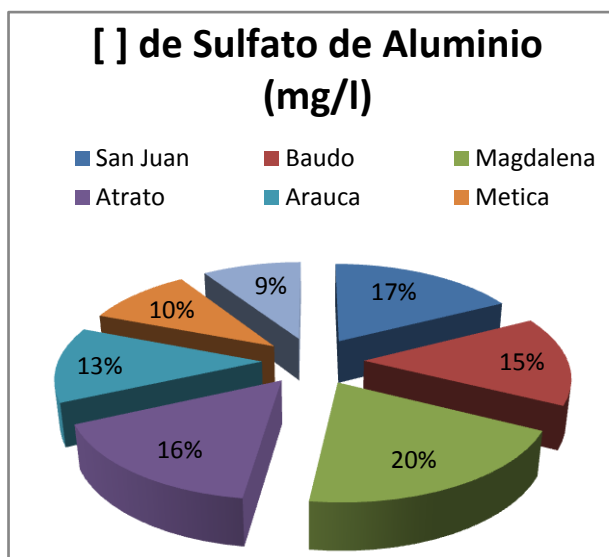
Tabla 36. Rangos de Alcalinidad

RANGOS DE ALCALINIDAD	
RANGO	ALCALINIDAD MG/L
BAJA	< 75
MEDIA	75 – 150
ALTA	>150

Fuente: Kevern (1989) citado en línea.www.uprm.edu/biology/profd/masso/manual



Grafica 6. Concentración de coagulante aplicada en las PTAP expresada en porcentaje



En este grafico se observa el porcentaje de concentración de coagulante dado para cada planta compacta potabilizadora de agua en los diferentes ríos en los cuales fue instalada y probada en hangares flotantes, de acuerdo al grafico se identifico la mayor concentración de sulfato de aluminio en el rio Magdalena con un 20%, seguido por

el río Atrato

Fuente: Autora, 2009

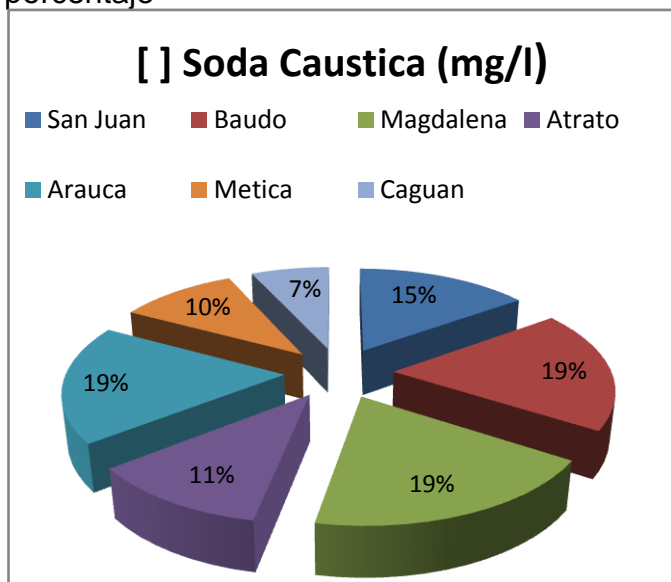
con un 16%, los cuales son proporcionales a la turbiedad, color y hierro, presentando valores de turbiedad de 371UNT y 353UNT, de color 28,5UPC y 25.5UPC, hierro 2.3 mg/l y 3 mg/l respectivamente; con un menor porcentaje de concentración el río Caguán obteniendo un 9% en la grafica, el cual presenta una turbiedad de 180 UNT, color 19UPC y hierro 2,2 mg/l.

La planta de agua potable ubicada en el río San Juan presenta el segundo porcentaje más alto en sulfato de aluminio con un 17%, pero a su vez cuenta con una turbiedad de entrada de 70,5UNT,color 15UPC y hierro 0,8mg/l lo cual estaría contradiciendo los resultados obtenidos en los otros ríos, pero esto es debido a que las pruebas que se realizaron con esta planta fue en agua salobres ya que no fue permitido entrar a aguas más dulces, este tipo de agua pudo afectar la dosificación de químico por los diferentes componentes disueltos que se



encuentran en las aguas salobres y por tanto provocar una alta dosificación de coagulante.

Grafica 7. Concentración de Alcalinizante aplicada en las PTAP expresada en porcentaje



En esta grafica los porcentajes máximos de concentración de soda caustica encontrados fueron del 19% en los ríos Magdalena y Baudó, y como más bajos los ríos Caguán y Metica lo cual resulta ser consecuente con los resultados obtenidos en concentración de sulfato de aluminio , teniendo en cuenta

que en las Fuente: Autora, 2009

siete plantas potabilizadoras instaladas la concentración del coagulante fue superior a la del alcalinizante en donde normalmente presentaban una diferencia promedio de 2 puntos en graduación de la bomba dosificadora.

De acuerdo a las concentraciones de sulfato de aluminio el cual actúa como coagulante y la soda caustica como alcalinizante, presentan un efecto beneficioso para el tratamiento por filtración directa ya que los dos productos químicos reaccionaron muy bien con las características del agua permitiendo la rápida formación de flocs estables que son retenidos por los lechos de filtración.



3.8.1 CONSECUENCIAS DE DOSIFICACIONES NO ÓPTIMAS.

- Cuando se adicionó una cantidad del coagulante baja, no se logró neutralizar totalmente la carga de la partícula, generando una formación escasa de microfloculos.
- Al adicionar alta dosis de coagulante y alcalinizante produce la inversión de la carga de la partícula, generando la formación de microfloculos con tamaños muy pequeños, obteniendo agua con coloración lechosa.

3.8.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA LITERATURA

- De acuerdo a los análisis físicos químicos y microbiológicos realizados de; pH, color, olor, turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza total, hierro, cloruros, cloro residual libre, fosfatos, sulfatos, recuento de aerobios mesofilos, recuento de coliformes totales y E.coli, en las diferentes áreas de instalación de la PTAP, se demuestra el cumplimiento de los mismos bajo la resolución 2115/2007.

Se demostró que sí es posible implementar un sistema compacto de potabilización de agua por medio de filtración directa, es decir se está refutando la teoría de Jorge Arboleda Valencia, la cual dice que:

“...Aguas que exceden en forma permanente los 50 UPC de color y los 30 UNT de turbiedad ya sea conjunta o individualmente, en principio deben ser tratados con los cuatro procesos que son mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración...”



Y en este proyecto de grado se omitió el procedimiento de sedimentación, es decir, se realizó la mezcla rápida, floculación y filtración, logrando con estos tres procedimientos dar cumplimiento a la normatividad legal vigente.

Además se contradice con la teoría de la AWWA a cerca de los parámetros ideales que debe tener el agua para poder aplicar la técnica de filtración directa que son: Turbidez < 5 UNT y Hierro < 0.3 mg/Lt; Pues los parámetros manejados en el presente proyecto en turbiedad estuvieron entre 56 y 372 UNT, y hierro entre 0.8 y 3.3 mg/lit, con estos parámetros tan elevados se aplicó la técnica de filtración directa y dio excelentes resultados, dando cumplimiento a la resolución 2115/2007.

- Las unidades de platino de cobalto (Color) más altas se encontraron en los ríos Metica, Magdalena y Arauca con valores de 40, 28 y 22 respectivamente, estos valores se relacionan generalmente con las concentraciones de hierro identificadas en estos ríos pues según la literatura (Publicaciones del ENOHSA)²⁵ el color del agua depende de la presencia de iones de hierro y aluminio, presentándose en los resultados de análisis de este proyecto concentraciones en hierro de 3.3mg/l, 2.3 mg/l, y 3.2 mg/l para cada uno de los ríos anteriormente mencionados.
- De acuerdo a pruebas realizadas de filtración directa por diferentes autores, establecen rangos máximos de concentración de coagulante empleado según las características del agua, mostradas en la **tabla 37**.

²⁵ Citado en línea.< www.frbb.utn.edu.ar/frbb/images/.../Potabilizacion_de_aguas.ppt> El 15 de octubre



Tabla 37. Concentraciones ideales para la implementación de filtración directa según literatura.

Parámetro	Unidades dadas por literatura	Según la AWWA		Según (Autor) Jorge Arboleda
		[] $Al_2(SO_4)_3$ Favorables	[] $Al_2(SO_4)_3$ Desfavorables	[] $Al_2(SO_4)_3$ Favorables
Color	< 40 UPC	De 6 a 7 mg/Lt y una pequeña dosis de polímeros	15 mg/Lt	4 y 8 mg/Lt, con o sin adición de polímeros.
Turbiedad	< 5 UNT			
Hierro	< 0.3 mg/l			

Fuente: Autora, 2009

Tabla 38. Parámetros bajo los cuales se llevo a cabo la técnica de filtración directa en Hangares Flotantes.

PTAP en Ríos	Color	Turbiedad	Hierro	[] $Al_2(SO_4)_3$	[] NaOH
Metica	40UPC	221,5UNT	3.3 mg/l	46,2 mg/l	12,9 mg/l
Arauca	20	160	3.2	58,3 mg/l	23,1 mg/l
Magdalena	28,5	371	2.3	92 mg/l	23,8 mg/l

Fuente: Autora, 2009

Según la AWWA y el Ingeniero Jorge Arboleda Valencia establecen límites de concentración de sulfato de aluminio para la implementación de un sistema de potabilización de agua por filtración directa, de acuerdo a rangos máximos de concentración de coagulante, en donde se observa claramente la restricción que dan para emplear este tipo de filtración, ya que con pruebas que realizaron no es



posible implementar la filtración directa para parámetros de turbiedad, hierro y color altos, como sí lo fueron en el proyecto de grado realizado en donde se demuestra la viabilidad del sistema a pesar de tener altos rangos que se muestran en la **tabla 38** y por consiguiente mayor concentración de coagulante , el cual por su concentración a pesar de ser mayor a la establecida por la literatura no sobrepasa valores máximos admisibles en sulfatos ni otros elementos que determinan la óptima calidad del agua para consumo.(demostrado en informe de análisis, en el **Anexo 3**)

- El sistema compacto de potabilización de agua no requiere de recursos humanos calificados para su operación y mantenimiento, lo que difiere de la tabla 3 del artículo de aplicación de la tecnología de la filtración directa en el tratamiento de agua cruda del río Meléndez ya que el diseño y accesorios de la misma permiten su fácil operación, requiriendo previamente de una capacitación teórica y práctica para el manejo de la unidad.



4. CONCLUSIONES

- Se determinaron los factores relevantes para el diseño y construcción de una planta compacta potabilizadora de agua por filtración directa, en donde los factores identificados fueron; necesidad de la unidad flotante, Espacios de localización y transporte, Tipo y calidad de materiales, Población y Calidad del agua cruda. Los anteriores factores relevantes se determinaron mediante investigaciones y visitas preliminares.
- Los parámetros básicos en el diseño de un sistema de filtración directa para un hangar flotante son con una carga hidráulica de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, caudal de $0,6 \text{ LPS}$ en filtrado y $1,2 \text{ LPS}$ en lavado y mezcla rápida con un tiempo de 15 seg y velocidad de $0,4 \text{ m/s}$.
- En el diseño de la Planta Compacta Potabilizadora de Agua por Filtración Directa, se manejó una carga hidráulica igual para el floculador y los lechos filtrantes, con el fin de asegurar o garantizar las altas eficiencias de remoción, en los puntos de estudio pues las características físico químicas y microbiológicas en los ríos cambian continuamente generando alteraciones en el proceso de filtración como; Colmatación de filtros, formación de floc inestable y presencia de coloides en el tanque de almacenamiento de agua potable.
- Se logró diseñar e implementar un sistema compacto de potabilización de agua con filtración directa eficiente en cada uno de los ríos empleados para los ensayos, donde a pesar de tener características físico químicas y microbiológicas distintas en cada uno de ellos, el sistema de tratamiento logra realizar una remoción efectiva de los grupos analizados, y por tanto los ríos no tienen diferencias frente al tratamiento. Por esto el diseño de la planta de tratamiento fue el mismo para todos los ríos, en donde las variables fueron las características físico químicas de los ríos y las concentraciones de coagulante y



alcalinizante aplicadas en cada una para lograr un óptimo rendimiento que da como resultado el cumplimiento de los parámetros físico químicos con la resolución 2115/2007.

- Mediante el análisis estadístico se logro valorar y comparar la eficiencia de la filtración directa en los ríos de estudio, en cuanto a parámetros de turbiedad, hierro y color, arrojando una diferencia significativa entre el antes y después del tratamiento al cual fue sometida el agua de los diferentes ríos. Estas diferencias nos demuestran una eficiencia general de remoción para turbiedad entre el 98 y 99%, para color entre el 87 y 100 %, hierro entre el 75 y 98%.
- Se demostró que las concentraciones de sulfato de aluminio el cual actúa como coagulante y la soda cáustica como alcalinizante, presentan un efecto beneficioso para el tratamiento por filtración directa ya que los dos productos químicos reaccionaron muy bien con las características del agua permitiendo la rápida formación de flocs estables que son retenidos por los lechos de filtración, esto se logro determinando la concentración de dosificación óptima de coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), la cual oscila entre 42,9 mgr/l y 92 mg/l, y la dosificación de soda caustica presentó las concentraciones que oscilaron entre 8.6 mg/l y 23,8 mg/l, permitiendo de esta manera al final del tratamiento obtener agua óptima para consumo humano.
- Por el cambio continuo en la calidad del agua a tratar, se tendrá que realizar manipulación de la perilla de las bombas dosificadoras para aumentar o reducir la cantidad de coagulante y alcalinizante a dosificar, con el fin de obtener un efluente apto para consumo humano, de no realizarse esta acción por parte del operario se presenta en el tanque de almacenamiento de agua potable sedimentos, los cuales afectarían las condiciones del agua que ya ha sido tratada, en vista de esto se implementó un sistema de micro filtración de 30 a 5 micras para retener las partículas en suspensión que aún han quedado en el agua.



- En el informe de análisis fisicoquímico para la planta potabilizadora en el río Arauca se presenta una reducción en el pH para el agua potabilizada con un valor de 5.34 respecto a 6.93 de entrada debido a que no fue dosificada la dosis óptima de coagulante y por tanto no permitió equilibrar el pH del sistema, y de la misma forma se verifica los resultados de la alcalinidad antes y después de ser tratada en donde se corrobora lo dicho puesto que tiene una concentración de 19.3 mg/l con salida al tanque de almacenamiento de 1,88 mg/l lo cual demuestra el bajo parámetro en pH del agua.
- De acuerdo a los análisis físicos químicos y microbiológicos realizados de; pH, color, olor, turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza total, hierro, cloruros, cloro residual libre, fosfatos, sulfatos, recuento de aerobios mesofilos, recuento de coliformes totales y E.coli, en las diferentes áreas de instalación de la PTAP, se demuestra el cumplimiento de los mismos bajo la resolución 2115/2007.
- Los resultados de análisis fisicoquímico para los ríos Metica y Arauca muestran la presencia de aerobios mesofilos y coliformes totales lo que representa presencia de diferentes microorganismos que afectan la calidad de vida para las personas, los cuales son eliminados por medio de la filtración directa, logrando dar cumplimiento con la resolución 2115/2007.
- Se logra establecer una concentración de cloro residual libre entre 0.5 y 1 mg/l en los tanques de almacenamiento de agua potable en Hangares Flotantes donde fue instalado el sistema compacto de potabilización por filtración directa, sin sobrepasarse en los máximos permisibles por la normatividad.
- Se logró diseñar e implementar sistemas compactos de potabilización de agua por filtración directa para unidades navales, los cuales son prácticos de operar, con bajos costos de mantenimiento, que permiten obtener agua óptima para consumo.



5. RECOMENDACIONES

- Evaluar la eficiencia de filtración del turbidex en sólidos en suspensión frente a la arena sílice, para corroborar la eficiencia de la filtración directa ya que en el presente proyecto se efectuó de forma mixta.
- Verificar mediante pruebas a escala real la influencia que tiene la conductividad del agua con la dosificación de producto químico, puesto que a pruebas realizadas en aguas salobres y con turbiedad de 75UNT se requirió de concentraciones altas de coagulante.
- Realizar la identificación de microorganismos patógenos removidos con la técnica de filtración directa.
- Realizar el sistema de filtración directa bajo el control de equipos de medición de sólidos y pH conectados en la línea de entrada al sistema de filtración, para que en los cambios generados por las variaciones en las características físico químicas del agua a tratar, las bombas dosificadoras puedan dosificar menor ó mayor cantidad de solución química al ingreso de la planta.
- Seguir estrictamente el manual de operación y mantenimiento de la planta para evitar futuras fallas como colmatación en el sistema de filtración, mala dosificación de químico por falta de limpieza y mantenimiento de los accesorios que componen las bombas dosificadoras.
- El operario a cargo de la unidad de potabilización tendrá que estar atento a los cambios de las condiciones del agua cruda, pues la dosificación de soluciones químicas cambian dependiendo el aumento o reducción de las características del agua y por tanto se puede generar un agua con contenido de producto químico y sedimentos.
- Realizar análisis periódicos con laboratorios acreditados por el Ideam para determinar la eficiencia del sistema de filtración.



BIBLIOGRAFÍA

- D. Letterman, Raymond. Calidad y Tratamiento del Agua. Madrid: McGraw-Hill Profesional, 2002.
- R. Rojas, Jairo Alberto. Purificación del agua. Escuela Colombiana de Ingeniería, segunda edición. Bogotá; 2000
- Citado en línea. Ministerio de Defensa Nacional.< www.armada.mil.co>
- Citado en línea <Filtración. www.fortunecity.es/felices/andorra/.../filtracion.ht> El 11 de noviembre de 2009
- **Decreto 1575 de 2008**, "Por la cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano" MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL"
- **Resolución 2115 de 2007**, "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano" MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL
- Citado en línea. <www.mediomarino.com/index.cgi?wid...51...>, El 20 de noviembre de 2009
- Kiely Gerard. Ingeniería Ambiental-fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid: McGraw Hill, 2001.
- G. Brage. Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros del agua comunitaria, (2002)
- Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: Tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países de desarrollo/ CEPIS, 1988



ANEXOS



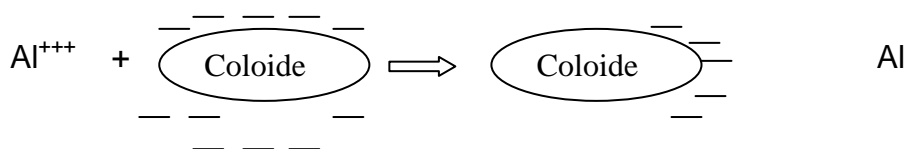
ANEXO 1. SUSTANCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN

Durante las pruebas realizadas se utilizó dos componentes químicos para la coagulación – floculación para la potabilización del agua, los cuales fueron:

- Sulfato de Aluminio Tipo A.
- Soda Caustica en escamas
- **Sulfato de Aluminio Tipo A**

El sulfato de aluminio se eligió como coagulante, por ser uno de los componentes estándar para el tratamiento de aguas, siendo de alta eficiencia en los mismos.

Cuando al agua se añade la solución de sulfato de aluminio, las moléculas se disocian en Al^{+++} y $SO_4=$. El Al^{+++} tiene la gran ventaja de combinarse con coloides cargados negativamente y neutraliza parte de la carga de esta partícula, como se observa en la siguiente figura:



El aluminio puede también combinarse con los OH^- para formar hidróxido de aluminio.



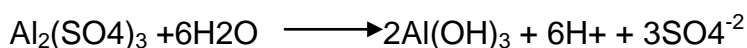
Este hidróxido de aluminio es de carácter coloidal, ya que adsorbe iones positivos en solución para formar un floc cargado positivamente, el cual neutraliza la carga de los coloides negativos y ayuda a completar la aglomeración de los iones negativos. Casi siempre se forma un exceso de hidróxido de aluminio y su



destrucción y precipitación se logra mediante los iones sulfato y otros iones negativos presentes en el agua.

Los cationes metálicos reaccionan inmediatamente con el agua para formar iones acuimetalicos e hidrogeno; los aniones permanecen libres o combinados con otros cationes. Los iones acuimetalicos son adsorbidos por el coloide negativo y neutralizan su carga superficial permitiendo la coagulación. La coagulación por adsorción y neutralización de la carga es posiblemente el fenómeno predominante en soluciones de alta concentración de coloides. Se Debe tener en cuenta, que si se sobre dosifica el coagulante y el alcalinizante, resurge el coloide negativo causando turbiedad y color al agua.

El sulfato de aluminio presenta la siguiente reacción:



Esta reacción va disminuyendo su pH a medida que la reacción se lleva a cabo hasta un punto en que se detiene. Si el agua contiene bicarbonatos, el pH puede mantenerse relativamente constante. Cuanto menor sea la dosis de coagulante, tanto mayor será la sensibilidad del flóculo a cambios en el pH.

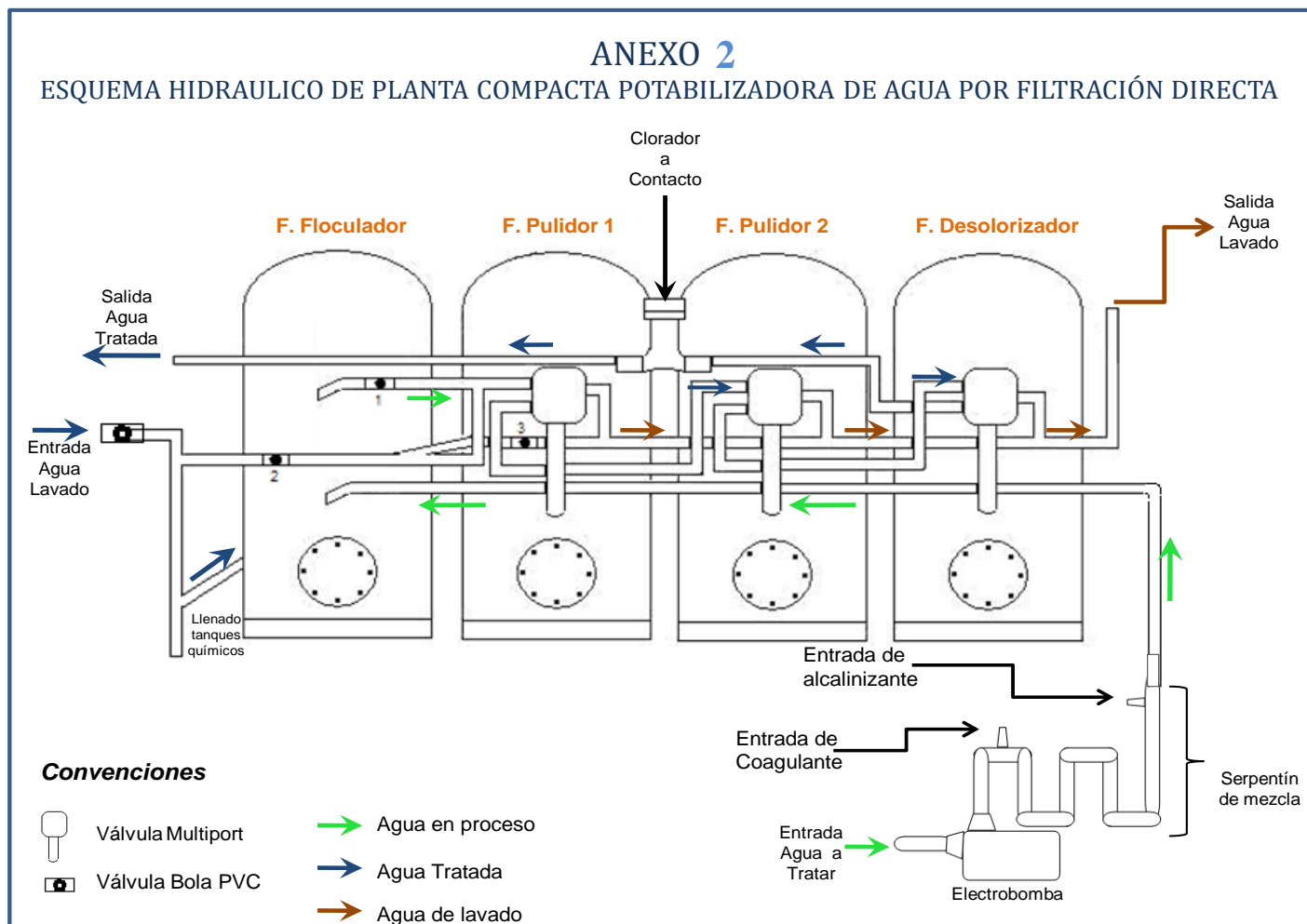
➤ **Soda Caustica en escamas**

El hidróxido de sodio (NaOH), a temperatura ambiente es un sólido blanco, cristalino, sin olor, que adsorbe la humedad del aire, siendo soluble en agua.

La adición de alcalinizante, que en este caso es la soda caustica depende de la alcalinidad natural del agua. Aunque en todos los procesos de potabilización fue necesario utilizarlo ya que aceleraba la formación de flocs.



ANEXO 2. ESQUEMA HIDRAULICO DE PTAP POR FILTRACION DIRECTA





ANEXO 3. INFORME DE ANALISIS FISICO QUIMICOS

PARAMETRO	METODOLOGIA	CONCENTRACION AGUA CRUDA							CONCENTRACION AGUA TRATADA							CONCENTRACION DE LA NORMA 2115/2007		CUMPLE	
		RIO							RIO									SI	NO
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	valor	Unidad		
pH (unidades de pH)	Medidor digital de Ph. HQ 11 D Hach	6.5	7.5	6	7	7	6.5	6	7.4	7.8	8	7.2	7.3	7	6.5	6,5 - 9	pH	X	
Color aparente (UPC)	colorimetria	15	20.5	28.5	25.5	20	40	19	0	0	2	3	0	1	0	15	(UPC)	X	
Olor	organoléptica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Aceptable	Aceptable	X	
Sabor	organoléptica	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Aceptable	Aceptable	X	
Turbiedad (UTN)	Espectrofotometro portátil	70.5	210	371	354	160	221.5	180	1.44	2.9	3.8	3.15	1.9	2	1.55	2	(UTN)	X	
Alcalinidad total (CaCO ₃) (mg/l)	Titulación 5-400 mg/l modelo AL-AP MG-L	40	60	80	60	40	20	20	40	60	80	60	40	20	20	200	(mg/l)	X	
Nitritos (NO ₂) (mg/l)	colorimetria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	(mg/l)	X	
Dureza (CaCO ₃) (mg/l)	Titulación 20-400 mg/l modelo 5-EP MG-L	40	100	80	40	40	40	40	40	100	80	40	40	40	40	300	(mg/l)	X	
Hierro (Fe) (mg/l)	Colorimetria 0.5 mg/l modelo IR-18	0.8	2.5	2.3	3	3.2	3.3	2.15	0.2	0.05	0.3	0.3	0.4	0.3	0.05	0,3	(mg/l)	x	
Cloro libre (CL ₂) (mg/l)	Colorimetria 0-3.5 mg/l modelo CN-F	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.3	0.8	1	1	1	0.8	0,3 – 2	(mg/l)	x	

CONVENCIONES:

1. Río San Juan 2. Río Baudo 3. Río Magdalena 4. Río Atrato 5. Río Arauca 6. Río Metica 7. Río Caguán

FECHA: 9/11/2008 22/11/2008 29/04/2009 15/05/2009 26/05/2009 20/08/2009 9/10/2009



En la tabla anterior se observan los datos promedios diarios para cada uno de los parámetros analizados, divididos en dos columnas principales que constituyen los valores obtenidos previos al tratamiento y los valores después del tratamiento determinados para cada uno de los puntos objeto de estudio, en la columna siguiente se consignaron los resultados de los análisis realizados en campo y seguidamente se encuentran los límites máximos establecidos por la resolución 2115/2007, en donde al finalizar la tabla se observa que hay un cumplimiento total de la mencionada resolución.

Esto nos ratifica que la técnica de filtración directa es viable para la implementación en los hangares flotantes y en buques fluviales, cuando el agua presenta parámetros críticos.



INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Análisis N°: 09A_734_11

Página: 1 de 1

Señor (es): Ing. Helena Rocío Rojas Código:
Dirección: Puesto Fluvial Avanzado N°41. Armada Nacional META
Tel: 317-6681745

TIPO DE MUESTRA : AGUA RÍO METICA PUESTO LOPEZ (META)
Identificación/Lote : NA Cantidad de muestra: 1,4 Litros
Fecha de Fabricación : NA Fecha de Vencimiento: NA

Muestreado por : Ing. Helena Rojas
Fecha de Muestreo : 11/11/2009
Fecha de análisis : 12/11/2009
Fecha de resultado : 17/11/2009
Método : Standard Methods SM
Especificaciones : Resolución 2115-2007 del Ministerio de la protección Social.

Ensayo	Metodología	Especificación Máximos permisibles	Resultado
pH	SM 4500 H ⁺	6.5 – 9.0	6.76
Color	SM 2120C	Máx. 15 UPC	35 UPC
Olor	Organoléptico	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	SM 2130 B	Máx. 2 UNT	360 UNT
Conductividad	SM 2510 B	Máx. 1000 µS/cm	51.7 µS/cm
Alcalinidad	SM 2320 B	Máx. 200 mg CaCO ₃ /L	12.5 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	SM 2340 C	Máx. 300 mg CaCO ₃ /L	22.5 mg CaCO ₃ /L
Hierro	SM 3500 Fe B	Máx. 0.3 mg Fe/L	3.97 mg Fe/L
Cloruros	SM 4500 Cl ⁻ D	Máx. 250 mg Cl ⁻ /L	< 2.95 mg Cl ⁻ /L
Cloro residual libre	SM 4500 Cl ⁻ F	0.3 -2.0 mg Cl ₂ /L	0 mg Cl ₂ /L
Fosfatos	SM 4500 P D	Máx. 0.5 mg PO ₄ ³⁻ /L	0.32 mg PO ₄ ³⁻ /L
Sulfatos	4500 SO ₄ ²⁻ E	Máx. 250 mg SO ₄ ²⁻ /L	21.7 mg SO ₄ ²⁻ /L
Recuento de Aerobios Mesófilos	Filtración por membrana	Menor a 100ufc/100mL	1200ufc/100mL
Recuento de Coliformes Totales	Filtración por membrana	Ausentes/100 mL	110ufc/100mL
E.coli	Filtración por membrana	Ausentes/ 100mL	Ausente/100mL

CONCLUSION: No cumple especificaciones para los parámetros Color, Turbiedad, Hierro y Cloro residual libre y coliformes Totales..

Observaciones: Se observan partículas sólidas en suspensión.

Nota: Análisis válido para las muestras analizadas.

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de ANALYSERVICES LTDA.

NE: No especifica

NA: No aplica

afc
Fabiola Correa A.
Director Técnico

17-11-2009
Fecha de Expedición





INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Análisis N°: 09A_735_11

Página: 1 de 1

Señor (es): Ing. Helena Rocio Rojas
Dirección: Puesto Fluvial Avanzado N°41. Armada Nacional META
Tel: 317-6681745

Código:

TIPO DE MUESTRA : AGUA TRATADA RÍO METICA PUESTO LOPEZ (META)
Identificación/Lote : NA Cantidad de muestra: 1,4 Litros
Fecha de Fabricación : NA Fecha de Vencimiento: NA

Muestreado por : Ing. Helena Rojas
Fecha de Muestreo : 11/11/2009
Fecha de análisis : 12/11/2009
Fecha de resultado : 17/11/2009
Método : Standard Methods SM
Especificaciones : Resolución 2115-2007 del Ministerio de la protección Social.

Ensayo	Metodología	Especificación Máximos permisibles	Resultado
pH	SM 4500 H ⁺	6.5 – 9.0	7.39
Color	SM 2120C	Máx.15 UPC	< 4 UPC
Olor	Organoléptico	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	SM 2130 B	Máx. 2 UNT	1 UNT
Conductividad	SM 2510 B	Máx.1000 µS/cm	52.6 µS/cm
Alcalinidad	SM 2320 B	Máx.200 mg CaCO ₃ /L	20.7 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	SM 2340 C	Máx.300 mg CaCO ₃ /L	19.7 mg CaCO ₃ /L
Hierro	SM 3500 Fe B	Máx. 0.3 mg Fe/L	0.09 mg Fe/L
Cloruros	SM 4500 Cl ⁻ D	Máx. 250 mg Cl ⁻ /L	< 2.95 mg Cl ⁻ /L
Cloro residual libre	SM 4500 Cl ⁻ F	0.3 -2.0 mg Cl ₂ /L	0.82 mg Cl ₂ /L
Fosfatos	SM 4500 P D	Máx. 0.5 mg PO ₄ ³⁻ /L	0.16 mg PO ₄ ³⁻ /L
Sulfatos	4500 SO ₄ ²⁻ E	Máx. 250 mg SO ₄ ²⁻ /L	8.62 mg SO ₄ ²⁻ /L
Recuento de Aerobios Mesófilos	Filtración por membrana	Menor a 100ufc/100mL.	2 ufc/100mL
Recuento de Coliformes Totales	Filtración por membrana	Ausentes/100 mL	0 ufc/100mL
E.coli	Filtración por membrana	Ausentes/ 100mL	Ausente/100mL

CONCLUSION: Cumple especificaciones para Agua Potable.

Observaciones: Ninguna

Nota: Análisis válido para las muestras analizadas.

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de ANALYSERVICES LTDA.

NE: No especifica

NA: No aplica

afe
Fabiola Correa A
Director Técnico

17-11-2009
Fecha de Expedición





INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Análisis N°: 09A_752_11

Página: 1 de 1

Señor (es): Ing. Helena Rocio Rojas
Dirección: Puesto Fluvial Armada Nacional Arauca
Tel: 317-6681745

Código: EN

TIPO DE MUESTRA : AGUA RÍO ARAUCA (Puesto Fluvial Armada Nacional)
Identificación/Lote : NA Cantidad de muestra: 1,4 Litros
Fecha de Fabricación : NA Fecha de Vencimiento: NA

Muestreado por : Ing. Helena Rojas
Fecha de Muestreo : 17/11/2009
Fecha de análisis : 17/11/2009
Fecha de resultado : 24/11/2009
Método : Standard Methods SM
Especificaciones : Resolución 2115-2007 del Ministerio de la protección Social.

Ensayo	Metodología	Especificación Máximos permisibles	Resultado
pH	SM 4500 H ⁺	6,5 – 9,0	6.93
Color	SM 2120C	Máx.15 UPC	28 UPC
Olor	Organoléptico	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	SM 2130 B	Máx. 2 UNT	287 UNT
Conductividad	SM 2510 B	Máx.1000 µS/cm	49.9 µS/cm
Alcalinidad	SM 2320 B	Máx.200 mg CaCO ₃ /L	19.3 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	SM 2340 C	Máx.300 mg CaCO ₃ /L	24.3 mg CaCO ₃ /L
Hierro	SM 3500 Fe B	Máx. 0.3 mg Fe/L	2.94 mg Fe/L
Cloruros	SM 4500 Cl ⁻ D	Máx. 250 mg Cl ⁻ /L	< 2.95 mg Cl ⁻ /L
Cloro residual libre	SM 4500 Cl ⁻ F	0.3 -2.0 mg Cl ₂ /L	0 mg Cl ₂ /L
Fosfatos	SM 4500 P ⁻ D	Máx. 0.5 mg PO ₄ ³⁻ /L	0.74 mg PO ₄ ³⁻ /L
Sulfatos	4500 SO ₄ ²⁻ E	Máx. 250 mg SO ₄ ²⁻	12.8 mg SO ₄ ²⁻
Recuento de Aerobios Mesófilos	Filtración por membrana	Menor a 100ufc/100mL.	85000ufc/100mL
Recuento de Coliformes Totales	Filtración por membrana	Ausentes/100 mL	100ufc/100mL
E.coli	Filtración por membrana	Ausentes/ 100mL	Ausente/100mL

CONCLUSION: No cumple especificaciones para Agua potable.

Observaciones: Ninguna

Nota: Análisis válido para las muestras analizadas.

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de ANALYSERVICES LTDA.
NE: No especifica NA: No aplica

afc
Fabiola Correa A
Director Técnico

24-11-2009
Fecha de Expedición





INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Análisis N°: 09A_753_11

Página: 1 de 1

Señor (es): Ing. Helena Rocio Rojas
Dirección: Puesto Fluvial Armada Nacional Arauca
Tel: 317-6681745

Código: EN

TIPO DE MUESTRA : AGUA TRATADA RÍO ARAUCA (Puesto Fluvial Armada Nacional)
Identificación/Lote : NA Cantidad de muestra: 1,4 Litros
Fecha de Fabricación : NA Fecha de Vencimiento: NA

Muestreado por : Ing. Helena Rojas
Fecha de Muestreo : 17/11/2009
Fecha de análisis : 17/11/2009
Fecha de resultado : 24/11/2009
Método : Standard Methods SM
Especificaciones : Resolución 2115-2007 del Ministerio de la protección Social.

Ensayo	Metodología	Especificación Máximos permisibles	Resultado
pH	SM 4500 H ⁺	6.5 – 9.0	5.34
Color	SM 2120C	Máx.15 UPC	0 UPC
Olor	Organoléptico	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	SM 2130 B	Máx. 2 UNT	2 UNT
Conductividad	SM 2510 B	Máx.1000 µS/cm	72.9 µS/cm
Alcalinidad	SM 2320 B	Máx.200 mg CaCO ₃ /L	1.88 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	SM 2340 C	Máx.300 mg CaCO ₃ /L	30.7 mg CaCO ₃ /L
Hierro	SM 3500 Fe B	Máx. 0.3 mg Fe/L	0.21 mg Fe/L
Cloruros	SM 4500 Cl ⁻ D	Máx. 250 mg Cl ⁻ /L	< 2.95 mg Cl ⁻ /L
Cloro residual libre	SM 4500 Cl ⁻ F	0.3 -2.0 mg Cl ₂ /L	0.86 mg Cl ₂ /L
Fosfatos	SM 4500 P D	Máx. 0.5 mg PO ₄ ³⁻ /L	0.34 mg PO ₄ ³⁻ /L
Sulfatos	4500 SO ₄ ²⁻ E	Máx. 250 mg SO ₄ ²⁻	39.5 mg SO ₄ ²⁻
Recuento de Aerobios Mesófilos	Filtración por membrana	Menor a 100/100mL.	0 ufc/100mL
Recuento de Coliformes Totales	Filtración por membrana	Ausentes/100 mL	Ausente/100mL
E.coli	Filtración por membrana	Ausentes/ 100mL	Ausente/100mL

CONCLUSION: No cumple pH . Los demás parámetros cumplen especificaciones para Agua potable.

Observaciones: Ninguna

Nota: Análisis válido para las muestras analizadas.

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de ANALYSERVICES LTDA.

NE: No especifica

NA: No aplica

Fabiola Correa A
Director Técnico

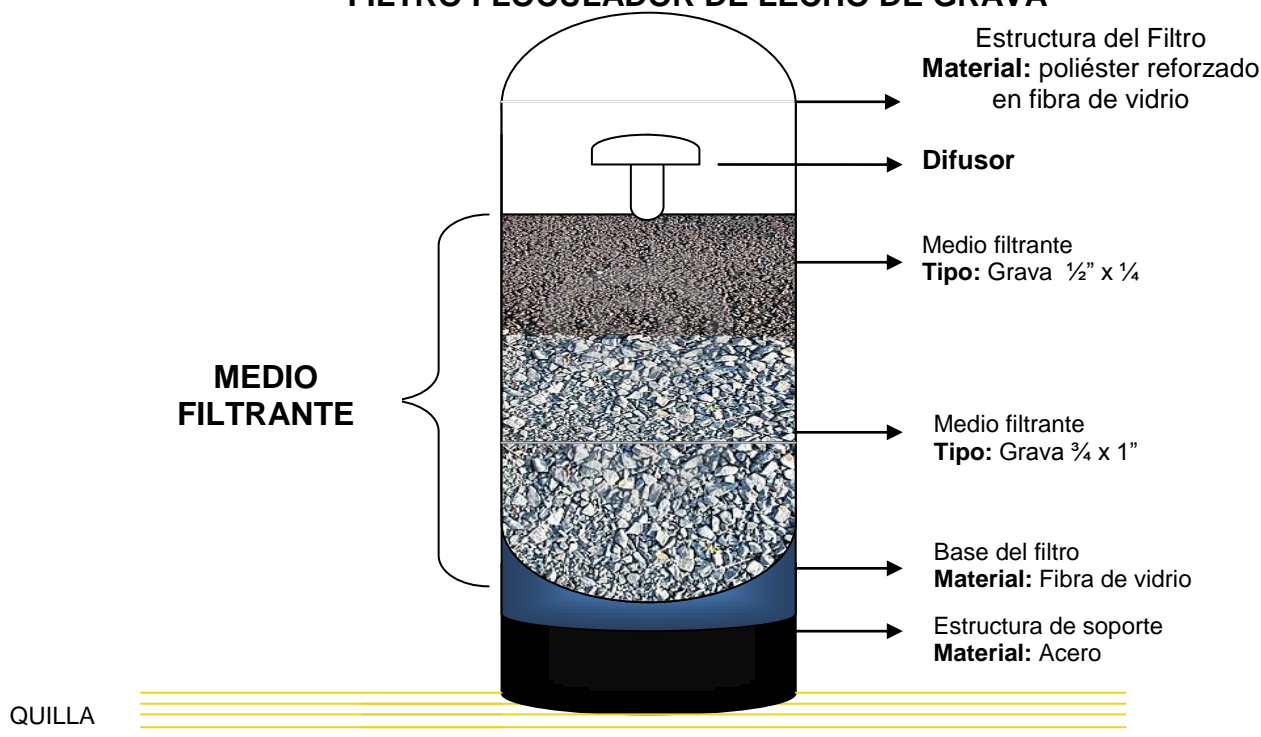
24-11-2009
Fecha de Expedición



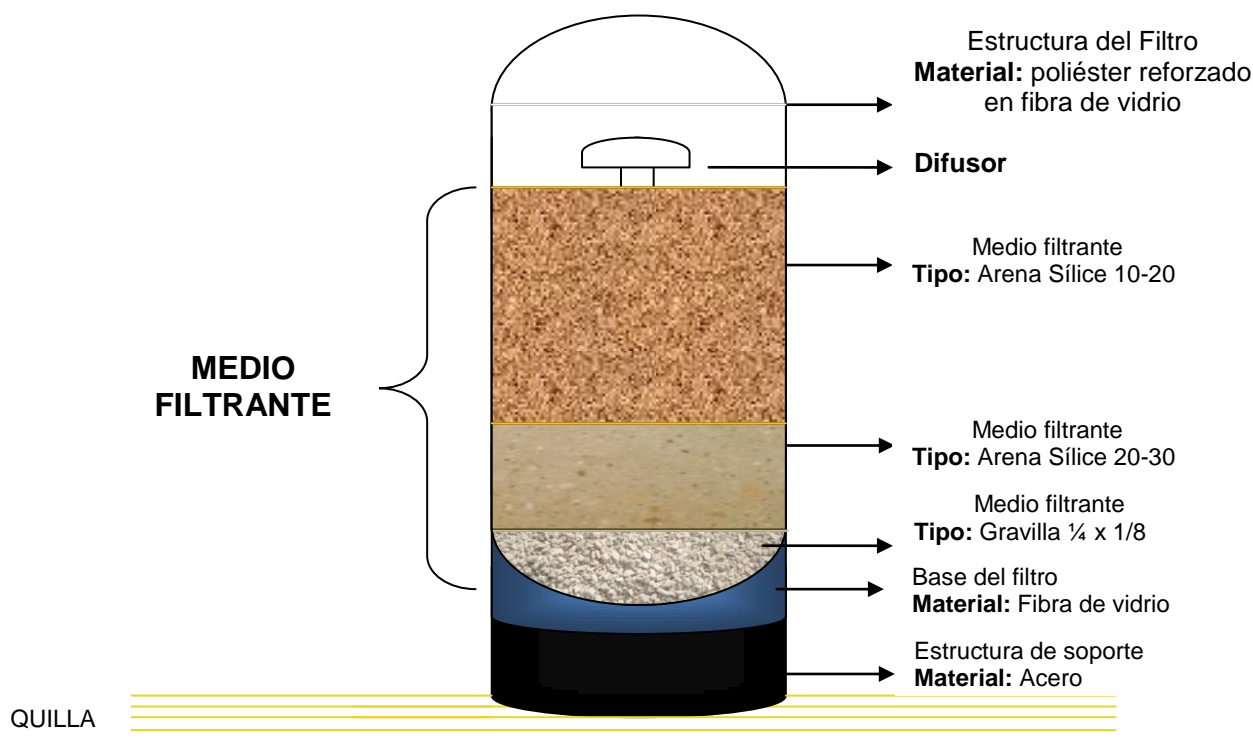


ANEXO 4: EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

FILTRO FLOCULADOR DE LECHO DE GRAVA

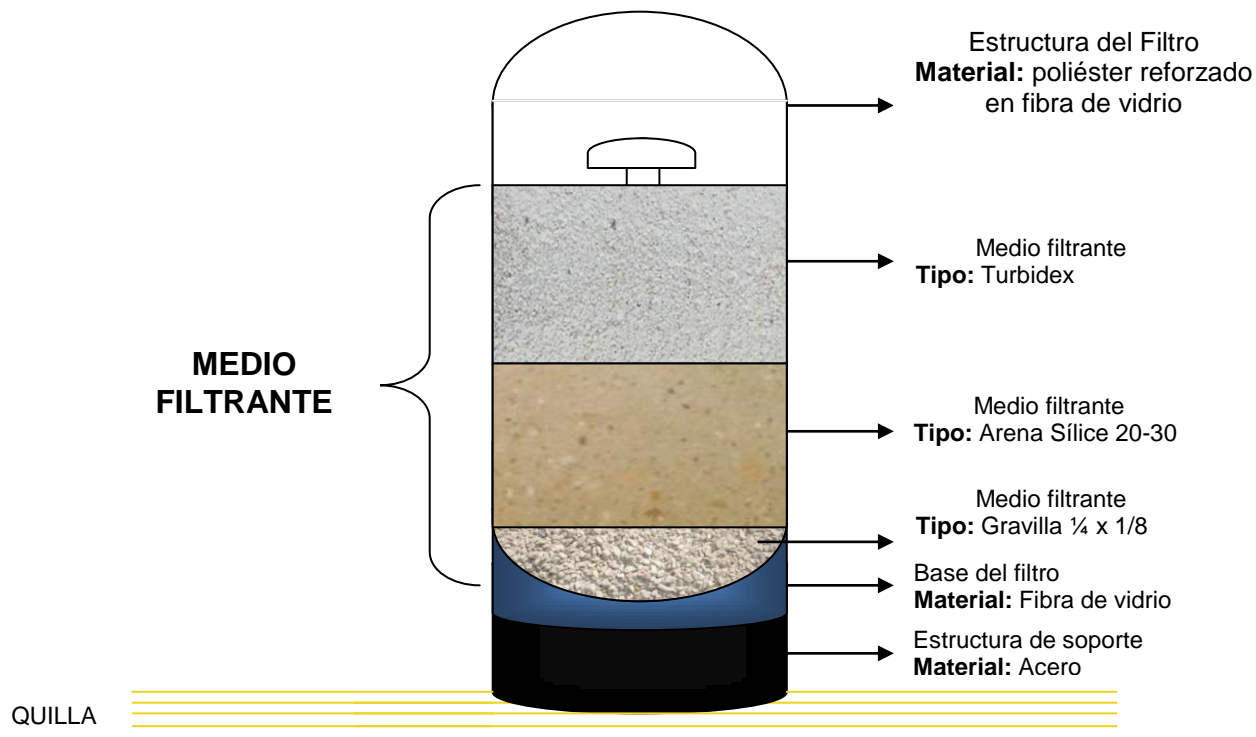


FILTRO PULIDOR 1

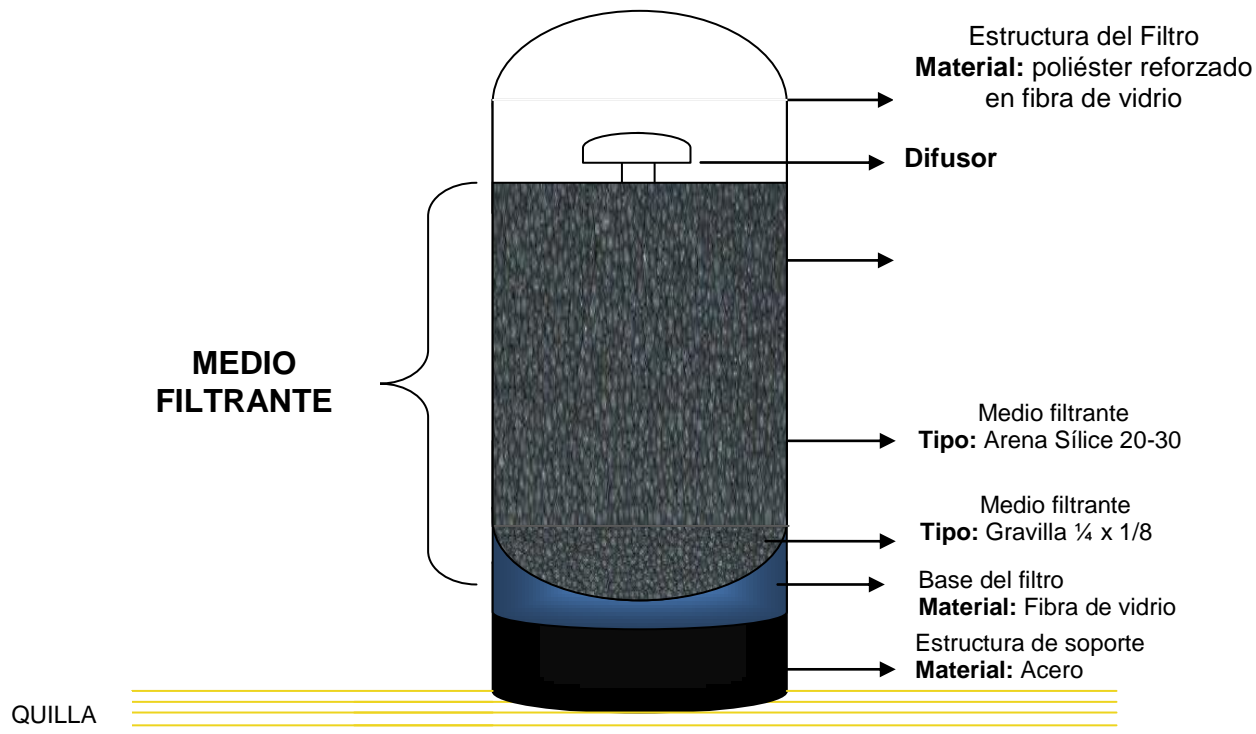




FILTRO PULIDOR 2



FILTRO DESOLORIZADOR (CARBON ACTIVADO)

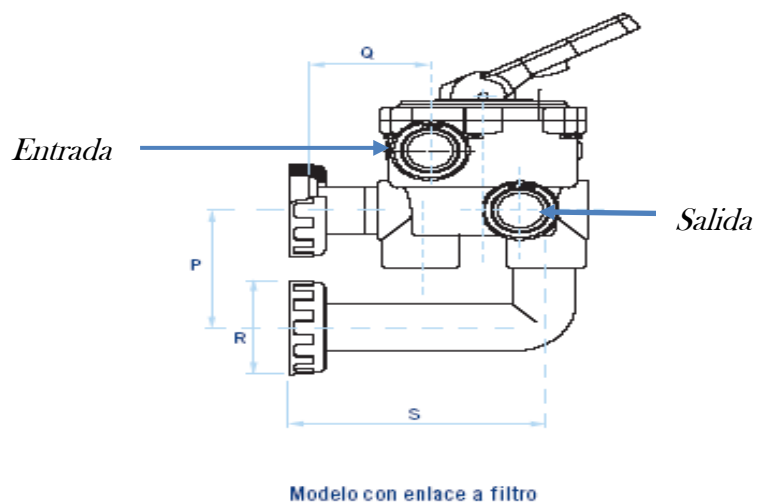
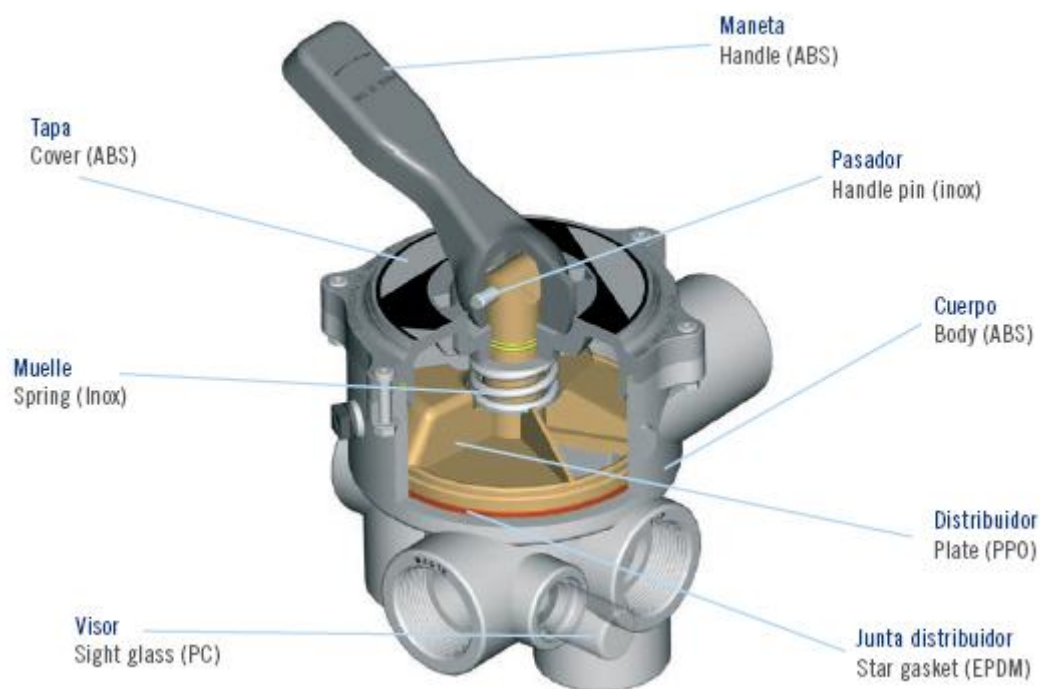




ANEXO 5

ESTRUCTURA FISICA INTERNA Y EXTERNA DE VALVULA MULTIPORT

1.1

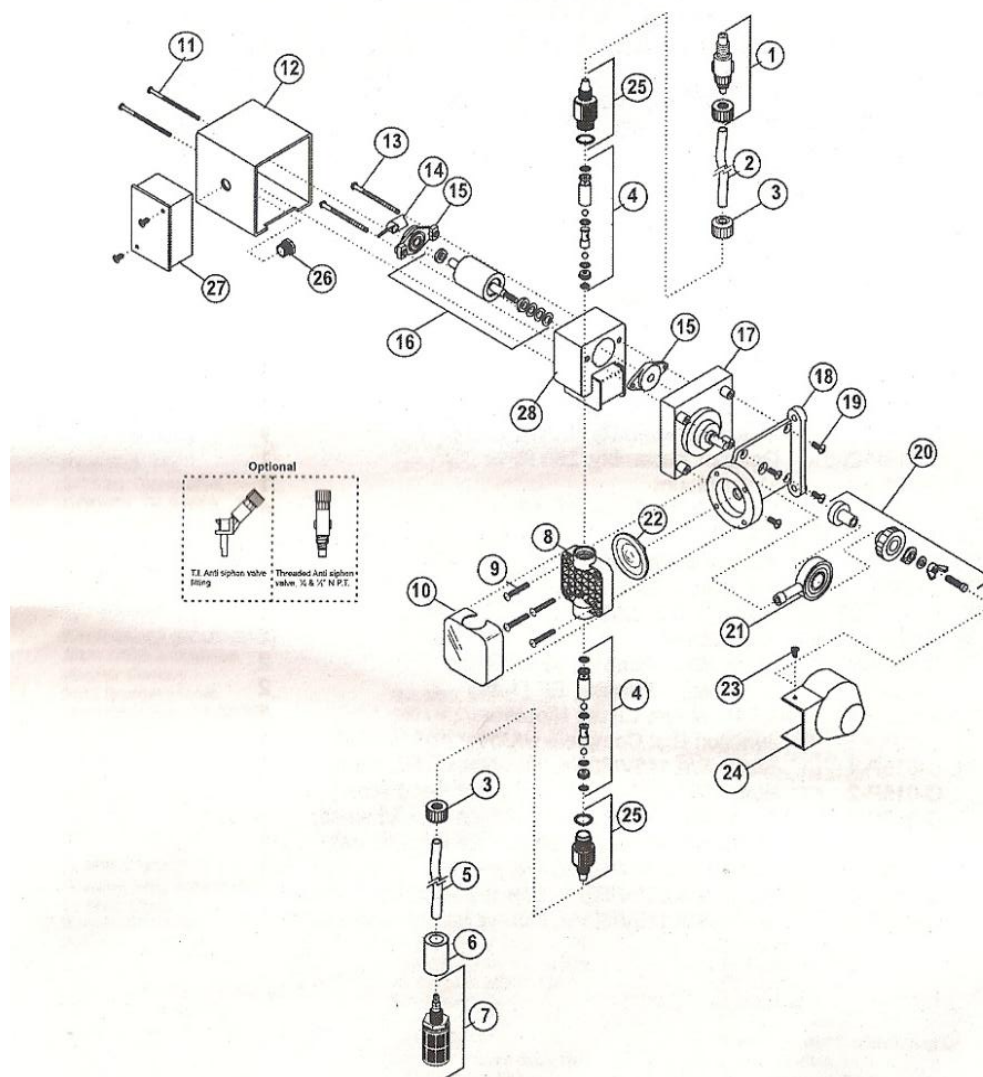




ANEXO 6

DESPIECE DE BOMBA DOSIFICADORA TIPO DIAFRAGMA

C-600P





C- 600P Parts List

Catalog No.	Description	Amount Req.
1. C-395-6V	Injection valve 6 PSI, Viton	1
C-395-6E	Injection valve 6 PSI, EP (optional)	1
2. C-335-6	Discharge Tubing 3/8 OD, 5ft. Opaque Poly-E	1
3. C-330-6	Tube Nut	2
4. K-568V-4	Bullet valve (double ball), Viton, 4 pack set	2
K-568V-10	bullet valve (double ball), Viton, 10 pack set	2
K-569E-4	Bullet valve (double ball), EP, 4 pack set (optional)	2
K-569E-10	Bullet valve (double ball), EP, 10pack set(optional)	2
5. C-334-6	Suction tubing 3/8' OD, 5ft. Clear PVC w/ indicator	1
6. C-346	Ceramic weight	1
7. C-345V	Foot valve / strainer Poly-Pro, Viton	1
C-345E	Foot valve / strainer Poly Pro, EP (optional)	1
8. C-535	Heavy duty molded pump head	1
9. C-504HD	Screw, HD Pump head 10-32 x 1-1/4'	4
10. C-535FC	Pump head cover, Chem feed logo	1
11. C-628	Cover screw 6-32 x 2-3/4' Steel	2
12. C-608P	Motor Cover	1
13. C-625	Motor screw 8-32 x 2-1/2'	2
14. C-612F	Rotor Fan	1
15. C-612PB	Rotor Bearing	2
16. C-616PN	Rotor w/ Spacer	1
17. C-618P-14	Gearbox Assembly, 14 RPM	1
C-618P-30	Gearbox Assembly, 30 RPM	1
C-618P-45	Gearbox Assembly, 45 RPM	1
C-618P-60	Gearbox Assembly, 60 RPM	1
C-618P-125	Gearbox Assembly, 125 RPM	1
C-618P-250	Gearbox Assembly, 250 RPM	1
18. C-301	Motor Mount	1
19. C-624	Motor Mount Screw 10-32 x 1/2'	4
20. C-325	Cam S/A C-600	1
21. C-304	Yoke w/Bearings	1
22. C-406T	Diaphragm Teflon coated, EP	1
23. 90011-155	Screw 6-332 x 3/8'	1
24. 90002-201	Cam Cover	1
25. C-550-6V	Bullet Valve Adapter, Viton O-ring	2
C-560-6E	Bullet Valve Adapter, EP O-ring	2
26. 90007-515	1/2" Aluminum Chase Nipple	1
27. C-308J	Junction Box Complete w/Cover and Gasket	1
28. C-615P-1	Stator S/A 115V/60Hz, blue-black (lead wires)	1
C-615P-2	Stator S/A 230V/60Hz, red-black (lead wires)	1
C-615P-3	Stator S/A 220V/50Hz, brown-blue (lead wires)	1
C-615P-4	Stator S/A 24V/60Hz, blue-white (lead wires)	1
C-615P-6	Stator S/A 230V/60Hz, red-yellow (lead wires)	1
C-615P-8	Stator S/A 220V/50Hz, brown-yellow (lead wires)	1
C-615P-9	Stator S/A 115V/60Hz, blue-yellow (lead wires)	1

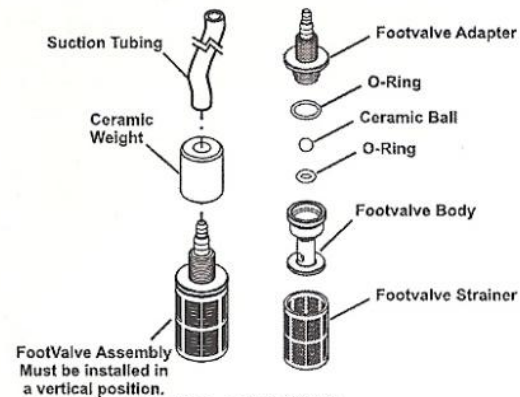
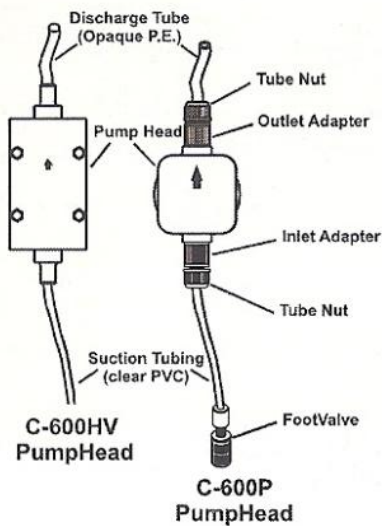


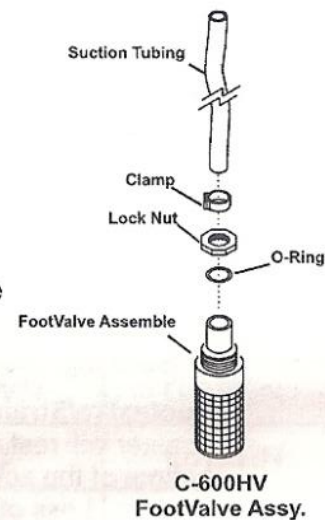
FIG. 4.8 C-600P FootValve Assy.

4.3.4 Injection/Check Valve Fitting Installation -

The Injection/Check valve fitting is designed to install directly into either 1/4" or 1/2" female pipe threads. This fitting will require periodic cleaning, especially when injecting fluids that calcify such as sodium hypochlorite. These lime deposits and other build ups can clog the fitting increasing the back pressure and interfering with the check valve operation.

Install the Injection/Check valve directly into the tee fitting. Do not install the fitting into a pipe stud and then into the tee. The solution must inject directly into the flow stream.

Use Teflon thread sealing tape on the pipe threads. Push the opaque outlet (discharge) tubing onto the compression barb of the Injection/Check valve fitting. Use the tube nut to secure the tube. Hand tighten only.



C-600HV FootValve Assy.

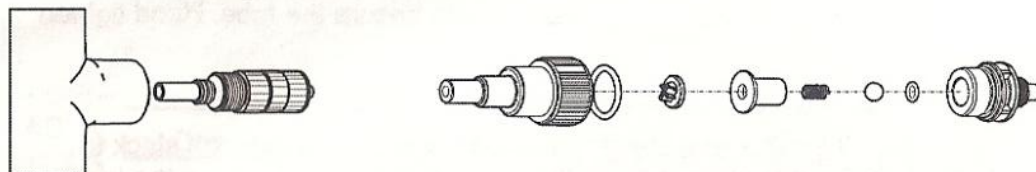


FIG. 4.9 C-600P INJECTION/CHECK VALVE TEE INSTALLATION AND EXPLODED VIEW

ANEXO 7. MEDIO FILTRANTE TURBIDEX

Los gránulos de Turbidex, constan son una zeolita mineral natural de una gran superficie, que ofrecen una excepcional filtración de sólidos en suspensión.

Los filtros de arena solo pueden proporcionar una filtración nominal de 25 micras, los Filtros Multimedia pueden filtrar hasta un aproximado de 12 micrones. El Filtro con Turbidex tiene la capacidad de filtrar a menos de 5 micras de tamaño de las partículas, también los filtros Turbidex aguantan hasta tres veces más sólidos por ciclo de retro lavado que los filtros de arena ordinarios.



Turbidex

- ❖ Pesa la mitad de Arena silica
- ❖ Vida útil por años
- ❖ Cama se limpia con rapidez en retrolavado
- ❖ Reduce perdida de presión por la cama

VENTAJAS

- ❖ Claridad Superior de Agua; removiendo hasta coloides que normalmente pasan por arena
- ❖ gran superficie de filtración



ANEXO 8. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA COMPACTA POTABILIZADORA DE AGUA

CONTENIDO

2 CAPITULO I

DESCRIPCIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL DE LAS UNIDADES

INTRODUCCIÓN

Planta Compacta Potabilizadora de Agua por Filtración Directa

Componentes

Electrobomba

Dosificadores electromagnéticos

Filtro floculador

Filtros arena

Filtro descolorizador

Dosificador de cloro en línea

Tanques de dosificación de químicos

Micro filtración

Tabla de control y operación

Actividades de operación y mantenimiento

Recuerde



CAPITULO I

DESCRIPCIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL DE LAS UNIDADES

2.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

2.2 INTRODUCCIÓN

Este manual se preparo específicamente para el manejo y mantenimiento de la planta compacta de agua potable por filtración directa instalada en esta unidad, por tanto servirá de guía para las personas encargadas de operar la planta y para ello se a procurado hacer de este manual una herramienta fácil de entender y muy útil en la correcta operación de la planta y correcto mantenimiento.

Entre los componentes que conforman la planta existen materiales que es necesario cambiarlos de acuerdo a su uso, estos son elementos y/o materiales de consumo que se encontraran más adelante y deberán ser comprados por el usuario al tener agotadas las existencias de suministro químico dado para un año, como también el mantener el funcionamiento de la planta con los químicos necesarios para su correcta potabilización.

Es responsabilidad del usuario u operario de realizar el mantenimiento y operación de la planta ya que el éxito del tratamiento de la unidad potabilizadora depende de realizar correctamente la operación de esta unidad y las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.



PLANTA COMPACTA POTABILIZADORA DE AGUA POR FILTRACIÓN DIRECTA

La planta compacta de tratamiento de agua es una secuencia de procesos unitarios, convenientemente seleccionados para potabilizar determinada cantidad de agua cruda, y dentro de estos procedimientos esta involucrada la floculación a contacto con posterior filtración directa que es un tipo de proceso que funciona con velocidades altas y es muy efectivo en caudales pequeños.

Los procesos que comprende este tipo de filtración son:

- Coagulación
- Floculación
- Filtración rápida
- Desinfección
- Almacenamiento de agua tratada
- Microfiltración

El proceso de coagulación se realizara en dos etapas: una agitación rápida para la dispersión y homogenización instantánea del coagulante denominada mezcla rápida que se realizara en el serpentín de mezcla, seguida por una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo dentro del floculador a contacto.

El proceso final de filtración, estará haciendo solo una labor de pulimento mediante el cual se eliminan partículas suspendidas en el agua y los floculos formados en el anterior proceso. Seguido a este, entrara en una unidad desolorizadora, la cual mejora las características organolépticas del agua por medio de la absorción del carbón activado.


Posteriormente se aplica la desinfección, con el fin de completar la remoción de microorganismos patógenos presentes en el agua cruda y dejar un residual presente en la masa de agua que neutralice cualquier foco de contaminación posterior que se presenta en el sistema de almacenamiento y distribución.



COMPONENTES

1. Electro bomba centrífuga
2. Dosificador electromecánico Nº 1
3. Dosificador electromecánico Nº 2
4. Filtro floculador
5. Filtro pulidor 1 y 2
6. Filtro desolorizador
7. Dosificador de cloro en línea
8. Tanques de dosificación de químicos
9. Tanque de almacenamiento agua tratada
10. Microfiltración
11. Soporte en acero

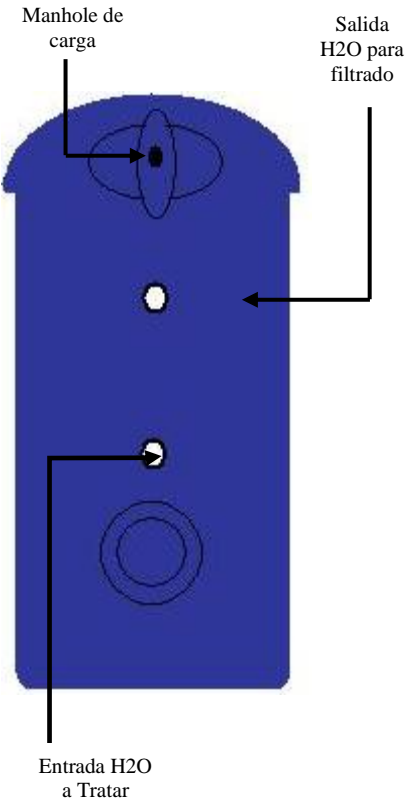


Componente Nº 1	ELECTROBOMBA
Descripción 	Marca: Barnes Tipo: Caracol Modelo: EH-207 Voltaje: (115/220V) Potencia: ¾ HP
Datos Técnicos	Datos de la Bomba <ul style="list-style-type: none">- Temperatura máxima del líquido bombeado: 35 °C- Diámetro aspiración: "Rosca 1 ¼"- Diámetro impulsión: Rosca 1" Datos de el Motor <ul style="list-style-type: none">- Motor: Siemens- Datos eléctricos: Véase la placa de la electro bomba
Utilización y puesta en marcha	<p>Nunca hacer funcionar la bomba eléctrica sin agua y que podría ocasionar serios daños a los componentes internos.</p> <p><u>Advertencias generales:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- El funcionamiento prolongado de la bomba eléctrica con el tubo de impulsión cerrado puede causar daño por sobrecalentamiento.- Se deben evitar los arranques y los apagados demasiado frecuentes.

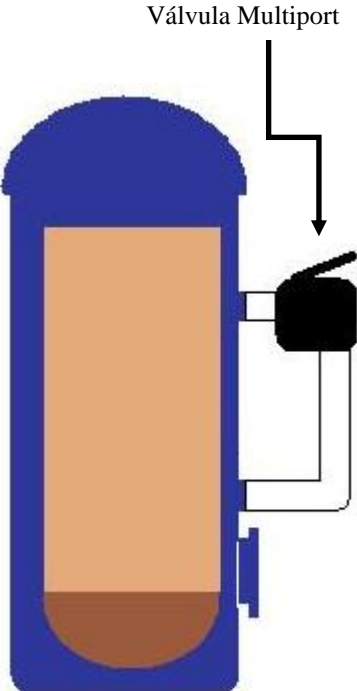


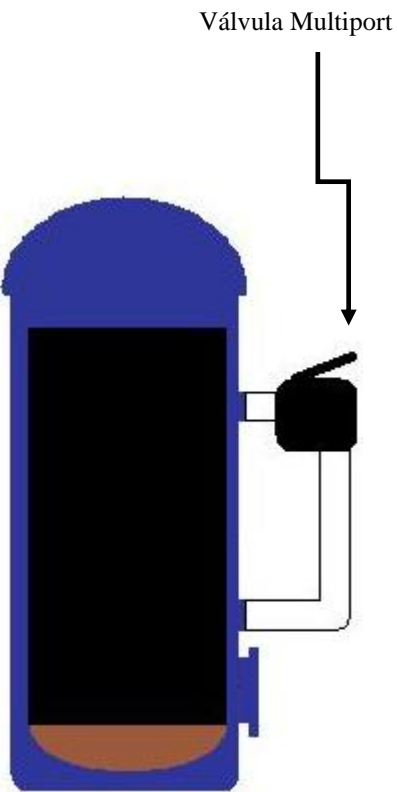
Componente Nº 2 y 3	DOSIFICADORES ELECTROMECHANICOS
Descripción	<div data-bbox="557 430 1179 751"></div> <p>Unidades: Dos (2) Marca: Blue White Modelo: C – 600P Capacidad: 4.6 GPH Presión máxima :60 psi Material: Metal Ciclos : Continuos Máxima viscosidad: 1,000 Centipoise Cheques de salida para inyección en la tubería. Mangueras especiales</p> <p>Para el mantenimiento de las piezas de succión y descarga de la dosificadora se podrá hacer cada seis meses y para ello referirse al manual adjunto a este informe en donde se indica la forma de cómo van armados cada una de las válvulas cheque.</p> <p>Se recomienda no perder ninguna pieza porque ello trae consigo un mal funcionamiento y de todas formas se debe comprar toda la pieza como repuesto de la dosificadora.</p>
Observaciones	Recuerde que las bombas dosificadoras arrancan solo cuando la electrobomba esta prendida y con las muletillas en función Automático y Normal.



Componente Nº 4	FILTRO FLOCULADOR
<p>Descripción</p> 	<p>Material Cuerpo : Poliéster reforzado con resina ortoftalica (PRFV)</p> <p>Manhole de carga: para llenado del filtro.</p> <p>Manhole de descarga: para descarga del filtro o mantenimiento.</p> <p>Diámetro del cuerpo: 18"</p> <p>Cantidad : Uno (1)</p> <p>Altura: 1.30m</p> <p>Material de contacto: Gravas y Gravillas de diferente malla.</p> <p>Diámetro conexión entrada y salida: 1 ½"</p>



Componente Nº 5 y 6	FILTRO DE ARENA
<p>Descripción</p> 	<p>Material Cuerpo : Poliéster reforzado con resina ortoftalica Diámetro del cuerpo: 18” Altura: 1.30m Manhole de carga: para llenado del filtro. Manhole de descarga: para descarga del filtro o mantenimiento. Cantidad : Dos (2) Material de contacto: Gravillas y arena de malla 10-20 y 20-30 y Turbidex Válvula de control (Multiport): Es una válvula de seis vías conocida como válvula multiport, con esta válvula se realizan todas las operaciones del filtro necesarias para su buen desempeño. Las seis posiciones de la válvula son explicadas a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none">Ⓜ FILTER (Filtración): es la posición normal de filtrado.Ⓜ BACKWASH (retrolavado): Permite desalojar el barro o mugre que se ha retenido en el filtro durante algún tiempo.Ⓜ RINSE (enjuague): Se realiza enseguida de un retrolavado.Ⓜ WASTE: En esta posición el agua pasa de largo sin pasar por el lecho filtrante, y sale el agua por drenaje de agua sucia.Ⓜ RECIRC (recirculación): En esta posición el agua pasa de largo sin pasar por el lecho filtrante, pero en este caso el agua sale por el mismo lado del agua filtrada, es decir que el agua se va hacia el servicio.Ⓜ CLOSED (cerrado): En esta posición no hay paso para ningún lado. <p>En el momento de realizar el lavado del filtro ir observando en la mirilla el proceso para verificar su operación.</p>

<p>Componente Nº 7</p>	<p>FILTRO DESOLORIZADOR</p>
<p>Descripción</p>  <p>Válvula Multiport</p>	<p>Material Cuerpo : Poliéster reforzado con resina ortoftalica Diámetro del cuerpo: 18” Altura: 1.30m Manhole de carga: para llenado del filtro. Manhole de descarga: para descarga del filtro o mantenimiento. Cantidad : Uno (1) Material de contacto: Gravillas y carbón activado.</p> <p>Válvula de control (Multiport): Es una válvula de seis vías conocida como válvula multiport, con esta válvula se realizan todas las operaciones del filtro necesarias para su buen desempeño. Las seis posiciones de la válvula son explicadas a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ FILTER (Filtración): es la posición normal de filtrado. ⊗ BACKWASH (retro lavado): Permite desalojar el barro o mugre que se ha retenido en el filtro durante algún tiempo. ⊗ RINSE (enjuague): Se realiza enseguida de un retro lavado. ⊗ WASTE: En esta posición el agua pasa de largo sin pasar por el lecho filtrante, y sale el agua por drenaje de agua sucia. ⊗ RECIRC (recirculación): En esta posición el agua pasa de largo sin pasar por el lecho filtrante , pero en este caso el agua sale por el mismo lado del agua filtrada, es decir que el agua se va hacia el servicio. ⊗ CLOSED (cerrado): En esta posición no hay paso para ningún lado. <p>En el momento de realizar el lavado del filtro ir observando en la mirilla el proceso para verificar su operación.</p>



Componente Nº 8	DOSIFICADOR DE CLORO EN LINEA 
Descripción	Marca: Hayward Serie: CL100 Caudal Soportado: 15 m ³ /h Conexión: 1 ½" Producto: Compactos de tri-cloro Presión Máxima: 2 Kg/cm ² Máxima Dosificación: 35 gr
Observaciones	<ul style="list-style-type: none">▪ Use capsulas de dilución lenta NUNCA utilice tabletas de dilución rápida.▪ La unidad es para cloración únicamente, cualquier mezcla de productos puede generar reacciones químicas.▪ Utilice gafas protectoras y no permita el contacto con la piel para actividades de mantenimiento y cambio de pastilla.▪ No inhale los vapores procedentes del clorador.▪ El clorador puede acumular presión, tenga cuidado al retirar la tapa.▪ No use tabletas con contenido de cianuro. <p>Las tabletas o capsulas deben tener una concentración no mayor al 70%.</p>

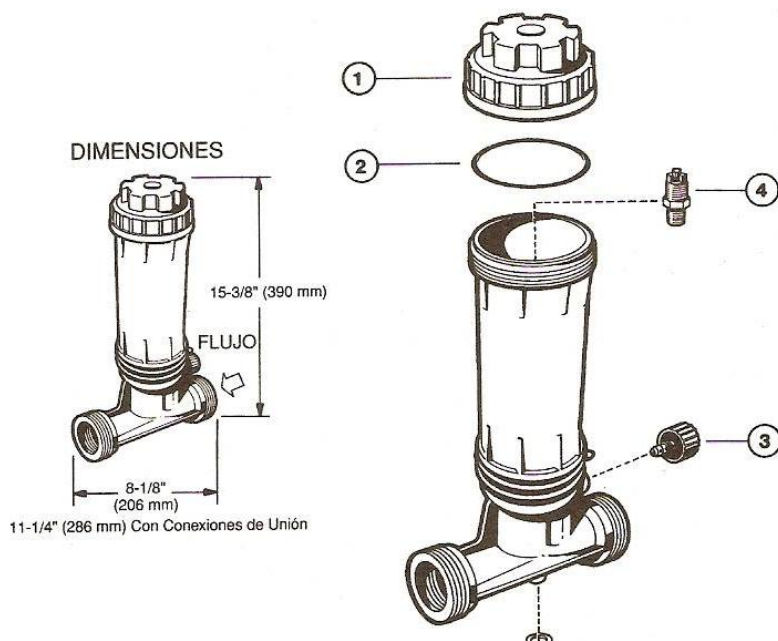


Componente
Nº 8

DOSIFICADOR DE CLORO EN LINEA

CLORADOR CL100

NO. REF.	PARTE NÚMERO	DESCRIPCIÓN	NO. REQUERIDO
1	CLX110C	Cobertor	1
2	CLX110K	Anillo en "O"	1
3	CLX110FA	Ensamblaje de la Perilla de Control	1
4	CLX220CV	Ensamblaje de la Válvula de Verificación	1
5	SPX1700FGV	Conector de Drenaje con Junta	1





Componente Nº 9	<p>TANQUES DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS</p> <p>El material con el cual fueron contruidos facilita su fácil manipulación tanto para llenado como para evacuación de los tanques.</p> <p>CARACTERISTICAS</p> <ul style="list-style-type: none">Ⓢ Diámetro: 0.25 mⓈ Alto: 0.8 mⓈ Capacidad por cada tanque: 39 ltⓈ Tanques contruidos en fibra de vidrio con resina antiácida.Ⓢ Cada tanque tiene una entrada de 1" con su válvula de 3/4" PVC bola de llenado cada uno.Ⓢ Se recomienda que en cada preparación o cambio de solución de químico el tanque sea lavado ya que suele haber acumulación de sedimentos que pueden obstruir el sistema de succión de la bomba dosificadora.
----------------------------	--



Componente Nº 11	UNIDAD DE MICROFILTRACIÓN Este sistema cuenta con tres carcassas de micro filtración distribuidos de la siguiente forma: 1. CARCASSAS DE 10" Cantidad: Tres (03) Especificaciones: <ul style="list-style-type: none">• Presión Max: 90 psi• Material: Polipropileno Elementos internos y externos: <ul style="list-style-type: none">• Soporte metálico• O- ring en buna - N• Tres Filtros para sedimentos en polydeth de:<ul style="list-style-type: none">- 30micras , 10 micras y 5 micras de 10"• Botón de despresurización Es importante no variar el orden de: <ol style="list-style-type: none">1. Filtro en pleated poliéster-reusable x10" de 30 micras2. Filtro en polydepht de 10 micras x 10"3. Filtro en polydepht de 5 micras x 10" Para efectos de mantenimiento se realiza uno por uno, es decir no iniciar el mantenimiento del siguiente en tanto no haya terminado con el anterior para que de esta forma no se confundan los cartuchos. Filtros: Vida normal 4-6 meses. La vida con filtro variará debido a condiciones de agua. Un caudal reducido o deteriorando la calidad de agua indica que los filtros deben ser cambiados. CUIDADOS <ol style="list-style-type: none">1. No dejar caer la carcassa al realizar el mantenimiento ni golpearlas.2. No soplar los filtros (cartuchos) con compresor.3. No confundir los cartuchos No hacer regueros de agua al realizar el mantenimiento, utilizar recipiente.
---------------------	---

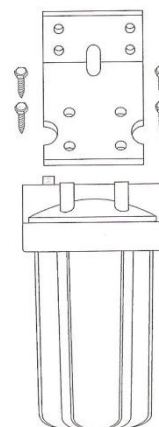




TABLA DE CONTROL Y OPERACION

PLANTA COMPACTA POTABILIZADORA DE AGUA

PROCESO DE FILTRACIÓN

1. Situé las válvulas como se indica en la tabla N° 1:

Tabla N° 1

VALVULAS ABIERTAS	VALVULAS CERRADAS	VALVULAS MULTIPOINT (Filtros Pulidores y descolorizador)
		UBICACIÓN MANIJA
1 - 6	2 - 3 - 4 - 5	FILTER (Filtración)

2. Accione el botón muletilla denominado *Normal- Retrolavado* en **Normal** y el botón muletilla denominado *Manual – Automático* en **Automático** del tablero para el control eléctrico de la planta de tratamiento de agua. Inmediatamente se energizara la electrobomba de 3/4 hP y dos bombas dosificadoras ubicadas a estribor de la unidad, realizando llenado del tanque de almacenamiento, en donde al alcanzar su nivel de llenado se apagara automáticamente.

PROCESO DE RETROLAVADO

LAVADO FILTRO FLOCULADOR:

Este lavado se efectuara con agua rio.

1. Con la electro bomba parada, sitúe las válvulas como se indica en la tabla N° 2

Tabla N° 2

VALVULAS ABIERTAS	VALVULAS CERRADAS	VALVULA MULTIPOINT (Filtro Pulidor 1)
		UBICACIÓN MANIJA
1 - 3	2 - 4 - 5 - 6	CLOSED (Cerrado)

2. Diríjase al tablero de control eléctrico de la planta potabilizadora de agua e indique con el botón muletilla denominado *Normal - Retrolavado* la función



Retrolavado y accione el botón muletilla denominado *Manual – Automático* la función **Manual**. Inmediatamente se energizara la electrobomba de 3/4 hP y realizara lavado de filtro floculador, evacuando el agua de lavado hacia estribor.

3. Ir verificando la salida del agua y cuando esta salga más clara diríjase al tablero de control eléctrico y ubique botón muletilla en OFF.

El tiempo de lavado durara aproximadamente 5 min ó más dependiendo de la alta o baja carga de lodo que tenga el filtro.

4. Situé las válvulas en proceso de filtración.

LAVADO FILTROS PULIDOR Y DESOLORIZADOR:

Verifique que el tanque de almacenamiento de agua potable este lleno.

1. Con la electrobomba parada, diríjase al filtro Pulidor N° 1 y opere las válvulas como lo indica la tabla N°3.

Tabla N° 3

VALVULAS ABIERTAS	VALVULAS CERRADAS	VALVULA MULTIPOINT (Filtro Pulidor N° 1)
		UBICACIÓN MANIJA
--	1 – 3 – 4 – 5 - 6	BACKWASH (Lavado)

2. Abra válvula N° 2 (Se encenderá automáticamente el hidroflew)
3. Vuelva al filtro Pulidor N° 1 y realice los siguientes pasos secuencialmente:
(Observar en el proceso la mirilla para confirmar su operación).

Tabla N° 4

OPERACIÓN FILTRO PULIDOR N° 1	VALVULAS MULTIPOINT	TIEMPO (MIN)
	UBICACIÓN MANIJA	
PASO 1	BACKWASH (Lavado)	4
PASO 2	RINSE (Enjuague)	4
PASO 3	FILTER (Filtración)	



Repetir PASO 1 y PASO 2 hasta que el agua salga completamente limpia.

4. Cierre válvula N° 2

5. Efectúe lavado de Filtro Pulidor N° 2 como se indica en el Ítem 3

Importante: Si en este lavado este filtro no arroja suficiente agua sucia en su lavado ubique la manija de la válvula del filtro pulidor N° 1 en Recirculación y efectúe los pasos que se indican en la tabla N° 4.

6. Diríjase al filtro desolorizador y realice los pasos secuencialmente descritos en el ítem N°3: (Observar en el proceso la mirilla para confirmar su operación)

7. Cierre válvula N° 2

8. Al finalizar el retro lavado de cada uno de los filtros, realice operación denominada en esta tabla de control y operación **PROCESO DE FILTRACION.**

NOTA:

- Las válvulas multiport siempre se maniobran en sentido de las manecillas del reloj y NO se realizarán movimientos de la misma cuando el agua este circulando.

Si desea realizar retrolavado de los filtros con agua de río tenga en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Es primordial que si va a efectuar lavado de filtros con agua de río esta agua no deberá estar con alta turbiedad es decir, solo se podría realizar esta operación en época de verano ya que si el agua tiene alta turbiedad no podrá hacer un eficiente lavado llegando a colmatar más los filtros.
2. Tenga en cuenta que debe realizar antes el lavado del filtro Floculador como lo indica la Tabla De Manejo.
- Con la electrobomba parada, diríjase al filtro Pulidor y opere las válvulas como lo indica la tabla N°1.1.



Tabla N° 1.1

VALVULAS ABIERTAS	VALVULAS CERRADAS	VALVULA MULTIPOINT (Filtro Pulidor)
		UBICACIÓN MANIJA
2	1 – 3 – 4 - 5 - 6	BACKWASH (Lavado)

- Diríjase al tablero de control eléctrico de la planta potabilizadora de agua e indique con el botón muletilla denominado *Normal - Retrolavado* la función **Retrolavado** y en el botón muletilla denominado *Manual – Automático* la función **Manual**

Inmediatamente se energizara la electrobomba de 1 HP y realizara lavado de filtro pulidor, evacuando el agua de lavado hacia estribor.

- Vuelva al filtro Pulidor y realice los siguientes pasos secuencialmente: (Observar en el proceso la mirilla para confirmar su operación).

OPERACIÓN FILTRO PULIDOR	VALVULAS MULTIPOINT	TIEMPO (MIN)
	UBICACIÓN MANIJA	
PASO 1	BACKWASH (Lavado)	4
PASO 2	RINSE (Enjuague)	4
PASO 3	FILTER (Filtración)	

Repetir PASO 1 y PASO 2 hasta que el agua salga completamente limpia.

- Diríjase al tablero de control eléctrico de la planta potabilizadora de agua y sitúe el breaker en OFF.
- Diríjase al filtro Desolorizador y realice los pasos secuencialmente descritos en el ítem N° 5: (Observar en el proceso la mirilla para confirmar su operación)
- Ubique Botones en OFF
- Al finalizar el retro lavado de cada uno de los filtros, realice operación denominada en esta tabla de control y operación **PROCESO DE FILTRACION**.



CAPITULO II

ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO GENERAL DE LA PLANTA COMPACTA POTABILIZADORA DE AGUA



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	
Unidad: ELECTRO BOMBA Nº1	
Operación a Realizar	Verificación Estado De La Electro Bomba.
Instructivo	<ol style="list-style-type: none">1. Verifique el estado externo de la electro bomba, que no este rajada, con humedad o exceso de temperatura2. Verifique el correcto encendido y apagado de la electro bomba.3. Verifique el ruido de la electro bomba, el cual debe mantenerse como el primer día.4. Verifique perfecto estado de universales en succión y descarga. <p>Verifique obstrucciones o suciedades dentro del sistema de la electro bomba caracol si lo requiere.</p>
Periodicidad	Una (1) vez al día.
Responsable	Operario de la planta.
	<ol style="list-style-type: none">1. Desmonte el impulsor y límpielo. Reemplácelo si es necesario. Verifique los juegos. (electro bomba)2. Reemplace el sello y / o los empaques. (electro bomba)3. Limpie el cuerpo y la voluta. (electro bomba)



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	
Unidad: ELECTRO BOMBA Nº1	
Periodicidad	Una (1) vez cada semestre.
Responsable	Operario de la planta.
Acciones a tener en cuenta	<ul style="list-style-type: none">○ Cuando requiera armar o desarmar la electro bomba trate con extremo cuidado las partes del sello cuidando que no sufran marcas ni ralladuras.○ Cuando sean armadas nuevamente, verifique que los ajustes sean los indicados.○ Todos los empaques, sellos y otras piezas desgastadas deben ser reemplazadas con repuestos originales.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad: ELECTROBOMBA TIPO CARACOL N°3	
Operación a realizar	Averías, causas y soluciones a la electro bomba.
Tipo de Avería La bomba no descarga agua o no descarga lo suficiente.	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables<ol style="list-style-type: none">1. La bomba no es principal2. La válvula está cerrada en la línea de descarga o la succión.3. Aire en línea de succión4. El impulsor se obstruyó○ Solución Revise holgura de impulsor.
Tipo de Avería El Motor No Alcanza La Velocidad Llena	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables<ol style="list-style-type: none">1. Voltaje bajo2. 2 juego de modelo de velocidad sobre baja velocidad3. Cuerdas(curvas) de motor se unen para el voltaje incorrecto sobre el modelo de voltaje
Tipo de Avería La bomba presenta vibración excesiva.	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables<ol style="list-style-type: none">1. Parte de la línea de succión se cerró2. línea de succión bomba no apoyada correctamente○ Solución<ul style="list-style-type: none">-Verifique ajuste al casco del compartimiento.-Evite la entrada de cuerpos extraños
Tipo de Avería El Motor Se Recalienta	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables<ol style="list-style-type: none">1. Voltaje bajo2. Cuerdas (curvas) de motor unidas(conectadas) para voltaje incorrecto sobre modelo de voltaje.3. Ventilación inadecuada
Tipo de Avería Escape O Agua En Eje	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables sello de eje requiere reemplazo(suplente)
Tipo de Avería Las Burbujas De Aire En Accesorios De Admisión	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables<ol style="list-style-type: none">1. aire en la línea de succión en conexiones o el sistema de válvula2. restricción en línea de succión



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad: BOMBAS DOSIFICADORAS Nº4	
Operación a realizar	Averías, causas y soluciones a las dosificadores.
Tipo de Avería La bomba no descarga agua o no descarga lo suficiente.	<ul style="list-style-type: none">○ Causas probables Taponamiento por acumulación de químico en:<ul style="list-style-type: none">• Válvulas de pie.• Mangueras.• Bujes de succión y descarga.○ Solución Con un cepillo pequeño efectúe lavado de las válvulas de pie cada vez que realice nueva preparación de químico y verifique que no halla obstrucciones en la manguera. Si el daño persiste suelte las roscas en succión y descarga teniendo cuidado de no perder algún elemento y límpielos.

144



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad	CLORADOR EN LÍNEA N° 5.1
Importancia	Unidad donde se lleva a cabo la desinfección del agua, evitando la proliferación de microorganismos en el agua a suministrar.
Operación a Realizar	Para cambiar el anillo en “O”.
Instructivo	<p>Para CL100</p> <ul style="list-style-type: none">i. Quite la tapa con el logo ubicada sobre el cobertor del clorinador. Desenrosque y saque el tornillo retenedor. El cobertor puede ahora quitarse con libertad de la tapa cobertora.ii. Reemplace el anillo en “O” con un anillo en “O” de reemplazo Hayward (parte N° CLX200K). Reensamble asegurándose que las arandelas corredizas estén en su lugar sobre el tronco del cobertor (adentro), y debajo de la cabeza del tornillo retenedor.iii. Vuelva a colocar el cobertor. Si el clorinador necesita ser rellenado siga las instrucciones descritas anteriormente. <p>LUBRICACIÓN</p> <p>Nunca use lubricantes de petróleo en el cobertor del anillo en “O”. Para lubricar use lubricante de jack N°. 327 solamente.</p>
Periodicidad	Cuando la unidad lo requiera.
Responsable	Operario de la planta o personal técnico que realice mantenimiento.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad: ACCESORIOS VALVULAS Y TUBERIAS Nº6	
Operación a realizar	Rutina Mecánica a Válvulas y Tuberías.
Instructivo	<ol style="list-style-type: none">1. Inspeccionar visualmente la tubería que compone el sistema de agua potable, inspeccionar minuciosamente las conexiones. verificar grietas, fugas u otras posibles novedades.2. Revise las válvulas para asegurar una operación apropiada, constate la ausencia de fugas y el desgaste de los componentes de las mismas.
Importante	<p>Si bajo la inspección observa deficiencias en:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Pintura: Realice recubrimientos de áreas afectadas para mantener en buen aspecto físico de la misma.○ Avería en algún accesorio del sistema: cámbielo inmediatamente previniendo daños mayores.○
Periodicidad	Una (1) vez al mes.
Responsable	Operario de la planta.
Operación a realizar	Verificación y posición de Válvulas.
Instructivo	Por medio de las tablas de operación de la planta de agua residual revise que las válvulas estén en su correcta posición, sea abierta o cerrada según como se disponga en el manual.
Periodicidad	Una (1) vez al día.
Responsable	Operario de la planta.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad UNIDADES DE FLOCULACIÓN Y FILTRACIÓN Nº 7	
Importancia	Del mantenimiento de estas unidades depende la calidad del suministro. En ellas se realiza la fase de coagulación-floculación, filtración por pulición y desodorización reteniendo sólidos y flocs formados los cuales se encuentran suspendidos en el agua y van a ser retenidos por los lechos filtrantes.
Operación a realizar	Lavado y retro lavado de las unidades.
Instructivo	<p>El retro lavado de los filtros se realizara cuando el tanque de almacenamiento de agua potable este lleno, por tanto en este momento la planta de agua potable dejara de trabajar hasta que el nivel del agua no baje. De acuerdo a esto realice la siguiente operación:</p> <ul style="list-style-type: none">☉ Diríjase al hidroflow de agua potable y manipule válvulas para que se tome agua para retro lavado.☉ Realizar movimiento de válvulas según instructivo para cada filtro.☉ Encender el equipo de bombeo por periodo de 5 a 8 minutos en cada una de las actividades. Rectificar periodos visualmente por clarificación de agua de lavado.☉ Apagar el equipo de bombeo Ubicar las válvulas en operación normal de la planta y del hidroflow.
Periodicidad	Una (1) vez al día, según condiciones físicas del rio o cuando el manómetro de entrada marque una presión superior a la normal operación del sistema.
Responsable	Operario de la unidad.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA Nº 8	
Importancia	Esta unidad almacenara agua tratada para su distribución, por lo cual se requiere que se encuentre en optimas condiciones para impedir la contaminación del suministro. Estos tanques hacen parte de la unidad a estribor y babor de la misma.
Operación a Realizar	Limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento.
Instructivo	<ul style="list-style-type: none">ⓐ Desocupar el tanqueⓐ Efectuar limpieza general del tanque únicamente con agua, cepillos y escobas. NO utilizar ningún producto .ⓐ Disolver ¼ Kg de cloro granular en un balde con agua, y aplicarlo tipo pintura a las paredes del tanque para desinfectarlo.ⓐ Dejar actuar el cloro por 45 minutos antes de que ingrese el agua al sistema.
Periodicidad	Una (1) vez al mes.
Responsable	Operario de la unidad.



PREPARACIÓN SOLUCIÓN DE QUIMICOS	
Instructivo	PROCESO
	A. SULFATO DE ALUMINIO TIPO A
	<ol style="list-style-type: none">1. Abra la válvula de llenado.2. Llene el tanque de agua limpia hasta la mitad.3. Con el vaso plástico medidor tome la medida de ____ gr de sulfato.4. Agregue al tanque y mezcle permanentemente hasta diluir totalmente el químico.5. Termine de llenar el tanque con agua limpia y homogenice.6. Ponga la válvula de pie dentro del sistema la cual permitirá de acuerdo a la graduación del dosificador tomar ciertas cantidades de la solución para ser dosificada al sistema.
	IMPORTANTE
	<ul style="list-style-type: none">• Se requiere caracterizar a la entrada y salida del sistema el efluente para corroborar la eficiencia del sistema una vez cada seis meses o cuando la Unidad sea cambiada de ubicación.• La planta de agua potable fue diseñada para tratar agua rio es decir agua dulce mas no agua salobre o salada.



PREPARACIÓN SOLUCIÓN DE QUIMICOS	
Instructivo	PROCESO B. SODA CAUSTICA 2. Abra la válvula de llenado. 3. Llene el tanque de agua limpia hasta la mitad. 4. Con el vaso plástico medidor tome la medida de ____ gr. De soda. 5. Agregue al tanque y mezcle permanentemente hasta diluir totalmente el químico. 6. Termine de llenar el tanque con agua limpia y homogenice. 7. Ponga la válvula de pie dentro del sistema la cual permitirá de acuerdo a la graduación del dosificador tomar ciertas cantidades de la solución para ser dosificada al sistema. IMPORTANTE <ul style="list-style-type: none">• Se requiere caracterizar a la entrada y salida del sistema el efluente para corroborar la eficiencia del sistema una vez cada seis meses o cuando la Unidad sea cambiada de ubicación.• La planta de agua potable fue diseñada para tratar agua rio es decir agua dulce mas no agua salobre o salada.






MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad:	
INSTALACIONES ELECTRICAS Nº 9	
Operación a realizar	Verificación de instalaciones eléctricas del control eléctrico y bombas.
Instructivo	<ol style="list-style-type: none">1. Desconecte la potencia eléctrica (breakers)2. Abra la caja de control y verifique cableado, contactores, térmicos, pulsadores, que no se encuentren recalentados o flojos.3. Verifique la acometida de la bomba (que no se encuentre floja o recalentada).4. Verifique la bornera del motor eléctrico de la bomba5. Verifique la conexión a tierra.6. restaure el material y efectué prueba del sistema y mida el amperaje por fases con la pinza voltiamperimetrica.
Periodicidad	Una (1) vez cada semana.
Responsable	Operario de la planta.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad UNIDADES DE FILTRACIÓN Nº10	
Importancia	El material después de cumplir un periodo de vida útil requiere de su cambio para evitar una disminución en la calidad del efluente.
Operación a Realizar	Cambio de material filtrante e insumos.
Instructivo	<p>Cada año se debe hacer una revisión del material filtrante y se determina si debe cambiarse, lavarse, clasificarse o reponer material faltante como resultado normal de las pérdidas de operación y por gasto en químico.</p> <p>MATERIALES QUE SE CAMBIARAN Ó REPODRAN ANUALMENTE</p> <ol style="list-style-type: none">1. Carbón activado2. Gravas (según sus condiciones)3. Arena sílice4. Capsulas de cloro(Hipoclorito de calcio) al 70% H.T.H5. kit comparador de pH y cloro tipo gotero6. Caja indicadores pH rango 0 -14 <p>MATERIALES QUE SE CAMBIARAN SEMESTRALMENTE</p> <ol style="list-style-type: none">1. Filtro en pleated poliéster-reusable x10" de 30 micras R302. Filtro en polydepht de 10 micras x 10"3. Filtro en polydepht de 5 micras x 10"
Responsable	Usuarios de la unidad.



MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE	
Unidad UNIDAD DE MICROFILTRACIÓN Nº11	
Importancia	Estos cartuchos permiten un pulimento mayor del agua permitiendo retener totalmente las partículas aun suspendidas en el cuerpo de agua. Estos cartuchos después de cumplir un periodo de vida útil requieren de su cambio para evitar una disminución en la calidad del efluente.
Operación a Realizar	Mantenimiento y cambio de filtros lavable Nº 30 ,10 y 5 micras.
Instructivo	<p>Para iniciar el mantenimiento tenga todas las herramientas necesarias:</p> <p>Lavado filtros R30, 10 micras y 5 micras:</p> <div></div> <p>Para efectos de mantenimiento se realiza uno por uno, es decir no iniciar el mantenimiento del siguiente en tanto no haya terminado con el anterior para que de esta forma no se confundan los cartuchos.</p> <p>Sacar el cartucho del filtro dos y realizar un lavado con agua a presión (manguera) después de eliminar las partículas más pesadas prepare una solución con agua limpia y clorada (8 litros de agua y una cucharadita de cloro), refregar el cartucho con un cepillo de cerdas suaves ó preferiblemente con la mano y remojarlo bien por los extremos, en otro balde con agua limpia sin cloro, hacer el enjuague.</p>



Unidad UNIDAD DE MICROFILTRACIÓN Nº11	
Instructivo	<p>La labor de mantenimiento requerirá ejecutar revisión de cartuchos cada tercer día y si es el caso efectuar el lavado pertinente a cada uno de los filtros, esto para evitar que los filtros se taponen definitivamente y haya necesidad de cambiarlos en forma prematura.</p> <p>Filtros: Vida normal 4-6 meses. La vida con filtro variará debido a condiciones de agua.</p> <p>Un caudal reducido o deteriorando la calidad de agua indica que los filtros deben ser cambiados.</p> <p>CUIDADOS</p> <ol style="list-style-type: none">1. No dejar caer la carcasa al realizar el mantenimiento ni golpearlas.2. No soplar los filtros (cartuchos) con compresor.3. No confundir los cartuchos <p>No hacer regueros de agua al realizar el mantenimiento, utilizar recipiente.</p> <p>Un mal mantenimiento es responsabilidad del usuario y debe asumir los costos de los cartuchos por falta del mantenimiento.</p>
Responsable	Usuarios de la unidad.



RECUERDE

- Disponer de una libreta o bitácora para consignar o relacionar las novedades de la operación y las actividades de mantenimiento.
- No dejar la planta de tratamiento en manos de personas que no hayan sido instruidas en el sistema.
- Realizar un cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad.
- Seguir estrictamente el manual de operación y mantenimiento de la planta para evitar futuras fallas como colmatación en el sistema de filtración, mala dosificación de químico por falta de limpieza y mantenimiento de los accesorios que componen las bombas dosificadoras.
- El operario a cargo de la unidad de potabilización tendrá que estar atento a los cambios de las condiciones del agua cruda, pues la dosificación de soluciones químicas cambian dependiendo el aumento o reducción de las características del agua y por tanto se puede generar un agua con contenido de producto químico y sedimentos.
- Realizar ensayos de jarras continuamente para saber la concentración de coagulante y alcalinizante frente a los cambios que presenta el agua.

**EL ÉXITO DEL TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE
AGUA POTABLE DEPENDE DE REALIZAR
CORRECTAMENTE LA OPERACIÓN DE ESTA UNIDAD Y LAS
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.**



ANEXO 9. ESTIMACION DE COSTOS EN INSUMOS QUIMICOS Y MATERIALES AGOTABLES

Para un flujo de 6 m³/día, se determino mediante pruebas realizadas en el área con cada uno de los sistemas de potabilización la cantidad de coagulante y alcalinizante necesarios para el tratamiento de agua.

En la siguiente tabla se observa los siete ríos en los cuales se instalo plantas compactas potabilizadoras de agua y las cantidades de químico con la que se preparo la solución madre.

Tabla 1. Cantidad de coagulante y alcalinizante (gr), en diferentes ríos

Ítem	LOCALIZACION DE PTAP		Sulfato de Aluminio Tipo A (gr) x cada 39 Lt de agua	Soda Caustica en Escamas (gr) x cada 39 Lt de agua
1	Fecha	09/11/2008	760	280
	Río	San Juan		
	Municipio	Docordo		
	Departamento	Choco		
2	Fecha	22/11/2008	800	280
	Río	Baudo		
	Municipio	Pizarro		
	Departamento	Choco		
3	Fecha	29/04/2009	600	280
	Río	Magdalena		
	Municipio	Yatí		
	Departamento	Bolívar		
4	Fecha	15/05/2009	700	260
	Río	Atrato		
	Municipio	Bojayá		
	Departamento	Choco		



Ítem	LOCALIZACION DE PTAP		Sulfato de Aluminio Tipo A (gr) x cada 39 Lt de agua	Soda Caustica en Escamas (gr) x cada 39 Lt de agua
5	Fecha	26/05/2009	510	230
	Río	Arauca		
	Municipio	Arauca		
	Departamento	Arauca		
6	Fecha	20/08/2009	555	230
	Río	Metica		
	Municipio	Puerto López		
	Departamento	Meta		
7	Fecha	09/10/2009	510	230
	Río	Caguán		
	Municipio	Cartagena de Chaira		
	Departamento	Caquetá		

Fuente: La Autora, 2009

De acuerdo al seguimiento realizado en cada uno de los hangares flotantes se determinó que el tiempo promedio de consumo de cada tanque de solución química por unidad, fue de tres días, tiempo que puede presentar una variación según la cantidad de tripulantes que permanezcan en el hangar y las características del río, puesto que entre mayor turbiedad se presente, mayor es la dosificación de productos químicos, y por consiguiente, menos días de consumo, este tiempo de consumo no será inferior a dos días.

1. CONSUMO DE SULFATO DE ALUMINIO

El costo del sulfato de aluminio tipo A por cada bolsa de 1 Kg es de \$ 2.300 pesos, por tanto el costo mensual es de:

- 1.1 Se promedio consumo de químico para ríos con alto consumo y para ríos con bajo consumo de químicos, obteniéndose los siguientes valores:



- Ríos de alto consumo: Río San Juan, río Baudo, río Atrato y río Magdalena, en los cuales se obtiene:

$$(715\text{gr (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3) \times 10\%) + 715\text{gr (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3) \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000\text{gr}} = 0,786 \text{ Kg} \times 3 \text{ días}$$

Se tuvo en cuenta un margen mayor, del 10%, debido a los continuos cambios de calidad del agua a tratar.

- Ríos de bajo consumo: Río Arauca, río metica, río Caguán, en los cuales se obtiene:

$$(525\text{gr (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3) \times 10\%) + 525\text{gr (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3) \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000\text{gr}} = 0,577\text{Kg} \times 3 \text{ días}$$

1.2 Finalmente el costo mensual por el sulfato de aluminio tipo A es de:

- Para Ríos de alto consumo:

$$0.262 \frac{\text{Kg (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3)}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{\$ 2.300}{1\text{Kg}} = \$ 18.078/ \text{mes}$$

- Para Ríos de bajo consumo:

$$0.192 \frac{\text{Kg (Al}_2\text{(SO}_4\text{)}_3)}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{\$ 2.300}{1\text{Kg}} = \$ 13.271/ \text{mes}$$

2. CONSUMO DE SODA CAUSTICA EN ESCAMAS

El costo de la soda caustica en escamas por cada bolsa de 1 Kg es de \$ 2.500 pesos, por tanto el costo mensual es de:

2.1 Se promedio consumo de químico para ríos con alto consumo y para ríos con bajo consumo de químicos, obteniéndose los siguientes valores:

- Ríos de alto consumo: Río San Juan, río Baudo, río Atrato y río Magdalena, en los cuales se obtiene:



$$(275\text{gr NaOH} \times 10\%) + 275\text{gr NaOH} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000\text{gr}} = 0,302 \text{ Kg} \times 3 \text{ días}$$

Se tuvo en cuenta un margen mayor, del 10%, debido a los continuos cambios de calidad del agua a tratar.

- Ríos de bajo consumo: Río Arauca, río metica, río Caguán, en los cuales se obtiene:

$$(230\text{gr NaOH} \times 10\%) + 230\text{gr NaOH} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000\text{gr}} = 0,253\text{Kg} \times 3 \text{ días}$$

2.2 Finalmente el costo mensual por la soda caustica en escamas es de:

- Para Ríos de alto consumo:

$$\frac{0.100 \text{ Kg NaOH}}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{\$ 2.500}{1\text{Kg}} = \$ 7.550/ \text{mes}$$

- Para Ríos de bajo consumo:

$$\frac{0.084 \text{ Kg NaOH}}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{\$ 2.500}{1\text{Kg}} = \$ 6.325/ \text{mes}$$

3. CONSUMO DE CLORO

La dosificación de cloro se realiza con un clorador en línea, introduciendo una (01) capsula de cloro al 70% H.T.H, la cual tiene un promedio de duración de 20 días a un mes según la temperatura en la que se encuentre, ya que la temperatura del agua interfiere en que se disuelva más rápido la capsula.



El hipoclorito de calcio en capsulas al 70% H.T.H tiene un costo por unidad de \$4.050 pesos.

Por lo cual, como son variables los días de consumo de la capsula de cloro, se asumirá que habrá un consumo máximo de 1.2 capsulas al mes, lo que equivaldrá a:

$$1.2 \text{ Capsulas} \times 1 \text{ mes} \times \frac{\$ 4.050}{1 \text{ Cap.}} = \$ 4.860 / \text{mes}$$

4. CONSUMO DE MATERIALES AGOTABLES

El material después de cumplir un periodo de vida útil, requiere de su cambio para evitar una disminución en la calidad del efluente.

Por esta razón hay unidades en el sistema de potabilización que requieren de cambios periódicos, como lo es el sistema de micro filtración que cuenta con filtros internos de 30 a 5 micras, en donde se deberán realizar cambios entre 4 y 6 meses.

Este tiempo dependerá del correcto mantenimiento que se realice, para evitar que los filtros se taponen definitivamente y haya necesidad de cambiarlos de forma prematura.

Otros elementos que tienen consumo en el proceso de filtración son los dispositivos de medición, los cuales son entregados con la planta potabilizadora.

Con base a la determinación de materiales u elementos consumibles se describe en la tabla 2. Los materiales agotables dentro del sistema de filtración de agua, con la cuantificación de costos.

**Tabla 2.** Costos unitarios de materiales agotables.

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	CANTIDAD	PERIODO DE REPOSICIÓN	COSTO UNITARIO
Filtro en pleated polyester-reusable x 10" de 30 micras	1	4 - 6 meses	\$ 28.800
Filtro en polydepht de 10 micras x 10"	1	4 - 6 meses	\$ 20.800
Filtro en polydepht de 5 micras x 10"	1	4 - 6 meses	\$ 20.800
Kit comparador de pH y cloro	1	1 mes	\$ 24.000
Caja indicadores de pH rango 0-14	1	10 meses	\$ 50.000

Fuente: La Autora, 2009

Los valores descritos anteriormente no tienen incluido el IVA.

5. COSTO MENSUAL POR TRATAR EL AGUA

$$\text{Costo con sulfato de aluminio} = \frac{\$ 18.078 / \text{mes}}{6000 \text{ L /día} \times 30 \text{ días /mes}} = \$0.100 / \text{litro}$$

$$\text{Costo con soda caustica} = \frac{\$ 7.550 / \text{mes}}{6000 \text{ L /día} \times 30 \text{ días /mes}} = \$0.0419 / \text{litro}$$

**• TOTAL COSTO MENSUAL POR TRATAR AGUA
EN RÍOS DE ALTO CONSUMO = \$0.141/litro**

**• TOTAL COSTO MENSUAL POR TRATAR AGUA
EN RÍOS DE BAJO CONSUMO = \$ 0.109/litro**



ANEXO 10. MUESTRA DE CALCULO DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRACION DIRECTA

Cálculos para el filtro pulidor 1.

1. Caudal de la Bomba 2,16 m³/hr

2. Cargas hidráulicas

Para la arena 12 m³/ m² h
Para la Carbón 12 m³/ m² h

Las tasas de filtración para filtros de lecho doble, puede variar entre 200 y 280 m³/m².d
Citado en línea, [http: www.cepis.ops- oms.org/eswww /fulltext/tratagua/rapida/rapida1.html](http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/rapida/rapida1.html)

3. AREAS DE LOS MEDIOS FILTRANTES

3.1 Área del filtro con arena:

$$A = Q/qh \text{ (m}^3/\text{m}^2 \text{ h)} = 2.16 \text{ m}^3/\text{hr} / 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h} = 0.18 \text{ m}^2$$

3.2 Área del filtro con grava

$$A = Q/qh \text{ (m}^3/\text{m}^2 \text{ h)} = 2.16 \text{ m}^3/\text{hr} / 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h} = 0.18 \text{ m}^2$$

4. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL FILTRO, PARA ARENA Y CARBÓN

$$4.1 \text{ Diámetro del filtro } = D = \sqrt{\left(\frac{4 \times A}{3,1416}\right)}$$

$$4.2 \text{ Diámetro del filtro } = D = \sqrt{\left(\frac{4 \times 0.18 \text{ m}^2}{3,1416}\right)} = 0.48 \text{ m}$$

5. LAS ALTURAS DE LOS MEDIOS FILTRANTES SE ASUMIERON PARA CADA TIPO DE LECHO FILTRANTE

6. Determinación del volumen de los medios filtrantes

Volumen = Área del filtro x Altura del lecho filtrante (arena o carbón activado)
Volumen = 0.18 m² x 0.88 m = 0.158 m³ = 158 lt

7. Con las densidades de los medios filtrantes se determino la masa a utilizar o depositar en cada filtro.



Para esto se debió determinar el volumen de los medios filtrantes por medio del área del filtro y el área total en cada filtro

Densidad = m/ v

m = Densidad x Volumen

m = 1.6 Kg/ L x 158 lt = 253.4 kg

Densidades	VALORES	UNIDAD
Densidad Arena	1,6	Kg/ L
Densidad Carbón	0,4	Kg/ L
Densidad Grava	1,60	Kg/ L

Fuente: ¹Soluciones globales para el tratamiento de aguas.
<<http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/medios-filtrantes-de-filtros/el-carbon-activado-como-adsorbente.htm>> El 16 de octubre de 2009

La presentación por bulto de arena viene por 50 kg, por tanto se requieren 5.1 bultos de arena para el filtro pulidor 1.

El anterior procedimiento de cálculo de masa también se realiza para el cálculo de la masa de carbón activado, pero se debe tener en cuenta que la presentación por bulto viene por 25 kg.

NOTA: Para el cálculo de los demás filtros se realiza el mismo procedimiento.

DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS

Asumiendo una velocidad de 0.7 m/s de acuerdo a los parámetros de diseño.

1. Calculo del área

$$Q = V \times A \rightarrow A = \frac{Q}{V} = \frac{2.16 \frac{m^3}{s}}{0.7 \frac{m}{s}} = 3 \frac{m^2}{s}$$



2. Calculo del diámetro de tubería PVC

$$\text{Diámetro de la tubería PVC} = D = \sqrt{\left(\frac{4 \times A}{3,1416}\right)} = \sqrt{\left(\frac{4 \times 3}{3,1416}\right)} = 1''$$

Las unidades de este diámetro son metros (m), en donde posteriormente debe realizar la conversión a pulgada, dando como resultado una tubería de 1".

VELOCIDAD DE LAVADO

En esta tubería se tuvo en cuenta el caudal del hidroacumulador mediante la curva de rendimiento de este equipo.

Trabaja con un $Q = 1.2 \text{ l/s}$ a una altura de $h = 10 \text{ m}$

Área de tubería de lavado = $\pi/4 \times D^2 = 8.55 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Velocidad de lavado = $Q/A = 1,4 \text{ m/s}$

CALCULO DEL TIEMPO DE LAVADO

Teniendo calculado el diámetro del filtro, el cual es : $0,48 \text{ m}$

Área de cada filtro = $0,18 \text{ m}^2$

Volumen = Área del filtro x h de lavado = $1,8 \text{ m}^3$

Tiempo de lavado = Volumen / Q_{lavado} = $1507 \text{ seg} = 25 \text{ min}$

CALCULOS DEL SERPENTIN DE MEZCLA RAPIDA

Parámetros de diseño

CAUDAL = $2.16 \text{ m}^3/\text{hr}$	
PARAMETROS	VALOR
TIEMPO DE DETENCION	15-60 Seg
VELOCIDAD	0.5 -2.5 Seg



1. Se determina el caudal de la electrobomba que resulta de la curvas de rendimiento y fue de es 2,16 m³/hr,
2. Posteriormente se establece un diámetro de tubería, para garantizar que la velocidad se encuentre entre los parámetros de diseño, $D = 0.042 \text{ m}$
3. seguidamente Se determina el área de la tubería.

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (0.042)^2 = 0.0013 \text{ m}^2$$

4. se establece o asume un tiempo de mezcla rápida de 15 segundos
5. luego se determina la longitud de la tubería.

$$longitud = \frac{Q_{electrobomba}}{Area Tubería} \times Tiempo \rightarrow longitud = \frac{2.16 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}}{0.0013 \text{ m}^2} = 5.6 \text{ m}$$



ANEXO 11. MUESTRA DE CÁLCULO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE BOMBAS DOSIFICADORAS

CONCENTRACIONES EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE GRADUACIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA

1. Caudal de la planta de 0,6 LPS
2. Se afora la bomba dosificadora , obteniendo los siguientes resultados:

Posición en bomba Dosificadora	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
Caudal ml/min	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

3. Se realiza conversión a LPS

$$\bullet \frac{51,6 \text{ ml}}{\text{Min}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 8.6 \times 10^{-4} \text{ LPS para punto 1.}$$

4. Mediante prueba de jarras se determinó concentración de soluciones madre para el coagulante y alcalinizante, obteniendo los siguientes resultados:

Tanque de Sln química	San Juan	Baudo	Magdalena	Atrato	Arauca	Metica	Caguán
[] de Sulfato de Aluminio (mg/l)	19500	20500	15400	18000	13000	14000	13000
[] Soda Caustica (mg/l)	8000	7200	7200	6600	6000	6000	6000

5. Con base en la concentración de las soluciones madre y los caudales, se calculo:

$$\bullet Q_{PTAP} \times C_{B. \text{ Dosificadora}} = Q_{B. \text{ Dosificadora}} \times C_{SlnMadre}$$

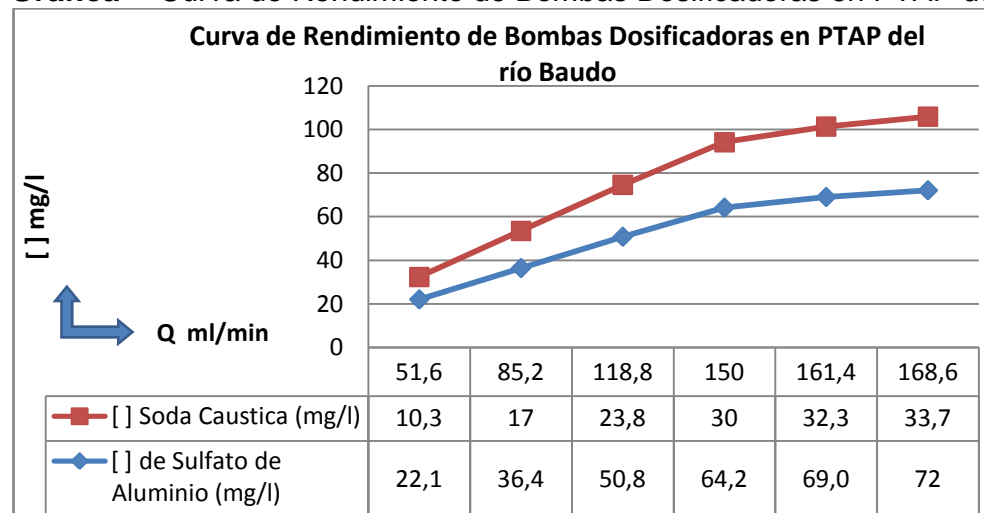
$$\bullet C_{B. \text{ Dosificadora}} = \frac{8.6 \times 10^{-4} \text{ LPS} \times 14000 \text{ mg/l}}{0,6 \text{ LPS}} = 20 \text{ mg/l}$$

En donde se obtuvo una concentración de sulfato de aluminio de 20mg/l para el punto 1 con una concentración de solución madre de sulfato de 14000mg/l para el río metica. Esto se realizó para cada río, determinando concentraciones en cada punto de graduación de la bomba dosificadora.



ANEXO 12. CURVAS DE RENDIMIENTO DE BOMBAS DOSIFICADORAS

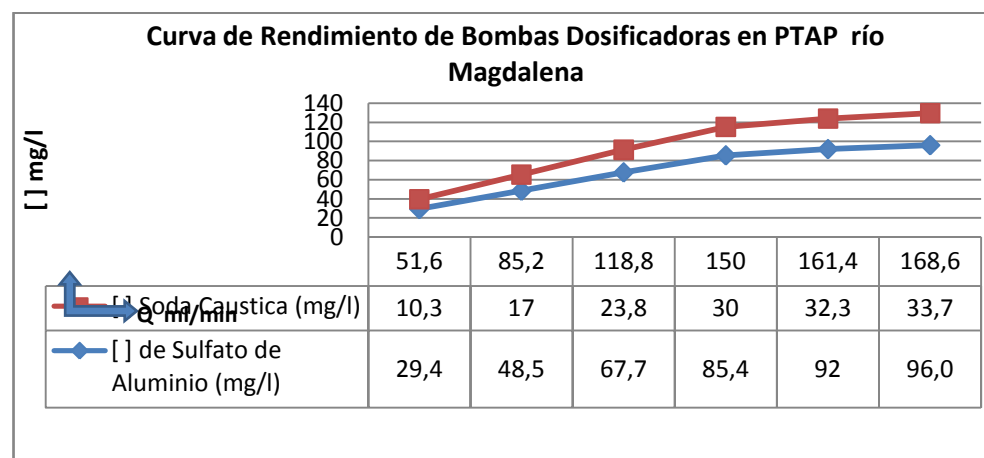
Grafica -- Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP del río Baudo



Posición de la bomba	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009

Grafica - Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP río Magdalena

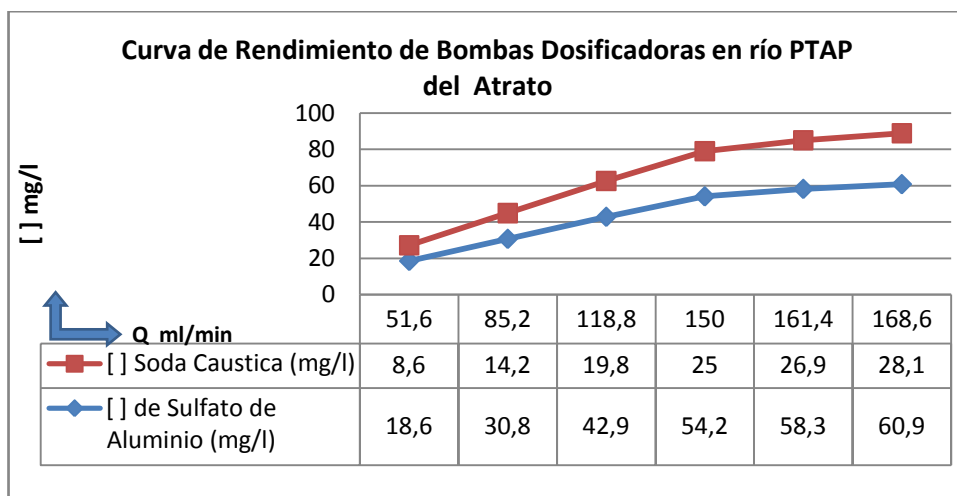


Posición de la bomba	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009



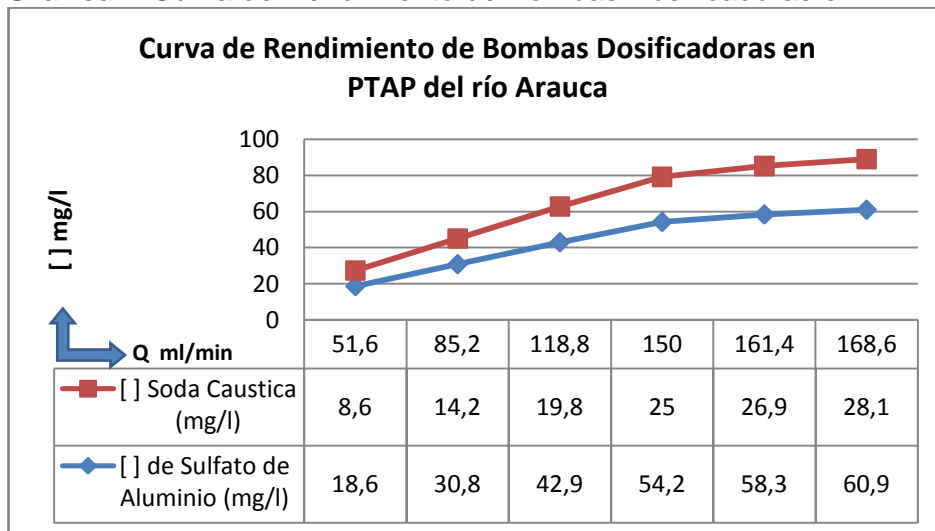
Grafica - Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en río PTAP del Atrato



Posición de la bomba	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009

Grafica – Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP del río Arauca

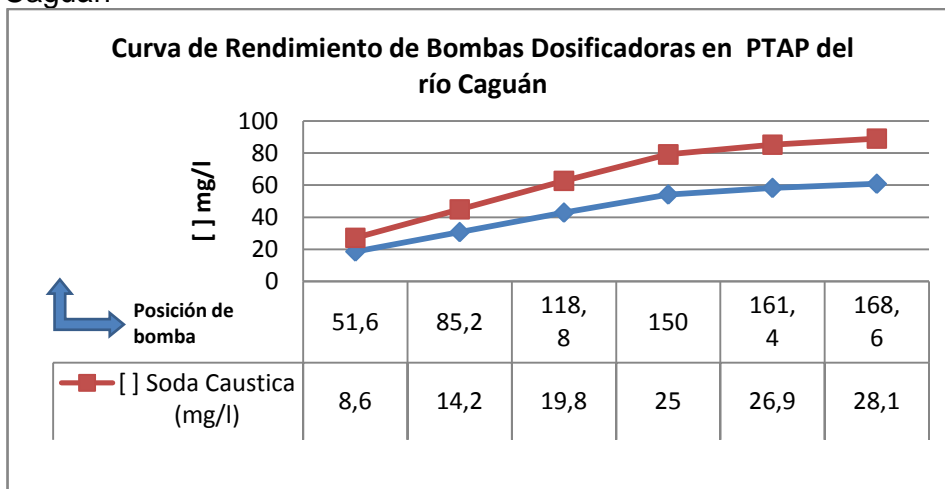


Posición de la bomba	Punto 1	punto 2	punto 3	punto 4	punto 5	punto 6
	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)	(ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009



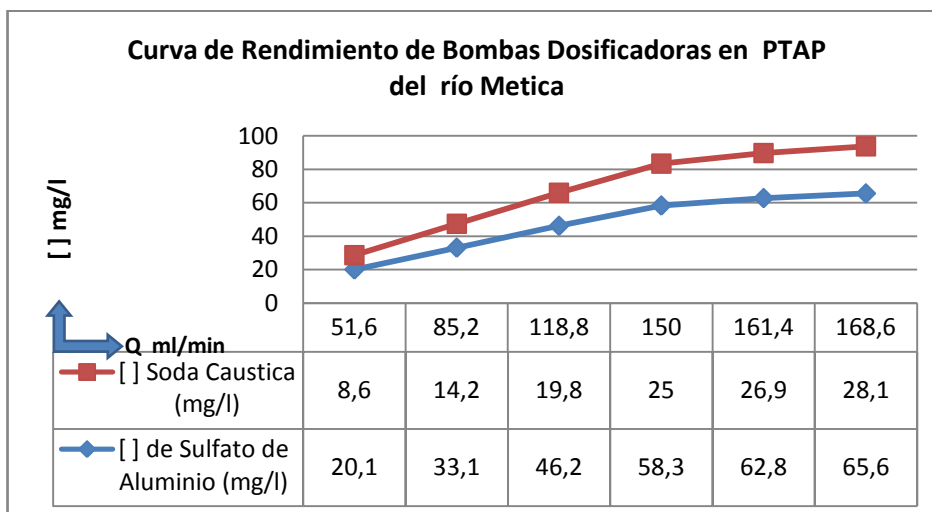
Grafica – Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en en PTAP del río Caguán



Posición de la bomba	Punto 1 (ml/min)	punto 2 (ml/min)	punto 3 (ml/min)	punto 4 (ml/min)	punto 5 (ml/min)	punto 6 (ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009

Grafica – Curva de Rendimiento de Bombas Dosificadoras en PTAP del río Metica



Posición de la bomba	Punto 1 (ml/min)	punto 2 (ml/min)	punto 3 (ml/min)	punto 4 (ml/min)	punto 5 (ml/min)	punto 6 (ml/min)
Caudal de bomba dosificadora	51,6	85,2	118,8	150	161,4	168,6

Fuente: Autora, 2009



ANEXO 13. CALCULO DE PERDIDAS

En el presente anexo se encuentra el cálculo de todas las pérdidas del sistema de filtración directa.

CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA DEL FILTRO FLOCULADOR

Tabla de pérdidas de energía del Floculador

CALCULO PERDIDAS DE ENERGIA FLOCULADOR			
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
Caudal entrada floculador (Q)	0,6	l/s	Caudal entrada bomba
Q	51,84	m ³ /dia	
Diámetro Sección Transversal Floculador	0,48	m	
Área Sección Transversal Floculador	0,18	m ²	
Altura Efectiva	1	m	
Borde Libre	0,4	m	
Volumen Efectivo Floculador	0,18	m ³	V = Asección trans x altura efectiva
Tiempo de Floculación	5,0	min	T = Volumen floculador / Q
Carga Hidráulica (qh)	0,0033	m/s	qh = Q / Asección trans
qh	12	m/h	
Porosidad Material Granular (ε)	0,39		Descripción de forma Desgastado
Volumen Floculador corregido	0,462	m ³	Según Porosidad V = Q/Porosidad
Tiempo de floculación corregido	12,8		T corregido = V / caudal
Tamaño Medio Material Granular 3/4 " x 1 " (D)	28	mm	Dato suministrado por el proveedor
Coeficiente (a) Formula Forchheimer	0,000572102		$a = [0,162 (1 - \epsilon)^2] / (\phi^2 \times D^2 \times \epsilon^3)$ Ecuación Forchheimer. Grava 3/4 " x 1 "
Factor de Forma (φ)	0,94		Descripción de forma Desgastado
Coeficiente (b) Formula Forchheimer	0,007032709		$b = [0,018 (1 - \epsilon)] / \phi \times D \times \epsilon^3$ Ecuación Forchheimer. Grava 3/4 " x 1 "
CALCULO NUMERO DE REYNOLDS			
Densidad	1000	Kg/m ³	
Viscosidad Dinámica	0,00101	Kg/m*s	Purificación del Agua Jairo Alberto Romero



Diámetro Sección Transversal	0,48		
Numero de Reynolds	1579,96758		NR= (Densidadx qh x Diámetro de sección trans,Flujo Laminar (<2200) Hidráulica de Tuberías Juan Saldarriaga
Perdida de Carga Unitaria Sección Grava 3/4 " x 1 "	0,000972113	m	Formula Forchheimer
Tamaño Medio Material Granular 1/2 " x 1/4 "	18	mm	Dato suministrado por el proveedor
Coeficiente (a) Formula Forchheimer	0,001384346		Ecuación Forchheimer. Grava 1/2 " x 1/4 "
Factor de Forma	0,94		Descripción de forma Desgastado
Coeficiente (b) Formula Forchheimer	0,010939769		Ecuación Forchheimer. Grava 1/2 " x 1/4 "
Perdida de Carga Unitaria Sección Grava 1/2 " x 1/4 "	0,001676979	m	Formula Forchheimer
Tamaño Medio Material Granular 1/2 " x 1/4 "	8	mm	Dato suministrado por el proveedor
Coeficiente (a) Formula Forchheimer	0,007008253		Ecuación Forchheimer. Grava 1/2 " x 1/4 "
Factor de Forma	0,94		Descripción de forma Desgastado
Coeficiente (b) Formula Forchheimer	0,024614481		Ecuación Forchheimer. Grava 1/2 " x 1/4 "
Perdida de Carga Unitaria Sección Grava 1/4 " x 1/8 "	0,005071027	m	Formula Forchheimer (Soporte Filtros)

Fuente: Autora, 2009



CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA DEL FILTRO PULIDOR 1 Y 2

Tabla de demostración de cálculos de pérdidas en los filtros.

CALCULO PERDIDAS DE ENERGIA FILTRO PULIDOR			
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
Caudal entrada floculador (Q)	0,6	l/s	Caudal de diseño
Q	51,84	m ³ /día	
Diámetro Sección Transversal Filtro	0,48	m	
Área Sección Transversal Filtro	0,18	m ²	
Altura Efectiva	1	m	
Borde Libre	0,3	m	
Volumen Efectivo Filtro	0,18	m ³	
Tiempo de Floculación	5,0	min	
Carga Hidráulica (qh)	0,0033	m/s	
qh	12	m/h	
Porosidad Material Granular Filtrante (E)	0,38		Cuadro Factores de Forma y P.Descripción de forma Redondeado
Aceleración de la gravedad	9,800	m/m ²	
Diámetro del grano esférico	0,40	mm	Purificación del Agua Jairo Alberto Romero - AWWA
Constante Kozeny (k)	5		Calidad y Tratamiento de Agua AWWA
Superficie Específica (a/v)	15,30612245		Área superficial del grano por unidad de volumen del grano (a/v= 6/φd)
Factor de Forma (φ)	0,98		Cuadro Factores de Forma y P. Descripción de forma Redondeado
viscosidad absoluta	0,000001004	m ² /s	
h/L	2,79947E-06		Ecuación de Kozeny vel(m/s)

Fuente: Autora, 2009



Tabla de cálculo de pérdidas de energía del filtro pulidor 1

FILTRO PULIDOR 1	Arena 20-30	Arena 10-20	Grava	Pérdida Filtro	Total
Diámetro Medio	0,4	0,87			
h/L	2,79947E-06	5,91777E-07			
Profundidad de la Capa (m)	0,3	0,58			
h (m)	8,39841E-07	3,43231E-07	0,005071027	0,00507221	

Fuente: Autora, 2009

Tabla de cálculo de pérdidas de energía del filtro pulidor 2

FILTRO PULIDOR 2	Arena 20-30	Turbidex 10-20	Grava	Pérdida Filtro	Total
Diámetro Medio	0,4	0,87			
h/L	2,79947E-06	5,91777E-07			
Profundidad de la Capa (m)	0,44	0,44			
h (m)	1,23177E-06	2,60382E-07	0,005071027	0,005072519	

Fuente: Autora, 2009

Tabla de cálculo de pérdidas de energía del filtro pulidor

DESOLORIZADOR	Carbón Activado	Grava Sección Grava 1/4 " x 1/8 "	Pérdida Total Filtro
Diámetro Medio	5,0		
h/L	1,79166E-08		
Profundidad de la Capa (m)	0,83		
h (m)	1,48708E-08	0,005071027	0,005071042
Factor de Forma Carbón Activado	0,94		
Porosidad	0,39		

Fuente: Autora, 2009

PERDIDA TOTAL EN LOS FILTROS

PERDIDA TOTAL FILTROS	0,015215771	m
-----------------------	-------------	---



CALCULO DE PERDIDAS EN LA SUCCION

Tabla de condiciones de diseño.

CONDICIONES DE DISEÑO						
Velocidad de flujo	0,525168871			m/s		
Área conducto	0,00114249			m ²		
Caudal Diseño	0,6	51,84	0,0006	l/s	m ³ /d	m ³ /s

Fuente: Autora, 2009

Tabla de diámetros de tuberías

DIAMETRO DE TUBERIA				
Diámetro comercial	1 1/4"			
Diámetro exterior	42,16		mm	
Espesor de la Pared	2,01		mm	
Diámetro interno	38,14	0,03814	mm	m

Fuente: Autora, 2009

De acuerdo a la ecuación de Colebrook White:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7D/\epsilon} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

CALCULO NUMERO DE REYNOLDS			
Densidad	1000	Kg/m ³	
Viscosidad Dinámica	0,00101	Kg/m*s	Purificación del Agua Jairo Alberto Romero
Diámetro Sección Transversal	0,04		
Numero de Reynolds	19831,62451		Flujo Turbulento (>4000) Hidráulica de Tuberías Juan Saldarriaga

Fuente: Autora, 2009



Tabla de cálculos de de pérdidas en la succión

PERDIDA DE ENERGIA EN LA SUCCIÓN			
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
Diámetro del Conducto	0,03814	m	Diámetro interno=42 mm
Velocidad Promedio de Flujo	0,525168871	m/s	
Gravedad	9,81	m/s ²	
Longitud del tramo de tubería	0,7	m	Tubería de Succión
Perdida (Ecuación Darcy - Weisbach)	0,006699506	m	$h_f = f^* (L/D) * (v^2/2g)$
CALCULO FACTOR DE FRICCION			
Numero de reynolds (Re)	19831,62451		Flujo Laminar
factor de fricción (Régimen Laminar)		Adimensional	Para Flujo laminar ($f=64/Re$); Ecuación Hagen Poiseuille
factor de fricción (Régimen Turbulento)	0,02596728	Adimensional	Para Flujo Turbulento (Ec.Colebrook White)
CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA			
Velocidad Promedio de Flujo	0,525168871	m/s	
$v^2/2g$	0,014057204	m	Cabeza de Velocidad
Rugosidad (e) Tubería PVC	0,0015	mm	
D/e	25426,66667		

Fuente: Autora, 2009

CALCULO DE PERDIDAS EN EL SERPENTIN

Tabla de condiciones de diseño.

CONDICIONES DE DISEÑO						
Velocidad de flujo	0,525168871			m/s		
Área conducto	0,00114249			m ²		
Caudal Diseño	0,6	51,84	0,0006	l/s	m ³ /d	m ³ /s

Fuente: Autora, 2009



Tabla de diámetros de tuberías

DIAMETRO DE TUBERIA				
Diámetro comercial	1 1/4"			
Diámetro exterior	42,16		mm	
Espesor de la Pared	2,01		mm	
Diámetro interno	38,14	0,03814	mm	m

Fuente: Autora, 2009

De acuerdo a la ecuación de Colebrook White:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7D/\epsilon} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Tabla del número de reynolds

CALCULO NUMERO DE REYNOLDS			
Densidad	1000	Kg/m ³	
Viscosidad Dinámica	0,00101	Kg/m*s	Purificación del Agua Jairo Alberto Romero
Diámetro Sección Transversal	0,04		
Numero de Reynolds	16353,89058		Flujo Turbulento (Re >4000) Hidráulica de Tuberías Juan Saldarriaga

Fuente: Autora, 2009



Tabla de pérdidas en el serpentín

PERDIDA DE ENERGIA EN EL SERPENTIN			
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
Diámetro del Conducto	0,042	m	Diámetro interno=42 mm
Velocidad Promedio de Flujo	0,433073662	m/s	
Gravedad	9,81	m/s ²	
Longitud del tramo de tubería	5,6	m	Tramo de tubería serpentín
Perdida (Ecuación Darcy - Weisbach)	0,034733576	m	$h_f = f^* (L/D) * (v^2/2g)$
CALCULO FACTOR DE FRICCION			
Numero de Reynolds (Re)	16353,89058		Flujo Laminar
factor de fricción (Régimen Laminar)		A dimensional	Para Flujo laminar ($f=64/Re$) ;Ecuación Hagen Poiseuille
factor de fricción (Régimen Turbulento)	0,027251237	A dimensional	para Flujo Turbulento (Ec. Colebrook White)
PERDIDA DE ENERGIA POR ACCESORIOS			
Velocidad Promedio de Flujo	0,433073662	m/s	
$v^2/2g$	0,009559266	m	Cabeza de Velocidad
Rugosidad (e) Tubería PVC	0,0015	mm	
D/e	28000		
PERDIDA CODO 90°			
	Coeficiente de Resistencia (K)	Longitud equivalente	Factor (ft) (Ec.Nikuradse)
Codo 90 grados	0,298025963	30	0,009934199

Fuente: Autora, 2009

Las pérdidas para el codo de 90° se determino con la ecuación de Ecuación de Nikuradse.

$$\frac{1}{\sqrt{f_T}} = 2 \log(3.71D/\epsilon)$$



Tabla de cálculo de pérdida total de energía

PERDIDA TOTAL DE ENERGIA (MAYORES + MENORES)			
Pérdida Total por Fricción	0,034733576	m	Perdidas Mayores
Pérdida Total por Accesorios	0,042733641	m	Perdidas Menores
PERDIDA TOTAL DE ENERGIA	0,077467217	m	Perdida Total en el Serpentin

Fuente: Autora, 2009

PERDIDA DE ENERGIA EN LA DESCARGA

Tabla de condiciones de diseño.

CONDICIONES DE DISEÑO						
Velocidad de flujo	0,525168871			m/s		
Área conducto	0,00114249			m ²		
Caudal Diseño	0,6	51,84	0,0006	l/s	m ³ /d	m ³ /s

Fuente: Autora, 2009

Tabla de diámetros de tuberías

DIAMETRO DE TUBERIA				
Diámetro comercial	1 "			
Diámetro exterior	33,4		mm	
Espesor de la Pared	1,6		mm	
diámetro interno	30,2	0,0302	mm	m

Fuente: Autora, 2009

De acuerdo a la ecuación de Colebrook White:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7D/\epsilon} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

CALCULO NUMERO DE REYNOLDS			
Densidad	1000	Kg/m ³	
Viscosidad Dinámica	0,00101	Kg/m*s	Purificación del Agua Jairo Alberto Romero



Diámetro Sección Transversal	0,03		
Numero de Reynolds	25045,6344		Flujo Turbulento (>4000) Hidráulica de Tuberías Juan Saldarriaga

Fuente: Autora, 2009

Tabla de pérdidas en la descarga

PERDIDA DE ENERGIA EN LA DESCARGA			
PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIONES
Diámetro del Conducto	0,0302	m	Diámetro interno=42 mm
Velocidad Promedio de Flujo	0,837618899	m/s	
Gravedad	9,81	m/s ²	
Longitud del tramo de tubería	24	m	Tubería de Descarga
Perdida (Ecuación Darcy - Weisbach)	0,697810808	m	$h_f = f^* (L/D) * (v^2/2g)$
CALCULO FACTOR DE FRICCION			
Numero de reynolds (Re)	25045,6344		Flujo Laminar
factor de fricción (Régimen Laminar)		A dimensional	Para Flujo laminar ($f=64/Re$) ;Ecuación Hagen Poiseuille
factor de fricción (Régimen Turbulento)	0,024554973	A dimensional	Para Flujo Turbulento (Ec. Colebrook White)
CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA			
Velocidad Promedio de Flujo	0,837618899	m/s	
$v^2/2g$	0,035759705	m	Cabeza de Velocidad
Rugosidad (e) Tubería PVC	0,0015	mm	
D/e	20133,33333		

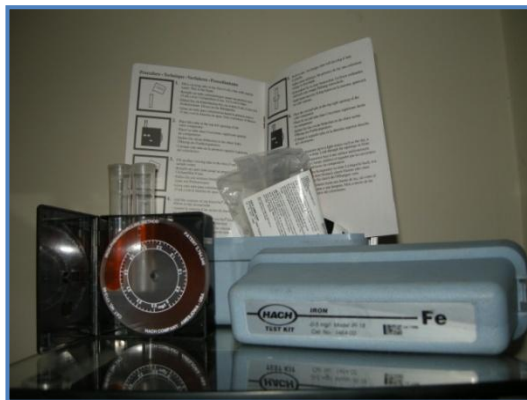
Fuente: Autora, 2009



ANEXO 14. TÉCNICAS DE CAMPO

KIT PARA ANALISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO 0-5 mg/lit Fe

FOTO . Kit para el análisis del contenido de hierro por colorimetr-



1. Llene el tubo para colorimetría hasta la primera marca (5 ml) con la muestra de agua. Esto constituye el blanco.
2. Coloque este tubo en la abertura superior izquierda del colorímetro
3. Llene otro tubo para colorimetría hasta la primera marca (5ml) con la muestra de agua.
4. Vierta el contenido de unas de las

capsulas Ferro Ver de reactivo de hierro en el segundo tubo de los preparados anteriormente.

5. Agite hasta mezclar. Si hay hierro en la muestra, aparecerá un color naranja.
6. Coloque el segundo tubo en la abertura superior derecha del colorímetro
7. Lleve el colorímetro hasta una fuente de luz, tal como el cielo, una ventana o una lámpara. Mire a través de las aberturas frontales del colorímetro.
8. Haga girar el disco de color hasta que el color coincida en ambas aberturas.
9. Lea la concentración de hierro mg/lit en la ventanilla de la escala.

KIT PARA LA DETERMINACION DE ALCALINDAD 5-100, 20-400 mg/lit Determinación de alcalinidad, valores altos

FOTO . Kit para el análisis del contenido de Alcalinidad por titula-



1. Llene hasta el máximo la probeta de plástico con la muestra de agua.
2. Vierta el contenido de la probeta en el matraz
3. Añada el contenido de una capsula de indicador fenolftaleína al matraz.



4. Agite para mezclar. Si la muestra permanece incolora, la alcalinidad en presencia de fenolftaleína es cero. En este caso continúe con el punto 7.
5. Si la muestra se vuelve rosa, añada gota a gota la solución patrón de ácido sulfúrico. Cuente cada gota añadida. Agite el matraz tras añadir cada gota. Añada gotas hasta que la muestra se vuelva incolora.
6. Multiplique el número de gotas de solución valoradora (Ácido Sulfúrico) utilizadas por 20 para obtener la alcalinidad del agua en presencia de fenolftaleína expresada en mg/l de carbonato cálcico (**CaCO₃**).

mg/l de alcalinidad en presencia de fenolftaleína = número de gotas x 20

7. Añada el contenido de una capsula de indicador verde de bromocresol-rojo de metilo al matraz para mezclar.
8. Agite para mezclar
9. Añada gota a gota una solución patrón de ácido sulfúrico. Cuente cada gota añadida. Agite el matraz tras añadir cada gota. Continúe añadiendo gotas hasta que la muestra se vuelva rosa.
10. Multiplique por 20 el número total de gotas de solución valoradora utilizadas en el punto 5 y en el 9. Esto resultara en la alcalinidad total del agua en presencia de naranja de metilo expresada en mg/l de (**CaCO₃**).

Determinación de alcalinidad, valores Bajos

1. Llene la probeta de plástico hasta la marca de 23 ml con la muestra de agua.
2. Añada el contenido de una capsula de indicador de fenolftaleína
3. Agite para mezclar. Si la muestra permanece incolora, la alcalinidad en presencia de fenolftaleína es cero. En este caso continúe con el punto 6.
4. Si la muestra se vuelve rosa, añada gota a gota solución patrón de ácido sulfúrico. Cuente cada gota Añadida. Agite el matraz tras añadir cada gota. Continúe añadiendo gotas hasta que la muestra se vuelva incolora.
5. Multiplique el número de gotas de solución valoradora utilizadas por el punto 5. Para obtener alcalinidad del agua en presencia de fenolftaleína expresadas en mg/l de carbonato cálcico (**CaCO₃**).

mg/l de alcalinidad en presencia de fenolftaleína = número de gotas x 5



6. Añada el contenido de una capsula de indicador verde de bromocresol-rojo de metilo al matraz.
7. Agite para mezclar
8. Añada gota a gota la solución patrón de ácido sulfúrico. Cuente cada gota añadida. Agite el matraz tras añadir cada gota. Continúe añadiendo gotas hasta que la muestra se vuelva rosa.
9. Multiplique el número total de gotas de solución valoradora utilizadas en los puntos 4 y 8 por 5. Esto resultara en alcalinidad total de la muestra en presencia de naranja de metilo expresada en mg/lit de carbonato cálcico.

mg/lit de alcalinidad en presencia de naranja de metilo = numero de gotas x 5

KIT PARA LA DETERMINACION DE DUREZA 20-400 mg/lit

FOTO . Kit para el análisis del contenido de dureza por titulación



1. Llene un tubo plástico completo con agua de muestreo
2. Vierta el contenido del tubo en la botella mezcladora cuadrada.
3. Agregue a la botella mezcladora el contenido de una bolsa de polvo de reactivo para dureza UniVer 3.Rote. para mezclar.
4. Agregue titulante EDTA por goteo rotando la botella mezcladora para

mezclar. Cuando la muestra cambie de coloración roja a azul, registre la cantidad de gotas agregadas.

5. Multiplique por 20 la cantidad de gotas de titulante utilizado. Este valor será el mg/lit de dureza como **(CaCO₃)**.

KIT PARA LA DETERMINACION DE CLORO LIBRE Y CLORO TOTAL 0-3. mg/lit

FOTO . Kit para el análisis del contenido de cloro libre por colorimetría



Determinación de cloro libre

1. Llene un tubo para colorimetría hasta la primera marca 5 ml con la muestra de agua. Esto constituye el blanco.
2. Coloque este tubo en la abertura superior izquierda del comparador



3. Llene otro tubo para colorimetría hasta la primera marca 5 ml con la muestra de agua.
4. Vierta el contenido de una de las capsulas de reactivo de cloro libre DPD en el segundo tubo de los preparados anteriormente. Realice el análisis y lea el resultado en el curso de un minuto tras la adición del polvo de reactivo.
5. Agite para mezclar
6. Coloque el segundo tubo en la abertura superior derecha del comparador.
7. Oriente el comparador hacia una fuente de luz, tal como el cielo, una ventana o una lámpara. Mire a través de las aberturas frontales del comparador.
8. Haga girar el disco de color hasta que el color coincida en ambas aberturas.
9. Lea los mg/lit de cloro libre en la ventanilla de la escala.

Determinación de cloro Total

1. Llene un tubo para colorimetría hasta la primera marca 5 ml con la muestra de agua.
2. Coloque este tubo en la abertura superior izquierda del computador
3. Llene otro tubo para colorimetría hasta la primera marca 5 ml con la muestra de agua.
4. Vierta el contenido de una de las capsulas del reactivo de cloro total DPD en el segundo tubo de los preparados anteriormente.
5. Agite hasta mezclar. Espere tres minutos. El resultado del análisis debe leerse antes de transcurridos 6 minutos desde la adición del polvo del reactivo
6. Coloque el segundo tubo en la abertura superior derecha del comparador de colores
7. Oriente el comparador hacia una fuente de luz, tal como el cielo, una ventana o una lámpara. Mire a través de las aberturas frontales del comparador.
8. Haga girar el disco de color hasta que el color coincida en ambas aberturas.
9. Lea los mg/lit de cloro total en la ventanilla de la escala.

ESPECTROFOTÓMETRO PORTÁTIL

FOTO . Espectrofotómetro, para el análisis del contenido de turbiedad



1. Recoger una muestra representativa en un recipiente limpio. Llenar una celda para muestras hasta la línea de llenado (15 ml), poniendo cuidado en coger la celda por la parte superior. Cerrar la celda (véase la Sección 2.3, para más información sobre la
2. Limpiar la celda con un paño suave y sin pelusa para eliminar las manchas de agua y las huellas de los dedos.
3. Aplicar una película delgada de aceite de silicona. Limpiar con un paño suave para obtener una película uniforme sobre toda la superficie.
4. Pulsar: **I/O**. El instrumento se conectará. Poner el instrumento sobre una superficie plana y estable. No coger el instrumento mientras se efectúan las mediciones.
5. Introducir la celda de la muestra en su compartimento, de modo que el diamante o la marca de orientación de la celda, coincida con la marca de orientación marcada en relieve delante del compartimento. **Cerrar la tapa.**
6. Seleccionar el modo de selección manual o automática del intervalo pulsando la tecla **RANGE**. La pantalla mostrará **AUTO RNG** si se seleccionó el modo de selección automática de intervalo.
7. Seleccionar el modo de medición promediada pulsando la tecla **SIGNAL AVERAGE**. La pantalla mostrará **SIG AVG** cuando el instrumento está en modo de medición promediada. Emplear este modo de funcionamiento si la muestra presenta una señal borrosa o imprecisa (la pantalla cambia constantemente).
8. Pulsar: **READ**. La pantalla mostrará - - - - **NTU**, y a continuación, el valor de la turbidez expresado en NTU. Registrar la turbidez después que el icono de la lámpara haya desaparecido.

Nota: El instrumento asume como valor por defecto el último modo de funcionamiento seleccionado. Si en mediciones anteriores se empleó el modo de selección automática de intervalo o el modo de medición promediada, estas opciones se seleccionarán automáticamente para las muestras siguientes.



ANEXO 15. DETERMINACIONES CUALITATIVAS EN PRUEBAS DE JARRAS

Mediante pruebas de jarras se determinó para cada botella diferentes dosis de coagulante y alcalinizante con concentraciones de 20 a 100mg/l en cada una de las siete plantas de tratamiento. Debido a las condiciones adversas de trabajo para determinar la mejor jarra, se realizó visualmente por el índice de floculación de Willcomb, y se tomo como muestra de comparación agua envasada.

Tabla. Índice de floculación de Willcomb

Número de índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Floc 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 de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina

En base al índice de floculación se dio un número de índice de floculación, como se muestra en la siguiente tabla:

	Rio San Juan	Rio Baudo	Rio Magdalena	Rio Atrato	Rio Arauca	Rio Metica	Rio Caguán
- N° índice	8	10	4	8	10	10	8
[] de Sulfato de Aluminio (mg/l)	80	60	100	80	60	40	40
[] Soda Caustica (mg/l)	20	20	20	20	20	20	20

Los índices determinados en la anterior tabla fueron para las mejores jarras y se presentan las concentraciones de dosificación en las pruebas de jarras para sulfato de aluminio y soda caustica.