

“Evaluación de pruebas de tratabilidad y floculación de la planta de  
tratamiento de agua potable de campo alegre Municipio de Chinchiná “

SERGIO LOPERA GÓMEZ.

MODALIDAD: AUTORÍA PROPIA.

TUTOR:  
SEBASTIÁN PACHECO.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA AMBIENTAL.  
MANIZALES (CALDAS).  
2018.

# Contenido

Abreviaturas .....	6
Introducción .....	7
1. Planteamiento del problema .....	7
1.1 Instalaciones de la planta:.....	8
1.1.2 Sedimentadores y filtros.....	8
1.1.3 Dosificación:.....	9
1.1.4 Floculadores: .....	10
1.1.5 Sedimentadores: .....	10
1.1.6 Filtración:.....	12
1.1.7 Sistema de lavado: .....	12
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo general.....	13
2.2 Objetivo específico .....	13
3. Marco teórico .....	13
3.1 Métodos de tratamiento de agua potable.....	21
3.2. Tipos de floculadores:.....	24
3.3. Química de la coagulación/floculación:.....	27
4. Metodología.....	28
4.1 Prueba de jarras (test de jarras).....	29
4.1.1 Dosis óptima:.....	29
4.1.2 . Determinación experimental del tiempo óptimo.....	29
4.2. Enfoques teóricos de los diferentes tipos de tratamientos:.....	31
4.3. Metodología más eficiente y de bajo costo para realizar: .....	31
5. Análisis y resultados: .....	31
5.1 Histórico de la planta:.....	32
6. Conclusiones: .....	53
7. Recomendaciones:.....	54
8. Bibliografía.....	55
Anexos 1 .....	56

Gráfica 1. Documentos por año .....	14
Gráfica 2. Documentos por año y por fuente.....	14
Gráfica 3. Documentos por autor.....	15
Gráfica 4. Documentos por institutos.....	16
Gráfica 5. Documentos por país.....	16
Gráfica 6. Por tipo de documentos.....	17
Gráfica 7. Documentos por área de estudio .....	18
Gráfica 8. Color vs tiempo .....	33
Gráfica 9. Turbiedad vs tiempo .....	34
Gráfica 10. Turbiedad vs tiempo (invierno 2018 .....	39
Gráfica 11. Color vs tiempo (invierno 2018): .....	40
Gráfica 12. Turbiedad vs tiempo (verano 2018):.....	44
Gráfica 13. Color vs tiempo (verano 2018) .....	44
Tabla 1. Criterios para análisis .....	21
Tabla 2. Tipos de floculadores y descripción.....	26
Tabla 3. Jarras.....	35
Tabla 4. Primera prueba .....	37
Tabla 5. Segunda prueba .....	38
Tabla 6. Tercera prueba.....	39
Tabla 7. Capacidad real de la planta en invierno.....	41
Tabla 8. Primera prueba .....	42
Tabla 9. Segunda prueba .....	43
Tabla 10. Capacidad real de la planta en verano.....	45
Tabla 11. Gradientes en cada venta na de los floculadores .....	45
Tabla 12. Gradientes por pérdida de carga.....	46
Tabla 13. Explicación de valores señalados en la tabla de muestra de datos.....	48
Tabla 14. Muestra de datos del floculador dos.....	49
Tabla 15. Análisis de prueba de trazadores .....	51
Tabla 16. Cálculos de entrada del fluido por cada unidad. ....	53
Ilustración 1. Instalaciones de la planta .....	8
Ilustración 2. Sedimentadores y filtros.....	8
Ilustración 3. Dosificación.....	9
Ilustración 4. Canaleta parshall.....	9
Ilustración 5. Floculadores.....	10
Ilustración 6. Sedimentadores .....	10
Ilustración 7. Sedimentadores en mantenimiento .....	11
Ilustración 8. Filtración.....	12
Ilustración 9. Sistema de lavado .....	12
Ilustración 10. Prueba de trazadores.....	46
Ilustración 11. Toma de muestra trazadores .....	48

## RESUMEN

En la siguiente propuesta se planteó un estudio de tratabilidad a la planta de tratamiento de agua potable ubicada en la vía Chinchiná - Santa rosa. Esta obra fue inaugurada en FEBRERO 21 DE 1982, cuenta con un caudal promedio de 110 L/s, un caudal máximo 140 L/s y con un caudal de diseño teórico de 220 L/s. La medición y mezcla rápida se realiza en una canaleta Parshall de ancho de garganta de 12". La floculación se realiza en un floculador hidráulico tipo "COX" compuesto por 4 unidades y cada unidad con 6 cámaras de dimensiones cada una de 2,10\* 2,10 \* 2,50, para un caudal de 220 L/s cuyo tiempo de coagulación teórico es de 20 minutos y los Gradientes varían entre 56-34 s<sup>-1</sup>. Esta planta cuenta con 4 sedimentadores de tipo convencional con dimensión cada uno de 6.51m de ancho 25,88 m de largo y 2.50m de profundidad. El lavado de la unidad de filtración se hace por medio de sopladores, inyectando aire a los filtros. Basado en esto se busca desarrollar pruebas de tratabilidad de la planta. Estas consisten en encontrar la capacidad que tiene la planta en la zona de floculación, ya que en ella no se habían realizado intervenciones de este tipo para saber el gradiente óptimo de floculación.

Se realizaron 8 pruebas en total según una previa revisión del estado del arte y revisión del artículo 111 de la Resolución 0330 del 2017. El análisis de tiempo óptimo y gradiente óptimo, constaron de 8 pruebas de jarras, 3 en invierno y en verano se hacen 2 pruebas de jarras, ya que la planta no presenta problemas operacionales en las unidades de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración, con otras 2 en invierno para mayor veracidad. El proyecto consiste en 4 etapas, pruebas de gradientes en invierno y verano, cálculo de gradientes por pérdida de carga en floculadores. Se desarrolla la prueba de trazadores para identificar la capacidad de los floculadores.

se realizaron en los meses de abril, mayo, Julio, septiembre y las otras dos en octubre, se graficaron los resultados de cada prueba, en el eje X el tiempo en un rango de 20 a 45 min y en el eje Y la turbiedad a diferentes gradientes según lo dicta la Resolución 0330 artículo 111 a Gradientes de 10 s<sup>-1</sup> a 70 s<sup>-1</sup>. Por otro lado, en el mes de octubre se hacen las pruebas de pérdida de carga, con el fin de obtener el gradiente real de la planta y trazadores, saber si allí se encuentran cortocircuitos y si el fluido se distribuye homogéneamente por los 4 floculadores. Este análisis es basado en procesos estadísticos.

En invierno se presentan las dos graficas de T(Turbiedad) VS t (tiempo) Y C(color) VS t(tiempo), se escoge el valor menor de las dos gráficas dando como resultado un Tiempo óptimo de 32 min y Gradiente óptimo de 20 rpm (10s<sup>-1</sup>). Y en verano se presentan las dos grafías de T VS t Y C VS t, se escoge el valor menor de las dos gráficas dando como resultado un Tiempo óptimo de 32 min y Gradiente óptimo de 20 rpm ( 10s<sup>-1</sup>).La planta cuenta con una capacidad a tratar en invierno y verano de 137,L/s

## ABSTRACT

In the following proposal, a treatability study was proposed for the potable water treatment plant located on the Chinchiná - Santa Rosa road. This work was inaugurated on FEBRUARY 21, 1982. It has an average flow of 110 L / s, a maximum flow rate of 140 L / s and a theoretical design flow rate of 220 L / s. Rapid measurement and mixing is done in a 12 "throat width Parshall gutter. The flocculation is carried out in a hydraulic flocculator type "COX" composed of 4 units and each unit with 6 cameras of dimensions each of 2.10 \* 2.10 \* 2.50, for a flow rate of 220 L / s whose time of The theoretical coagulation is 20 minutes and the Gradients vary between 56-34 s<sup>-1</sup>. This plant has 4 settlers of conventional type with each dimension of 6.51m wide 25.88m long and 2.50m deep. The washing of the filtration unit is done by means of blowers, injecting air into the filters. Based on this, the aim is to develop tests for the plant's treatability. These tests consist in finding the capacity of the plant in the flocculation zone, since in the plant no treatability tests were previously carried out in order to know the optimum flocculation gradient.

8 treatability tests were carried out according to a previous review of the state of the art and revision of article 111 of Resolution 0330 of 2017. The analysis of optimal time and optimum gradient, consisted of 8 pitcher tests, 3 in winter and in summer are made 2 jar tests, since the plant does not present operational problems in the units of rapid mixing, flocculation, sedimentation and filtration, with other 2 in winter for greater veracity. The project consisted of 4 stages, gradient tests in winter and summer, calculation of gradients due to pressure loss in flocculators. The tracer test is developed to identify the capacity of the flocculators.

the tests were carried out in the months of April, May, July, September and the other two in October, the results of each test were plotted, in the x-axis the time in a range of 20 to 45 min and in the Y axis the turbidity at different gradients as dictated by Resolution 0330 article 111 to Gradients of 10 s<sup>-1</sup> to 70 s<sup>-1</sup>. On the other hand, in the month of October the load loss tests are done, it is in order to obtain the real gradient of the plant and tracers, to know if the plant is short circuited and if the fluid is distributed homogeneously by the 4 flocculators, this analysis is based on statistical processes.

In winter the two graphs of T (Turbiedad) VS t (time) YC (color) VS t (time) are presented, the lower value of the two graphs is chosen, resulting in an Optimal time of 32 min and Optimum gradient of 20 rpm (10s<sup>-1</sup>). And in the summer the two graphs of T VS t YC VS t are presented, the lower value of the two graphs is chosen, resulting in an Optimal time of 32 min and Optimum gradient of 20 rpm (10s<sup>-1</sup>). The plant has a capacity to treat in winter and summer 137, L / s

## Abreviaturas

T	Turbiedad
t	Tiempo
C	Color
Co	Concentración inicial
c	Concentración final
min	Minutos
s	Segundos
hf F	Pérdida de carga en cada floculador
rpm	Revoluciones por minuto
L/s	Litros/segundo
UPC	Unidades de platino cobalto
Qreal	Caudal real

## Introducción

### 1. Planteamiento del problema

En la siguiente propuesta se planteó un estudio de tratabilidad a la planta de tratamiento de agua potable ubicada en la vía Chinchiná - Santa rosa. Esta obra fue inaugurada en FEBRERO 21 DE 1982, cuenta con un caudal promedio de 110 L/s, un caudal máximo 140 L/s y con un caudal de diseño teórico de 220 L/s. La planta fue diseñada sin pruebas de tratabilidad, creando una discusión con los operarios y los directivos de la empresa prestadora del servicio Empocaldas S.A. La preocupación comienza con el crecimiento poblacional del Municipio de Chinchiná, Caldas. De esta discusión surge el proyecto *Evaluación de pruebas de tratabilidad y floculación de la planta de tratamiento de agua potable de campo alegre Municipio de Chinchiná* con la intención de hacer pruebas al respecto, que les ayude a cuantificar los tiempos de retención en los floculadores, los gradientes que presenta la planta y cuáles son los reales; con estos estudios se puede encontrar la capacidad máxima que puede tener los floculadores.

La planta con estas capacidades en sedimentación y filtración cumple con los parámetros permisibles que dicta la Resolución 2115 del 2007, pero qué quiere decir esto: que la planta permite hacer errores operacionales que se verán reflejados en el costo operacional de la misma.

¿Será posible que la planta de Chinchiná (Campoalegre) tenga la capacidad para tratar el caudal al que fue diseñado?

## 1.1 Instalaciones de la planta:

Imagen tomada de <http://www.empocaldas.com.co/web>



Ilustración 1. Instalaciones de la planta

En la imagen se muestra la zona administrativa de la planta, las unidades de floculadores, sedimentadores, filtros y los dos tanques de almacenamiento. Cada único con una capacidad de almacenamiento de  $1.750 \text{ m}^3$ .

## 1.1.2 Sedimentadores y filtros

Imagen tomada de <http://www.empocaldas.com.co/web/>



Ilustración 2. Sedimentadores y filtros



En la imagen se presentan los 4 sedimentadores convencionales, y cuatro filtros que funcionan por medio de retro lavado y aireación.

### 1.1.3 Dosificación

*Ilustración tomada el día 30 de septiembre del 2018.*



*Ilustración 3. Dosificación*

Se utiliza polímero de policloruro de aluminio en solución puro para la coagulación, la aplicación es por bomba dosificadora.

Ilustración tomada el día 30 de septiembre del 2018.



*Ilustración 4. Canaleta parshall*

Según (S.A, 2010). La mezcla rápida se hace por medio de una canaleta parshall de 12”.

### 1.1.4 Floculadores:

Ilustración tomada el día 30 de septiembre del 2018.



*Ilustración 5. Floculadores*

Toma de Pineda (n.d.). La floculación se hacer por medio de unidades hidráulicas o floculadores tipo cox.

### 1.1.5 Sedimentadores:

Ilustración tomada el día 30 de septiembre del 2018



*Ilustración 6. Sedimentadores*



Tomado de Pineda (n.d.). Se dispone de cuatro (4) unidades del tipo sedimentación convencional con dimensión cada uno de 6.51m de ancho 25,88 m de largo y 2.50 de profundidad.

Admitiendo una carga superficial de 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día la capacidad nominal de sedimentación de la planta es en la actualidad, con una capacidad de 234 L/s.

Ilustración tomada el día 18 de noviembre del 2018.

Sedimentadores en mantenimiento. El funcionamiento del sedimentador consiste en una pared perforada para la distribución homogénea del fluido, teniendo tiempos de



*Ilustración 7. Sedimentadores en mantenimiento*

retención hidráulica largos, con canaletas de espina de pescado para la recolección del agua.

### 1.1.6 Filtración:

Ilustración tomada el día 18 de noviembre del 2018.



*Ilustración 8. Filtración*

Según Correa (2006) La filtración es la operación unitaria que consiste en la separación total de sólidos suspendidos en el seno de un fluido que es forzado a pasar a través de un medio filtrante el cual puede ser una tela de fibras naturales.

### 1.1.7 Sistema de lavado:

Ilustración tomada el día 18 de noviembre del 2018.



*Ilustración 9. Sistema de lavado*

Tomado de Pineda (n.d), 2 sopladores con capacidad para suministrar 19,7 m<sup>3</sup>/min (694 CFM) de aire, con presión de 5 p.s.i. a la entrada de cada filtro:

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar mediante pruebas de tratabilidad, la floculación de la planta de tratamiento de agua potable de Campo Alegre del Municipio de Chinchiná.

### **2.2 Objetivo específico**

- Realizar una revisión del histórico de la planta.
- Determinar experimentalmente el tiempo óptimo de floculación.
- Determinar los gradientes de operación mediante el cálculo de la pérdida de carga.

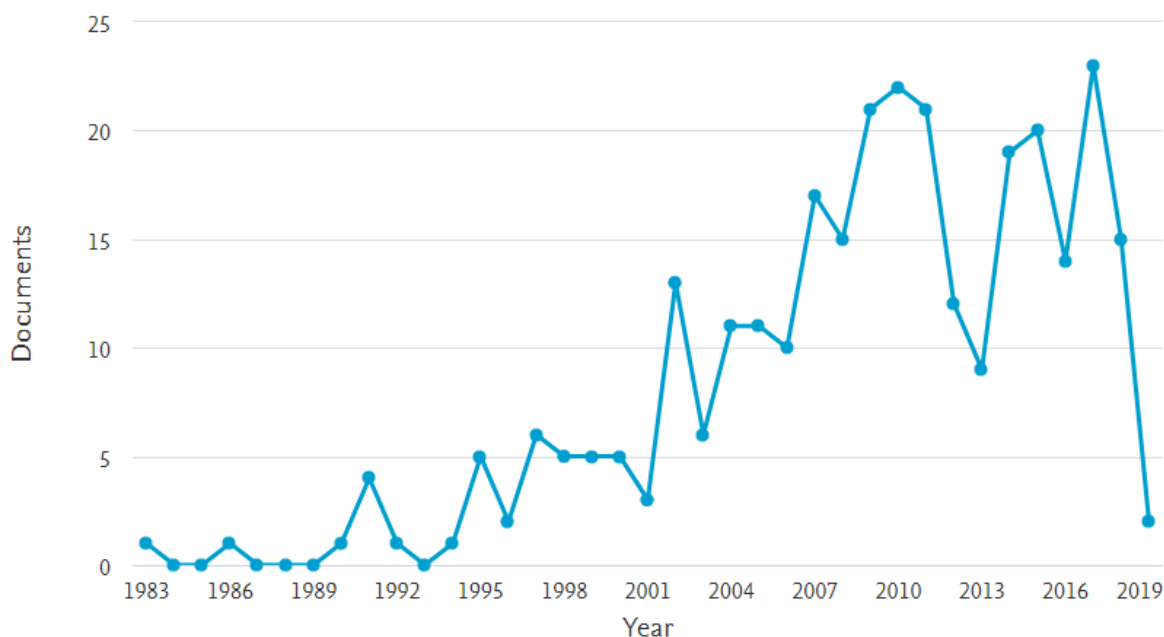
## **3.Marco teórico**

Bibliometría:

En la bibliometria, se observan las diferentes gráficas, donde se ha hecho investigación de parámetros hidráulicos, están por documentos por años y fuente, por autores, instituciones, por país y por tema. Con esto se demuestra el interés que tiene la humanidad para la solución a la demanda de agua que se tiene en los últimos años.

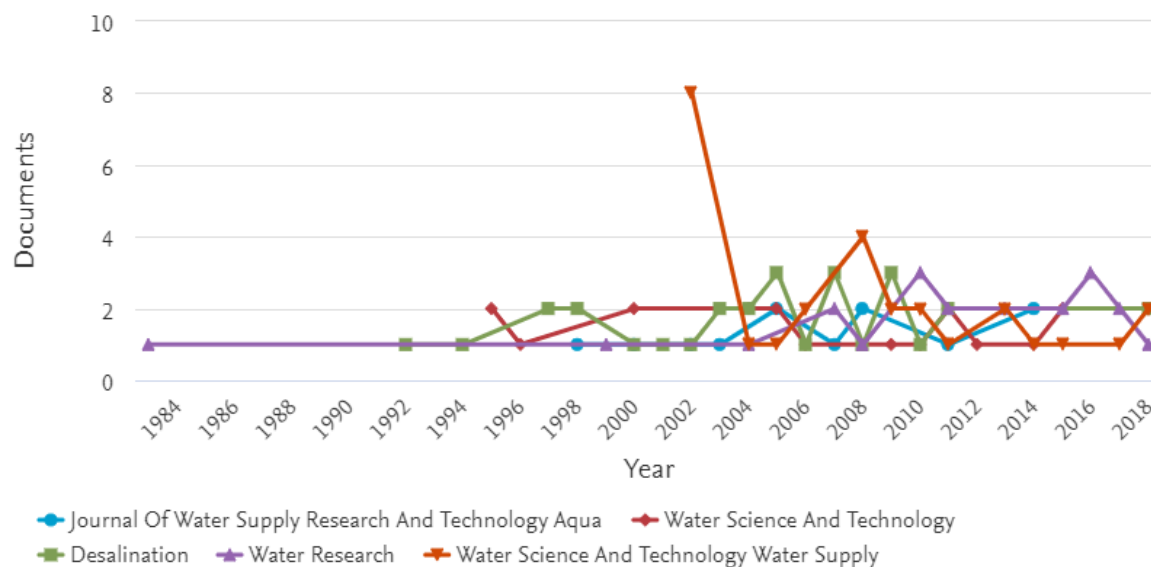
Documentos por año

Gráfica 1. Documentos por año



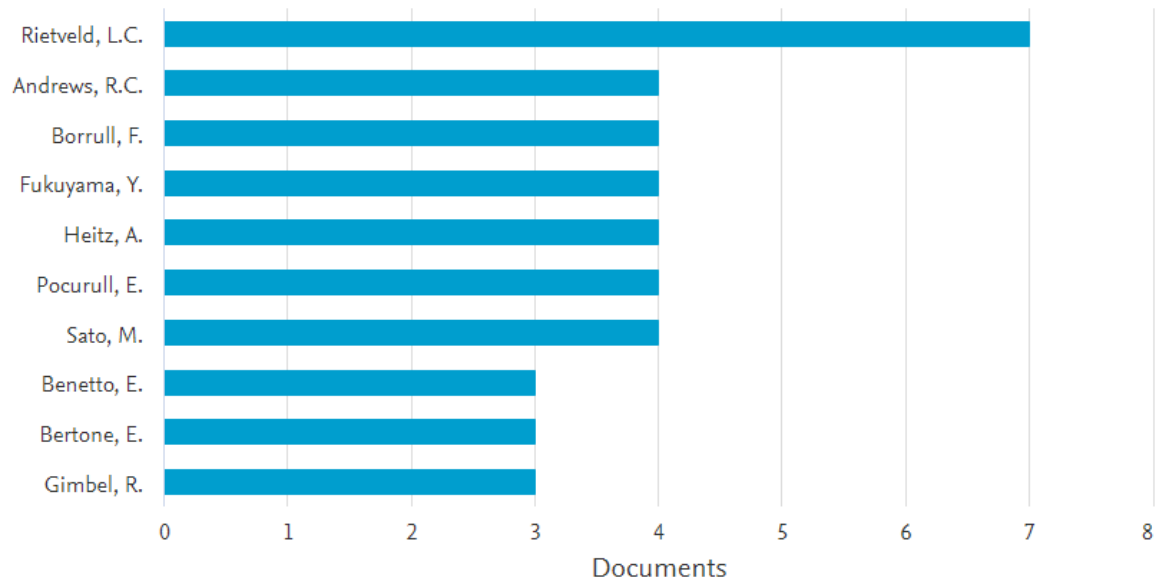
### Documentos por año y por fuente:

Gráfica 2. Documentos por año y por fuente



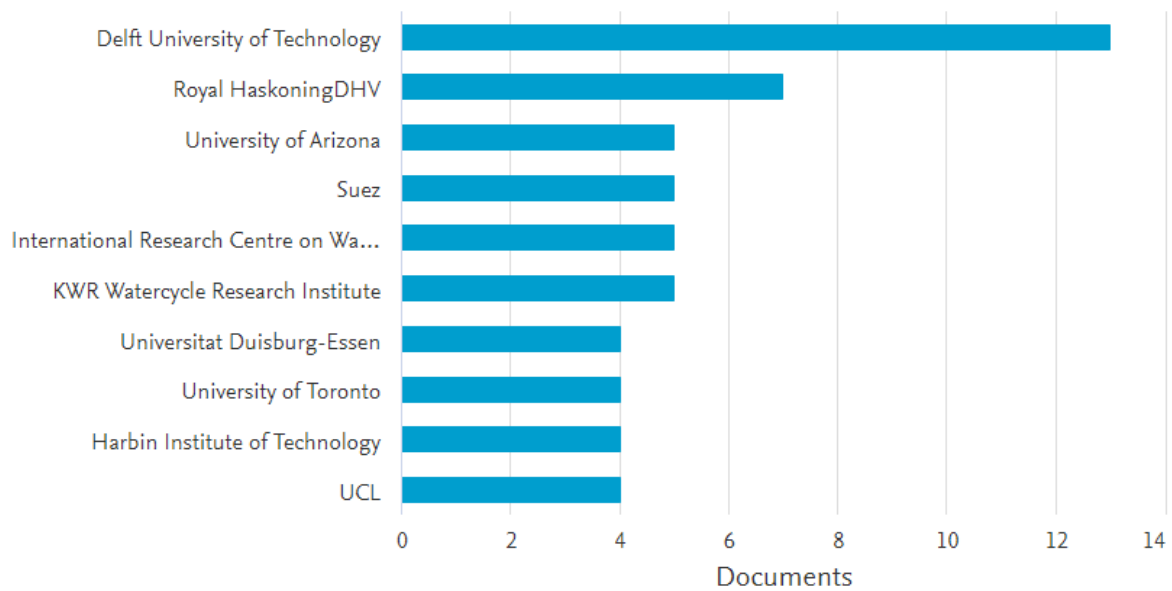
### Documentos por autor

Gráfica 3. Documentos por autor



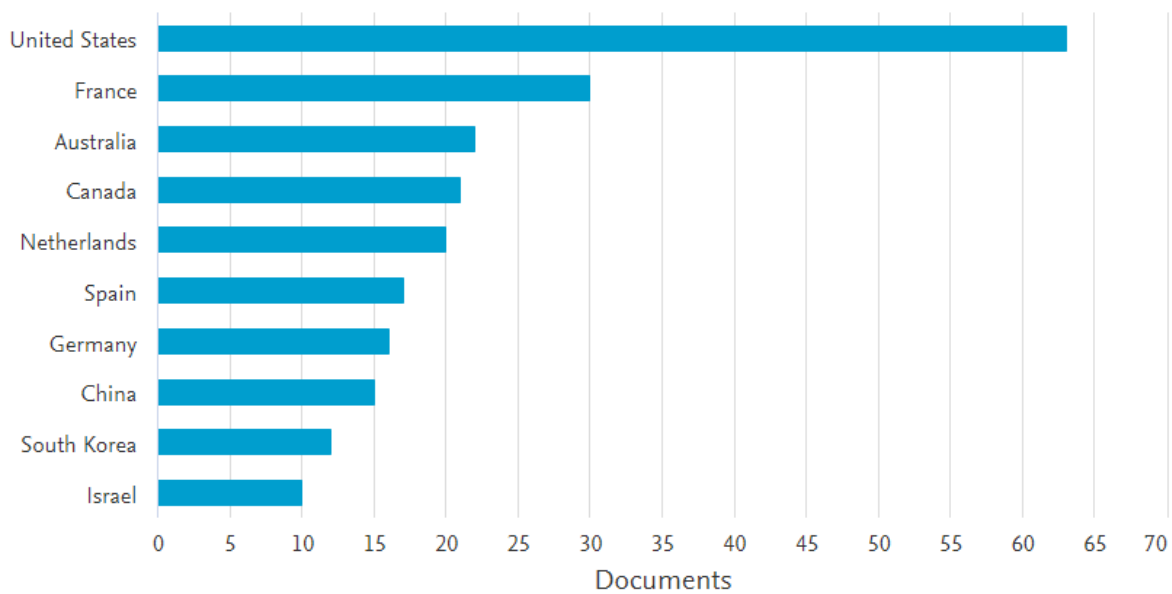
## Documentos por institutos

Gráfica 4. Documentos por institutos



## Documentos por país

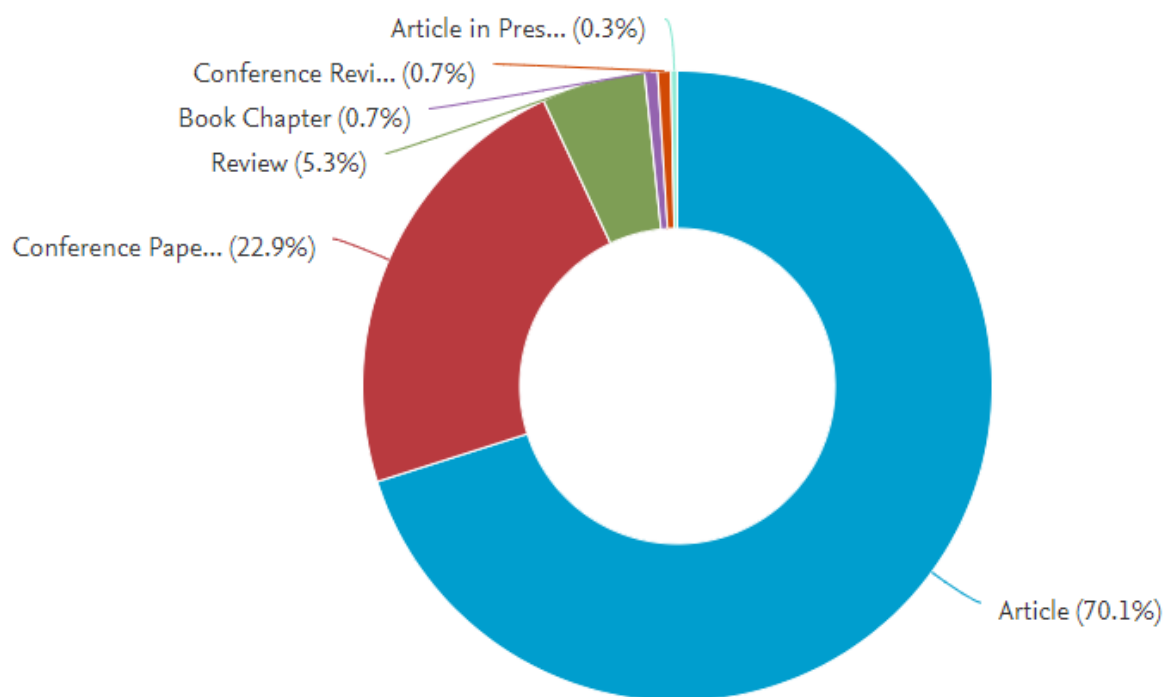
Gráfica 5. Documentos por país





## Por tipo de documentos

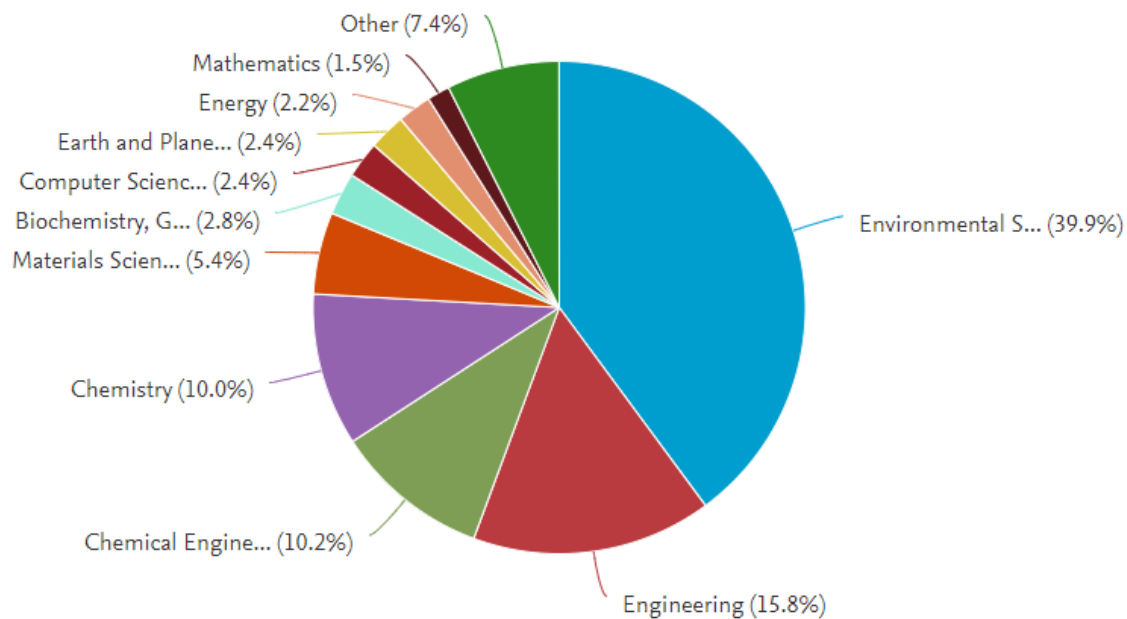
Gráfica 6. Por tipo de documentos



<b>Tipo de documento</b>	<b>Cantidad</b>
Article	211
Conference Paper	69
Review	16
Book Chapter	2
Conference Review	2
Article in Press	1

## Documentos por área de estudio

Gráfica 7. Documentos por área de estudio



Área de estudio	Cantidad
Environmental Science	215
Engineering	85
Chemical Engineering	55
Chemistry	54
Materials Science	29
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	15
Computer Science	13
Earth and Planetary Sciences	13
Energy	12
Mathematics	8
Medicine	8
Social Sciences	8
Agricultural and Biological Sciences	7
Business, Management and Accounting	6
Immunology and Microbiology	6
Physics and Astronomy	3
Decision Sciences	2

Teoría de la separación:

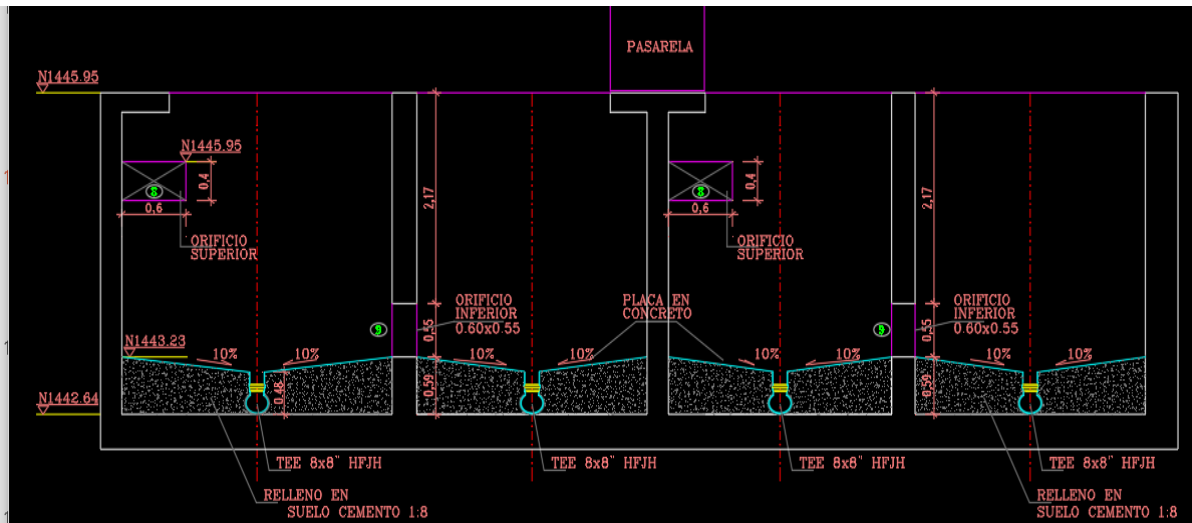
Según Pérez (2005) Definimos como "sedimentación":

...al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro. (p.1)

Floculadores tipo cox

según Arboleda (1992) Estos floculadores consisten en una serie de cámaras en serie (con un mínimo de 6 cámaras o de 8 a 12) donde el fluido entra por el fondo de la esquina de la celda y sale por encima en la esquina opuesta, de forma que se crea un movimiento rotacional del fluido que obliga a hacer un vórtice amplio, cuyo centro se desplaza frecuentemente de un lugar a otro propiciando así el desarrollo de vórtices menores.

Tomada de



este tipo de floculadores son de utilidad en los casos en que se requiere bajo gradiente de velocidad, las turbiedades sean moderadas y no contengan partículas pesadas. La colocación de las aberturas en las cámaras debe hacerse en forma cuidadosa para que el agua adquiera el movimiento rotatorio, la formación de vórtices está influida por la fuerza de coriolis Arboleda (1992).

Las celdas deben ser cuadradas y la relación lado a profundidad, debe ser como mínimo 1 a 1.2 pero preferiblemente 1 a 2. El cálculo del volumen del floculador se hace dividiendo el tiempo de retención necesario por el número de cámaras. El cálculo del gradiente de velocidad se lo hace con las ecuaciones dadas para floculador hidráulico, el cual se mostrará más adelante, las pérdidas de carga

total es la sumación de las pérdidas de cada carga parcial. estas se pueden considerar (en forma por demás aproximada) como la energía necesaria para inducir el vórtice y por tanto con ellas se puede calcular el gradiente de velocidad en cada celda Arboleda, (1992)

Según Arboleda (1992)

...con fin de poder variar dicho gradiente, conviene introducir en las aberturas de las compuerta un diseño que puedan accionarse desde arriba (comúnmente marcos metálicos con una hoja dentro, accionable con una manija). para evitar posibles cortos circuitos se podría introducir pantallas horizontales que cubren el 30 % del área superficial colocadas en tal posición que impidan posibles cortocircuitos entre las aberturas bajas y altas de la misma cámara. debe además dejarle una salida para evacuación de lodos en cada celda conectado a un múltiple.(p.25)

### **Gradiente y tiempo óptimo:**

Según (Restrepo (2009)El objetivo de este ensayo es conocer la intensidad que debe dársele a la mezcla durante el proceso de floculación a fin de optimizar la remoción de partículas durante el proceso de sedimentación.

### **Determinación de gradientes por pérdida de carga:**

Se parte aquí del principio de que la energía para producir turbulencia en cada cámara es la inducida por la pérdida de carga en el pasamuro, codo y orificio (Arboleda, 1992).

### **Pruebas de trazadores:**

Según Pérez (1992):

...para visualizar el funcionamiento de una unidad desde el punto de vista hidráulico, es conveniente utilizar una sustancia trazadora (sal, colorantes, ácidos o una sustancia radiactiva) que pueda ser aplicada en la entrada de la unidad, y que simultáneamente se comience a registrar la concentración del trazador a la salida de la unidad (p.43)

Tabla 1. Criterios para análisis

consecuencia	Criterio	análisis
Existencia apreciable de cortocircuitos	$t_i/t_o$	menor a 0,3 hay apreciable cortocircuito
Predominio de flujo mezclado	$t_p/t_o$	si tiende a 0 predomina flujo mezclado y 1 flujo pistón. $t_p$ tiempo se da la máxima concentración
Predominio de flujo mezclado	$t_c/t_o$	cerca de 0,7 flujo mezclado
Existencia de flujo mezclado	$(t_f - T_p) - (t_p - T_i)/t_o$	0 flujo a pistón y cerca de 2,3 flujo mezclado
		mayor a 0,65 pistón

Parámetros principales:

$t_i$  = tiempo inicial desde que se aplica el trazador hasta que aparece en el efluente.

$t_{10}$  = tiempo correspondiente al paso del 10% de la cantidad total del trazador  
 $t_p$  = tiempo modal, correspondiente a la presentación de la máxima concentración.

$t_m$  = tiempo medio, correspondiente al paso del 50% de la cantidad del trazador.

$t_o$  = tiempo medio de retención o tiempo teórico de retención =  $V/Q$ .

$t_{90}$  = tiempo correspondiente al paso del 90% de la cantidad total del trazador.

$t_f$  = tiempo que transcurre hasta que atraviesa la totalidad del trazador al reactor.

$C_o$  = concentración inicial.

$C_p$  = concentración máxima a la salida.

### 3.1 Métodos de tratamiento de agua potable

En el tratamiento de agua potable existen dos tipos de tratamientos que se dividen en:

**Convencionales**, esta tecnología no cuenta con ninguna modificación en su sistema y no convencionales o tratamientos avanzados ya son tecnologías con una modificación para acelerar el proceso. Según (Leal Ascencio, 2005) Puede ser de floculación, sedimentación y filtración. Esto va relacionado con las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas que tenga la fuente de abastecimiento, donde la calidad de agua de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia:

Pretratamientos: se deben usar cuando exista un exceso de material suspendido en el agua en especial de tratamiento. los procesos que se pueden aplicar son:

**Desarenador de flujo horizontal:** según (Leal Ascencio, 2005) este proceso es el más utilizado en las diferentes plantas de agua potable que requieren de un pretratamiento, consiste en la reducción de la velocidad del fluido que transporta las partículas, son de geometría rectangular y alargada, una variable demasiado importante es el volumen útil para que ocurra la sedimentación

**Desarenador de flujo vertical:** según (Leal Ascencio, 2005)El flujo entra por la parte inferior del desarenador y dirigiéndose a la parte superior, donde las partículas empiezan a precipitarse. Son de geometrías circulares, rectangulares o cuadradas.

**Desarenador de alta tasa:** (Arboleda, 1992)Este consiste en unas placas hexagonales o circulares ubicadas a 60 grados con una geometría rectangular, el flujo asciende por estas placas con un flujo laminar. Este permite una cantidad mayor de cargas superficiales que los desarenadores convencionales.

Pre filtros: se utilizan para reducir los niveles de turbiedad y de sólidos en suspensión a límites aceptables.Segun (Ministerio de la Protección, Social, & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). También ayudan a reducir los niveles de contaminación bacteriana.

### **Sistema de mezcla rápida:**

Proceso que se encarga de distribuir el coagulante en forma rápida e instantánea en toda la masa de agua, es allí donde sucede la desestabilización de partículas en solución o suspensión que origina la turbiedad o el color de las aguas, mediante la adición de sustancias químicas llamadas coagulantes.

Sistemas operacionales:

Según Arboleda (1992), los parámetros de la mezcla rápida son:

- La intensidad de agitación que se debe impartir a la masa de agua para disponer el coagulante, la cual se evalúa mediante el gradiente de velocidad.
- El tiempo durante el cual debe aplicarse esta agitación al agua.  
se pueden hacer con diferentes vertederos, donde el aforo es simple, sin embargo, se generan pérdidas de carga relativamente altas y si el agua contiene partículas suspendidas, éstas serán depositadas en el embalse aguas arriba, formado por el vertedero modificando el coeficiente de descarga. Desde el año 1929 se han generalizado el uso de la canaleta parshall. La canaleta usualmente es operada bajo condiciones de flujo libre o no sumergida y según Estrada (como se citó en Arboleda, 1992):

...el tirante, Resultado de dividir el área hidráulica por el ancho superficial del agua, parámetro fundamental en el estudio del movimiento de un fluido en un canal abierto, y también, en un canal rectangular la distancia entre la lámina de agua y el fondo. Ocurre en la sección contraída (garganta), un salto hidráulico en la sección divergente a la salida. sin embargo, en algunas ocasiones el salto puede estar sumergido (p.100).

**Descripción de canaleta parshall:**

El piso de la sección aguas arriba está a nivel y las paredes convergen hacia la garganta, las paredes de la garganta son paralelas y el piso está inclinado hacia abajo. las paredes de la sección aguas abajo divergen hacia la salida y el piso tiene una inclinación ascendente.

Imagen tomada el día 3 de enero del 2019

**Partes del medidor Parshall**

Consta de cuatro partes principales:

1. Transición de entrada
2. Sección convergente
3. Garganta
4. Sección divergente

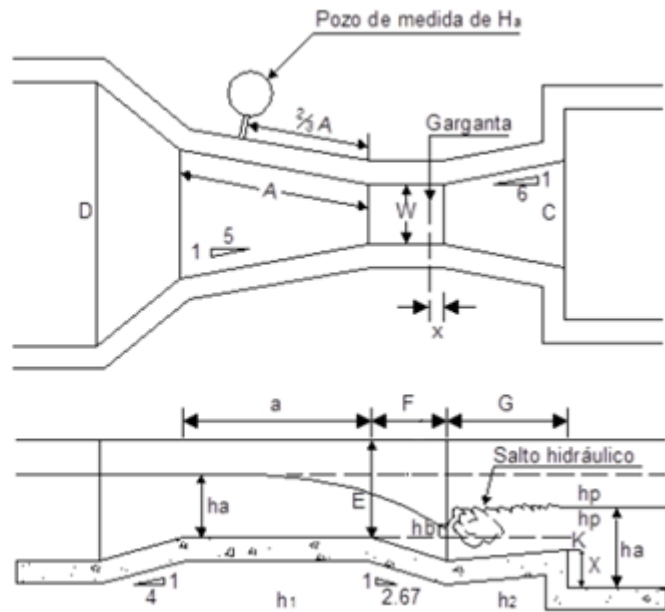


Imagen 1. Partes del medidor Parshall

Tomada de <http://bioplastdepuracion.com/index.php?s=noticia&n=36>.

**Elección del coagulante:**

Para la elección de coagulante se debe tener en cuenta:

- Facilidad de adquisición.
- Almacenamiento.
- Manejo.
- Seguridad.
- Dosificación.

Los coagulantes de pueden dosificar en seco o solución.

### 3.2. Tipos de floculadores :

Hidráulicos: según Arboleda (1992)“los floculadores hidráulicos derivan su energía para la agitación de la masa líquida , en la carga de velocidad que el flujo adquiere al escurrir por un conducto”. (p.114)

Imagen tomada el día 3 de enero del 2019

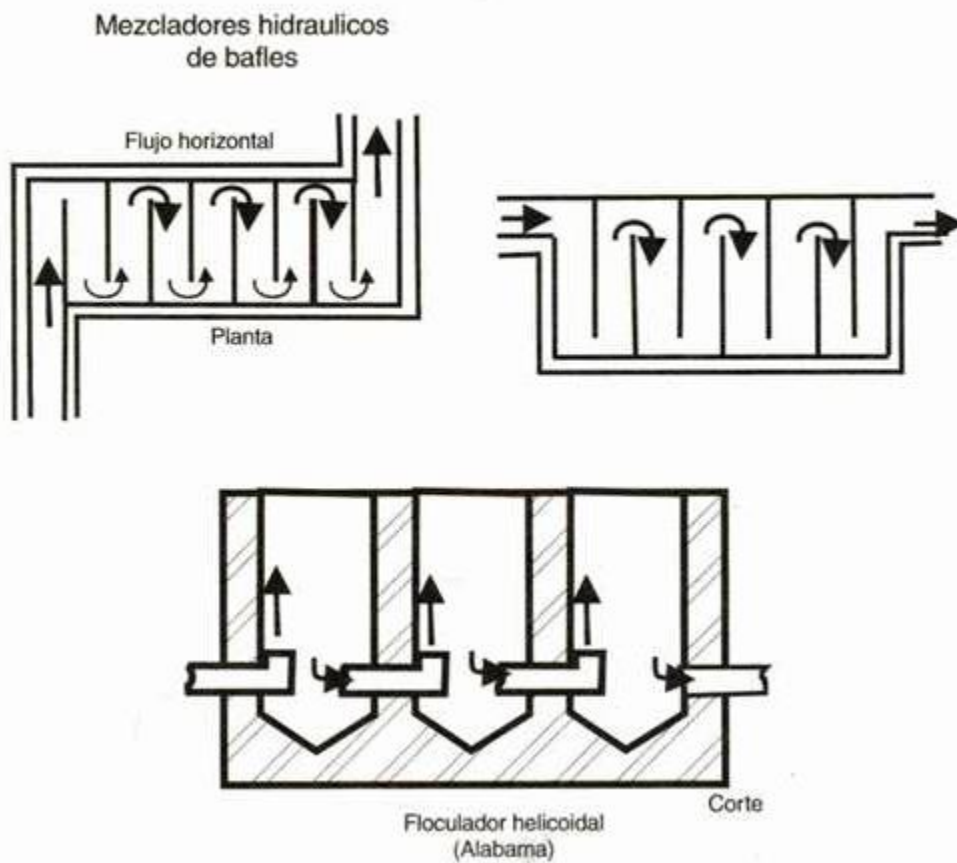


Imagen 2. Mezcladores hidráulicos



Tomado de [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html).

Mecánicos: según Arboleda, (1992) “se trata de un floculador que requiere una fuente de energía adicional que mueve un agitador en un tanque, donde el agua permanece por un tiempo teórico de detección”(p.132) son floculadores que en cuanto los gradientes óptimos y el tiempo de detención o retención son más fáciles de manejar , pero a nivel económico consumidores de energía. se tiene dos tipos de agitadores o reciprocantes según su movimiento:

Floculadores giratorios de eje vertical: son comunes en una geometría rectangular, con una barra vertical en el centro y paletas de madera a los lados, impulsado por un motor en la parte superior.

Imagen tomada el día 3 de enero del 2019

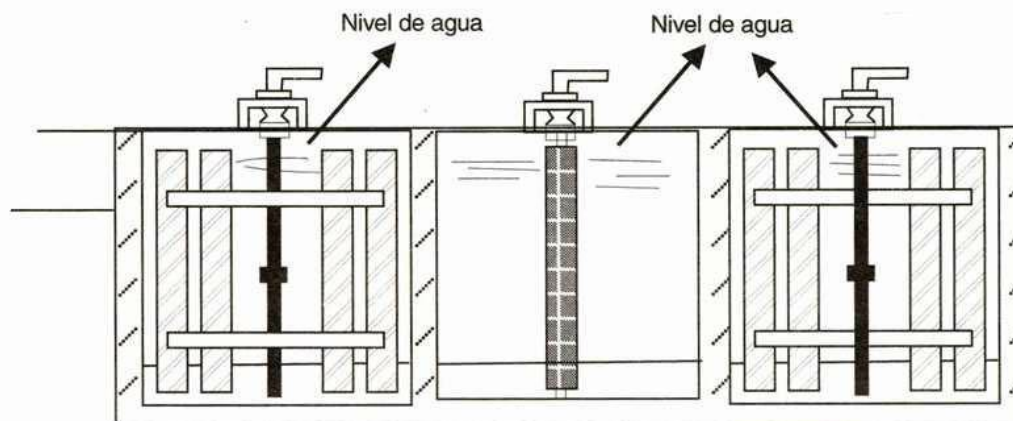


Imagen 3. Floculadores giratorios

Tomado de (2a Edición Ministerio de Desarrollo Económico, 1999)

Floculadores horizontal: es un funcionamiento similar al vertical pero con la barra horizontal, requiriendo una cámara o pozo seco para la instalación de los motores, colocando perpendicular al flujo o paralelo a este, con el fin de disminuir los cortocircuitos en el sistema.

Imagen tomada el día 3 de enero del 2019

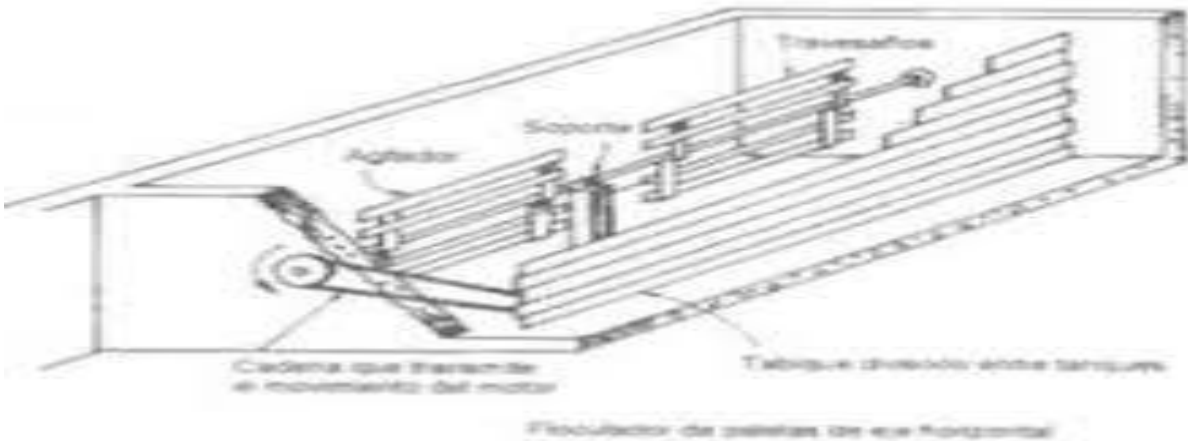


Imagen 4. Floculador horizontal

Tomada de (Martinez, 2008)

Tabla 2. Tipos de floculadores y descripción. Tomado de Arboleda, 1992

Según la energía de agitación	Según el sentido del flujo	Descripción	Nombre
Hidráulicos	Flujo horizontal	Con tabiques de ida y regreso	De tabiques
	Flujo vertical	Con tabiques arriba y abajo del tanque	
		Con codos en el fondo que proyectan el agua hacia arriba	Alabama
		Con entrada lateral al tanque	Cox

Mecánicos	Rotatorios	De paletas de eje horizontal o vertical  turbinas horizontales o verticales	De paletas
	Recíprocos	Rejas ,cintas oscilantes	De turbinas

### 3.3. Química de la coagulación/floculación:

Según Arboleda (1992)

La coagulación es la parte donde se agrega una sal inorgánica o un coagulante natural (almidón) a la masa de agua para la desestabilización de las partículas coloidales con la anulación de las cargas y garantizar el choque entre ellas, para en la floculación se formen los Floc y precipiten. El término floculación se refiere a la aglomeración de partícula coagulas a partículas floculantes. es el proceso por el cual una vez desestabilizados los coloides, provee una mezcla suave de partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellos sin romper o disturbar los agregados preformados (p.76)

Imagen tomada el día 3 de enero del 2019

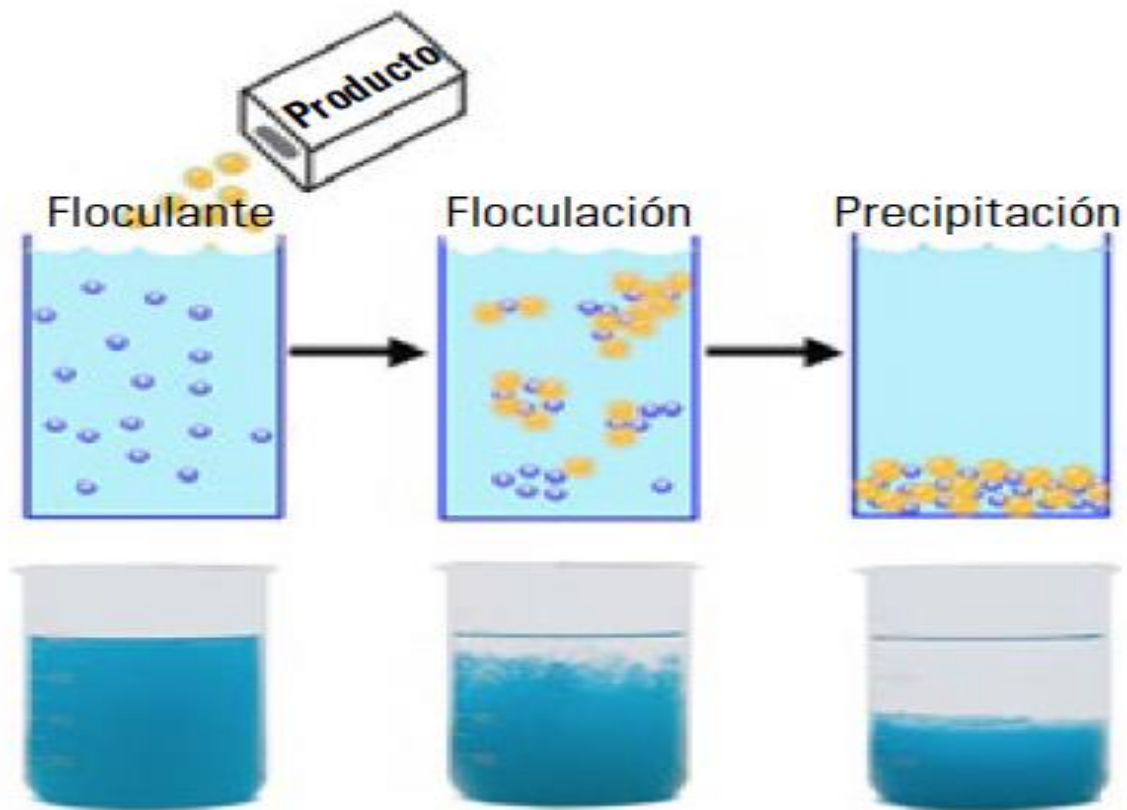


Imagen 5. Coagulación-Floculación

Tomada de <https://www.revistaautocrash.com/taller-reparador-tambien-responsabilidades-ambientales/>

En la floculación una vez introducido y mezclado el coagulante son puestos en contacto una con otra y con las demás partículas presentes mediante agitación lenta y prolongada.

#### 4. Metodología

Revisión histórica de la planta:

Se hace una revisión del historial de la planta con sus diferentes gráficas de TIEMPO VS TURBIEDAD y TIEMPO VS COLOR para saber el comportamiento real de la planta en los anteriores 5 años. Se elaboró una tabla con su respectivo análisis.

#### **4.1 Prueba de jarras (test de jarras)•**

##### **4.1.1 Dosis óptima: Según Restrepo (2009)**

1. Al agua cruda se le determina: temperatura, turbiedad, color y pH.
2. En cada una de las jarras se ponen 2 litros de agua, previamente agitada
3. Se toma volúmenes conocidos de coagulante (Policloruro de Aluminio – PAC -) dada una concentración de 1% (P/V), para dosificar en las 6 jarras a diferentes concentraciones.
4. Se Ubica las paletas dentro de las jarras.
5. Se Pone el sistema de agitación al máximo (300 rpm).
6. Durante la agitación, se dosifica el coagulante, de modo que en todas las jarras se aplique a la misma profundidad y al mismo tiempo.
7. A los 20 o 30 segundos de agitación, se disminuye la velocidad de rotación de las paletas y se deja flocular durante 15 minutos o según el tiempo dado en la guía de operación de cada plana.

##### **4.1.2 . Determinación experimental del tiempo óptimo**

Según Restrepo (2009)

1. Se debe limpiar muy bien el equipo de jarras y el lugar de trabajo, para que haya una mejor calidad en el procedimiento.
2. Se caracteriza la muestra real tomando los parámetros de ( pH, turbiedad, color, temperatura) con el fin de conocer las condiciones iniciales y determinar las diferencias con respecto a cada prueba.
3. Se procede a llenar cada jarra con 2 litros de la muestra tomada.
4. poner el sistema de agitación al máximo (300 rpm).
5. Durante la agitación, se dosifica la misma cantidad de coagulante para cada jarra, de modo que en todas las jarras se aplique a la misma profundidad y al mismo tiempo.
6. se procede a esperar 20 minutos para levantar la primera paleta, y a partir de la primera jarra se deja sedimentar 10 minutos por cada jarra después de eso otros 10. minutos se levanta la siguiente paleta hasta llegar a la última jarra, tomando datos de

la jarra anterior que está sedimentando, estos tiempos son dados por la Resolución 0330 del 2017 artículo 111, se toma (turbiedad, color).

7. Se debe tener en cuenta que con en esta prueba también se encuentra el Gradiente y se debe tener en cuenta el Artículo 111 de la Resolución 0330 del 2017, donde dice que los Gradientes deben de estar entre  $10s^{-1}$  y  $70s^{-1}$ .

Determinación de gradientes por pérdida de carga:

Se toma el nivel de una cámara de floculador y en la siguiente también y la diferencia será la pérdida de carga, con esta pérdida de carga se encontrarán los gradientes reales para la planta.

Fórmula para cálculo de gradiente por pérdida de carga:

$$G = \sqrt{\frac{g * Hf}{v * t_0}}$$

En donde :

g= aceleración de la gravedad

Hf=pérdida de carga en el pasamuro, dodo y orificio.

v= viscosidad cinemática en sistema sexagesimal.

t<sub>0</sub>=periodo de detención de la cámara.

Prueba de trazadores:

1. En la entrada de la planta (canaleta parshall) se vierte el trazador.
2. Se procede a tomar cada 2 minutos por un periodo de 45 minutos las muestras para medir la conductividad.
3. se reportan las pruebas y se elabora una grafica de Tiempo y Concentración de cada floculador.
4. se gráfica tiempo vs concentración para con el objetivo de realizar un análisis estadístico y se ajusta por medio de la campana de gauss.
5. El análisis se hace según (Pérez, 1992)

## **4.2. Enfoques teóricos de los diferentes tipos de tratamientos :**

Coagulación: Arboleda, (1992) comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

Floculación: es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores.(Arboleda, 1992)

Vertederos: los vertederos en las plantas son utilizados para el aforo volumétrico de las mismas, medir caudal, aplicación del coagulante y mezcla rápida.

Floculadores tipo cox: los floculadores tipo cox son utilizados por el bajo costo y facilidad del mantenimiento y su efectividad en los procesos de floculación , teniendo en cuenta que sus diseños son básicos , teniendo en cuenta las recomendaciones , (ARBOLEDA, 1992) y el (Ministerio de Vivienda, 2017)

Sedimentadores: los sedimentarios funcionan mediante el efecto de la gravedad, separando las partículas del fluido, son utilizados para las áreas de agua potable y aguas residuales también se utilizan como tratamientos preliminares de las plantas.

Filtros: los filtros son utilizados para eliminar las partículas más pequeñas que quedan después de los procesos anteriores mencionados , para dar el cumplimiento a los parámetros (Ministerio de la Protección et al., 2007).

## **4.3. Metodología más eficiente y de bajo costo para realizar :**

En este parte del proyecto se debe tener en cuenta que, para evaluar las operaciones unitarias de una planta, se debe tener por obligación un test de jarras para determinar las diferentes dosis, gradientes, pH óptimo. Desde el punto de vista de costos operacionales, el test de jarras para este proyecto es el más eficiente para el análisis de las pruebas unitarias, por su facilidad de manejo y eficiencia en resultados, ya que estas pruebas simulan la operación que se debe hacer en la planta, arrojando los resultados más cercanos a lo real. También se deben tener las recomendaciones dadas por el autor (Arboleda, 1992).

## **5.Análisis y resultados :**

Desde el día 4 de abril del 2018 se empezaron hacer las pruebas de tratabilidad y finalizaron el día 30 de septiembre del 2018 que se dividieron en 3 etapas:

- Histórico de la planta.

- Gradiente y tiempo.
- Prueba de trazadores

### **5.1 Histórico de la planta:**

Se presentan los datos históricos del 2017 y 2018.

Se presentan solo los registros de estos años. En el 2016 se presenta una inundación en la planta y lo cual destruye todos los registros que se han tenido hasta el año 2016.

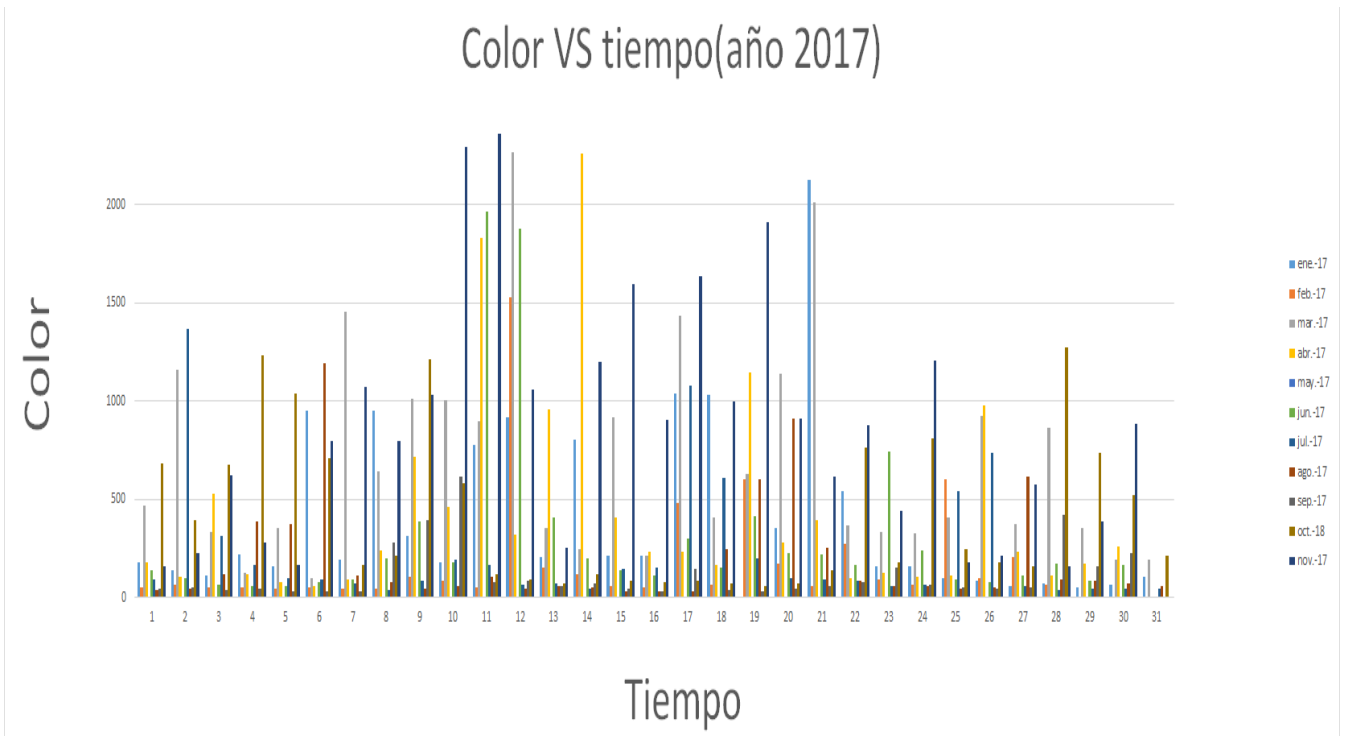
A continuación se presenta la gráfica del año 2017 con un promedio diario durante los meses de Enero a Febrero , con una Turbiedad mayor de 950 NTU en el mes de Mayo y Turbiedades menores a 10. Haciendo una comparación en las gráficas del año 2017 y 2018 se puede observar el mes que más presenta picos altos. En estas gráficas de promedio diario no se observa la comparación como se puede hacer en una gráfica de reporte horario, donde el espacio de estudios de este trabajo entra a determinar las turbiedades mayores, para dar veracidad en las pruebas desarrolladas en el año 2018.

Se agrega un análisis gráfico de Color vs tiempo, para el análisis de cumplimiento a la norma, haciendo una comparación entre las dos gráficas entre Turbiedad vs tiempo y Color vs tiempo, se determina un comportamiento más detallado de la planta , dando una veracidad sobre las pruebas que se realizaron en el año 2018, demostrando que en los meses de los dos años evaluados en la planta se presentan condiciones de Turbiedad y Color similares , para el año 2018 se demuestra que los datos evaluados están en los rangos promedio de las pruebas realizadas.

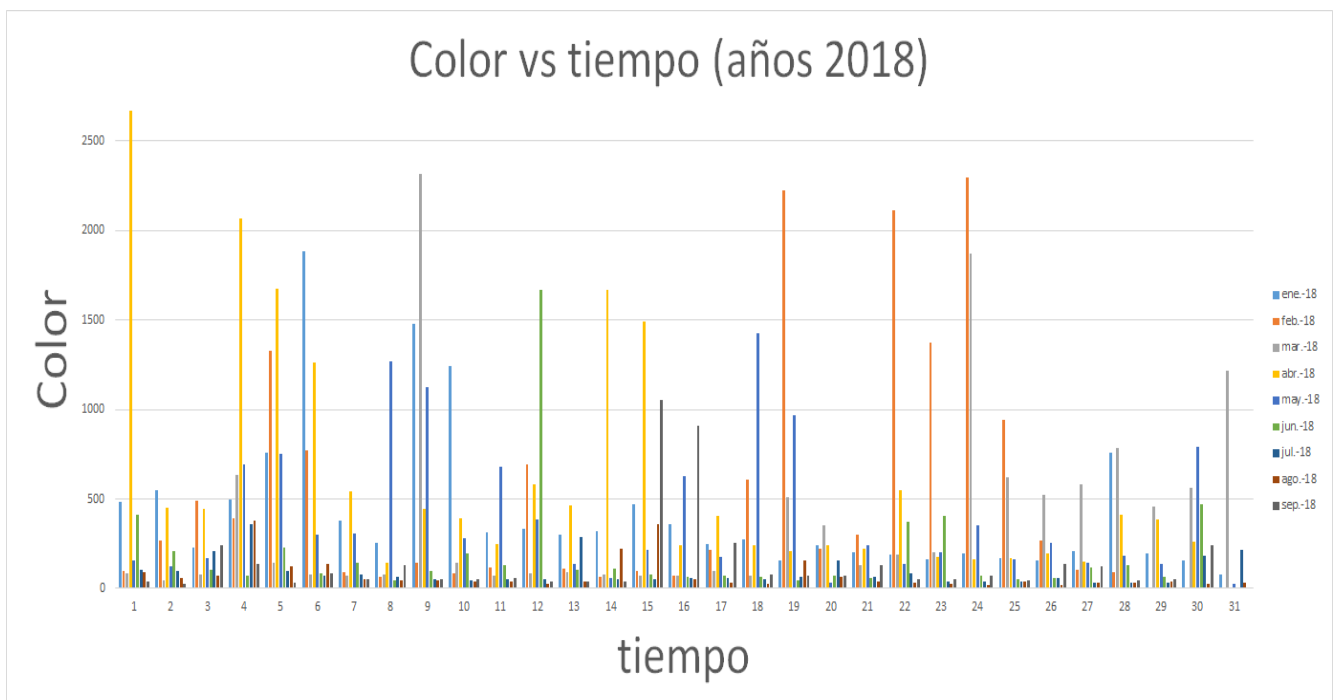
Gráficas año 2017:



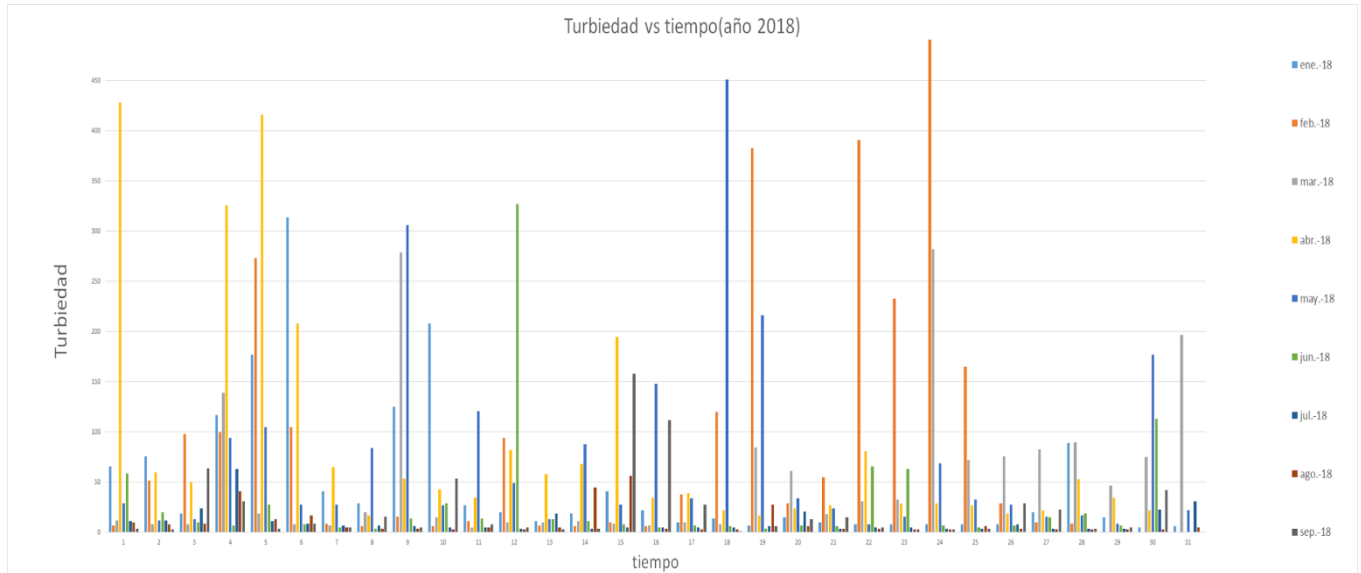
Gráfica 8. Color vs tiempo



Gráficas año 2018:



Gráfica 9. Turbiedad vs tiempo



Estas gráficas presentan el registro horario promedio los meses de enero a septiembre para el año 2017 y para el año 2018 en, estas dos gráficas presentan para mostrar el comportamiento que la planta presenta en dos años en lo que tiene que ver con el tiempo y la turbiedad, Color vs tiempo cada 24 horas. En el año 2017 se presenta una turbiedad promedio alta con un valor de 950 NTU , color de 2390 UPC y en el año 2018 se presenta una turbiedad promedio alta con un valor de 491 NTU , color 2669 esta prueba se realizó en el mes de abril se debe tener en cuenta que los datos mostrados en las anteriores gráficas es para comprender el comportamiento de la planta, y evidenciar que en dos años la planta tiene comportamientos similares y de esta manera poder realizar los análisis de gradiente y tiempo para la planta en los periodos identificados.

Gradiente y tiempo:

Para el desarrollo de esta etapa del proyecto se siguieron las recomendaciones de la Resolución 0330 (Ministerio de Vivienda, 2017), artículo 111 , donde habla que los tiempo deben estar en los rangos de 20 a 45 minutos y gradientes  $10S^{-1}$  y  $70S^{-1}$ .

Dándole cumplimiento a la Resolución, se hace una escala de tiempo y gradiente como se muestra en la siguiente ilustración.

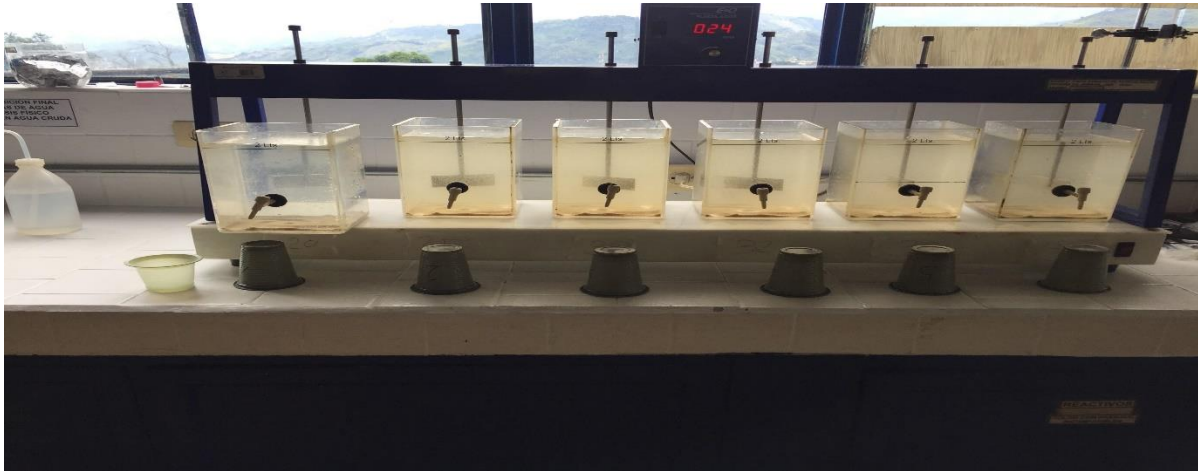
Tabla 3. Jarras

	jarra 1	jarra 2	jarra 3	jarra 4	jarra 5	jarra 6
Tiempo(m in)	20	25	30	32	35	40
Gradientes (rpm)	20	25	30	35	40	55

Basado en la experiencia y en la revisión del estado del arte se plantea la anterior tabla. se escoge a comodidad de cada persona que realizará la prueba y lo análisis de la planta, se aclara que el tiempo mencionado en la anterior tabla es para todas las jarras, y los gradientes, son los rangos en el que se realizaron las pruebas que se realizaron en esta etapa del proyecto.



Ilustración 1. Pruebas de gradientes y tiempo



Esta etapa del proyecto se divide en dos análisis, invierno y verano:

#### INVIERNO:

Resultados para tiempo y gradiente: se hacen tres pruebas de tiempo y gradiente cada una con un rango de 55 rpm ( $55s^{-1}$ ), 40 rpm ( $30s^{-1}$ ), 30 rpm ( $20s^{-1}$ ), 20 rpm ( $10s^{-1}$ ), a medida que se van desarrollando las pruebas el rango anteriormente mencionado en la tabla 3 se irán cambiando viendo una reducción en el mismo rango. Esto se debe a una elevación de la turbiedad y el color en las pruebas.

A continuación, se reportan los datos con las gráficas de invierno con las 3 mejores pruebas para tiempo y gradiente, se habla de las 3 mejores pruebas porque se debe de tener en cuenta que cada prueba tiene diferentes gradientes para diferentes tiempos. con reportes de Turbiedad vs tiempo y Color vs tiempo.

A continuación se presentan las tablas de las mejores pruebas escogidas por su registro en turbiedad y color, los mejores resultados se presentan en color rojo. Las plantillas de reporte de pruebas se encuentran en anexo 1

Tabla 4. Primera prueba

GRADIENTE 40 rpm ( 30s <sup>(-1)</sup> )			
JARRAS	TIEMPO	TURBIEDAD FINAL	COLOR(UPC)
1	20	12,3	131
2	25	7,6	84
3	30	6,3	75
4	32	6,5	93
5	35	5,6	78
6	40	5,9	65

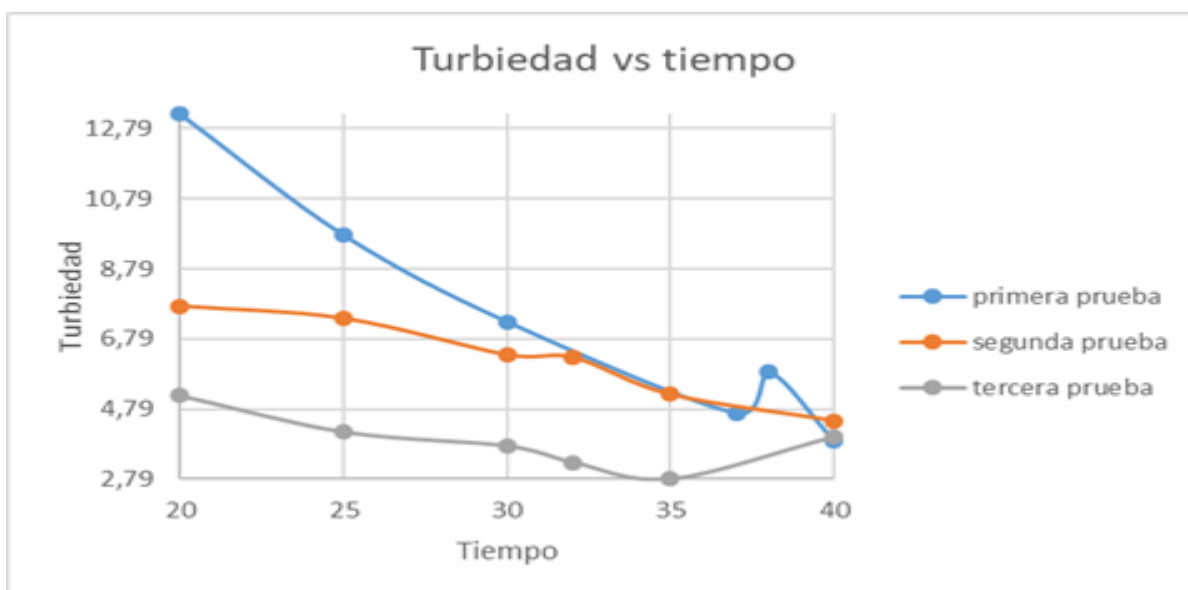
Tabla 5. Segunda prueba

GRADIENTE 30 rpm ( 20s <sup>-1</sup> )			
JARRAS	TIEMPO	TURBIEDAD	COLOR(UPC)
1	20	6,05	78
2	25	5,14	59
3	30	4,75	59
4	32	4,91	44
5	35	4,92	50
6	40	7	171

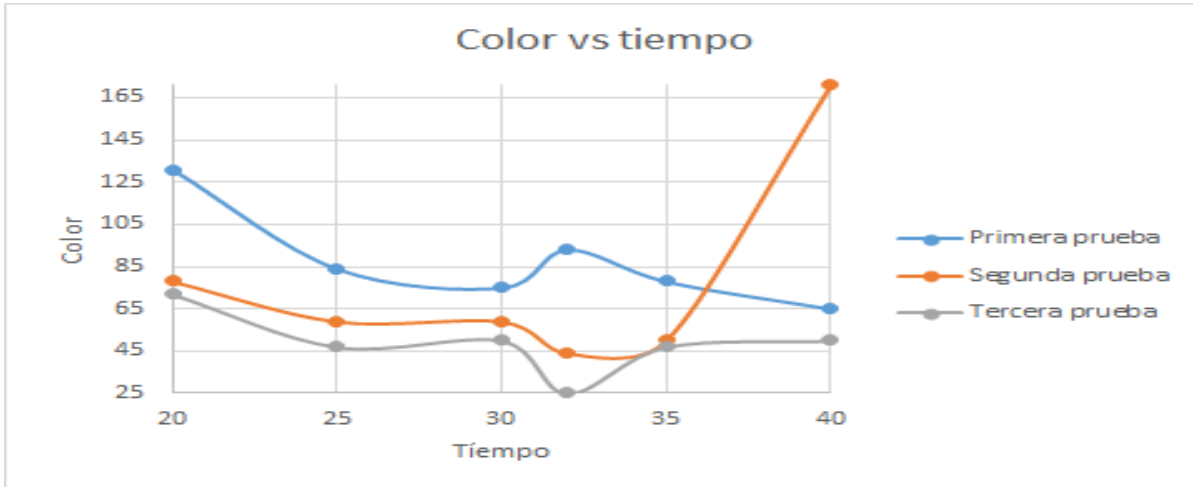
Tabla 6. Tercera prueba

GRADIENTE 30 rpm ( 20s <sup>(-1)</sup> )			
JARRAS	TIEMPO	TURBIEDAD	COLOR(UPC)
1	20	5,18	72
2	25	4,14	47
3	30	3,74	50
4	32	3,27	25
5	35	2,79	47
6	40	4,01	50

Gráfica 10. Turbiedad vs tiempo (invierno 2018)



Gráfica 11. Color vs tiempo (invierno 2018):



los resultados de la gráfica, se identifican por los colores que están en él encabezado de cada tabla. En las gráficas se escoge el tiempo donde se presenta el mejor tiempo de cada prueba graficando color y tiempo

Se presentan las dos gráficas de T VS t Y C VS t se escoge el menor valor de las dos gráficas dando como resultado un Tiempo óptimo de 32 min y Gradiente óptimo de 30 rpm ( 20s<sup>-1</sup>).

Capacidad real en invierno de la planta en la floculación:

Teniendo el tiempo óptimo de la planta se puede calcular la capacidad real a tratar que tiene la planta en la floculación, teniendo el volumen de la planta(v) y el tiempo(θ) se puede calcular el caudal(Q):

$$Q = \frac{v}{\theta}$$

Q=Caudal  
V=Volumen



$\theta$  =Tiempo de retención

Tabla 7. Capacidad real de la planta en invierno

		Qreal para invierno
t.op(min)	32	8,268125
V.real m <sup>3</sup>	264,58	
Q (L/s)		137,8020833

Verano:

Resultados para tiempo y gradiente: Para las pruebas de verano se hacen dos pruebas, una en el mes de julio y otra en el mes de septiembre. Se hacen dos pruebas, , esto debido a que en las plantas en verano no tienen problemas con la turbiedad y la floculación, ellas en verano están afectadas por otras condiciones como las sequías y problemas con la fuente abastecedora. Las plantas de agua potable se identifican los puntos críticos solo en invierno.

Al igual que las pruebas de invierno, solo se reportan las pruebas con mejores resultados. en esta época del año el gradiente con más efectividad fue 20 rpm ( $10s^{-1}$  , este gradiente se presenta en las dos pruebas realizadas la primera con 32 minutos y la segunda con 25 minutos. Las segundas pruebas reportan solo 5 datos ya que la última jarra estaba fuera de servicio, pero sin ningún contratiempo ya que el mejor resultado fue el de 25 minutos.

A continuación, se reportan los datos con las gráficas de las 2 mejores pruebas de verano entre tiempo y gradiente, hablamos de 2 pruebas mejores porque debemos de tener en cuenta que cada prueba tiene diferentes gradientes para diferentes tiempos. con reportes de Turbiedad vs tiempo y Color vs tiempo

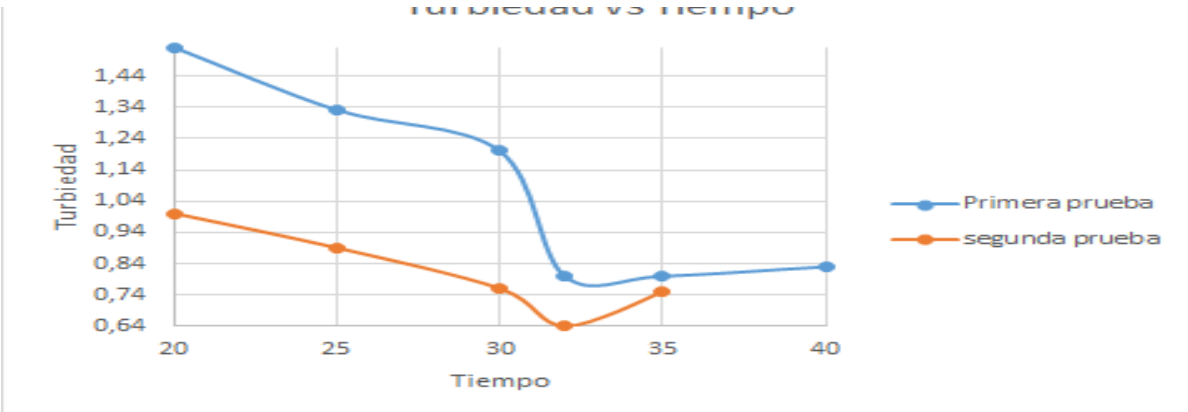
Tabla 8. Primera prueba

GRADIENTE 20 rpm ( 10s <sup>-1</sup> )			
JARRAS	TIEMPO	TURBIEDAD FINAL	COLOR(UPC)
1	20	1,53	16
2	25	1,33	5
3	30	1,20	13
4	32	0,80	13
5	35	0,80	16
6	40	0,83	25

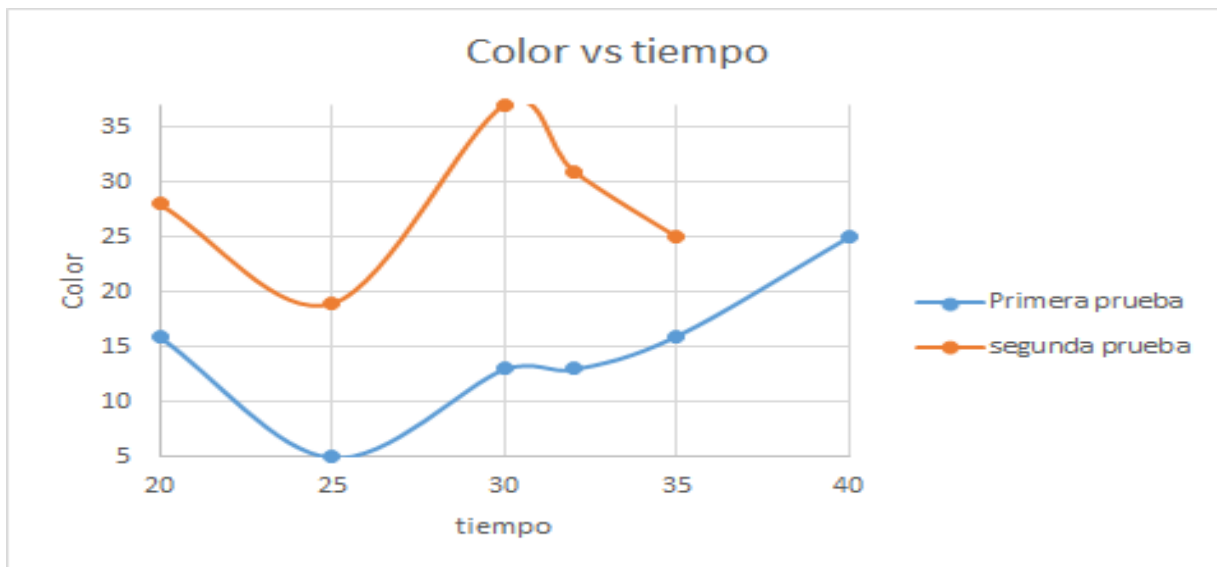
Tabla 9. Segunda prueba

GRADIENTE 20 rpm ( 10s <sup>(-1)</sup> )			
JARRAS	TIEMPO	TURBIEDAD	COLOR(UPC)
1	20	1	28
2	25	0,89	19
3	30	0,76	37
4	32	0,64	31
5	35	0,75	25
6	40		

Gráfica 12. Turbiedad vs tiempo (verano 2018):



Gráfica 13. Color vs tiempo (verano 2018)



Se presentan las dos gráficas de T VS t Y C VS t se escoge el valor menor de las dos gráficas dando como resultado un Tiempo óptimo de 32 min y Gradiente óptimo de 20 rpm (  $10s^{(-1)}$ ).

Capacidad real en verano de la planta en la floculación:

teniendo el tiempo óptimo de la planta se puede calcular la capacidad real a tratar que tiene la planta en floculación, teniendo el volumen de la planta(v) y el tiempo( $\theta$ ) se puede calcular el caudal(Q):

$$Q = \frac{V}{\theta}$$

Q=Caudal  
 V=Volumen  
 $\theta$  =Tiempo de retención

Tabla 10. Capacidad real de la planta en verano

		Qreal para verano
t.op(min)	32	8,265625
V.real (m <sup>3</sup> )	264,5	
Q (L/s)		137,7604167

En los cálculos de gradiente en venta se calcula con el área de cada orificio de los floculadores, cada paso de orificio genera un gradiente, donde el promedio de todos los gradientes de cada orificio será el gradiente en todos los orificios del floculador.

Q CAUDAL DE LA PLANTA	165,000	(L/s)		Se asumira un ancho (w) constante de:	0,54 (m)		
Q CAUDAL POR UNIDAD DE FLOCULADOR	0,0413	m <sup>3</sup> /s		cd	72,013122		
$\nu$ Viscosidad cinematica	0,00	m <sup>2</sup> /s					
f coeficiente de friccion	0,02				$h_f = \frac{Q^2}{C_d^2 * A^2 * 2g}$		
Rh radio hidraulico		m					
$G = \sqrt{\frac{f * v^3}{8R_h * \theta}}$				Coefficiente de descarga :	$C_d = 0,72 + 0,0243 W$		
				W ancho del orificio			
Paso	h	Area	P	Rh	Vel	G	hf
	m	m <sup>2</sup>	m	m	m/s	s <sup>-1</sup>	m
1-2	0,20	0,108	1,48	0,072972973	0,38	43	1,43377E-06
2-3	0,20	0,108	1,48	0,072972973	0,38	43	1,43377E-06
3-4	0,23	0,1242	1,54	0,080649351	0,33	33	1,08413E-06
4-5	0,23	0,1242	1,54	0,080649351	0,33	33	1,08413E-06

Tabla 11. Gradientes en cada venta na de los floculadores

Con las pérdidas de carga y las recomendaciones del libro Arboleda (1992) se

Tabla 12. Gradientes por pérdida de carga

Gradientes por pérdida de carga								$t = \frac{v}{Q}$	t	380
Variables	Valor	Unidades	Floculador 1	Floculador 2	Floculador 3	Floculador 4	total			
Q caudal	0,116	m <sup>3</sup> /s	39	36	44	44	41			
Q caudal por unidad	0,03	m <sup>3</sup> /s								
g Gravedad	9,82	m/s <sup>2</sup>								
hf1 Perdida de carga	0,063	m								
hf2 Perdida de carga	0,052	m								
hf3 Perdida de carga	0,08	m								
hf4 Perdida de carga	0,08	m								
ν Viscosidad cinemática	0,00	m <sup>2</sup> /s								
Volumen	11,025	m <sup>2</sup>								

$$G = \sqrt{\frac{g * hf}{\nu * t}}$$

pueden calcular los gradientes reales de cada floculador.



Ilustración 10. Prueba de trazadores

Esta prueba es utilizada para encontrar la condición de flujo y la distribución del fluido por las diferentes unidades que tenga la planta y la evaluación de condiciones hidráulicas de las unidades.



donde la cantidad del trazador está dada por la ecuación:

$$p = \frac{(\forall \times K \times Co)}{(I \times 10^3)}$$

P=14.52Kg

donde:

P=peso del trazador por añadir al reactor, kg.

∇=volumen útil del reactor, m<sup>3</sup>.

K=constante de corrección.

Co=concentración, mg/L o g/m<sup>3</sup>.

I=grado de pureza del trazador, fracción de la unidad.

constante de corrección:

K =Peso de NaCl/Peso Cl= 1.65

Después de pesar la cantidad de producto calculada se añade el producto en la entrada de la planta y se procede a tomar muestras cada dos minutos en las 4 unidades de los floculadores, se registran datos de tiempo y concentración.



Ilustración 11. Toma de muestra trazadores

Para el desarrollo de la tabla referirse al documento Análisis de flujos y factores que determinan los periodos de retención, pág. 69.

### Datos adimensionales

Tabla 13. Explicación de valores señalados en la tabla de muestra de datos

6.83	tiempo inicial donde se presenta el trazador y ha pasado el 50% del trazador por los floculadores.
265	concentración máxima de la prueba
24-57,07 (s)	tiempo que transcurre hasta que atraviesa la totalidad del trazador al reactor.



Tabla 144. Muestra de datos del floculador dos

Muestra	t	t/to	C	C-C0	S(C-C0)	F(t)	1-F(t)
1	0	0,00	161	1	2	0,08	99,92
2	2	0,07	168	8	10	0,41	99,59
3	4	0,15	178	18	28	1,15	98,85
4	6	0,22	189	29	57	2,33	97,67
5	8	0,30	206	46	103	4,21	95,79
6	10	0,37	224	64	167	6,83	93,17
7	12	0,45	230	70	237	9,70	90,30
8	13	0,49	238	78	315	12,89	87,11
9	14	0,52	248	88	403	16,49	83,51
10	15	0,56	252	92	495	20,25	79,75
11	16	0,60	256	96	591	24,18	75,82
12	17	0,64	258	98	689	28,19	71,81
13	18	0,67	264	104	793	32,44	67,56
14	19	0,71	264	104	897	36,69	63,31
15	20	0,75	265	105	1002	40,99	59,01
16	21	0,79	263	103	1105	45,20	54,80
17	22	0,82	259	99	1204	49,25	50,75

18	23	0,86	258	98	1302	53,26	46,74
19	24	0,90	253	93	1395	57,07	42,93
20	25	0,94	249	89	1484	60,71	39,29
21	26	0,97	244	84	1568	64,14	35,86
22	27	1,01	241	81	1649	67,46	32,54
23	28	1,05	240	80	1729	70,73	29,27
24	29	1,09	231	71	1800	73,63	26,37
25	30	1,12	225	65	1865	76,29	23,71
26	31	1,16	220	60	1925	78,75	21,25
27	32	1,20	215	55	1980	81,00	19,00
28	33	1,24	208	48	2028	82,96	17,04
29	34	1,27	208	48	2076	84,93	15,07
30	35	1,31	204	44	2120	86,73	13,27
31	36	1,35	200	40	2160	88,36	11,64
32	37	1,38	198	38	2198	89,92	10,08
33	38	1,42	194	34	2232	91,31	8,69
34	39	1,46	191	31	2263	92,58	7,42
35	40	1,50	188	28	2291	93,72	6,28
36	41	1,53	186	26	2317	94,78	5,22
37	42	1,57	184	24	2341	95,77	4,23

38	43	1,61	182	22	2363	96,67	3,33
39	44	1,65	179	19	2382	97,44	2,56
40	45	1,68	177	17	2399	98	2
41	46	1,72	174	14	2413	99	1
42	47	1,76	172	12	2425	99	1
43	48	1,80	169	9	2434	100	0
44	49	1,83	167	7	2440	100	0
45	50	1,87	164	4	2445	100	0

Tabla 155. Análisis de prueba de trazadores

to (min)	26,72
Co (mg/l)	160
ti/to	0,449102

tp/to	0,711078
tc/to	0,898204
$(t_f - T_p) - (t_p - T_i) / t_o$ mayor a 0,65 piston	0,673653

La planta muestra la no existencia de cortocircuitos, porque se encuentra a un valor superior de 0.3, predomina el flujo pistón con un valor cerca de 1, no está la existencia de flujo mezclado porque está cerca de 0. El no tener un cortocircuito en la planta significa que los floculadores están teniendo el movimiento helicoidal sin problemas y el fluido está haciendo todo el recorrido a través de los floculadores según los cálculos de diseño.

Cálculos de entrada del fluido por cada unidad:

Los cálculos para la distribución de caudal se hacen para rectificar la no presencia de cortocircuitos en las unidades, demostrando que por todas las unidades se distribuyen los mismos caudales, de no ser así, se vería reflejado el cortocircuito en los cálculos de distribución del fluido.

El desarrollo de la siguiente tabla, se hizo con base a (Pérez, 1992)

$$q_1 = \frac{C_1 * Q}{\Sigma C}$$

Tabla 166. Cálculos de entrada del fluido por cada unidad.

Muestra	t	FLOCULADORES							
		1		2		3		4	
		C (mg/L)	C-CO (mg/L)	C (mg/L)	C-CO (mg/L)	C (mg/L)	C-CO (mg/L)	C (mg/L)	C-CO (mg/L)
1	0	160	150	161	161	164	164	167	167
2	2	161	151	168	168	172	172	170	170
3	4	165	155	178	178	184	184	182	182
4	6	174	174	189	189	202	202	203	203
5	8	185	185	206	206	219	219	215	215
6	10	203	203	224	224	235	235	237	237
7	12	220	220	230	230	259	259	252	252
8	13	225	225	238	238	272	272	260	260
9	14	233	233	248	248	271	271	265	265
10	15	242	242	252	252	274	274	265	265
11	16	244	244	256	256	275	275	266	266
12	17	249	249	258	258	276	276	267	267
13	18	255	255	264	264	277	277	267	267
14	19	260	260	264	264	274	274	265	265
15	20	254	254	265	265	270	270	263	263
16	21	259	259	263	263	265	265	262	262
17	22	259	259	259	259	269	269	250	250
18	23	259	259	258	258	254	254	251	251
19	24	253	253	253	253	249	249	247	247
20	25	252	252	249	249	247	247	240	240
21	26	252	252	244	244	239	239	236	236
22	27	246	246	241	241	230	230	229	229
23	28	243	243	240	240	225	225	223	223
24	29	241	241	231	231	219	219	218	218
25	30	234	234	225	225	217	217	217	217
26	31	223	223	220	220	206	206	214	214
27	32	221	221	215	215	204	204	205	205
28	33	218	218	208	208	202	202	205	205
29	34	216	216	206	206	196	196	193	193
30	35	214	214	204	204	192	192	193	193
31	36	208	208	200	200	189	189	191	191
32	37	206	206	198	198	186	186	187	187
33	38	201	201	194	194	184	184	186	186
34	39	199	199	191	191	183	183	182	182
35	40	196	196	188	188	180	180	180	180
36	41	191	191	186	186	179	179	177	177
37	42	189	189	184	184	175	175	177	177
38	43	187	187	182	182	175	175	175	175
39	44	186	186	179	179	171	171	170	170
40	45	185	185	177	177	170	170	169	169,2
41	46	181	181	174	174	168	168	167	167
42	47	177,5	177,5	172	172	166	166	165	164,8
43	48	173	173	169	169	164	164	163	162,6
44	49	167,5	167,5	167	167	162	162	161	161
45	50	160,5	160,5	164	164	160	160	160	160
c		9627,5		9643,5		9648		9535,6	
		C		38455,6					
		FLOCULADORES		ENTRADA A CADA UNIDAD mg/L					
		1	41						
		2	41						
		3	41						
		4	41						
		total (L/s)	165						

## 6. Conclusiones:

- Después del análisis de los resultados experimentales de los gráficos **T vs t** y **T vs C**, se puede concluir que las aguas con turbiedades altas deben tener un tiempo entre 30 y 40 min y un gradiente 30 rpm (( 20s<sup>-1</sup>)) y 40 (( 30s<sup>-1</sup>)), es bastante bueno este resultado, porque desde un punto de vista teórico las aguas con mayor material suspendido, tendrá mayor desorden en el sistema, precipitan más rápido y tendrán un tiempo de detección o de retención menor.

- Se debe tener en cuenta que en las pruebas se presentan turbiedades y color demasiado alto, cuando sucede esto es porque el gradiente y el tiempo no están en rango mayor al que estamos trabajando.
- Después del análisis final de las pruebas de tratabilidad, se puede concluir que las aguas con turbiedades altas, flocculan con gradientes y tiempos altos y las aguas con turbiedades bajas, flocculan en un rango de gradientes y tiempos medios y bajos.
- Según los cálculos de la capacidad real de la planta, la planta en condiciones de invierno y una turbiedad alta, sólo puede tratar 137L/s donde el caudal de diseño habla de 220 L/s pero este valor se habla teóricamente, ya que en la planta jamás se habían hecho pruebas de tratabilidad.
- En el análisis histórico de los años 2017 y 2018 se presentan condiciones similares en los mismos periodos de evaluación.

## **7. Recomendaciones**

- Se presenta una variación pequeña en los gradientes de la planta, con recomendación de mejorar las ventanas de distribución de cada flocculador , aunque no es algo que afecte la planta , se debe tener en cuenta que siempre se debe tener un margen de error de 5 unidades para los gradientes y tiempo de retención en lo cual la planta está bien.
- Se recomienda tener en cuenta y revisar más a fondo el caudal de diseño de la planta ya que la planta presenta una deficiencia en los caudales a tratar con los tiempos hallados en flocculación.
- La planta puede seguir tratando turbiedades altas siempre y cuando la densidad poblacional no supere la oferta que tiene la planta,
- Aun con las irregularidades identificadas en la planta, esta puede seguir trabajando gracias a su sobredimensionamiento y porque la teoría habla que los límites para que un sedimentador y un filtro funcione bien debe ser máximo 10 NTU.

## 8. Bibliografía

- 2a Edición Ministerio de Desarrollo Económico. (1999). OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA. Retrieved from [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#)
- ARBOLEDA, J. (1992). *TEORIA Y PRACTICA DE LA PURIFICACION DEL AGUA*. (Acodal, Ed.). bogota.
- Carlos arturo pineda. (n.d.). Mejoras sistema de floculacion ptpap campoalegre municipio de chinchina caldas 0.
- Correa, guillermo austreberto noguez. (2006). Proceso de separación y operaciones unitariasTitle. *18/11/2018*, 1, 62. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucman/sp/detail.action?docID=3192882>.
- Guadalupe Estrada Gutiérrez. (n.d.). *Manual\_de\_Hidraulica\_de\_Canales*.
- Hernán Alonso Restrepo Osorno. (2009). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. <https://doi.org/10.2174/138920312803582960>
- Leal Ascencio, M. (2005). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. *Solar Safe Water*, 63–72. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Tecnolog?as+convencionales+de+tratamiento+de+agua+y+sus+limitaciones#0>
- LEONARDO FABIO MARTINEZ. (2008). OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA FLOCULACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DORADO DE BOGOTÁ, 282.
- Ministerio de la Protección, Social, & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución N°2115. *Minambiente*, 23. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio de Vivienda, C. y T. Resolución 0330, 8 de junio (2017). Colombia: MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Retrieved from <http://www.acodal.org.co/reglamento-tecnico-ras-nueva-resolucion-0330-de-2017/>
- Pérez, J. (1992). Análisis de flujos y factores que determinan los períodos de retención. In CEPIS/OPS (Ed.), *Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* (1st ed., pp. 57–63). Lima. <https://doi.org/DOI 10.1016/j.lithos.2011.03.020>
- Rafael marin galvin. (1995). *Analisis de aguas y ensayos de tratamientos* (Gestion i). Barcelona: 1995.
- S.A, E. (2010). *Aforos en diferentes sitios de la planta de campo alegre. chinchina*.

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 04 2018	HORA: 18:00
CAUDAL: 122 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300	
MEZCLA LENTA :	30 MINUTOS	REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 860	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):36	
COLOR (UPC) :5620	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.56
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE	POLICLORURO DE ALUMINIO	

## Anexos 1

REPORTE DE DATOS PRIMERA PRUEBA.

DOSIS ÓPTIMA

TIEMPO DE SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
--------------------------------------

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	pH FINAL	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	10	9.2	7.32	72
2	2000	12	4.8	7.26	58
3	2000	14	4.2	7.16	35



4	2000	16	2.3	7.08	16
5	2000	18	2.5	7.01	25
6	2000	20	2.7	6.98	52

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE :		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 15 2018	HORA: 10:26
CAUDAL: 110 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm
MEZCLA LENTA : 40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 1100		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39
COLOR (UPC) :3400	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.54
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO
DOSIS DE COAGULANTE :80 mg/L		DESCARGA DOSIFICADOR: 440 ml/min
ODSERVACIONES: LA JARRA CON MEJORES CARACTERISTICAS FUE LA # 4, CON UNA DENSIDAD DEL POLICLORURO DE ALUMINIO DE 1.33 g/ml		
NOMBRE OPERADOR :		FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 2:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	9.78	20	84
2	2000	14	11.9	25	262
3	2000	14	15.6	30	128

4	2000	14	25.1	32	221
5	2000	14	17.8	35	146
6	2000	14	17.9	40	181

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE :					
SECCIONAL:CHINCHINA		FECHA: ABRIL 15 2018		HORA: 10:26	
CAUDAL: 110 L/s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s			REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm		
MEZCLA LENTA : 40 minutos			REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )		
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE					
TURBIEDAD (NTU): 1100			ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39		
COLOR (UPC) :3400		TEMPERATURA (°C): 18		Ph: 7.54	
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE			POLICLORURO DE ALUMINIO		

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L		DESCARGA DOSIFICADOR:	
ODSERVACIONES:			
NOMBRE OPERADOR :		FIRMA OPERADOR :	

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 2:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
-----------------------------------

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	9.78	20	84
2	2000	14	11.9	25	262

3	2000	14	15.6	30	128
4	2000	14	25.1	32	221
5	2000	14	17.8	35	146
6	2000	14	17.9	40	181

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE :		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 15 2018	HORA: 10:26
CAUDAL: 110 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm
MEZCLA LENTA : 40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 1100		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39
COLOR (UPC) :3400	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.54
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 2:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
-----------------------------------

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	9.78	20	84

2	2000	14	11.9	25	262
3	2000	14	15.6	30	128
4	2000	14	25.1	32	221
5	2000	14	17.8	35	146
6	2000	14	17.9	40	181

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 2:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE :		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 15 2018	HORA: 10:26
CAUDAL: 110 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm
MEZCLA LENTA : 40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 1100		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39
COLOR (UPC) :3400	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.54
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	9.78	20	84
2	2000	14	11.9	25	262
3	2000	14	15.6	30	128
4	2000	14	25.1	32	221
5	2000	14	17.8	35	146
6	2000	14	17.9	40	181

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

REPORTE DE DATOS PRUEBA NUMERO 2:

DOSIS OPTIMA:

TIEMPO DE SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 15 2018	HORA: 8:25
CAUDAL: 110 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300
MEZCLA LENTA : 30 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 1100		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39
COLOR (UPC) 3.400	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.54
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	pH FINAL	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	8	19.5	7.61	44
2	2000	10	11.2	7.51	35
3	2000	12	7.5	7.49	26
4	2000	14	3.1	7.11	10
5	2000	16	3.5	6.99	10
6	2000	18	3.3	6,95	12

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR: 440 ml/min
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 1:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
-----------------------------------

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE					
SECCIONAL:CHINCHINA		FECHA: ABRIL 15 2018		HORA: 11:21	
CAUDAL: 110 L/s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s			REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm		
MEZCLA LENTA : 40 minutos			REVOLUCIONES POR MINUTO: 25 rpm( 15s <sup>-1</sup> )		
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE					
TURBIEDAD (NTU): 1100			ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39		
COLOR (UPC) :3400		TEMPERATURA (°C): 18		Ph: 7.54	
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE			POLICLORURO DE ALUMINIO		
JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	7,73	20	122
2	2000	14	7,38	25	78
3	2000	14	6,34	30	65
4	2000	14	6,27	32	59
5	2000	14	5,21	35	69
6	2000	14	4,46	40	53

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NÚMERO 2:

TIEMPO DE SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
--------------------------------------

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE		
SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: ABRIL 15 2018	HORA: 8:25
CAUDAL: 110 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300
MEZCLA LENTA : 40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 20 rpm ( $10s^{-1}$ )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 1100		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):39
COLOR (UPC) :3400	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.56
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	10.4	20	140
2	2000	14	9,7	25	125
3	2000	14	6.5	30	93
4	2000	14	6.8	32	97
5	2000	14	6.64	35	81
6	2000	14	4.77	40	84

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NÚMERO 3:



TIEMPO DE SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

NOMBRE DE LA PLANTA: PLANTA CAMPOALEGRE					
SECCION ACIONINA		FECHA: ABRIL 15 2018		HORA: 9:26	
CAUDA: 1 l / s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s			REVOLOCIONES POR MINUTO: 300 rpm		
MEZCLA LENTA: 40 minutos			REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm (20 s <sup>-1</sup> )		
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO: RIO CAMPOALEGRE					
TURBIEDAD (NTU): 1100			ALCALINIDAD (mg/L CaCO <sub>3</sub> ): 39		
COLOR (UPC): 2400		TEMPERATURA (°C): 18		PH: 7.54	
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE			POLICLORURO DE ALUMINIO		

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	14	6,05	20	78
2	2000	14	5,14	25	59
3	2000	14	4,75	30	59
4	2000	14	4,91	32	44
5	2000	14	4,92	35	50
6	2000	14	7,00	40	171

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA DE GRADIENTE NUMERO 4:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE	TURBIEDAD FINAL	TIEMPOS (min)	COLOR FINAL
------------	---------------	----------------	-----------------	---------------	-------------

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: MAYO 05 2018	HORA: 10:00 AM			
CAUDAL: 145 L/s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm				
MEZCLA LENTA : 35 minutos	REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )				
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE					
TURBIEDAD (NTU): 869	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):46				
COLOR (UPC) :3155	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.4			
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO			
		[ml]	[NTU]	RAS(20-40)	[UPC]
1	2000	14	9.78	20	84
2	2000	14	11.9	25	262
3	2000	14	15.6	30	128
4	2000	14	25.1	32	221
5	2000	14	17.8	35	146
6	2000	14	17.9	40	181

DOSIS DE COAGULANTE :70 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

REPORTE DE DATOS PRUEBA NUMERO 3:

DOSIS OPTIMA:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	3	40	20	84

SECCIONAL:CHINCHINA		FECHA: MAYO 19 2018		HORA: 3:41 PM	
CAUDAL: 145 L/s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s			REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm		
MEZCLA LENTA :		40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 20 rpm( 10s <sup>-1</sup> )	
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE					
TURBIEDAD (NTU): 869			ALCALINIDAD (mg/LCACO3):46		
COLOR (UPC) :3155		TEMPERATURA (°C): 18		Ph: 7.4	
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE			POLICLORURO DE ALUMINIO		
2	2000	4	4.3	25	262
3	2000	5	2.6	30	128
4	2000	6	2.2	32	221
5	2000	7	2.2	35	146
6	2000	8	1.8	40	181

DOSIS DE COAGULANTE :30mg/L		DESCARGA DOSIFICADOR:	
OBSERVACIONES:			
NOMBRE OPERADOR :		FIRMA OPERADOR :	

PRUEBA GRADIENTE 1:

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	6	15.60	20	137
2	2000	6	10.10	25	122
3	2000	6	9.47	30	93

4	2000	6	7.56	32	93
5	2000	6	7.22	35	75
6	2000	6	5.78	40	56

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: MAYO 19 2018	HORA: 4:37 PM
CAUDAL: 145 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s		REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm
MEZCLA LENTA : 40 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 40 rpm( 30s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 869		ALCALINIDAD (mg/LCACO3):46
COLOR (UPC) :3155	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.4
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

DOSIS DE COAGULANTE :30 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 2

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	6	11.50	20	109
2	2000	6	6.89	25	97
3	2000	6	7.39	30	65
4	2000	6	5.74	32	41
5	2000	6	6.42	35	47
6	2000	6	4.33	40	41

DOSIS DE COAGULANTE :30 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	

NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :
-------------------	------------------

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: MAYO 19 2018	HORA: 3:41 PM
CAUDAL: 145 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm	
MEZCLA LENTA : 40 minutos	REVOLUCIONES POR MINUTO: 25rpm( $15s^{-1}$ )	
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 869	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):46	
COLOR (UPC) :3155	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.4
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 3

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	6	7.34	20	118
2	2000	6	6.75	25	62
3	2000	6	6.76	30	72
4	2000	6	5.35	32	50
5	2000	6	5.64	35	59
6	2000	6	4.49	40	41

DOSIS DE COAGULANTE :30 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA GRADIENTE NUMERO 4

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: MAYO 19 2018	HORA: 4:37 PM
CAUDAL: 145 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm	
MEZCLA LENTA :	40 minutos	REVOLUCIONES POR MINUTO: 30rpm( 10s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 869	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):46	
COLOR (UPC) :3155	TEMPERATURA (°C): 18	Ph: 7.4
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO
TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS		

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	6	5.18	20	72
2	2000	6	4.14	25	47
3	2000	6	3.74	30	50
4	2000	6	3.27	32	25
5	2000	6	2.79	35	47
6	2000	6	4.10	40	50

DOSIS DE COAGULANTE :30 mg/L	DESCARGA DOSIFICADOR:
OBSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBAS DE VERANO

PRUEBA DE GRADIENTE NUMERO 1

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: JULIO 27 2018	HORA: 10:16AM
CAUDAL: 118 L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm	
MEZCLA LENTA :	32 minutos	REVOLUCIONES POR MINUTO: 30 rpm( 20s <sup>-1</sup> )
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 285	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):80	
COLOR (UPC) :32	TEMPERATURA (°C): 21	Ph: 7.4
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE		POLICLORURO DE ALUMINIO
TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS		

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	3	1.53	20	16
2	2000	3	1.33	25	5
3	2000	3	1.20	30	13
4	2000	3	0.80	32	13
5	2000	3	0.80	35	16
6	2000	3	0.83	40	25

DOSIS DE COAGULANTE :	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA DE GRADIENTE NUMERO 2

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS
-----------------------------------

SECCIONAL:CHINCHINA		FECHA: Septiembre 30 de 2018		HORA: 12:30 Pm	
CAUDAL: 165L/s					
MEZCLA RAPIDA: 1 s			REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm		
MEZCLA LENTA :		25 minutos		REVOLUCIONES POR MINUTO: 20 rpm( 10s <sup>-1</sup> )	
DATOS AGUA CRUDA					
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE					
TURBIEDAD (NTU): 11.6			ALCALINIDAD (mg/LCACO3):63		
COLOR (UPC) :146		TEMPERATURA (°C): 19		Ph: 8.02	
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE			POLICLORURO DE ALUMINIO		
JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	3	1.68	20	6
2	2000	3	1.48	25	9
3	2000	3	1.29	30	5
4	2000	3	1.38	32	5
5	2000	3	1.87	35	6
6	2000	3	2.07	40	9

DOSIS DE COAGULANTE :		DESCARGA DOSIFICADOR:	
ODSERVACIONES:			
NOMBRE OPERADOR :		FIRMA OPERADOR :	

PRUEBA NUMERO 2



PRUEBA DE GRADIENTE NUMERO 1

SECCIONAL:CHINCHINA	FECHA: Septiembre 30 de 2018	HORA: 12:30 Pm
CAUDAL: 165L/s		
MEZCLA RAPIDA: 1 s	REVOVOLUCIONES POR MINUTO:300 rpm	
MEZCLA LENTA : 40 minutos	REVOLUCIONES POR MINUTO: 15 rpm( 5s <sup>-1</sup> )	
DATOS AGUA CRUDA		
FUENTE DE ABASTECIMIENTO : RIO CAMPOALEGURE		
TURBIEDAD (NTU): 11.6	ALCALINIDAD (mg/LCACO3):63	
COLOR (UPC) :146	TEMPERATURA (°C): 19	Ph: 8.02
NOMBRE Y TIPO DEL COAGULANTE	POLICLORURO DE ALUMINIO	
TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS		

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	5	1	20	28
2	2000	5	0.89	25	19
3	2000	5	0.76	30	37
4	2000	5	0.64	32	31
5	2000	5	0.75	35	25
6	2000	5		40	

DOSIS DE COAGULANTE :25mg/l	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :

PRUEBA DE GRADIENTE NUMERO 2

TIEMPO SEDIMENTACION : 10 MINUTOS

JARRAS No:	VOL AGUA [ml]	VOL COAGULANTE [ml]	TURBIEDAD FINAL [NTU]	TIEMPOS (min) RAS(20-40)	COLOR FINAL [UPC]
1	2000	5	2.1	20	28
2	2000	5	1.3	25	19
3	2000	5	1.1	30	37
4	2000	5	0.88	32	31
5	2000	5	0.77	35	25
6	2000	5		40	

DOSIS DE COAGULANTE :25mg/l	DESCARGA DOSIFICADOR:
ODSERVACIONES:	
NOMBRE OPERADOR :	FIRMA OPERADOR :