

Aproximaciones a los parámetros de diseño y operación de un sistema de tratamiento de las AGUAS de LAVADO de BANANO



PAOLA ANDREA LONDOÑO MENDOZA
Ingeniera Sanitaria, Esp. en Gerencia de Proyectos

NÉLIDA AMPARO GARCÍA ARCILLA
Ingeniera Sanitaria



Comité Técnico de Mejores Prácticas

CARLOS MARIO BETANCUR TIRADO
Gerente Finca Cibeles Ltda.

LUIS ALBERTO SANÍN CORREA
Gerente Agrochigueros S.A

CARLOS ANIBAL TRUJILLO GÓMEZ
Gerente Las Américas S.A.

JORGE ANDRES BUSTAMANTE VELÁSQUEZ
Director Agricultura C.I. BANUR S.A.

CARLOS HUMBERTO IBARBO MONSALVE
Dirección Departamento Medio Ambiente
C.I. BANAFRUT S.A.

DAVID RODRÍGUEZ MERCADO
Asistente Administrativo Finca Cibeles Ltda.

GABRIEL JAIME ELEJALDE GAVIRIA
Director Regional AUGURA URABA

MATILDE ALICIA LONDOÑO RUIZ
Coordinadora Programa BANATURA

JOHN JAIRO MIRA CASTILLO
Director CENIBANANO

APROXIMACIONES A LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DE LAVADO DE BANANO

Edición y Diseño : Comunicaciones AUGURA

Impresión: LITOMEDELLÍN

Medellín, Colombia Octubre 2009



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	OBJETIVOS	6
1.1	Objetivo general	6
1.2	Objetivos específicos	6
3	OPERACIONES UNITARIAS BÁSICAS DE UN ÓPTIMO SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUA DE LAVADO DE BANANO	7
3.1	Coagulación	7
3.2	Floculación	7
3.3	Sedimentación	8
4	UNIDADES BÁSICAS DE UN ÓPTIMO SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE LAS AGUAS DE LAVADO DE BANANO	9
4.1	Selección del sitio de ubicación del sistema	9
4.2	Descripción de las unidades básicas de tratamiento	9
5	PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE LAS AGUAS DE LAVADO DE BANANO	14
5.1	Caudal adoptado	14
5.2	Estudios de tratabilidad	14
5.3	Dosificación de coagulantes	14
5.4	Parámetros de diseño consolidados para las unidades de tratamiento y recirculación de agua de lavado de banano	28
5.5	Conclusiones	28
5.6	Recomendaciones	29
6	BIBLIOGRAFÍA	30
7.	GLOSARIO	31





Presentación

"Banano Natural"... abreviando este concepto y como una experiencia propia de las tierras y para las tierras de Urabá y Santa Marta, surgió el Programa BANATURA que con pasos de avanzada y experimentando sobre el terreno, fundamenta e implementa con productores y trabajadores, prácticas productivas sostenibles en la agroindustria bananera.

A través de un proceso de gestión y desempeño social y ambiental, se ejecuta desde el 2001 en Urabá y el 2005 en Magdalena con el copatrocinio del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Gracias a dos constantes, una pedagógica y otra de mejoramiento continuo, existe entre miles de trabajadores y cientos de productores de la fruta, un alto grado de sensibilidad en principios de sostenibilidad, que ha traído consigo significativa reducción en los impactos ambientales negativos, mejor calidad de vida en los habitantes de las regiones productoras, disminución en los costos de producción bananera, mejores indicadores ambientales y sociales y transferencia permanente de mejores prácticas.

Los resultados de estas experiencias las seguimos sistematizando y consignando de manera clara, sencilla y accesible, en MEJORES PRÁCTICAS unos, en MANUALES otros y en GUÍAS los restantes, contribuyendo a incrementar la biodiversidad en las fincas bananeras, a aumentar gradualmente las áreas de retiro en los cauces, a implementar coberturas arbustivas en canales principales y en retiros obligados por normatividad ambiental, a sustituir las maderas nativas en los sistemas de entorrado y puentes, y a biodiversificar el paisaje procurando la conservación de la fauna silvestre, entre otros logros.

En esta nueva entrega, la séptima de la serie, ponemos a disposición nueve publicaciones más, que al igual que las anteriores están argumentadas en el diario trasegar bananero, principal fuente de inspiración y construcción colectiva de BANATURA.

Para AUGURA es muy satisfactorio poder compartir nuevamente con los productores, administradores, trabajadores, técnicos e investigadores los siguientes títulos, que sumados a los 45 anteriores, alcanzan un total de 50 publicaciones editadas en el transcurso de los 8 años de vida de BANATURA

El paquete 2009, lo constituyen las siguientes cartillas:

1. Uso eficiente del agua en sistemas de riego en el cultivo del banano
2. Materia orgánica del suelo: conceptos generales para su manejo en el cultivo de banano, subregión de Urabá (Antioquia)
3. Aproximaciones a los parámetros de diseño y operación de un sistema de tratamiento de las aguas de lavado de banano
4. Programa de orden y limpieza - Guía para su implementación en la finca
5. Uso de coberturas nativas para el manejo de suelos arenosos en el cultivo del banano

Imposible terminar sin referirnos al papel cumplido por el SENA, que además de hacer viable el Programa con los recursos económicos para mantenerlo, se mantiene atento a que los resultados de sistematizar las prácticas, se conviertan en material de lectura constante y se reviertan diariamente sus contenidos en el cultivo del banano.



Nuestra gratitud para con el SENA que al creer en este programa de gestión social y ambiental que es BANATURA, ha permitido que los procesos de producción de banano en Colombia sean sostenibles garantizando la conservación del recurso humano y natural y el bienestar social de los trabajadores de la industria y de los habitantes de las regiones productoras para la exportación: Urabá y Magdalena.

A los profesionales adscritos al Programa, en especial a su Directora, Matilde Alicia Londoño Ruiz, reconocimiento y gratitud en nombre de AUGURA y del sector.

Dios lo bendiga,

ROBERTO HOYOS RUIZ

Presidente



1. Introducción

Con este documento se pretende dar a conocer algunas de las recomendaciones generales para el diseño, implementación u optimización de sistemas de tratamiento y recirculación de las aguas de lavado de banano. Se presentaran algunos criterios y parámetros técnicos tenidos en cuenta para el cálculo hidráulico de los sistemas de tratamiento, los cuales se obtuvieron a partir de la revisión bibliográfica de estudios de tratamiento de aguas, experiencias en el trabajo de investigación, representado en el convenio Augura- Corpourabá denominado “Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano” y finalmente de la observación y la experiencia práctica en la operación y mantenimiento de los sistemas a lo largo del trabajo adelantado por los profesionales del Programa Banatura.

Siendo consecuentes con la normatividad ambiental se realiza dicha revisión y evaluación a la luz de los lineamientos del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS 2000-, que permita cumplir con la normatividad aplicable en materia de vertimientos, establecida en el Decreto 1594 de 1984 y en términos de uso eficiente y ahorro de agua según lo establece la Ley 373 de 1997. Adicionalmente se busca para que el diseño del sistema de tratamiento y recirculación le permita al sector bananero cumplir con el Decreto 3100 de 2003, mediante el cual se reglamentan las tasas retributivas.

Es relevante aclarar que los sistemas diseñados se plantean según las características propias de cada una de las áreas a intervenir, es decir, que para cada finca y nivel de producción existen condiciones particulares que aunque tengan características similares en términos de calidad de agua y fisicoquímicas, éstas varían cuando se relacionan directamente con la productividad y los elementos utilizados durante el proceso.

De igual manera se considera que al sistema planteado se acoplen las estructuras de recolección y transporte de agua residual provenientes del lavado de la fruta, así como unas óptimas condiciones de operación y mantenimiento, de tal manera que garanticen la remoción de la contaminación de las aguas residuales, medida en términos de los sólidos suspendidos (SS) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

2. Objetivo

2.1 Generales

Dar a conocer los componentes básicos de un sistema de tratamiento y recirculación de las aguas del lavado de fruta, parámetros y criterios de diseño.

2.2 Especificos

- ◆ Identificar las unidades básicas para el diseño de un Sistema de Tratamiento y Recirculación de las aguas del lavado de fruta.
- ◆ Presentar la relación entre el comportamiento de los productos de coagulación utilizados y la eficiencia de remoción de la turbiedad; resultados obtenidos a partir del trabajo de investigación denominado “Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano”¹.
- ◆ Presentar un análisis que permita realizar una correlación de la dosis óptima vs DQO
- ◆ Identificar los parámetros de diseño para el Sistema de Tratamiento y Recirculación de las Aguas del Lavado de Banano.

¹. Augura-Corporabá. Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano. Diciembre 2007.

3. Operaciones unitarias básicas de un óptimo sistema de tratamiento y recirculación de agua de lavado de banano

3.1 Coagulación

Es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de tratamiento de agua, esta operación se realiza en un mezclador rápido que tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de todo el flujo de agua. Esta puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por mecanismos hidráulicos o mecánicos, tales como: resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall, vertedores, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida.

3.2 Floculación

La floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculentas; es el proceso mediante el cual, una vez estabilizados los coloides, se provee a una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agregados preformados.

En la floculación, una vez introducido y mezclado el coagulante, las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, mediante agitación lenta prolongada, durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad. El floculador es, por lo tanto, un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta, con un tiempo de retención relativamente prolongado.

La mezcla lenta para floculación puede efectuarse mecánicamente, usando rotores de paletas, o hidráulicamente, como resultado del movimiento del agua. Los elementos principales de los sistemas de floculación mecánicos son: agitadores, motores de impulsión, reguladores y reductores de velocidad, sistemas de transmisión flechas y cojinetes; esto nos indica que los costos de operación y mantenimiento son la principal desventaja frente a los floculadores hidráulicos.

Partiendo de las características de cada uno de los componentes de un sistema convencional, del espacio disponible para localizar las unidades y de los costos de operación y mantenimiento, se recomienda trabajar con un proceso de floculación hidráulica, que no requiere equipo mecánico, ni suministro continuo de energía. Para el caso específico de las aguas de lavado de banano se

encuentra que existen una características especiales del floc formado lo que hace que esta operación unitaria pueda darse directamente en el canal de ingreso al sistema como se tratará mas adelante.

3.3 Sedimentación

Se designa por sedimentación la operación por medio de la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad. Las formas utilizadas comúnmente son: sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación.

La sedimentación simple es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación; en esos casos se le conoce como presedimentación. La sedimentación después de la adición de coagulantes y de floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como el caso de remoción de color y turbiedad o en el ablandamiento con cal.

La sedimentación ocurre de maneras diferentes, según la naturaleza de los sólidos, su concentración y su grado de floculación.

En el agua se pueden encontrar partículas llamadas discretas, las cuales no cambian su tamaño, forma o peso cuando se sedimentan, y partículas floculentas y precipitantes en las cuales la densidad y el volumen cambia a medida que ellas se adhieren unas con otras mediante mecanismos de floculación, precipitación, arrastre o barrido. La existencia de diferentes tipos de partículas en concentraciones distintas hace que sea necesario considerar tipos desiguales de sedimentación los cuales son:

Sedimentación tipo 1:

Se refiere a la remoción de partículas discretas no floculentas en una suspensión diluida. Es el tipo de sedimentación que ocurre con partículas de características floculentas mínimas en suspensiones diluidas, como sería el caso de sedimentación de materiales pesados inertes.

Sedimentación tipo 2:

Se refiere a la sedimentación de suspensiones diluidas de partículas floculentas, en las cuales es necesario considerar las propiedades floculentas de la suspensión, junto con las características de asentamiento de las partículas. Ocurre generalmente en el tratamiento de aguas residuales, dada la naturaleza de los sólidos presentes en ellas, y en la purificación de aguas potables cuando los sedimentadores están precedidos de floculadores y coagulación.

La eficiencia de remoción de partículas floculentas en el sedimentador determina las cargas en las unidades subsecuentes y en el caso de utilizar filtros ésta tiene una influencia notable en la efectividad de filtración, en la duración de la carrera o ciclo de filtración y en la calidad de agua filtrada.

Los sedimentadores se clasifican de acuerdo con el tipo de proceso que utilizan: Para la sedimentación Tipo 1 en desarenadores y sedimentadores simples. Para la sedimentación Tipo 2 en decantadores estáticos, dinámicos o de manto de lodos, decantadores con incremento del peso del floc y decantadores de alta tasa.

Las unidades de sedimentación también presentan clasificaciones de acuerdo al sentido y velocidad de flujo, clasificándolos como convencionales y de alta tasa.

4. Unidades básicas de un óptimo sistema de tratamiento y recirculación de las aguas de lavado de banano

4.1 Selección del sitio de ubicación del sistema

Para la ubicación del sistema se recomienda que se encuentre en un lugar cerca de la empacadora donde existe personal constantemente, que permita realizar una observación permanente del proceso, adicionalmente se tiene en cuenta lo siguiente:

- Requerimientos de área.
- Facilidad de acceso al sitio.
- Servicios de energía disponibles.
- La distancia mínima de retiro a fuentes superficiales.
- Identificación de zonas susceptibles de inundación y riesgo en caso de presentarse una actividad sísmica en la zona (se tiene en cuenta para el cálculo estructural, según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998)
- Evaluación técnica desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- Levantamiento topográfico.

4.2 Descripción de las unidades básicas de tratamiento

Para el tratamiento de las aguas residuales de lavado de banano se plantea el siguiente tren de unidades de tratamiento:

- Tratamientos preliminares para remover materiales gruesos, material flotante y arenas. Para medir el caudal de operación del sistema.
- Tratamiento primario que consiste en un sedimentador, ya sea convencional o de alta tasa, que remueve los sólidos sedimentables presentes en el agua residual mediante decantación, el efluente ya tratado se recoge a través de canaletas para ser conducidas durante el proceso de embarque de nuevo a los tanques de lavado de fruta.

- Lechos de secado que consiste en un filtro descendente que permite retener el lodo sedimentado de la unidad anterior y deshidratarlo para luego disponerlo adecuadamente.

A continuación se realiza una descripción de cada una de las unidades recomendadas.

a. Trampa de coronas

Es en esta unidad donde se realiza la retención de sólidos ya sea grueso mediante las rejillas de cribado o arenas. Esta estructura permite la retención de partículas inorgánicas, con diámetro mayor a 0,2 mm que se encuentran en las aguas producto del arrastre de arenas que ingresan a canal de acceso, material que es no putrescible y que puede causar abrasión a los canales y obstrucción a las tuberías; este material como no es biodegradable debe retirarse manualmente y disponerse como un residuo ordinario.

Los sólidos gruesos que son transportados por el canal de acceso al sistema, producto de las labores de corte y desmane de fruta y demás fragmentos como residuos de bolsa de campo o nylon, deberán ser retenidos por una unidad de cribado, los cuales serán retirados de manera manual y separados adecuadamente de tal manera que si son dispuestos en la plantación sea removido el material inorgánico.

Adicionalmente esta unidad permite la homogenización de caudales y carga orgánica.

Para el caso específico de las aguas de lavado de banano se recomienda que las rejillas tengan una inclinación de aproximadamente 45% de tal forma que se faciliten las labores de operación y mantenimiento, así como la ubicación en la parte superior del canal de una placa de escurrimiento que permita la deshidratación rápida del material retirado y que luego éste puede ser aplicado en campo.

b. Estructura de aforo de caudales y mezcla rápida

El agua luego de pasar por la unidad anterior deberá entrar por una estructura acondicionada, para el aforo de caudales que ingresan al sistema y la mezcla rápida de los productos químicos utilizados como coagulantes en el proceso; en este punto también se realizará la caracterización del agua residual antes de la entrada al sistema de tratamiento.

Es importante resaltar que el proceso unitario de la coagulación se inicia en el instante en que la masa de agua entra en contacto con el coagulante durando aproximadamente 60 segundos y a partir de este momento se inicia el proceso unitario de la floculación donde dependiendo de los gradientes se facilita la formación del floc y su posterior retención en la unidad siguiente.

El floc que se forma gracias a la desestabilización de las partículas de látex es muy liviano y delicado por lo cual es importante garantizar que se encuentren sometidos a un flujo uniforme y unas velocidades cada vez menores para evitar que éste se destruya.

Como unidad o estructura de mezcla rápida, aforo y caracterización de agua, se utiliza comúnmente una canaleta Parshall. La ventaja del uso de un mezclador rápido hidráulico es que no requiere de algún equipo mecánico, al igual no se hace necesario de disponer de personal capacitado para el mantenimiento y suministro de repuestos para dichos equipos.

El uso de la canaleta Parshall permite, mediante una lectura directa, conocer el caudal de agua tratada actualmente y, aprovechando el resalto generado aguas debajo de la garganta, realizar el proceso de coagulación de la planta, además de su gran facilidad de construcción, bajo costo en

ejecución, bajo peligro de formación de depósitos debido a materiales en suspensión del agua y en su ejecución pueden ser empleados varios materiales permitiendo seleccionar el más conveniente para las condiciones locales.

En la canaleta el flujo es parcialmente sumergido, lo cual hace que el remanso levante la superficie de agua corriente abajo, formando el salto hidráulico al final de la garganta, siendo este el sitio más apropiado para la adición de los productos químicos.

La adición del coagulante queda bien colocada por arriba del nivel del agua, pues permite que el operador advierta más rápidamente cualquier obstrucción del difusor.

c. Sedimentador

La sedimentación es un fenómeno físico en el cual las partículas suspendidas presentan un movimiento descendente en el agua de menor masa específica, debido a la acción de la gravedad.

En esta unidad se separan los sólidos en suspensión y el material flotante presente en las aguas de lavado de banano y luego las aguas clarificadas del efluente de la unidad de sedimentación, son conducidas al pozo de bombeo para reincorporarlas nuevamente al proceso de lavado de banano.

Es relevante definir el tipo de sedimentación con la cual se trabajará, definida ésta según el sentido de flujo y velocidad de caída o sedimentación de las partículas a retener en un tiempo económicamente aceptable. Es así como pueden diseñarse sedimentadores convencionales o sedimentadores de alta tasa.

Para las aguas de lavado de banano se observa un buen comportamiento en las unidades de sedimentación de alta tasa, debido a que este requiere de menor área para la ubicación de las estructuras con respecto a los sedimentadores convencionales.

Los términos sedimentación de alta tasa o sedimentación acelerada son sinónimos, y hacen referencia a decantadores formados por una serie de tubos circulares, tubos cuadrados, tubos hexagonales o láminas planas u onduladas paralelas debidamente colocadas en el tanque, haciendo un ángulo con la horizontal que garantice deslizamiento de lodos.

Existen dos tipos de decantadores de el placas según el sentido del flujo: de flujo ascendente y de flujo horizontal; A continuación se describen características de un sedimentador de alta tasa de flujo ascendente, el cual se considera apropiado y el estudio de evaluación de la eficiencia arrojó altas eficiencias de remoción.

- **Principio de funcionamiento**

Los sedimentadores de alta tasa de flujo ascendente son unidades en las cuales el agua entra por la parte inferior de las placas mediante una tubería perforada o un canal con orificios que se localiza a lo largo de toda la extensión ocupada por ella, y asciende a través de las mismas para posteriormente ser evacuada mediante canaletas o tuberías perforadas colocadas sobre las placas. En estos sedimentadores existen dos zonas de lodos: una es la que se forma por suspensión hidráulica en la parte inferior de las placas, o manto de lodos; y otra zona inferior conformada por una tolva, donde son almacenados los sólidos sedimentados para su evacuación.

Para la zona de sedimentación, se considerará, en el momento del diseño, el uso de placas planas paralelas de diferentes materiales, siendo las más recomendadas para las aguas de lavado de banano las placas fabricadas en fibra de vidrio, ampliamente utilizadas ya en el medio.

• Criterios de diseño

Gradiente de velocidad: El valor del gradiente de entrada al sedimentador, tanto como en el sistema de alimentación a los mismos, debe ser de tal forma que se garantice la integridad del floc, ya generado en el proceso de floculación; para ello, se debe buscar un grado de agitación menor o igual al ocasionado en el proceso precedente (floculación).

Se considerarán, en la zona de entrada, orificios circulares ubicados en el fondo del canal de transición, cuyo diámetro garantice la afirmación anterior. Para el sistema de alimentación se considera utilizar tuberías de distribución perforadas. El número de tuberías, tanto como la cantidad de orificios, serán el resultado del diseño hidráulico.

Carga superficial: Este es uno de los parámetros más usados en la práctica para el diseño y clasificación de sedimentadores, ya que ayuda a determinar el área superficial del tanque de sedimentación.

La carga superficial recomendada por la literatura técnica se encuentra entre 120 y 185 m³/(m²-día), con eficiencias de remoción de alrededor de 90%. La utilización de la carga aplicada está relacionada de forma inversamente proporcional con la turbiedad del agua cruda, es decir, a mayor turbiedad menor carga superficial. Para el caso de las aguas de lavado de banano se presenta una aproximación en el capítulo siguiente para definir las condiciones apropiadas para el cálculo de éstas.

Tiempo de detención: El tiempo de detención depende del propósito del sedimentador y de las características del agua a tratar.

Velocidad horizontal: La velocidad del flujo a través del tanque de sedimentación no será uniforme en toda la sección transversal del tanque perpendicular a la dirección del flujo, aunque la entrada y la salida sean diseñadas para distribución uniforme, debido a la existencia de corrientes de densidad, corrientes de inercia, cortocircuito y operación de mecanismos de remoción de lodos.

Para minimizar las interferencias mencionadas, la velocidad a través de un tanque de sedimentación debe mantenerse entre 0.25 y 1.5 cm/s. Para tanques de alta tasa se recomiendan valores de velocidad promedio de flujo menores de 1 cm/s.

Unidades de entrada y salida del sedimentador: La entrada al sedimentador se diseña para distribuir el agua uniformemente sobre la sección transversal del tanque, entre el floculador y el sedimentador, provocando una transición suave entre la velocidad relativamente alta del afluente y la velocidad baja uniforme deseable en la zona de asentamiento, para minimizar su interferencia con este proceso.

El propósito de la unidad de salida es similar al de la unidad de entrada, o provocar una transición suave entre la velocidad de flujo en el sedimentador y la velocidad en la tubería efluente; generalmente el nivel del agua en el sedimentador se controla a la salida. Las salidas pueden ser canaletas dentadas de recolección, vertederos o aberturas sumergidas con control manual ejercido por las válvulas de control de nivel de entrada a los filtros. Se deben evitar los corto circuitos en la estructura de salida para evitar que se resuspendan los lodos, disminuyendo así la eficiencia en el tratamiento.



Almacenamiento de lodos: Al diseñar el sedimentador hay que tener en cuenta el volumen destinado al almacenamiento de lodos. Los lodos generalmente se mueven hidráulicamente hacia la tolva de lodos de donde son extraídos mediante una tubería de desagüe. El tanque tendrá, por consiguiente, en su fondo una pendiente suave hacia la tolva de lodos.

Esta unidad deberá estar provista de tuberías para la distribución uniforme de los caudales afluentes, mientras que para la recolección de las aguas clarificadas efluentes se incorporan canaletas diente de sierra ya sea construidas en concreto o en fibra de vidrio.

Para la extracción de lodos se utiliza una tubería perforada localizada en el fondo de la estructura que mediante la operación de válvulas compuerta sello elástico con palanca de maniobra, permiten la evacuación o purga del lodo sedimentado en esta unidad, donde será luego conducido y deshidratado a la unidad de lechos de secado.

d. Lechos de secado

El lecho de secado típico está diseñado para retener en una o más unidades, el volumen total de lodo removido en la unidad de sedimentación. En esta unidad se elimina una cantidad de agua suficiente de los lodos, para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.

Consiste en una unidad de filtración de flujo ascendente, cuyo proceso se hará a través de varios lechos de grava y arena; donde el lodo será retenido en la parte superior de la unidad para luego de ser deshidratado y retirado manualmente. El procedimiento constructivo, de operación y mantenimiento a seguir en esta unidad puede ampliarse en la publicación del Programa Banatura llamada "Implementación del lecho de secado en fincas bananeras", donde se plantea la posibilidad de aplicar el lodo en las calles del cultivo o en jardines, de manera dispersa y alternada².


Con el fin que la unidad trabaje adecuadamente, se recomienda construir sobre el nivel de piso acabado del sistema de recirculación o por encima de la cota máxima de inundación del canal receptor, evitando así estar enterrado y que las aguas provenientes del nivel freático no ingresen al sistema y se permita una adecuada deshidratación del lodo, adicionalmente que se facilite la reincorporación del agua al proceso.

El agua clarificada de esta unidad se recolecta por medio de una tubería perforada localizada en el fondo, que se recomienda descargue directamente al pozo de bombeo del sistema. Adicionalmente se colocará una tubería que permita que el agua clarificada de la unidad pueda ser incorporada nuevamente al sistema, de tal manera que entregue directamente al canal de acceso evitando así canales preferenciales de flujo o corto circuitos de agua en la unidad de sedimentación. La unidad consta de un techo que impide el ingreso de agua lluvia.

e. Tanque de Almacenamiento

Esta unidad se considera imprescindible a la hora de cerrar el ciclo de uso eficiente y ahorro de agua, ya que su implementación permite recuperar y almacenar el agua tratada para ser nuevamente introducida al ciclo productivo después de las labores de aseo y limpieza. Se recomienda que su volumen sea como mínimo igual a la sumatorias de los volúmenes de los tanques de desmane y desleche de tal manera que su limpieza pueda hacerse por separado y toda el agua sea pasada a través del STR.

² Augura-Sena. Implementación del lecho de secado en fincas bananeras. Octubre de 2006, Pág. 16.



5. Parámetros de diseño y optimización de los sistemas de tratamiento y recirculación de las aguas de lavado de banano

5.1 Caudal adoptado

Para el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales de lavado de fruta, se considera como criterio el calculado a partir de la relación entre los volúmenes de los tanques de lavado, el sistema de recirculación y el tiempo durante la jornada de embarque. Este caudal deberá valorarse teniendo en cuenta el porcentaje de pérdidas que se estime dentro del proceso de lavado de fruta y deberá evaluarse con respecto al programa de control y reducción de pérdidas correspondiente.

5.2 Estudios de tratabilidad

Para la selección de los procesos de tratamientos previos o paralelos del sistema, debe realizarse un estudio de tratabilidad durante la fase inicial de diseño, es decir un Ensayo de Jarras que posteriormente será validado en el STR, una vez construido, de tal manera que puedan hacerse los ajustes correspondientes durante un día de operación normal.

Estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación-floculación que se producirá en el STR y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.

Este procedimiento debe realizarse de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 3903, su objetivo básico es la determinación de los coagulantes y auxiliares de coagulación (metálicos o prepolimerizados), sus dosis óptimas, secuencia de adición de los mismos para una turbiedad, un color, un pH, una temperatura, una alcalinidad y una dureza dados.

Estos ensayos de laboratorio se emplean para determinar:

- dosificaciones del o los productos químicos utilizados para coagular el agua.
- Necesidad de mezcla y floculación.



- Tiempos de contacto.
- Velocidad de sedimentación.
- Evaluaciones cualitativas: Tamaño del flóculo producido, Tiempo inicial de formación del flóculo.
- Determinaciones físicas: turbiedad y color es residuales, así como tiempos y gradientes óptimos de velocidad. Cuando sea pertinente pueden también determinarse: la velocidad de sedimentación de los flóculos formados, y el número de partículas presentes por tamaños.
- Determinaciones químicas: pH y alcalinidad antes y después de la coagulación. Adicionalmente la concentración del aluminio residual, hierro y/o manganeso si procede.

Estas pruebas deben repetirse para las distintas condiciones del agua cruda que se puedan presentar a lo largo del ciclo operativo del sistema, ya que existen cambios en la calidad del agua que pueden ser muy significativos en parámetros como la turbiedad, color, temperatura, pH, alcalinidad, contenido de hierro y manganeso entre otros.

Adicionalmente existen otros ensayos de tratabilidad que deben determinarse:

- Tiempos y velocidad de sedimentación.
- Porcentaje de lodos producidos en la sedimentación para ajustar los diseños de la unidad de sedimentación y los lechos de secado.
- Demanda de cloro y determinación del punto de quiebre en caso de requerirse.

5.3 Dosificación de coagulantes

Como referencia para la selección de la dosis óptima de aplicación de los productos utilizados se retoma la información contenida en el trabajo de investigación presentado dentro del convenio Augura- Corpourabá denominado "Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano" de la siguiente manera:

Se realizaron ensayos de de tratabilidad para el agua de lavado de banano de cada una de las fincas en estudio, con el fin de tener una mayor confiabilidad en los resultados éstos se realizaron por triplicado y las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Corrugados del Darien.

Se tomaron muestras puntuales a la entrada de la planta de tratamiento antes del punto de aplicación del coagulante durante una jornada normal de embarque, en lo posible después de dos días de proceso productivo; las muestras se refrigeraron solo cuando el ensayo no se podía realizar en ese mismo momento.



Foto 1. Montaje de un ensayo de trazabilidad (test de jarras)



Los coagulantes ensayados fueron los mismos utilizados por las fincas: Alumbre, Banalum, Sparfloc y Extrafloc; se analizó cada uno de los coagulantes en todas las fincas inicialmente a una concentración del 10% variando la dosis aplicada (2, 3, 6 y 10 ml).

Una vez determinada la mejor dosis y el coagulante que mejor resultados arrojó en las diferentes aguas, se hicieron nuevamente tres ensayos para cada una de las fincas con una misma dosis y el mismo coagulante, variando la concentración en cada jarra (5, 10, 15 y 20%).

El volumen de muestra utilizada para cada ensayo fue de 800 ml por beaker de muestreo; en el laboratorio se midió pH, temperatura, turbiedad y color y al final se realizó la determinación de la DQO del agua clarificada en el laboratorio de CORPOURABA.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las fincas que mejores eficiencias de remoción se encontraron durante el estudio.

a. Resultados del trabajo de investigación realizado en la Finca Banalinda

Tabla 1: Resultados del ensayo 1 de tratabilidad - Finca Banalinda

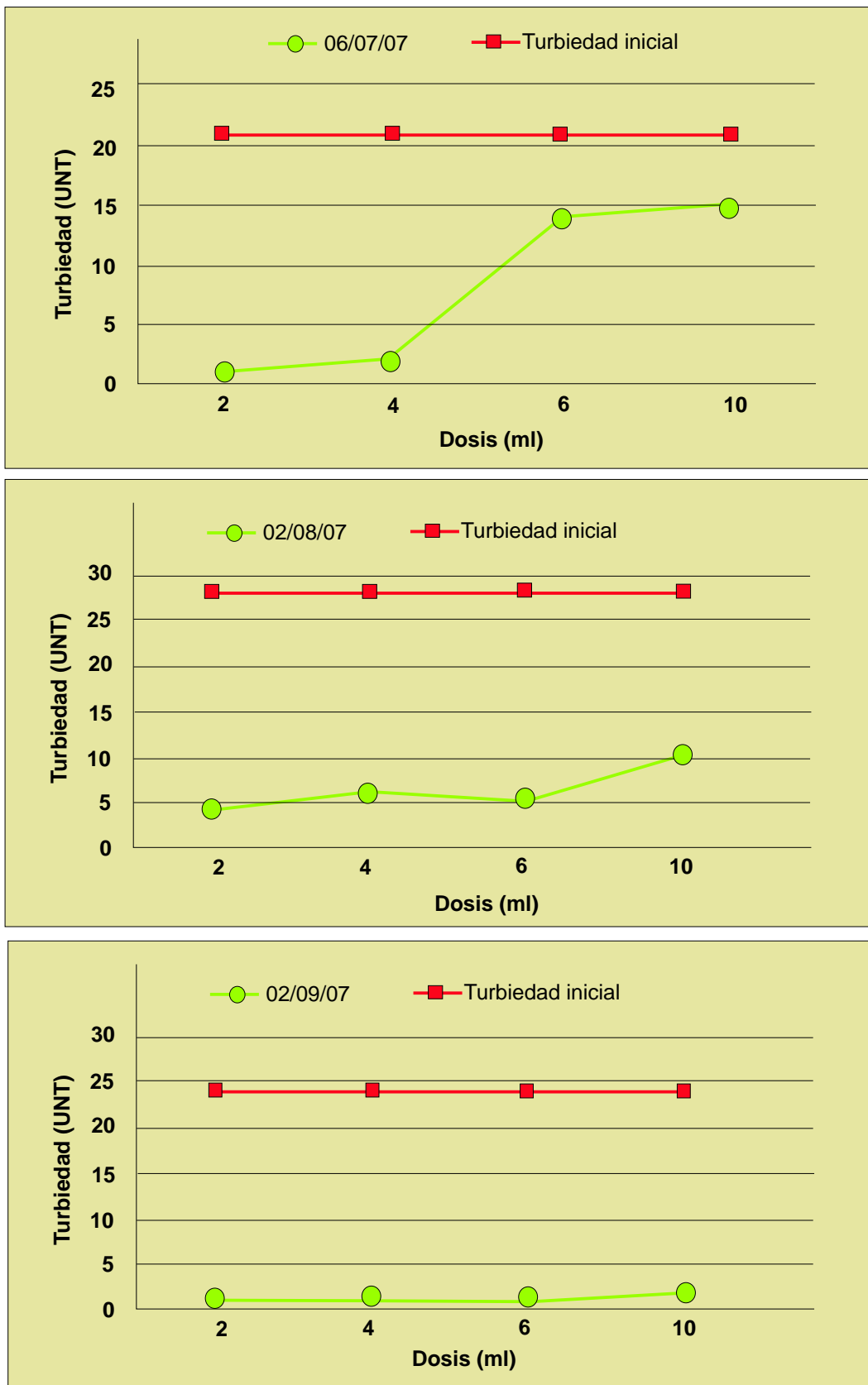
ITEM	UNIDADES	06/07/20	02/08/2007	20/09/2007
VOLUMEN MUESTRA	ml	800	800	800
TURBIEDAD INICIAL	UNT	21	28	24
TEMPERATURA	°C	-	29	27
pH INICIAL	U pH	4.6	7.9	8.2
CONCENTRACIÓN	%	10	10	10
DOSIS ÓPTIMA	ml	1	2	2
TURBIEDAD REMANENTE	UNT	1	4	1
REMOCIÓN	%	95.2	85.7	95.8
pH FINAL	U pH	6.4	7.3	7.6
TIEMPO FORMACION FLOC	s	1	1	3

En las Tabla 1 y siguientes figuras se muestra como es el comportamiento de la turbiedad con respecto a la dosis aplicada de coagulante, a partir de lo cual se establece cual es la dosis óptima para cada jornada de muestreo. Para el caso específico se presenta el comportamiento del producto Sparfloc utilizado como coagulante a diferentes concentraciones según se indica en las gráficas.

Las condiciones del ensayo son iguales para cada una de las muestras, es decir, una agitación inicial o mezcla rápida durante 1 minuto a 100 rpm y 15 minutos a 40 rpm, tiempo en el cual se realizó la observación de la formación o no del floc y sus características; luego las muestras permanecieron en reposo durante 15 minutos para observar el fenómeno de la sedimentación. (Ver figura 1).



Figura1: Relación de dosis aplicada vs remoción de turbiedad para una solución de Sparfloc preparada a una concentración del 10%



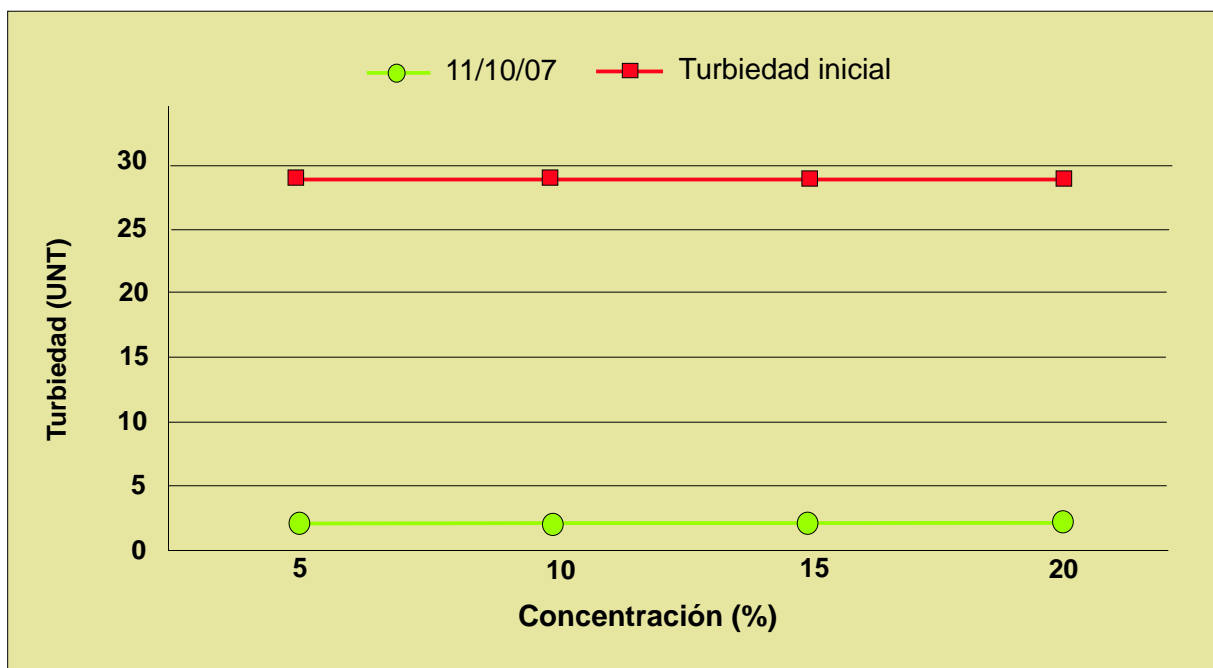


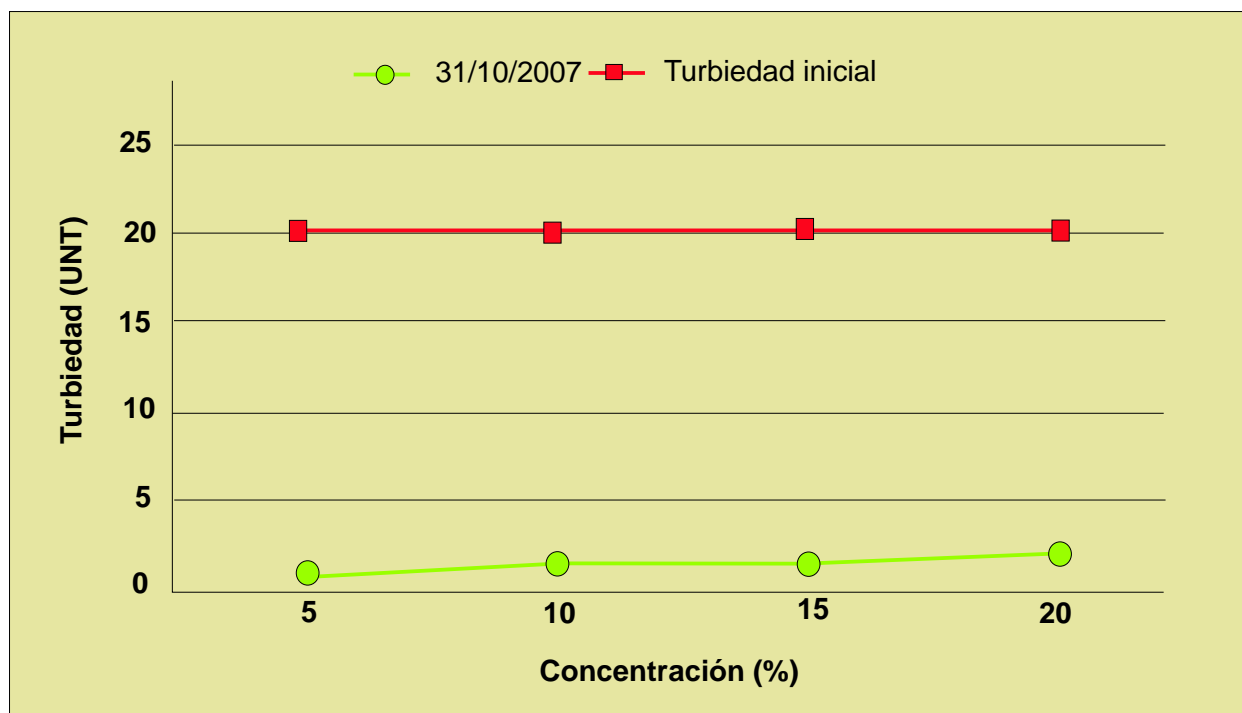
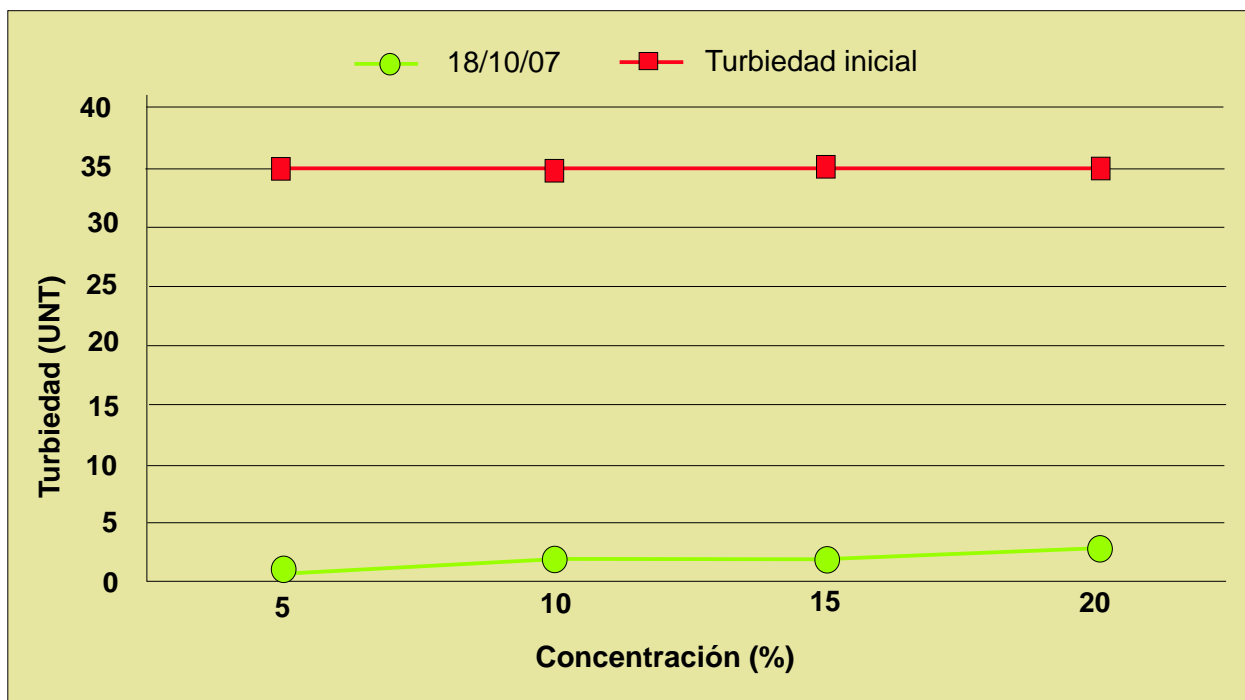
Para este segundo caso se presentan los resultados del ensayo en iguales condiciones que el anterior en términos de los gradientes de velocidad utilizados y los tiempos de las operaciones unitarias, sin embargo se realiza una variación a partir de la dosis encontrada con un mejor comportamiento de tal forma que se acerque mejor a la óptima variando entonces la concentración de la solución utilizada preparándola al 5%, 10%, 15% y 20%. Luego del análisis de los datos obtenidos se encuentra como a una concentración del 5% de la solución se obtienen los mejores resultados para la finca Banalinda y una dosis óptima de 2.5 ml. (Ver Figura 2).

Tabla 2: Resultados del ensayo 1 de tratabilidad - Finca Banalinda

ITEM	UNIDADES	06/07/09	02/08/2007	20/09/2007
VOLUMEN MUESTRA	ml	800	800	800
TURBIEDAD INICIAL	UNT	29	35	20
TEMPERATURA	°C	27	28	
pH INICIAL	U pH	7.8	8.3	8.35
CONCENTRACIÓN	%	5	5	5
DOSIS ÓPTIMA	ml	2.5	2.5	2.5
TURBIEDAD REMANENTE	UNT	2	1	1
REMOCIÓN	%	93.1	97.1	90.0
pH FINAL	U pH	7.7	7.9	7.95
TIEMPO FORMACION FLOC	s	0.48		0.25

Figura 2: Relación de dosis aplicada vs remoción de turbiedad para una solución preparada de Sparfloc a una concentración del 5%







b. Resultados del trabajo de investigación realizado en la Finca Banalinda

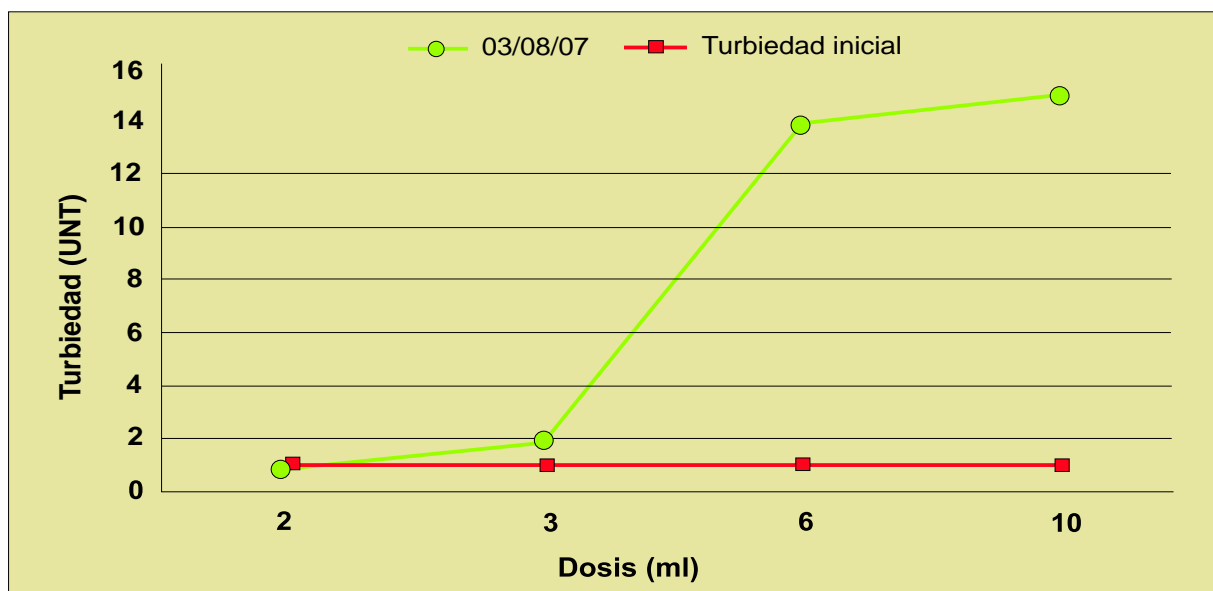
Tabla 3: Resultados del ensayo 1 de tratabilidad - Finca Bananal 1

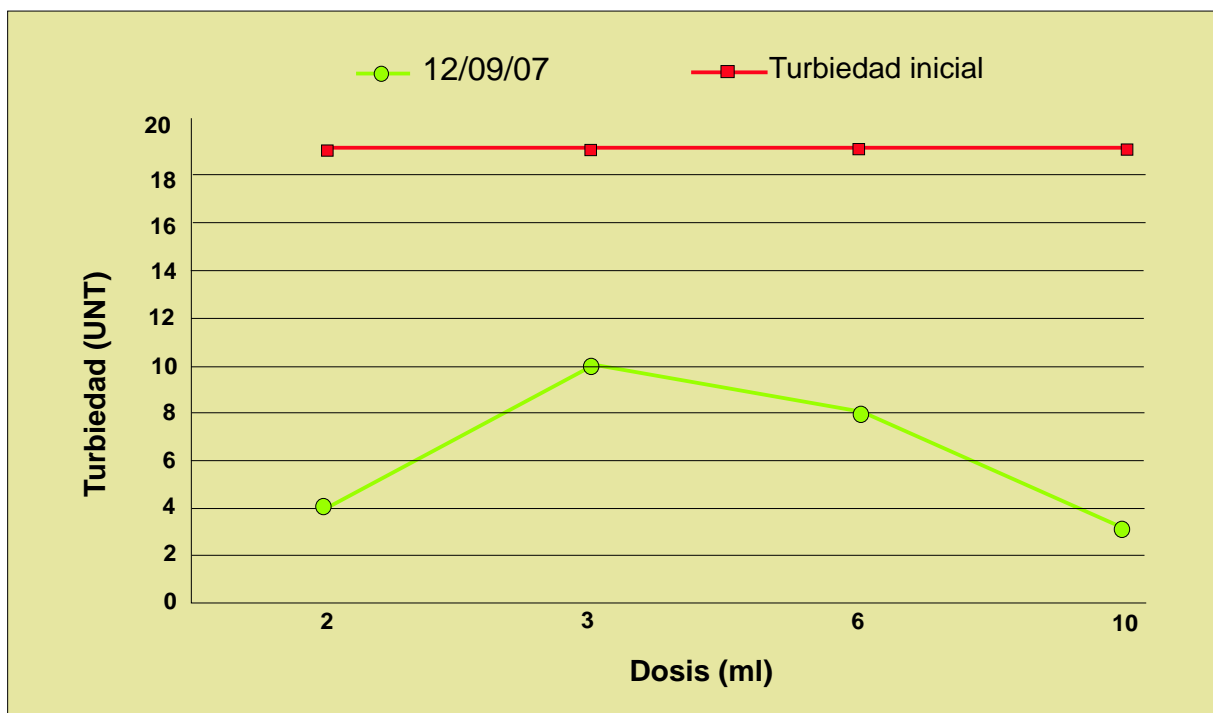
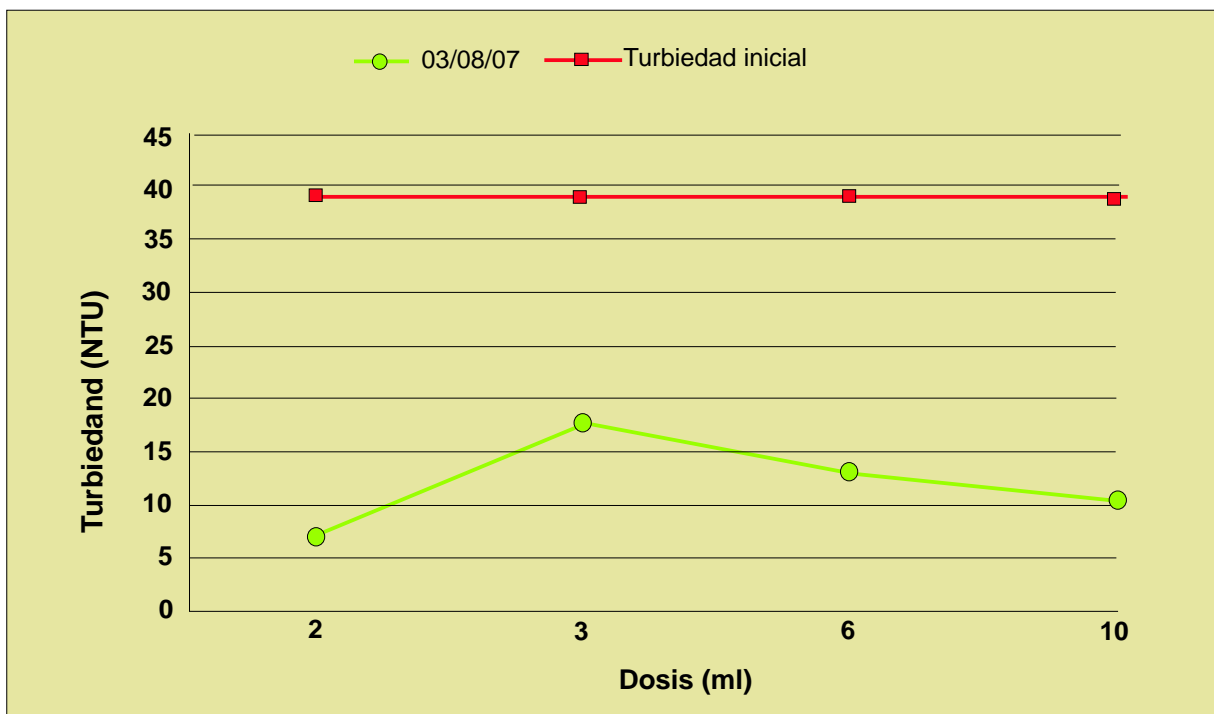
ITEM	UNIDADES	06/07/09	02/08/2007	20/09/2007
VOLUMEN MUESTRA	ml	800	800	800
TURBIEDAD INICIAL	UNT	1	39	19
TEMPERATURA	°C	30	27	28
pH INICIAL	U pH	7.8	8.3	4.7
CONCENTRACIÓN	%	10	10	10
DOSIS ÓPTIMA	ml	2	2	2
TURBIEDAD REMANENTE	UNT	1	7	19
REMOCIÓN	%	0.0	82.1	0.0
pH FINAL	U pH	6.2	5.6	4.7
TIEMPO FORMACION FLOC	s	1	1	1

En la tabla 3 y siguientes figuras se muestra como es el comportamiento de la turbiedad con respecto a la dosis aplicada de coagulante, a partir de lo cual se establece cual es la dosis óptima para cada jornada de muestreo. Para el caso específico se presenta el comportamiento del producto Sparfloc, utilizado como coagulante a diferentes concentraciones según se indica en las gráficas.

Las condiciones del ensayo son iguales para cada una de las muestras, es decir, una agitación inicial o mezcla rápida durante 1 minuto a 100 rpm y 15 minutos a 40 rpm, tiempo en el cual se realizó la observación de la formación o no del floc y sus características; luego las muestras permanecieron en reposo durante 15 minutos para observar el fenómeno de la sedimentación. (ver figura 3)

Figura 3: Relación de dosis aplicada vs remoción de turbiedad para una solución de Sparfloc preparada a una concentración del 10%





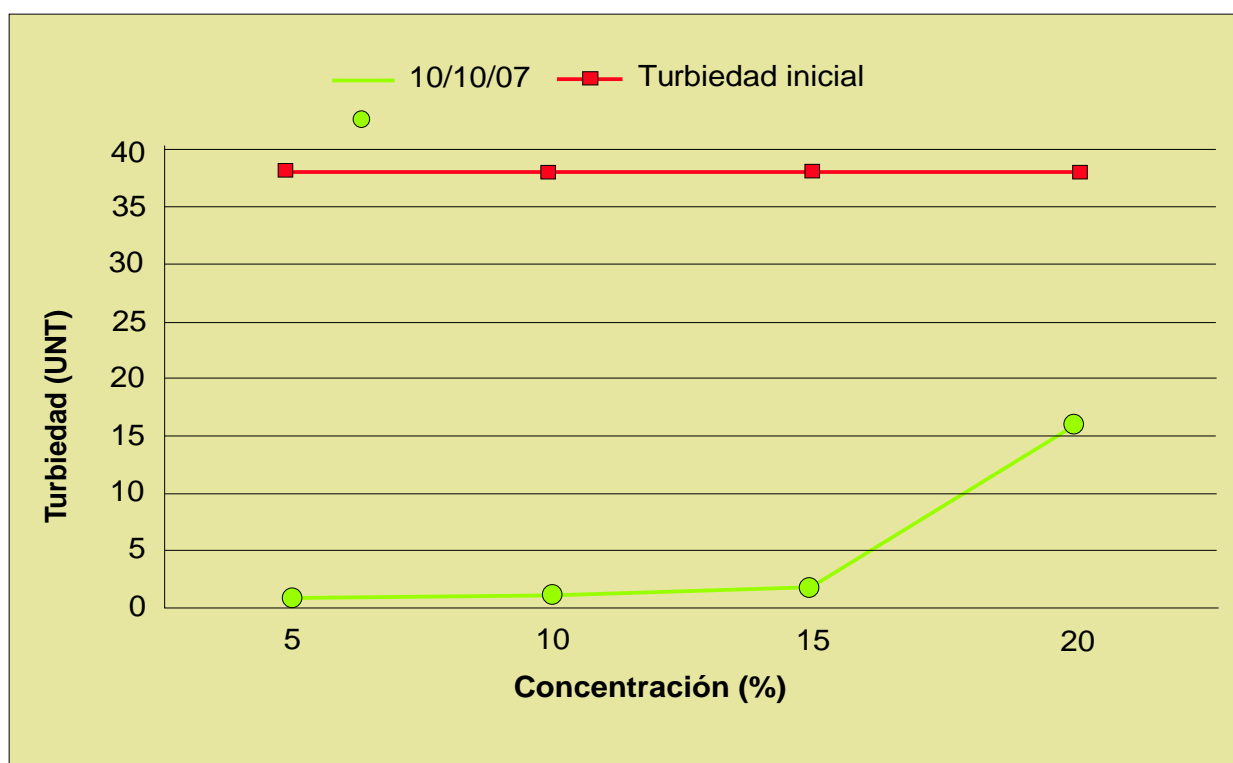
Para este segundo caso se presentan los resultados del ensayo en iguales condiciones que el anterior en términos de los gradientes de velocidad utilizados y los tiempos de las operaciones unitarias, sin embargo se realiza una variación a partir de la dosis encontrada con un mejor comportamiento de tal forma que se acerque mejor a la óptima variando entonces la concentración de la solución utilizada preparándola al 5%, 10%, 15% y 20%. Luego del análisis de los datos obtenidos se encuentra como a una concentración del 10% de la solución se obtienen los mejores resultados para la finca Bananal 1 y una dosis óptima de 2.0 ml para la jornada del 10/10/2007 y de 2.5 ml para las restantes. (Ver Figura 4)

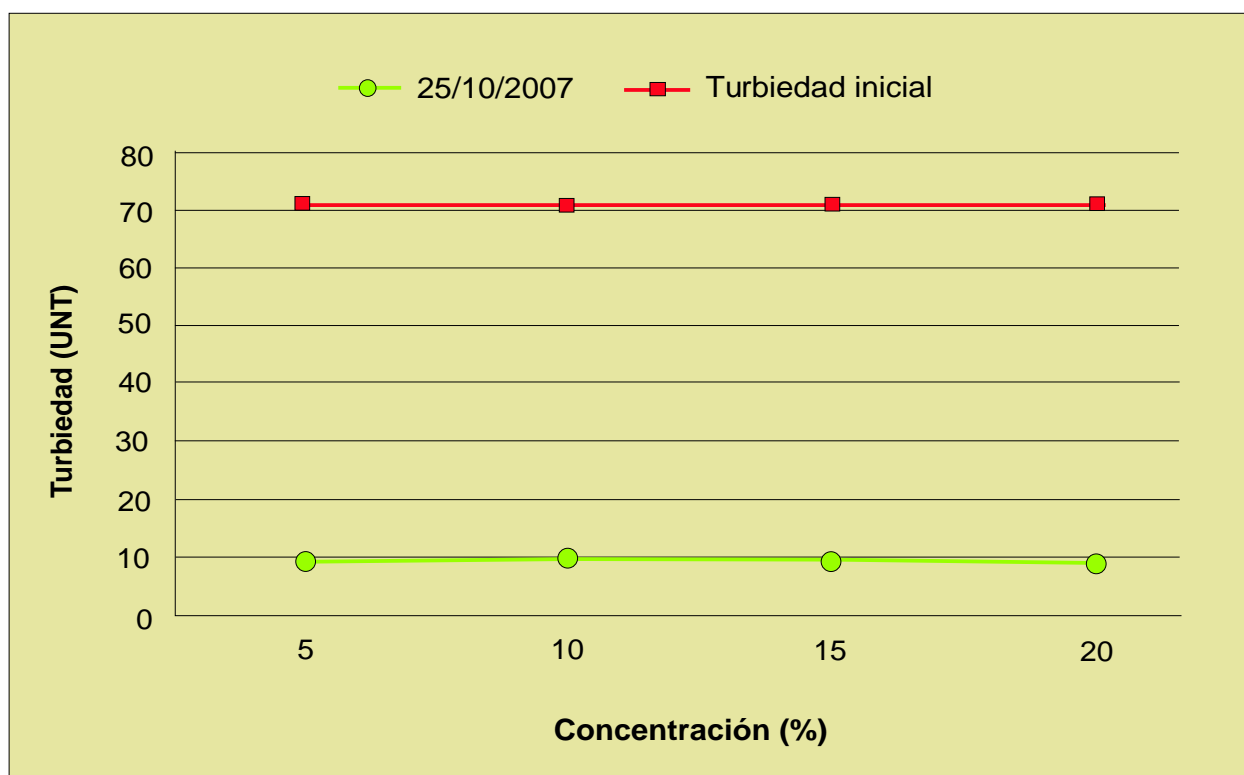
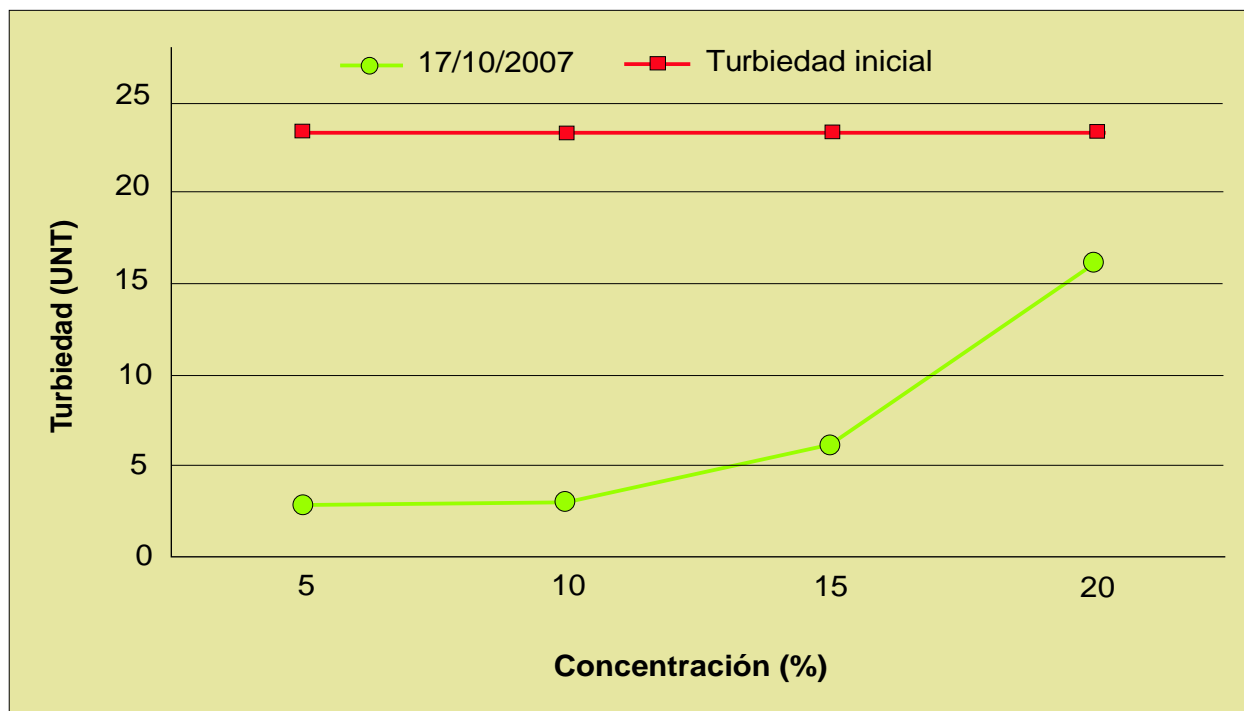


Tabla 3: Resultados del ensayo 2 de tratabilidad - Finca Bananal 1

ITEM	UNIDADES	06/07/09	02/08/2007	20/09/2007
VOLUMEN MUESTRA	ml	800	800	800
TURBIEDAD INICIAL	UNT	38	23	71
TEMPERATURA	°C	27	27	23
pH INICIAL	U pH	7	7.4	7.45
CONCENTRACIÓN	%	10	10	10
DOSIS ÓPTIMA	ml	2	2.5	2.5
TURBIEDAD REMANENTE	UNT	1	3	8.8
REMOCIÓN	%	97.4	87.0	87.0
pH FINAL	U pH	6.5	7	6.5
TIEMPO FORMACION FLOC	s	1	1	50

Figura 4: Relación de dosis aplicada vs remoción de turbiedad para una solución de Sparfloc preparada a una concentración del 10%







c. Análisis de resultados obtenidos

Como conclusión del trabajo de investigación se obtiene que el coagulante con el cual se obtuvo mejor formación de floc y una buena sedimentación fue el Sparfloc a una concentración del 10%; en la mayoría de los 50 casos la mejor dosis fue de 2.5 ml. Con este coagulante y cuando se varió la concentración el mejor resultado se obtuvo con una concentración del 5%.

El porcentaje de remoción de DQO en coagulación está influenciado ligeramente por la alcalinidad, dosis de agente coagulante y por características individuales del agua, así por ejemplo, en Horizonte a pesar de tener una DQO alta y baja alcalinidad, se obtuvieron altos porcentajes de remoción de DQO con dosis de concentración del 5% debido probablemente, a que el agua tenga algunos elementos como el hierro (que efectivamente lo tienen según análisis de laboratorio) lo que favorece los procesos de coagulación. Por el contrario con algunas aguas los porcentajes de remoción de DQO no fueron tan altos como en la finca Horizonte que a pesar de tener menos DQO, probablemente no se tenían algunas condiciones adecuadas como tener baja alcalinidad, o como Bananal y Chispero; pudo ser demasiado baja para el proceso de coagulación.

En los ensayos de tratabilidad se obtuvieron altas remociones de DQO, turbiedad y color en las diferentes aguas, independientemente de las concentraciones iniciales de los parámetros a analizar y de las características del agua (Subterránea o superficial). (Ver Figuras 5, 6, 7 y 8)

Figura 5: Relación de dosis aplicada vs porcentaje de remoción de DQO para una solución preparada a una concentración del 10% -Finca Banalinda

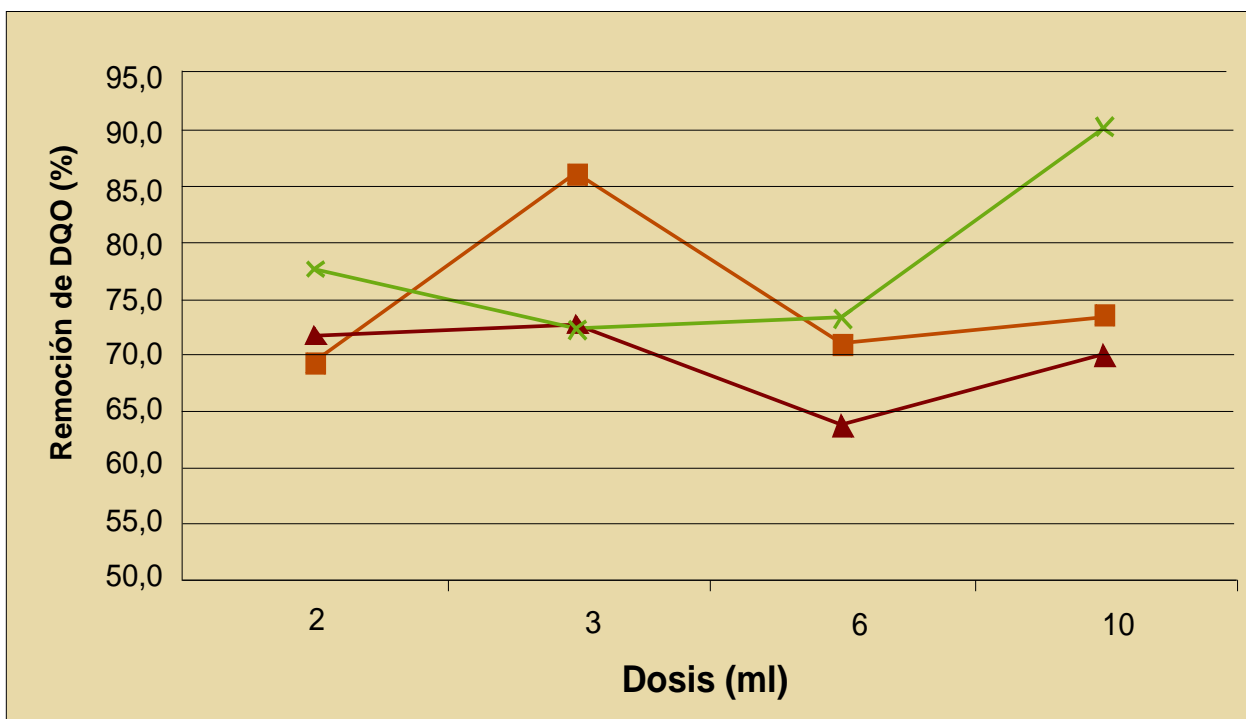




Figura 6: Relación del % de concentración vs porcentaje de remoción de DQO para una de una dosis aplicada de 2,5 ml -Finca Banalinda

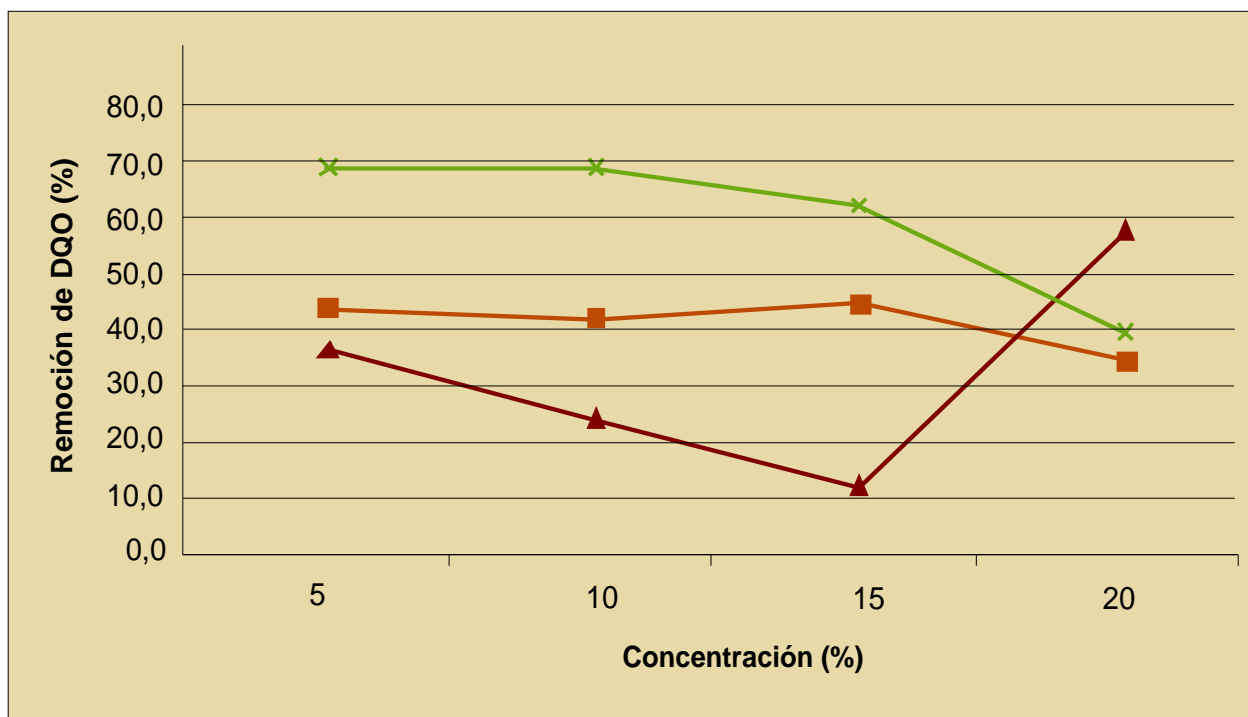


Figura 7: Relación de dosis aplicada vs porcentaje de remoción de DQO para una solución preparada a una concentración del 10% -Finca Bananal 1

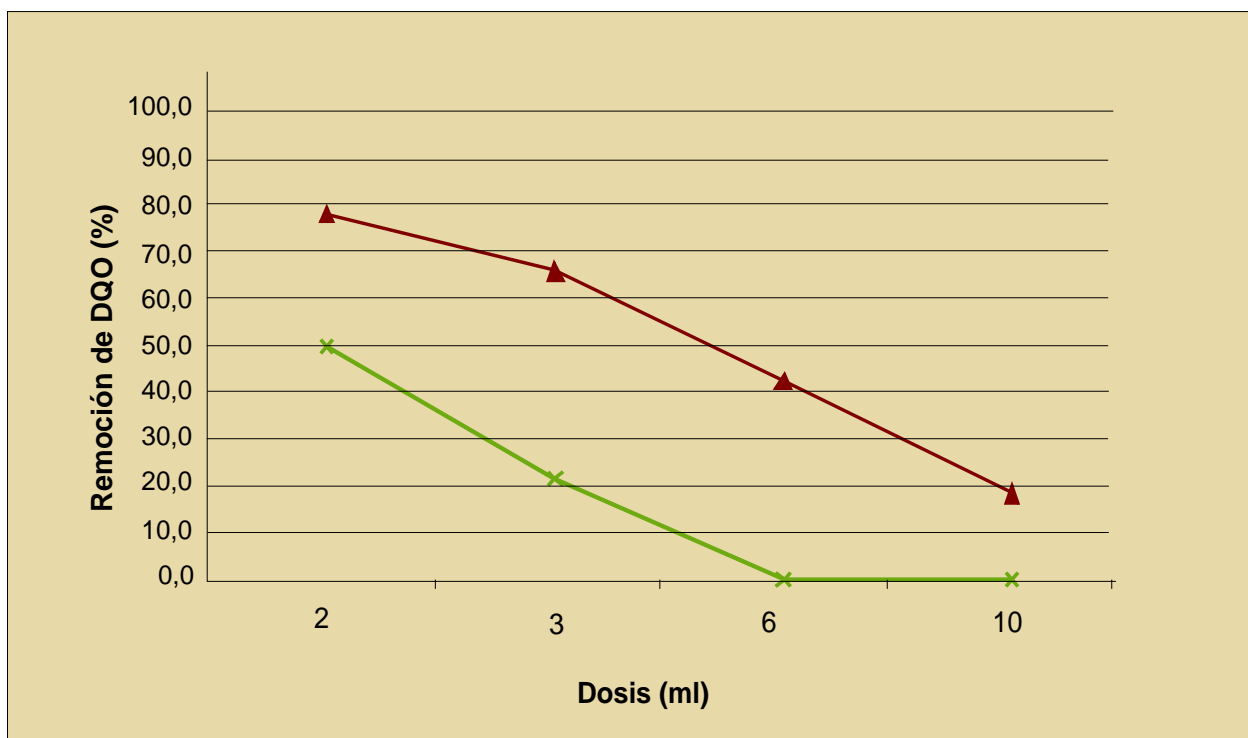
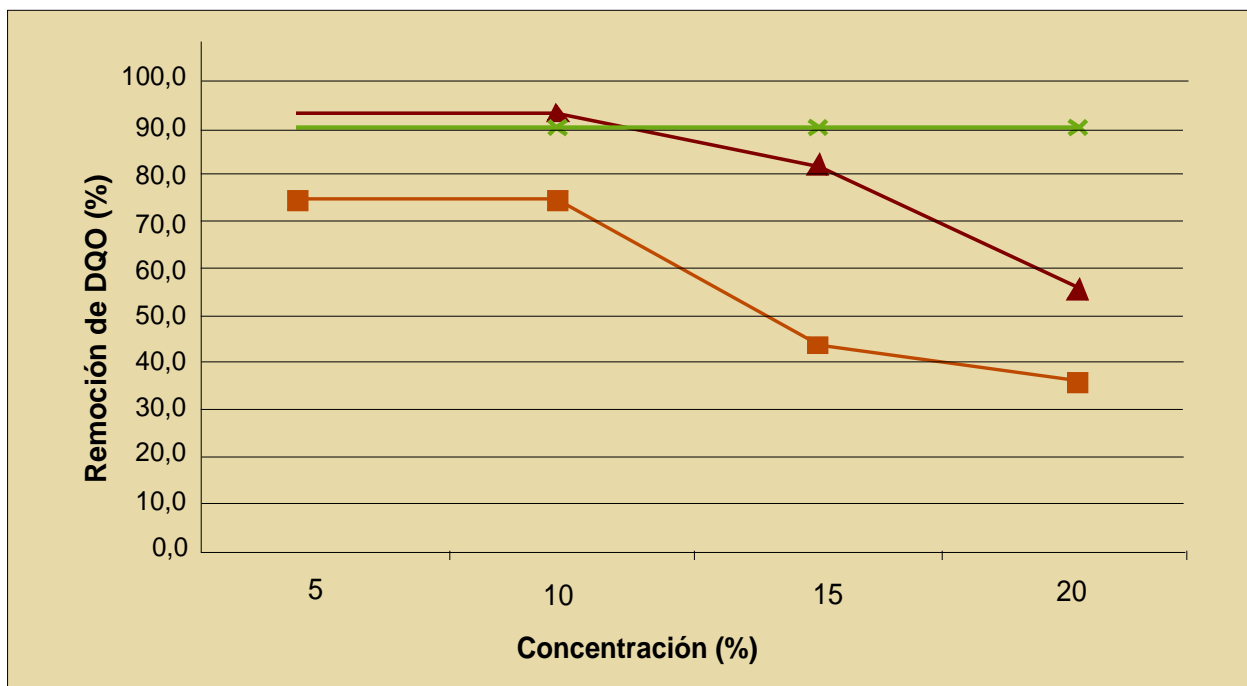




Figura 5: Relación del % de concentración vs porcentaje de remoción de DQO para una de una dosis aplicada de 2,5 ml -Finca Bananal 1



d. Dosificación del coagulante

Según los ensayos de tratabilidad (test de jarras) o pruebas de coagulación se determinó que la concentración del coagulante con el que mejor se comporta el agua fue al 5 % y la dosis optima fue de 2.5 ml en 800 ml.

Son necesario 3.12ml de solución al 5% por cada litro de agua que entra a la planta, por ejemplo para un caudal de 6L/s son necesarios 18.72ml de solución, redondeando 20ml de solución al 5%.

Si preparamos una solución más concentrada por ejemplo al 25 % (250ml de coagulante y adicionamos agua hasta completar 1L de solución) la dosis sería de 4 ml/s para una planta de 6L/s de caudal.

5.4 Parámetros de diseño consolidados para las unidades de tratamiento y recirculación de agua de lavado de banano

De acuerdo a los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y de acuerdo con los estudios preliminares y la observación de los sistemas existentes se recomiendan los siguientes parámetros para el diseño de cada una de las estructuras, los cuales se presentan en la siguiente tabla.



Tabla 5: Parámetros de diseño por cada unidad constituyente

UNIDAD DE TRATAMIENTO	UNIDAD	VALOR
Tratamiento Preliminar		
Canal de entrada		
Relación de altura lámina de agua máxima ($H_{m\acute{a}x}$) y la altura con el caudal de diseño (H_{medio}). Según CAMP	Adimensional	$H_{m\acute{a}x} < H_{medio}$
Velocidad real de la lámina de Agua	m/s	$0,10 > V < 0,15$
Rejas de cribado		
Factor de forma de las rejas cuadradas	Adimensional	2,42
Factor de forma de las rejas circulares	Adimensional	1,79
Separación de Barras para rejillas limpiadas manualmente	mm	15 - 50
Velocidad mínima de aproximación V_{aprox}	m/s	<0,15
Velocidad del flujo entre las barra V_{barra}	m/s	< 0,15
Perdida de carga cuando la rejilla está limpia	m	< 0, 10
Tratamiento Primario		
Sedimentador hidráulico de flujo ascendente		
Tiempo de retención hidráulico	Minutos	60 – 120
Profundidad	m	2,00 – 3,00
Carga superficial	$m^3/m^2 - día$	20 – 30
Sedimentador primario de alta tasa		
Tiempo de retención hidráulico	Minutos	10 - 15
Profundidad	m	2,50 – 3,00
Tasa de desbordamiento superficial	$m^3/m^2 - día$	80 – 120
Flujo lamina número de Reynolds	Re	< 250
Lechos de secado		
Volumen requerido de lodos, V_r Lodos	m^3	Ensayo de sedimentación
Área requerida	m^2	V_r lodos/BL
Borde libre, BL	m	0,60 – 0,70
Capa de arena	m	0,15 – 0,20
Capa de gravilla	m	0,20
Tamaño efectivo de arenas	mm	0,80 – 1,00
Diámetro de la gravilla	cm	1,00 – 1,30
Coefficiente de uniformidad	Adimensional	0,80



5.5 Conclusiones

Luego del análisis de la información obtenida a partir del proyecto de investigación citado a lo largo del documento se encuentran las siguientes:

- Se presentan diferencias en las características fisicoquímicas del agua a utilizar en las diferentes fincas no sólo al inicio del proceso, ya sean estas superficiales o subterráneas, sino también a que estas características no son las mismas cada semana debido a que la cantidad de fruta procesada es variable (a mayor producción, mayor carga contaminante) lo cual influye directamente en el proceso de tratamiento, se observa incluso como se puede presentar dilución por aguas lluvias ya que éstas son descargadas directamente a los tanques de lavado de banano o a los sistemas de recirculación y adicionalmente se encuentran también diferencias debido a las condiciones de reutilización del agua durante varias semanas.
- Con respecto al proceso de tratamiento se encontró que en términos generales no se hace un control estricto y adecuado del tratamiento del agua los días de embarque en actividades como la dosificación del coagulante y el caudal de ingreso al sistema de tratamiento.
- De otro lado se realizó el análisis de los factores ambientales relacionados con la eficiencia de las operaciones unitarias, encontrando que por ejemplo, las altas temperaturas del agua durante el proceso productivo superiores a 25°C que favorecen los procesos de sedimentación.
- También se encontraron posibles relaciones entre la alcalinidad alta y como ésta ayuda a prevenir cambios bruscos en el pH y como el contenido de hierro en el agua favorece los procesos de coagulación y floculación con los productos utilizados.
- Es relevante hablar de las condiciones de operación del sistema en términos de aplicación de los productos químicos utilizados como coagulantes, pues como se indicó anteriormente éstas no son constantes e incluso se presenta sobredosificación, generando deficiencias en los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, ya que las características de formación del floc varían presentándose en algunos casos un floc débil que se resuspende fácilmente y no sedimenta.
- Para la dosificación del coagulante en los ensayos de tratabilidad se obtuvieron remociones altas en parámetros como turbiedad, color y DQO con comportamientos similares en las diferentes calidades de agua.
- Se observó un comportamiento similar de la dosis de coagulante a utilizar, sin embargo ésta deberá ajustarse de acuerdo con las condiciones de caudal de operación del sistema.
- La mejor dosificación obtenida en campo se encontró a una concentración del 25% y una tasa de aplicación de 0,1 ml/s presentando buenas características en la formación del floc y la sedimentación. Esta dosificación es menor a la encontrada en el estudio realizado durante los ensayos de tratabilidad, por lo cual se recomienda un estudio más detallado con concentraciones más bajas de tal manera que se logre un mejor conocimiento del proceso con el agua residual proveniente del lavado de banano, haciendo su aplicación y seguimiento directamente en los sistemas de tratamiento y recirculación de las fincas para obtener la dosis óptima.



5.6 Recomendaciones

En el momento de la conceptualización de un sistema de tratamiento y recirculación de agua para el lavado de banano, se debe diseñar el sistema completo que permita obtener agua de muy buena calidad y cuyo ciclo sea cerrado; dicho sistema se considera que debe constar de las siguientes unidades como mínimo: trampa de coronas, canal de ingreso y aforo para aplicación del coagulante, floculador, sedimentador, tanque de bombeo, lecho de secado y tanque de almacenamiento. Con este conjunto de unidades se cumple con la Ley 373 de 1997 que reglamenta el uso eficiente y ahorro del agua, también se cumple con el Decreto 1594 de 1984 en términos de vertimientos y uso según la calidad del agua, con la resolución de calidad del agua para consumo humano 2115 de Junio de 2007 emanada por el Ministerio de la protección social y el Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, y con el decreto 3100 de 2003 en materia de Tasas Retributivas.

El diseño hidráulico del sistema de tratamiento debe ser realizado por un Ingeniero Sanitario quien adicionalmente, deberá realizar un acompañamiento e interventoría en el momento de la construcción, ya que cualquier cambio en el diseño puede ocasionar un mal funcionamiento en el sistema. De otro lado el cálculo estructural deberá ser realizado por un Ingeniero civil que garantice la estabilidad de la estructura y la construcción por su parte deberá ser realizada por personal idóneo que garantice la calidad de los materiales y la obra.

El arranque de funcionamiento de una planta debe estar a cargo de quien diseñó el sistema o personal idóneo en el tema.

Se debe tener una persona entrenada en el manejo de la planta de tratamiento de aguas para que realice la operación del sistema.

Realizar la dosificación adecuada del coagulante de acuerdo al caudal de la finca, y en lo posible a la entrada de la planta de tratamiento para una buena homogenización. Además, se debe permitir el tiempo suficiente para que se forme el floc. Adicionalmente la aplicación del producto químico utilizado deberá hacerse en forma líquida ya que se observan variaciones considerables cuando se realiza con productos en estado sólido, esto le permite un mayor control del proceso de tratamiento.

Para una adecuada dosificación del coagulante se deben hacer ensayos de tratabilidad e implementarlos en las fincas para observar su comportamiento y llegar a un punto óptimo.

Se recomienda finalmente realizar un estudio de investigación mas detallado sobre la composición de las aguas residuales del lavado de banano y el comportamiento de las operaciones unitarias.



6. Bibliografía

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Normas de abastecimiento de agua. Brasil, 1990.

Azevedo & Alvarez. Manual de Hidráulica. México, 1975.

Calidad del Agua. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Sena y Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá, 1999.

Corcho Romero, Freddy y Duque Serna, José Ignacio. Acueductos Teoría y Diseño. Universidad de Medellín, 1993.

Empresas Públicas de Medellín, EPM, Normas de diseño - Acueducto, alcantarillado y vertimientos industriales. Colombia.

Metcalf & Eddy. Ingeniería de las aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización Volumen I. España, 1996.

Pérez Parra, Jorge Arturo. Manual de potabilización del agua. Universidad Nacional. Medellín, 2002.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS/2000, Ministerio de Desarrollo Económico.

Sotelo Ávila, Gilberto. Hidráulica General Volumen I. Editorial Limusa. México, 1974.

Augura-Corporabá. Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano. Apartadó, Diciembre 2007.

Augura-Sena. Manual para planta de recirculación y tratamiento de agua de lavado de banano. Medellín, Junio 2005.

Augura-Sena. Mejores Prácticas. Uso eficiente y ahorro del agua. Medellín, Septiembre 2008.



7. Glosario

Agua dura Agua: que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón.

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos (CO₃²⁻), bicarbonatos (HCO₃⁻), hidróxidos (OH⁻) y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (CaCO₃).

Análisis físico-químico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

AUGURA: Asociación de Bananeros de Colombia

Calidad del agua: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

Carga orgánica: Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Carga superficial: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento (m³/(m² día), kg DBO/(ha día).

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Clarificación: Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.

Cloración: Aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.

Cloro residual: Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Cluster: Gajo de banano

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

Coagulantes: Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

Contaminación del agua: Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

CORPOURABA: Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá

Criterio de diseño: Parámetros establecidos como base de diseño de una obra.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO) Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido en altas temperaturas.

Desarenador Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

Difusor Dispositivo para dispersar un fluido en otro.

Disposición en el suelo Reciclaje de agua residual o lodos parcialmente tratados en el terreno, bajo condiciones controladas.

Disposición final Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

Drenaje Dispositivo para la extracción o inyección de agua de una superficie.

Dureza Característica del agua debida a la presencia de varias sales.

Eficiencia de remoción Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

Efluente Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Ensayo de sedimentabilidad Determinación de la velocidad de asentamiento de los sólidos en suspensión en un líquido.

Ensayo de tratabilidad Estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento.

Floculación Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Gradiente de velocidad medio Raíz cuadrada de la potencia total disipada (P) en la unidad de volumen de una estructura hidráulica (V) dividida por la viscosidad absoluta del agua, expresada así:

$$\bar{G} = \sqrt{\frac{P}{V \mu}}$$

Lecho de filtración Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

Lodo Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento.

Mantenimiento Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o



para la reparación de los mismos cuando se producen.

Mantenimiento correctivo Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Mantenimiento preventivo Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

Mezcla lenta Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los floculos.

Mezcla rápida Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.

Parámetros de control de un proceso Criterios preestablecidos que se utilizan como base para compararlos con los obtenidos en un proceso, con el fin de controlar o medir la eficiencia del mismo.

Parámetros de diseño Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los equipos de la planta de tratamiento.

Pérdida de carga Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso.

Planta piloto Modelo para simular operaciones, procesos y condiciones hidráulicas de la planta de tratamiento, utilizando para este efecto el agua de la fuente de abastecimiento.

Pretratamiento Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final.

Prueba de jarras Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de oxidación química, coagulación, floculación y sedimentación en la planta.

Puesta en marcha Actividades que se realizan cuando un sistema va a empezar a funcionar al final de la etapa constructiva.

Punto de muestreo Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa del cuerpo de agua.

Sedimentación Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

Sistema de tratamiento y recirculación o STR El recorrido que hace el agua desde que es extraída del pozo profundo o de la fuente superficial hasta el sistema de tratamiento, para retornar al proceso productivo. Tiene como objetivos la reutilización del agua para reducir su consumo en el proceso de lavado de la fruta y cumplir con la normatividad ambiental, que establece el uso eficiente del agua y la disminución de la carga contaminante al verter las aguas residuales a los canales

Sólidos disueltos Mezcla de un sólido (soluto) en un líquido solvente en forma homogénea.

Sólidos suspendidos Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua, no disueltas.

Sólidos suspendidos totales sólidos presentes de forma suspendida en el agua, su determinación es uno de los parámetros de calidad del agua.

Tanque de desleche La fruta se saca del tanque de desmane, se deposita en este tanque y deberá permanecer durante 15 minutos para garantizar la separación del látex del cluster.

Tanque de desmane Lugar donde se deposita la fruta después que se desgaja del racimo

Tasas retributivas Es un instrumento económico reglamentado en 1997 por el decreto 901 y actualmente modificado por el 3100 de 2003 y 3440 de 2004, con los cuales se permite retribuirle al ambiente los daños ocasionados por el vertimiento de las aguas residuales, tanto industriales como residenciales; su cobro se hace con base en la cantidad de Kg de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) que se vierte al los cuerpos de agua.

Test de jarras Es un ensayo de tratabilidad que se realiza en el laboratorio, para determina la dosis optima de coagulante necesarias para que los sólidos suspendidos se aglomeren, aumenten su peso y se sedimenten con facilidad

Tiempo de retención hidráulica Es el Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil:

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

Tratamientos de aguas residuales procesos físicos y químicos que se le hacen al agua para reducirle la contaminación orgánica, química y física.

Turbiedad Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Velocidad de filtración Caudal de filtración por unidad de área.

Velocidad de lavado Caudal de lavado por unidad de área.

Vertederos Son dispositivos que permiten determinar el caudal. Poseen una ecuación general que depende de la gravedad, de su geometría y de su espesor de pared. La variable independiente será siempre la altura de la lámina de agua sobre el nivel de referencia. De esta forma cualquier vertedero puede calibrarse mediante una curva de calibración del mismo, con base en las diferentes alturas de la lámina de agua de los diversos caudales.

Vertimiento descarga de aguas residuales domésticas e industriales que se hace a una fuente de agua, son reguladas por la legislación ambiental como por ejemplo; las tasas retributivas y controladas por las corporaciones ambientales.



AUGURA Y SU PROGRAMA BANATURA

Agradecen a CORPOURABÁ por permitirnos utilizar la información del proyecto de investigación ejecutado a través del CONVENIO DE COFINANCIACIÓN

AUGURA- CORPOURABA

N 110301016806

"Evaluación de la eficiencia de cuatro sistemas de tratamiento para las aguas del lavado de banano". Apartadó, Diciembre 2007.



Calle 3 Sur No. 41- 65 Ed. Banco de Occidente Piso 9 PBX: (57-4) 321 13 33 Fax: 321 41 90 Medellín, Colombia E-mail: augura@augura.com.co

Carrera 12 No. 96-23 Ed. Torre Empresarial Of. 203 Tel: (57-1) 635 37 00 Fax 635 42 47 Bogotá

Conjunto Residencial Los Almendros PBX: (57) 823 66 02 Fax: 823 66 06 - Carepa, Antioquia - Calle 23 No. 4-27 Of. 209 Tel (57-5)423 17 93 Fax: 423 17 86 Ed. Centro Ejecutivo - Santa Marta

www.augura.com.co