

**EVALUACION PARAMETROS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS  
GENERADOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE EMPRESA  
DE ALIMENTOS.**

**TRABAJO DE GRADO**

**AUTOR**

**PEDRO GERMAN OSPINA SANGAMA**

**CODIGO: 2700652**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION EN PLANEACION AMBIENTAL Y MANEJO DE LOS  
RECURSOS NATURALES  
BOGOTA 2015**

**EVALUACION PARAMETROS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS  
GENERADOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE EMPRESA  
DE ALIMENTOS.**

**EVALUATION OF CONTROL PARAMETERS FOR THE ACTIVATED  
SLUDGE PROCESS OBTAINED WASTEWATER TREATMENT IN THE  
FOOD FACILITY.**

Pedro Germán Ospina Sangama  
Ing. Ambiental .Supervisor HSE  
Pepsico Alimentos ZF. Funza, Colombia  
germanospina6 @gmail.com

**RESUMEN**

En este estudio se ha planteado la necesidad de evaluar el funcionamiento de proceso biológico utilizando tecnología MBR con el objeto de establecer las condiciones operacionales que permiten obtener un proceso de filtración en las diferentes circunstancias que puedan presentarse.

Para ello se trabajó en la planta de tratamiento de agua residual de una empresa de alimentos, contando con un tanque de homogenización, bioreactores y tanque de membranas sumergidas. Dicha planta se ha operado durante un mes, tratado el agua residual de la empresa.

Durante ese tiempo se estudió la influencia de las variables de proceso como DQO, SST, pH y filtrabilidad sobre la calidad del efluente producido, la estabilidad de los lodos generados y el ensuciamiento de las membranas.

Los resultados obtenidos muestran que la filtrabilidad del lodo depende de las variaciones de carga a trabajar si son valores superiores a 9000 de concentración. Además, el sistema precisa de un exhaustivo control para asegurar una correcta desnitrificación.

**Palabras Clave:** Planta de tratamiento, demanda química oxígeno, filtración

**ABSTRACT**

This study has raised the need to evaluate the performance of the biological process in order to establish operational conditions to obtain filtration process in different circumstances that may arise.

With this goal was operated the wastewater treatment plant of food facilities, having in this case a submerged membranes tank, independent of the biological reactors and equalization tank. This facility has been operated for one month, treated industrial waste water treatment plant.

During that time was studied the influence of process variable DQO , SST , pH , filtration process on the quality of effluent produced, the stability of sludge generated and membrane fouling.

The results obtained show that the filtration process depends of the load variation working above 9000 concentration. Furthermore, the system requires a careful control to ensure proper denitrification.

**Keywords:** Wastewater treatment plant, Chemical Oxygen Demand, filtration.

## INTRODUCCION

En las últimas décadas, el desarrollo de tecnologías basadas en microorganismos para el tratamiento de aguas residuales industriales que incluyen normalmente agua de procesos y en algunos casos agua residual doméstica, ha proporcionado excelentes procesos para la destrucción de constituyentes biodegradables en condiciones aerobias.

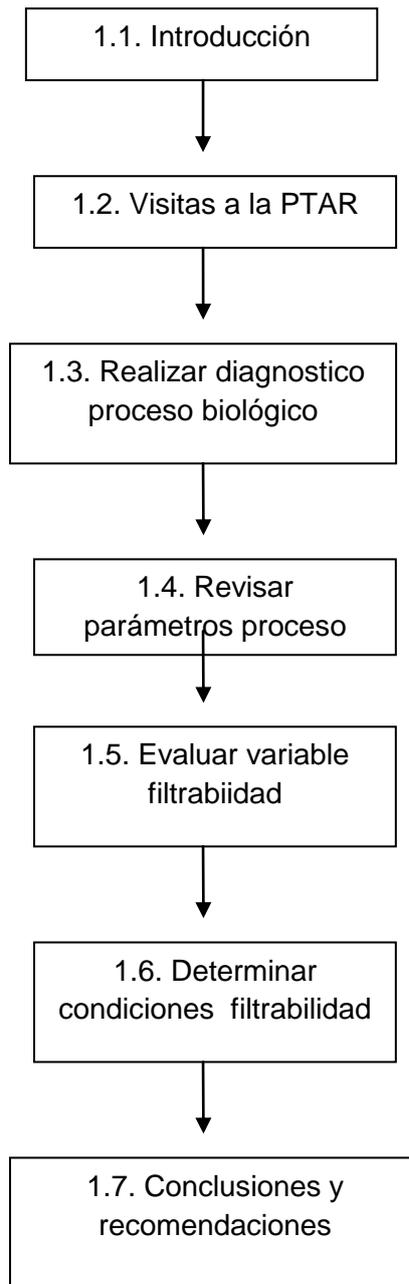
La complejidad de los procesos de tratamiento de aguas residuales ha aumentado dramáticamente durante la última década debido a los requisitos exigidos por la legislación para eliminar los compuestos nitrogenados y de fósforo, junto con los de carbón.

Los sistemas de lodos activados utilizan microorganismos, en particular bacterias, para la degradación de los compuestos biodegradables que trae consigo el agua residual. Estos microorganismos están en contacto con las aguas residuales en el tanque de lodos activados, donde la biomasa (lodos activados) se alimenta de las impurezas en presencia de oxígeno, luego pasan a un sedimentador y más tarde parte se recircula para mantener una población constante, y parte de desecha.

En este documento se presenta el análisis de los parámetros fisicoquímicos de operación actual del proceso biológico de la planta de lodos activados de una empresa de fabricación de alimentos, que utiliza sistema de aireación con el objetivo de garantizar las condiciones de operación y características del lodo hacia la etapa de filtrado por membranas para obtener los parámetros que aseguren las siguientes etapas del tratamiento.

### 1. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrollara según el siguiente diagrama de flujo.



### 1.1 INTRODUCCION

Con revisión bibliográfica y asesoría se abordaran los siguientes temas de marco teórico:

- Reseña histórica.
- Tipos de equipos.
- Clasificación tratamientos.
- Características de proceso de tratamiento.
- Variables críticas de proceso

### 1.2 VISITAS A LA PTAR

Se realizara una visita semanal en la plata de tratamiento con el propósito de conocer en detalle el sistema y funcionamiento, tomando y registrando diferentes datos.

### 1.3 REALIZAR DIAGNOSTICO PROCESO BIOLOGICO.

Las visitas iniciales a la PTAR, se harán con el fin de recolectar datos que nos permitan:

- Determinar los parámetros de operación.
- Determinar las características del afluente.

### 1.4 REVISAR PARAMETROS DE PROCESO BIOLOGICO

Con base en los resultados obtenidos en la realización del diagnóstico se procede a realizar un análisis del comportamiento de la variable filtrabilidad en la calidad del lodo.

### 1.5 EVALUAR VARIABLE FILTRABILIDAD

Evaluar la capacidad del proceso biológico a diferentes condiciones de operación para garantizar la calidad del lodo en el proceso de filtración.

### 1.6 DETERMINAR LAS CONDICIONES DE PROCESO DE FILTRABILIDAD

Proponer condición optima de proceso para garantizar la filtrabilidad del lodo..

### 1.7 METODOLOGIA

La metodología empleada para cumplir con los objetivos establecidos, se realizó a partir de una evaluación de las condiciones actuales del proceso biológico de lodos activados utilizando información primaria obtenida de la planta de tratamiento de agua residual ubicada en la empresa de alimentos y una posterior búsqueda bibliográfica para determinar cuáles son los parámetros fisicoquímicos adecuados para mantener estable el proceso biológico y garantizar la filtración del lodo.

Se desarrollan diferentes mediciones utilizando los equipos del laboratorio fisicoquímico ubicado en las instalaciones de la empresa y, también, se revisan los parámetros e información del control de proceso de las diferentes operaciones unitarias del proceso.

Ya entrando en los parámetros fisicoquímicos requeridos para garantizar la filtrabilidad del lodo, se realiza una descripción de la afectación del proceso biológico ocasionado por las modificaciones que tiene el proceso productivo de la empresa en las actividades diarias.

Finalmente; se establecen las posibles condiciones de proceso y fisicoquímica del proceso biológico para garantizar las siguientes etapas del tratamiento.

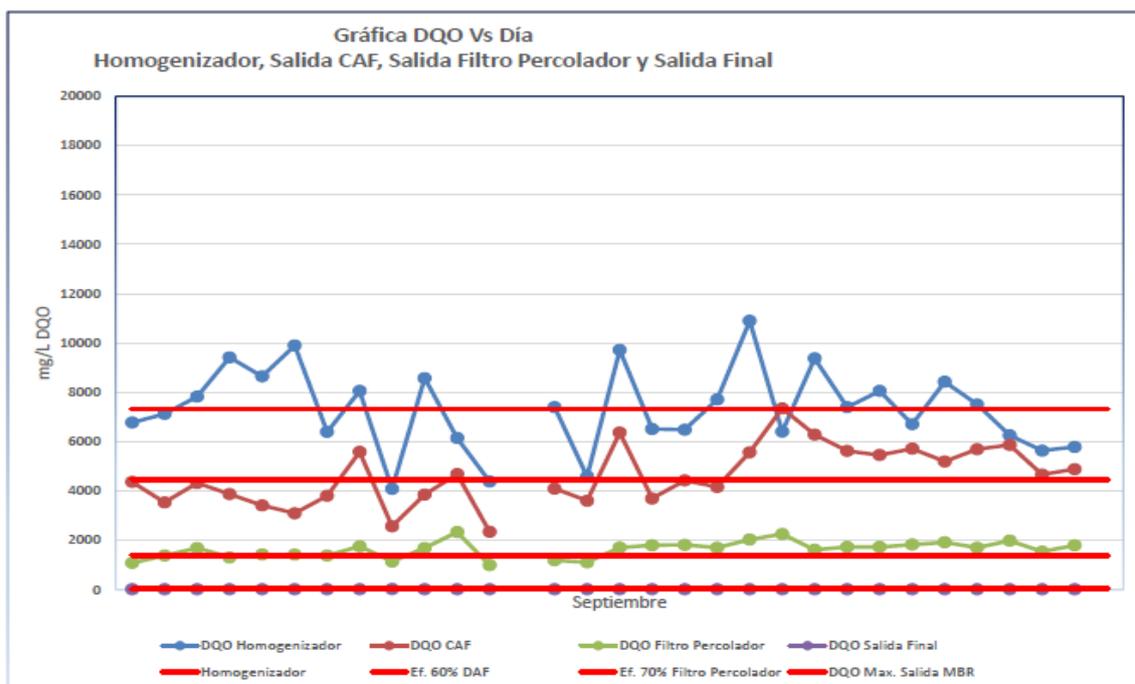
## 2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los equipos que realizaran el tratamiento del agua residual necesitan una etapa previa de pretratamiento para eliminar elementos de gran tamaño como basuras, arenas y grasas que puedan afectar el proceso. La empresa cuenta con tratamiento preliminar de mallas de diámetro de 0,5 in instaladas a la salida de las líneas de producción y con una trampa de grasas para retirar el material flotante.

Toda el agua residual de los procesos es recibida y almacenada en un tanque de homogenización de 150 m<sup>3</sup> de capacidad y con tiempo de residencia de 4 horas.

Durante el mes de Septiembre tiempo de la evaluación se analizaron diariamente las principales características del afluente dada su influencia en el proceso. Esta caracterización consistió en un análisis diario de DQO, SST, pH.

La evolución de la DQO se observa en la gráfica1. En esta se evidencia una gran variación en los valores registrados para esta variable durante el periodo de análisis presentando un valor promedio de 7320 mg/L DQO , con mínimo de 4000 mg/L DQO y máximo 11000 mg/L DQO .



Grafica 1

Esto nos indica que el agua tratada presenta una alta carga contaminante con una importante variabilidad en su concentración.

Otra de las características más significativas del agua residual es la concentración de sólidos en suspensión. Se ha analizado este parámetro a lo largo del mes, en el que los valores obtenidos han oscilado entre 1050 mg/L y 4000 mg/L con valor medio de 1830 mg/L esto supone un agua con enorme variabilidad en la concentración de sólidos suspendidos.

El pH presente en el afluente a la planta es otra de las variables importantes para la caracterización de un agua residual con promedio de 5.1 unidades.

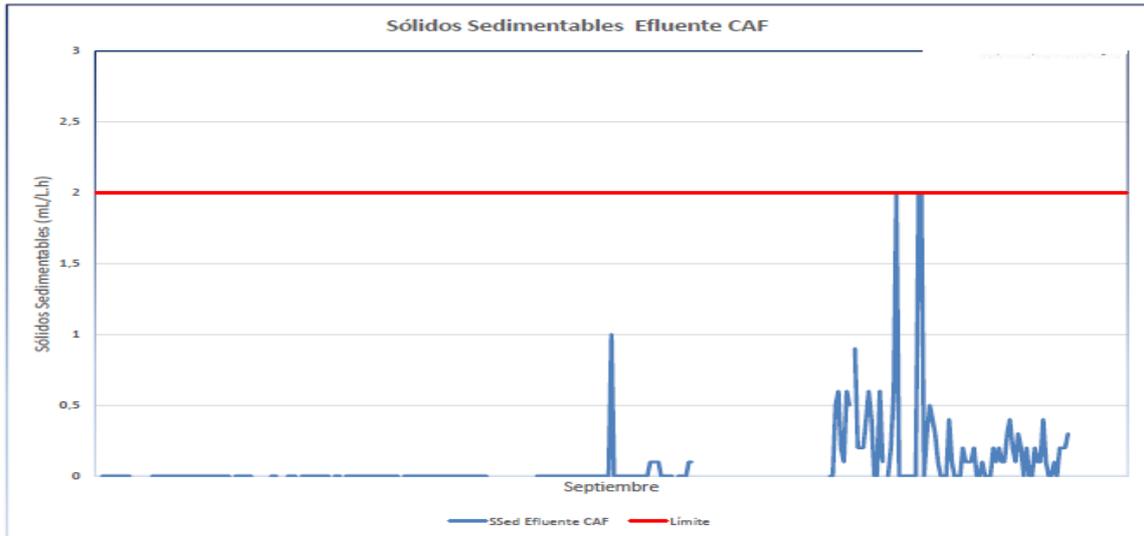
### CAF (Sistema de flotación por cavitación)

En la gráfica 2 se muestra el comportamiento del pH con valores más estables por debajo de 6 unidades en la mayoría de los días y con un valor puntual > 9 unidades al inicio del mes.



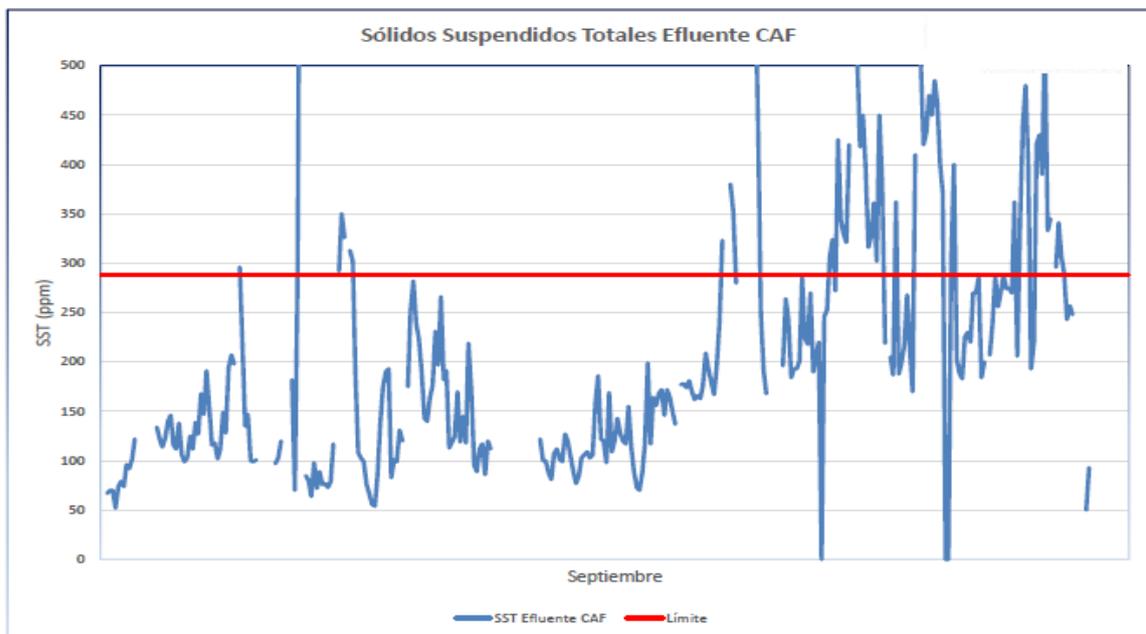
Gráfica 2

La concentración de sólidos sedimentables en el CAF se observa en la gráfica 3 y para este parámetro a lo largo del mes los valores obtenidos han oscilado < 2 ml/Lh esto supone una uniformidad en el efluente hacia las otras etapas del tratamiento.



Gráfica 3

La concentración de sólidos en suspendidos en el efluente del CAF se puede observar en la gráfica 4 con mucha variación para este parámetro a lo largo del mes los valores obtenidos han oscilado con valores mínimos de 50 ppm hasta 500 ppm.

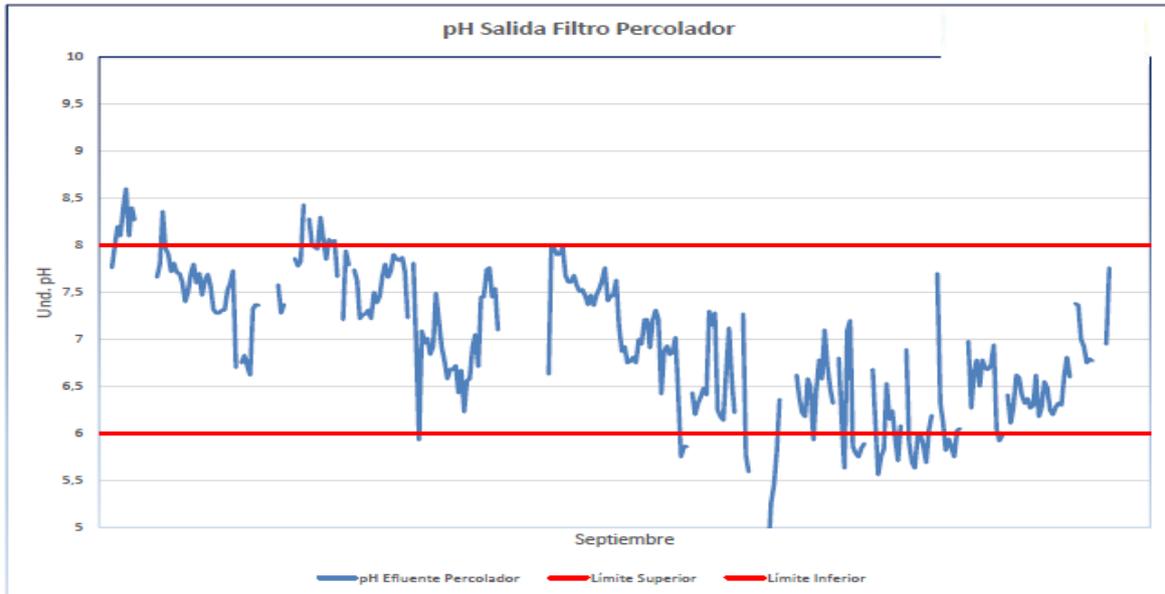


Gráfica 4

El comportamiento de la DQO en CAF se observa en la gráfica 1. En esta se evidencia una disminución con relación a los valores de ingreso del afluente al tanque homogenizador llegando a valores máximos de 7000 mg/L durante el mes.

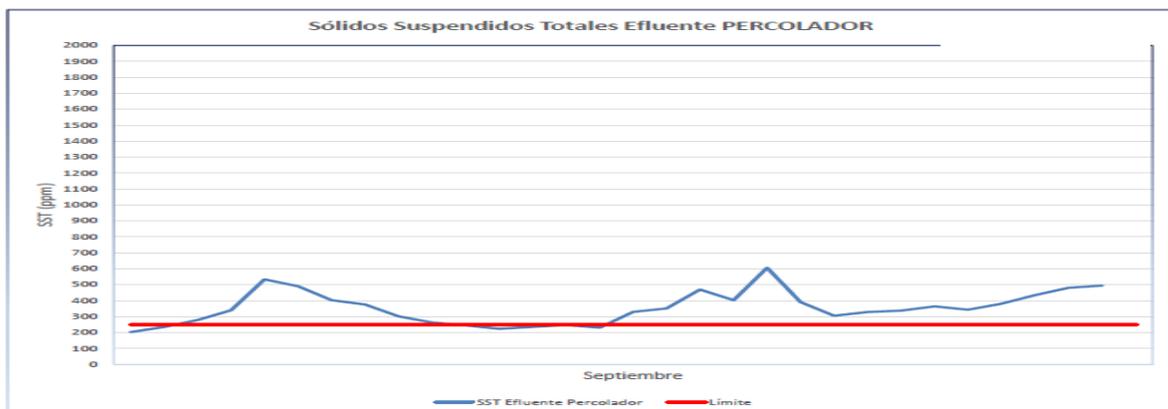
## Filtro Percolador

En la gráfica 5 se muestra el comportamiento del pH en la salida del filtro con valores máximos de 8.5 unidades y valores mínimos 5.5 unidades especialmente en los últimos días del mes.



Gráfica 5

La concentración de sólidos suspendidos totales en el efluente del percolador se puede observar en la gráfica 6 con valores entre 200 y 600 ppm para este parámetro a lo largo del mes.

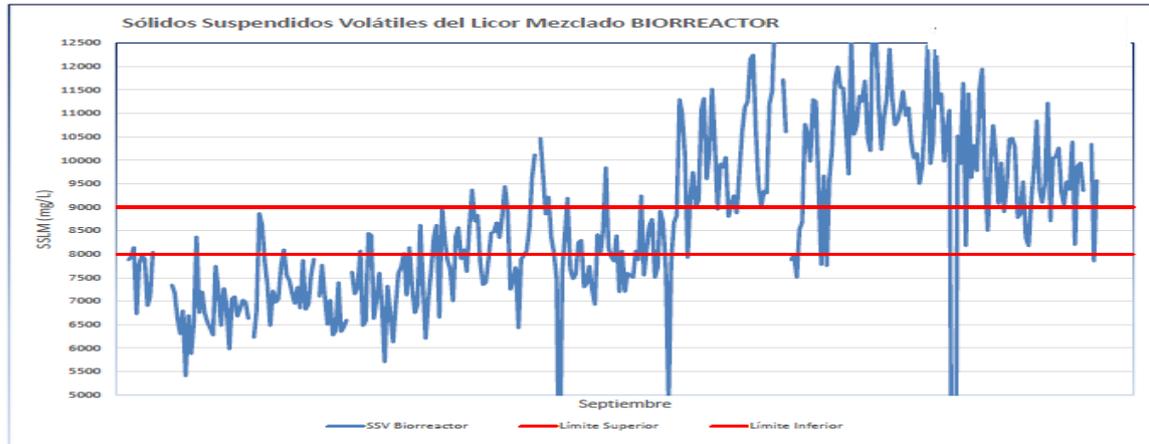


Gráfica 6

El comportamiento de la DQO en el percolador se observa en la gráfica 1. En esta se evidencia una disminución con relación a los valores de ingreso del afluente al CAF llegando a valores máximos de 2400 mg/L durante el mes.

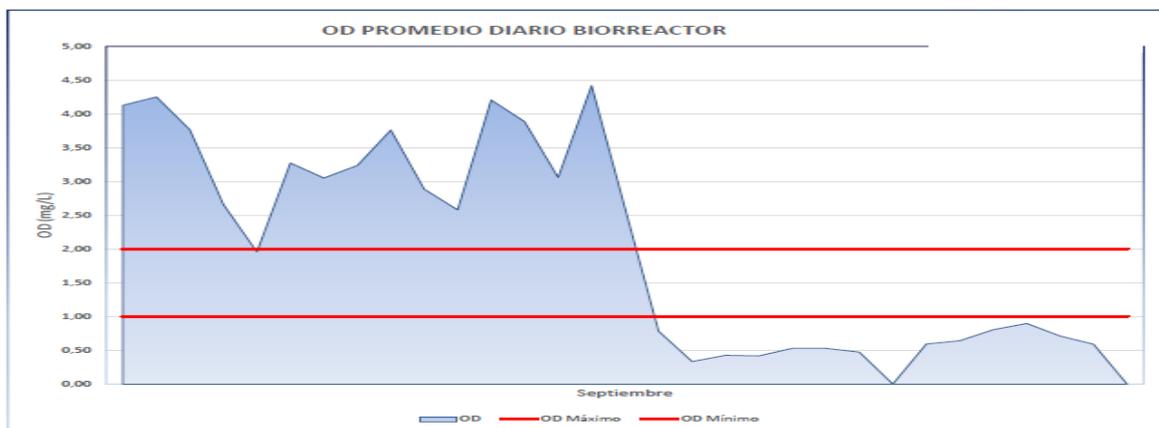
## Bioreactor

La gráfica 7 se observa la concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor de mezclado en el bioreactor con valores con bastante variación para este parámetro con valores mínimos de 5500 mg/L hasta valores > a 12500 mg/L durante el mes.



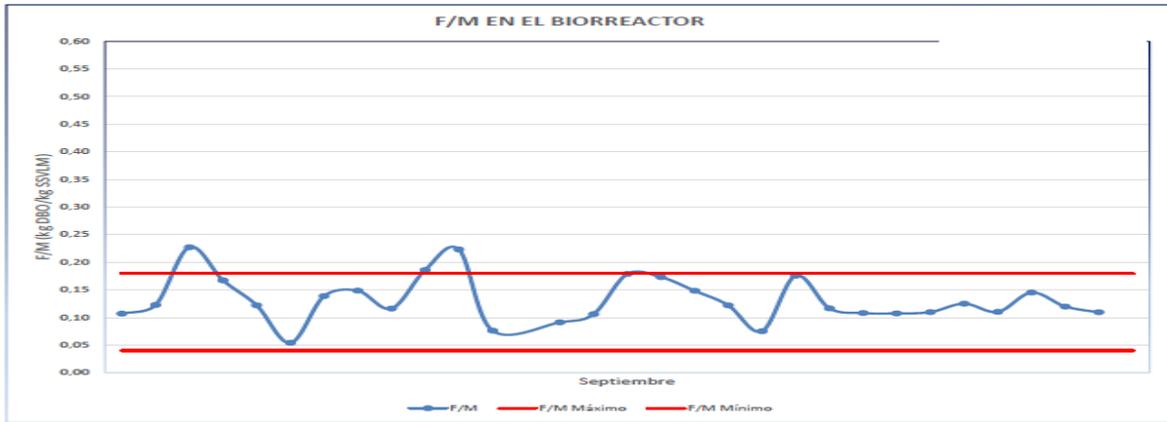
Gráfica 7

El comportamiento del oxígeno disuelto en el bioreactor lo observamos en la gráfica 8 con valores como máximo de 4.5 mg/L al inicio de mes y valores mínimos de 0.50 mg/L finalizando el mes.



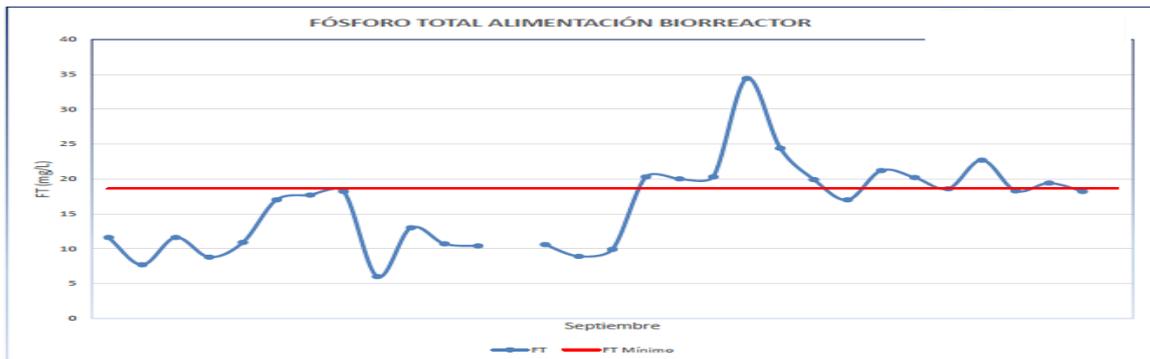
Gráfica 8

A continuación se observa que la relación F/M presentó un comportamiento variable desde el inicio con valores máximos hasta 0.25 kg DBO/Kg SSLM y posteriormente con valores mínimos de 0.10 kg DBO/Kg SSLM finalizando el mes.



Gráfica 9

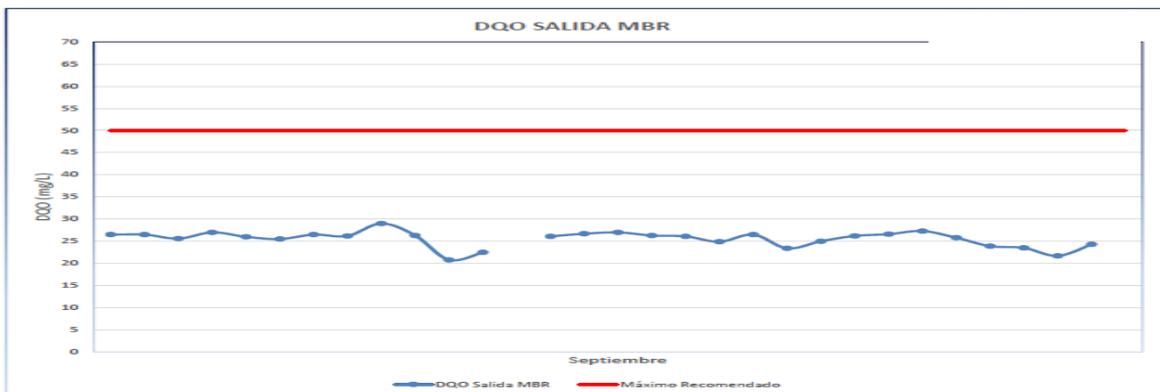
Otro de los nutrientes estudiados en el afluente es el Fosforo total obteniendo resultados con valores de concentración de PT < 19 mg/L durante los primeros días manteniéndose > a 19 mg/L el resto del mes llegando a un valor máximo puntual de 35 mg/L



Gráfica 10

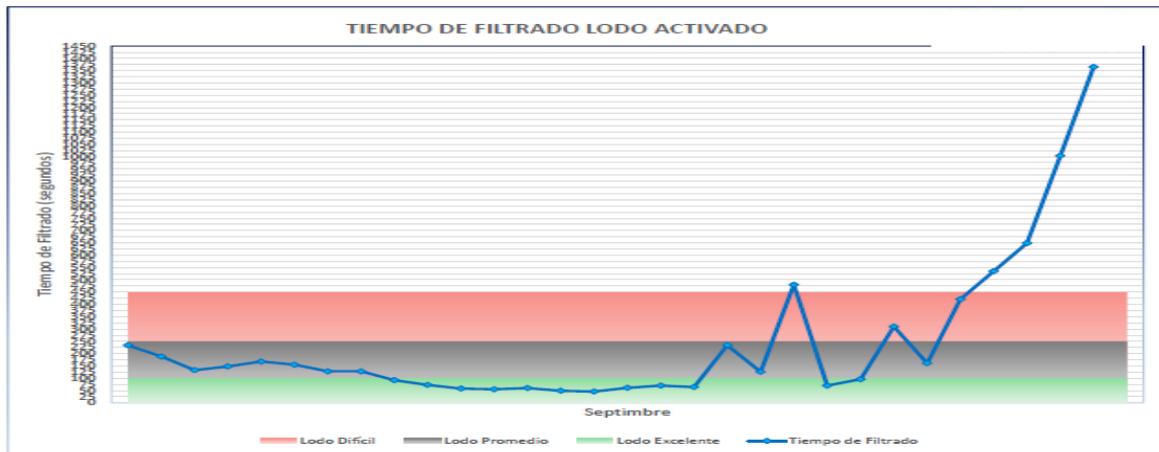
**MBR ( Bioreactor de Membrana Sumergida )**

El comportamiento de DQO lo muestra la gráfica 11 donde se mantuvo con valores < a 30 mg/L durante todo el mes presentando un parámetro estable.



Gráfica 11

En cuanto al tiempo de filtrado del lodo activado se inició el mes con valores < 250 segundos que corresponden a un lodo promedio para filtrar y valores máximos hasta 1400 segundos correspondientes a un lodo difícil de filtrar especialmente finalizando el mes.



Gráfica 12

La correcta caracterización del afluente de entrada a las instalaciones de la PTAR es de vital importancia ya que es un parámetro que va a considerar el funcionamiento de esta.

Mediante una correcta campaña analítica y el posterior estudio de los datos obtenidos se ha buscado estudiar las características del agua residual y sus cambios a lo largo del periodo evaluado, tras lo que se ha comparado con condiciones habituales de agua residual para observar especificidades en el agua presente durante la evaluación.

Las características del agua residual van a venir definidas por las actividades de la planta de producción de alimentos donde se realizó esta evaluación, de las características de los equipos instalados en la PTAR, y las variaciones en la producción.

Durante la evaluación se realizó análisis para los parámetros de DQO, SST, pH en las etapas de tanque homogenizador, CAF, filtro percolador y se incluyó SSV, OD, relación F/M y FT para el bioreactor y finalmente DQO y tiempo de filtrado para los MBR.

Para el parámetro DQO se han obtenido grandes resultados de concentración en el tanque homogenizador donde inicial el tratamiento fisicoquímico y una reducción a partir de las siguientes etapas especialmente si se recibe cargas entre 7000 y 8000 mg/L que pasan al CAF, por los filtros percolador, bioreactor y finalmente llegando a valores muy bajos 25 mg /L a la salida de los MBR.

La eliminación de la DQO del agua viene determinada por la actividad metabólica microbiana y por la retención en la membrana [1]. La actividad microbiana se ve afectada por las variables de proceso, con una gran influencia de sólidos suspendidos. [3].

Durante el proceso de estudio se observó la gran variabilidad de concentraciones de sólidos en suspensión en el licor de mezcla  $> 9000$  mg/L, así como el contenido en volátiles.

Existe una necesidad de obtener lodos estabilizados en lo referente a su concentración de materia orgánica volátil y por tanto biodegradable para una utilización segura en destino de subproductos como es en campo agrícola. [9].

La carga contaminante en el afluente de entrada al tanque homogenizador presenta una gran influencia sobre la concentración de MLSS del lodo, motivado porque la mayor parte de los sólidos son materias en suspensión no biodegradable o inertes que quedan retenidas y una mayor cantidad de sustrato para la posible generación de biomasa [9].

La variable de proceso que más influencia presenta sobre las características de lodo excelente para filtración es la concentración de sólidos suspendidos con una carga mayor a  $9000$  mg/L afectará el tiempo de filtrado y ocasionara acumulación de biomasa en el reactor.

Los incrementos de carga favorecen la generación de biomasa ya que supone un aumento en la cantidad de sustrato que se aporta. [2]. Es por ello que una mayor presencia de sólidos en el reactor, una mayor cantidad neta purgada y un mayor porcentaje de volátiles afectará negativamente las características finales del lodo.

Los problemas de pérdida de lodo filtrado en los sistemas MBR.[8] pueden ser causados por escaso control de concentración de sólidos y por tiempo de acción de los microorganismos sobre la biomasa. [6].

En este caso la oxigenación del lodo fue irregular durante el periodo de estudio y esto afectó el proceso biológico del reactor ya que la recomendación es mantener un rango entre 1 -2 ppm como máximo sin generar exceso para evitar desnitrificación porque las bacterias son facultativas que prefieren el uso de  $O_2$  como aceptor final de electrones sobre el uso del nitrato.[5].

También la tasa de transferencia de oxígeno si no está en los valores requeridos al aumentar la carga contaminante se varía la relación F/M y esto lleva a un incremento de la concentración de MLSS.[4] por una mayor generación de biomasa y acumulación de suciedad en las membranas aumentado el tiempo de filtrado del lodo. [7].

El pH del agua de entrada se registró en valor promedio de 5,1 unidades manteniendo características acidas que deben ser ajustadas a valores cercanos a neutro. El pH estabilizado entre 6 y 8 unidades a lo largo del tiempo del estudio, sin variaciones significativas después de la salida del percolador permite el desempeño de los equipos y productos químicos utilizados en las etapas siguientes.

### **3. CONCLUSIONES**

La composición del afluente en los sistemas de filtración trabajando con valores elevados de DQO afectara principalmente a la composición del lodo purgado, debiendo adaptar las condiciones operacionales a dicha carga para evitar elevadas acumulaciones de biomasa en el reactor.

La carga contaminante influye en la tasa de degradación de la materia orgánica y tasa de crecimiento de biomasa, provocando una mayor cantidad de lodo activado.

El exceso de oxígeno disuelto limita la capacidad de desnitrificación desestabilizando las reacciones aeróbicas dentro del reactor biológico.

El pH es una de las variables influyentes en las operaciones del tratamiento del afluente porque regula el comportamiento de la carga para iniciar la remoción en los procesos siguientes.

La filtrabilidad de lodo disminuye con características mayores de 9000 mg/L de concentración de sólidos suspendidos en el reactor biológico.

Dependiendo las características fisicoquímicas del afluente se deben considerar la evaluación de nutrientes como el Fosforo total presente en el agua.

Trabajar con tiempos superiores a 250 segundos de filtrado del lodo minimizan el desempeño de los MBR y aumenta la suciedad de las membranas ocasionando paradas del proceso.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

[1] AWWARF, LE, WRCSA .( 1998) , Tratamientos de agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. Mc Graw-Hill. Madrid .

[2] Chernicharo, C.A.L. (2013) , Principios del tratamiento biológico de aguas residuales. Volumen 5. Ed. Universitaria. Universidad de Nariño. Colombia.

- [3] Gómez, M.A., Hontoria. (2003), Técnicas analíticas en el control de la Ingeniería Ambiental. Ed. Universidad de Granada. Granada.
- [4] Krampe J., Krauth K. Oxygen transfer into activated sludge with high MLSS concentrations. Water Science and Technology. 47. Pp 297-303.
- [5] Metcalf and Eddy. (2000), Ingeniería de las aguas residuales .Tratamiento Vertido y Reutilización. Mc Graw Hill. Madrid.
- [6] Parada-Albarracín J.A., Arevalo J. Ruiz L.M., Moreno B., Pérez J., Gómez M.A. (2010), Microbiología en la puesta en marcha de un bioreactor de membranas (MBR) para la depuración de aguas residuales urbanas. Tecnología del Agua.
- [7] Ronzano E. y Dapena J.L. (1995), Tratamiento biológico de las aguas residuales .Editorial Diaz de Santos .Madrid.
- [8] Rosenberger S. and Kraume M. (2002), Filterability of activated sludge in membrane bioreactors. Desalination.
- [9] Sánchez, O.I.(2003), Principios del tratamiento biológico de aguas residuales. Ed. Universitaria. Universidad de Nariño. Colombia.