



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO-QUÍMICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA FÁBRICA DE HELADOS

Tutor Académico:

Prof. Johnny Vásquez

Tutor Industrial:

Ing. Ingrid Escalona

Presentado por:

Yesly Malaver Osorio

Caracas, Noviembre 2010

CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONCLUSIONES

PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La variabilidad del afluente del proceso es el principal inconveniente para realizar un adecuado tratamiento a las aguas residuales

OBJETIVOS

GENERAL:

- ❖ Evaluar el funcionamiento del sistema físico-químico para la remoción de material orgánico suspendido en los efluentes líquidos de una fábrica de helados.

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS:

- ❖ Realizar los diagramas de flujo y tuberías e instrumentación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- ❖ Evaluar los factores que inciden en la remoción de material orgánico suspendido en los efluentes del sistema Físico-químico de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ Estudiar las pérdidas de carga que se presentan en la tubería por donde fluye el agua residual desde el tanque de neutralización hasta el tanque de mezcla rápida, con la finalidad de proponer mejoras en dicho sistema.

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS:

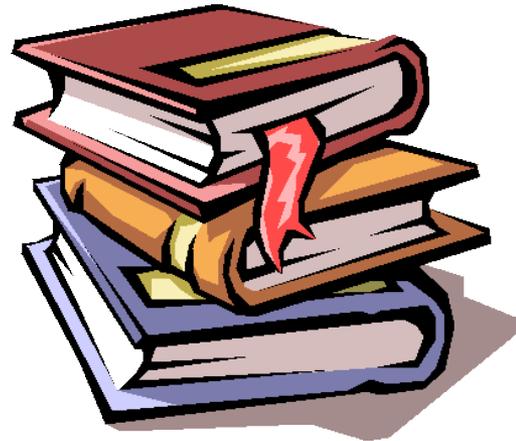
- ❖ Estudiar la variación de la demanda química de oxígeno total y la demanda química de oxígeno soluble del afluente de la PTAR e identificar el impacto de dichos parámetros en el funcionamiento del CAF.
- ❖ Determinar la relación entre el caudal de entrada al tanque de mezcla rápida y la dosificación de coagulante y floculante, en función del flujo de descarga real de las bombas de dosificación.

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS:

- ❖ Establecer una relación entre la dosificación de coagulante y floculante aplicado al sistema, y los parámetros de turbidez y conductividad.
- ❖ Establecer una relación entre el caudal de agua que ingresa al CAF y la altura del vertedero o playa del equipo.

MARCO TEÓRICO



HELADOS

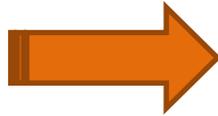
COMPONENTES DEL HELADO



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PTAR



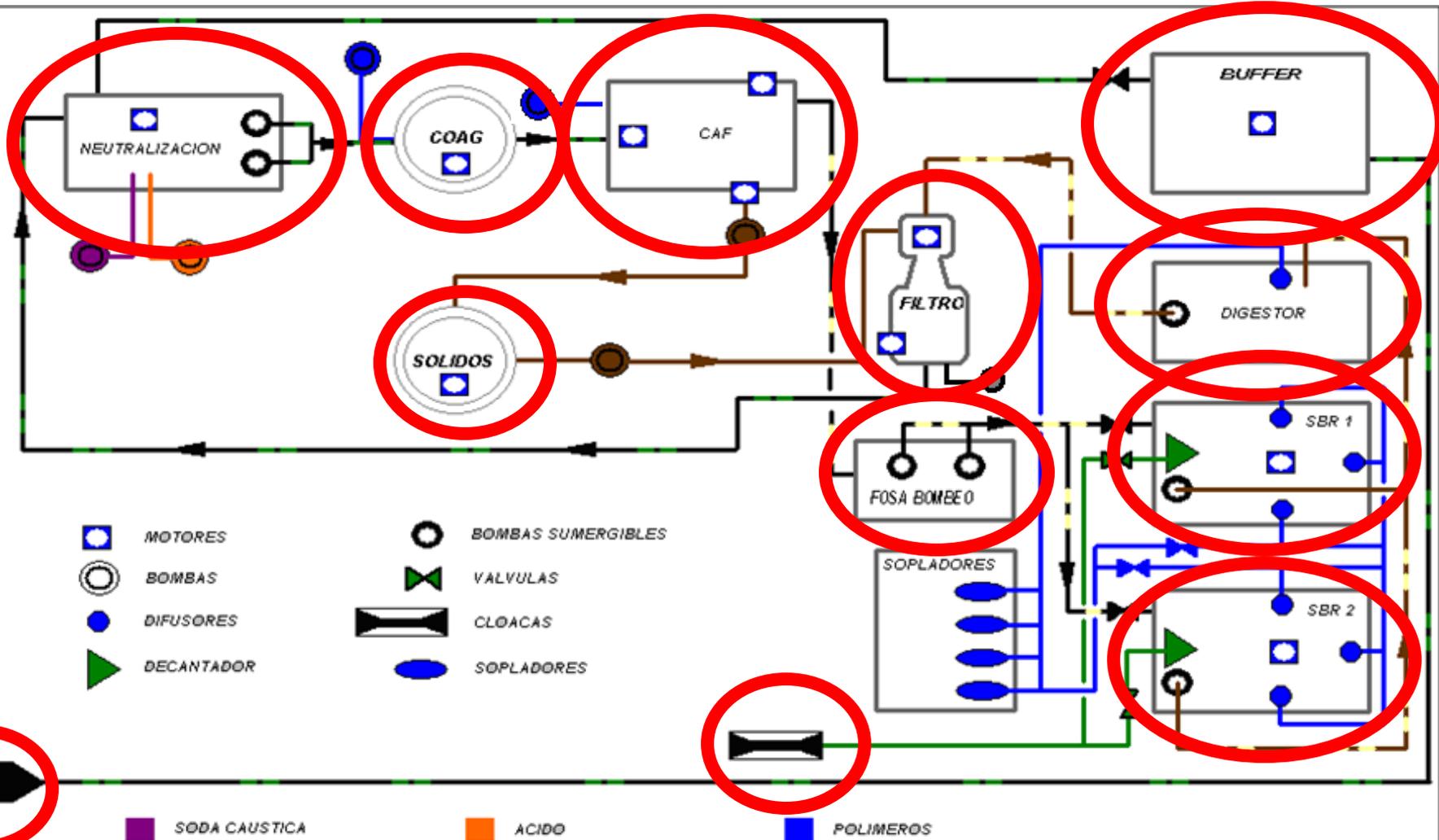
TRATAMIENTO PRIMARIO

TRATAMIENTO SECUNDARIO



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



METODOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

NEUTRALIZACIÓN

Se determinó de los cambios de pH
antes, durante y después del tanque

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Se estableció los parámetros de preparación de productos
Revisión del sistema de dosificación

MEZCLA RÁPIDA

Estudio de los parámetros operacionales de la unidad

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

PRENSADO DE LODOS

Revisión teórica

Pruebas de floculación en los lodos

PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO- QUÍMICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Se comparó las condiciones actuales con los
parámetros de diseño del sistema

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA

Caracterización del agua residual y
estudio de su comportamiento



ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

INSPECCIÓN DEL SISTEMA

Enumerar equipos y accesorios

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Aplicar modelos matemáticos

Analizar resultados obtenidos



ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DQO TOTAL Y DQO SOLUBLE E IDENTIFICACIÓN IMPACTO DE DICHS PARÁMETROS EN EL

FUNCIONAMIENTO DEL CAF FUNCIONAMIENTO DEL CAF

CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS

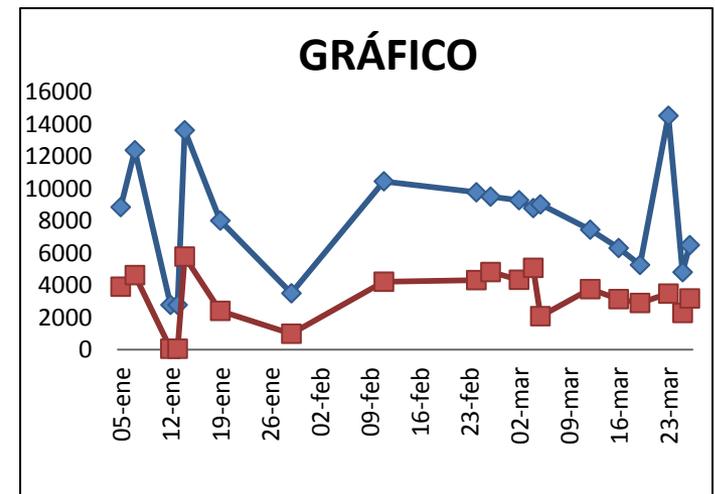
DQO Total

DQO Soluble

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Gráficas

Comparar con
parámetros de diseño



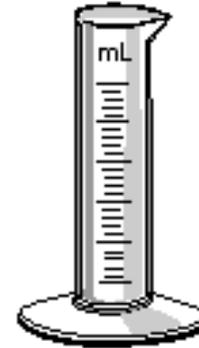
RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL Y LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE EN FUNCIÓN DE DESCARGA REAL DE LAS BOMBAS

AFORO DE LAS BOMBAS

ELABORACIÓN DE:

Gráficas

Tablas



RELACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE Y LOS PARÁMETROS DE TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD

RELACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE Y LOS PARÁMETROS DE TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD

CARACTERIZACIÓN



MUESTRAS
PRETRATADAS

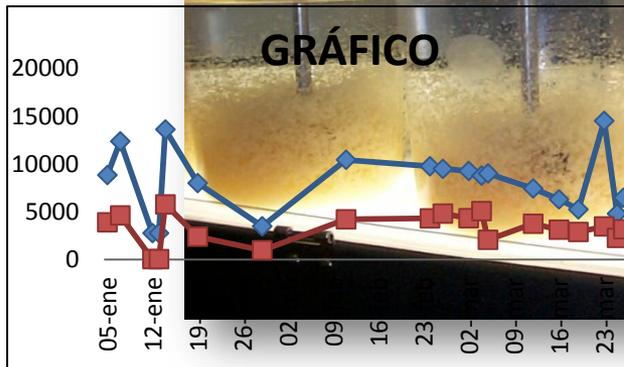
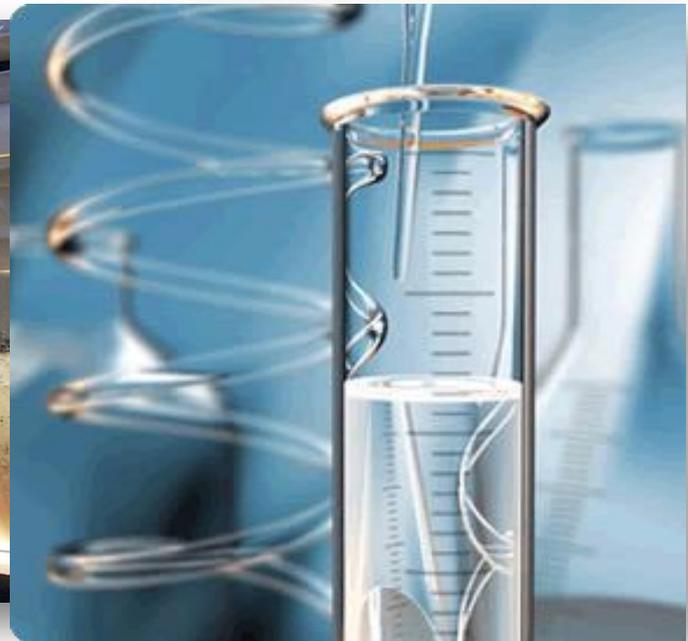
Turbidez

Conductividad

JARRO

pH

ESTABLECER TENDENCIAS



RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL DE AGUA Y LA ALTURA DEL VERTEDERO DEL CAF

FIJAR UN CAUDAL

Variar la altura del
vertedero

DETERMINAR

% Humedad del lodo

Turbidez



RESULTADOS Y ANÁLISIS

DIAGRAMAS DE FLUJO Y TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

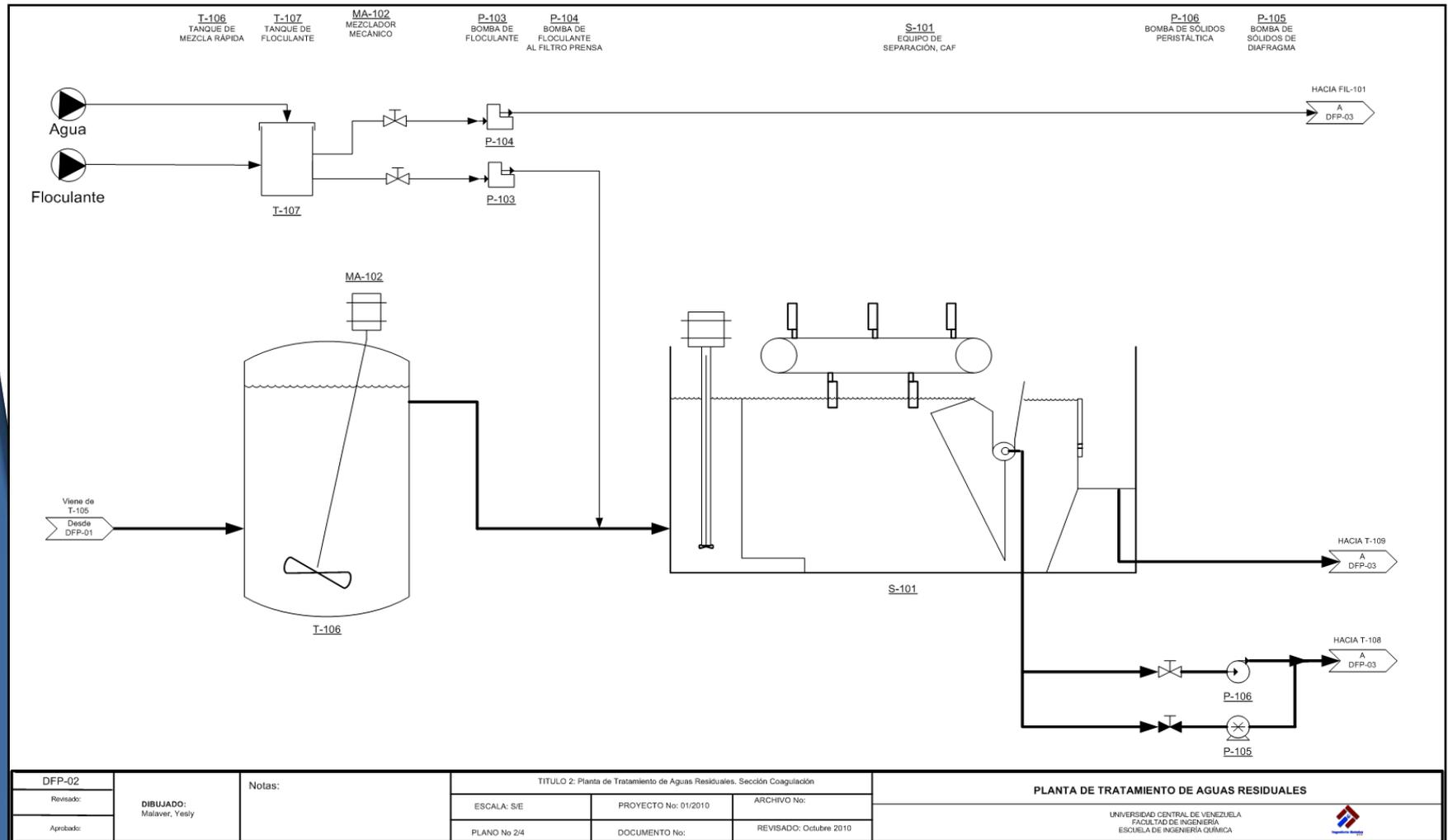
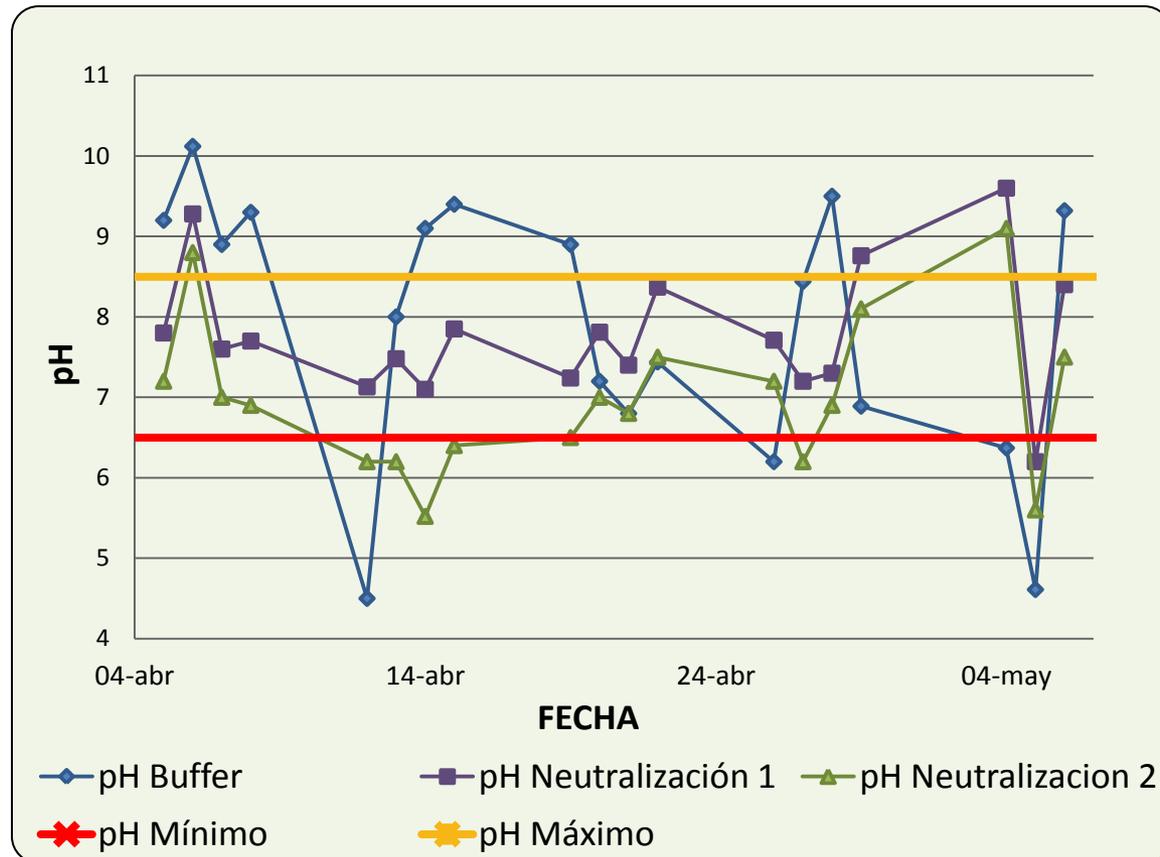


Diagrama de Flujo de Proceso. Sistema de Flotación

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

NEUTRALIZACIÓN



Variación del pH en el sistema de neutralización

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Especificaciones de los productos coagulantes y floculante utilizados en PTAR.

Característica	L-801	MQ-140	MQ-132
Proveedor	Lipesa S.A	MQ Corporation	MQ Corporation
Uso	Coagulante	Floculante	Coagulante
Componente	Hidroxiclورو de Aluminio	Poliacrilamida Catiónica	Polímero Cuaternario
Forma	Líquida	Sólida	Líquida

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Análisis de aguas utilizando el coagulante MQ-132.

Fecha (Abril)	Muestra	DQO (mg/l)	DQOs (mg/l)
06	Cruda	6570	3350
06	CAF	4800	4130
07	Cruda	4250	1820
07	CAF	4380	4000
08	Cruda	5880	3320
08	CAF	4490	3380
09	Cruda	5590	3630
09	CAF	3850	3810

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Caracterización de los productos químicos

Parámetro	L-801	MQ-132	MQ-140 (Sol. 10%)
pH (Adim)	3.87	0.18	4.80
Conductividad (μS)	51800	90000	2260
DQO (mg/l)	7	1350	500

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Los procesos de elaboración no están estandarizados

El floculante se prepara a una concentración aproximada de 0,6% m/v

El coagulante y el floculante son preparados y utilizados inmediatamente

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

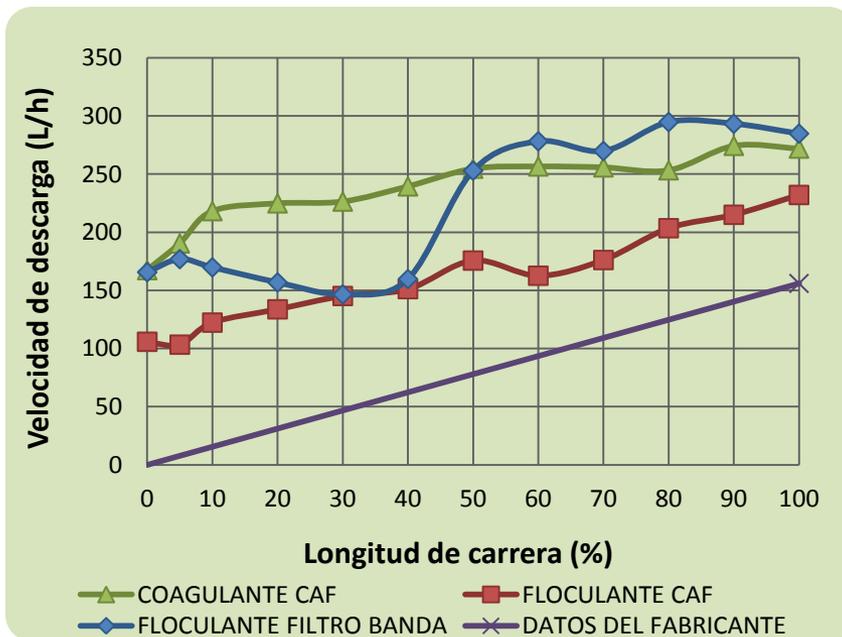
Las bombas no cumplen con las indicaciones generales para la realización de instalaciones hidráulicas



EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

El flujo descargado por las bombas es mayor al flujo teórico



EVALUACIÓN DE LA REMOSIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

MEZCLA RÁPIDA

Consideraciones de diseño del sistema de mezcla rápida.

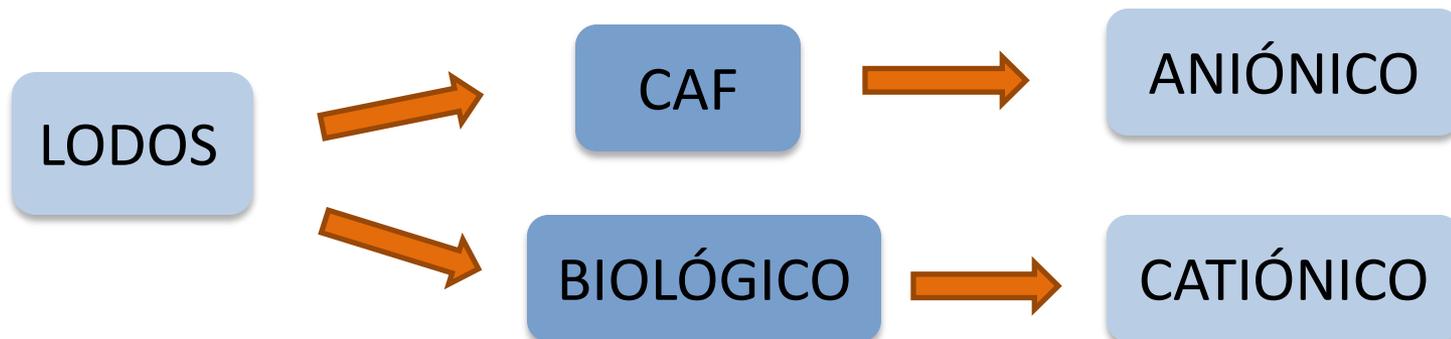
PARÁMETRO	DISEÑO	ACTUAL
Caudal (m ³ /s)	0,007	0,003
Volumen (m ³)	4,02	4,02
Tr (min.)	9,6	22,3
G (s ⁻¹)	315,4	315,4
P (hp)	0,31	0,5
Viscosidad (Ns/m ²) a 25°C	0,000933	0,000933

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

PRENSADO DE LODOS

Remoción de humedad del filtro banda

% Remoción humedad actual promedio	% Remoción de humedad teórica
30	90



EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO-QUÍMICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Características del afluente y efluente del sistema físico-químico

Características	Parámetros de diseño de entrada	Parámetros de diseño de descarga	Valor promedio medido de entrada	Valor promedio medido de descarga
Caudal (l/s)	6,7	6,7	3	3
DQO (mg/l)	4934	2960	6056	3205
SST (mg/l)	1406	140	1971	374
Grasas y aceites(mg/l)	356	35,6	874	31

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO-QUÍMICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Comparación parámetros de diseño de los sistemas

Características	Descarga Sistema físico-químico	Entrada Sistema biológico
Caudal (l/s)	6,7	6,7
DQO (mg/l)	2960	2000
SST (mg/l)	140	130

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA

MEDICIONES

+ 2 HORAS

DQO

SST

Grasas

INSTANTANEAS

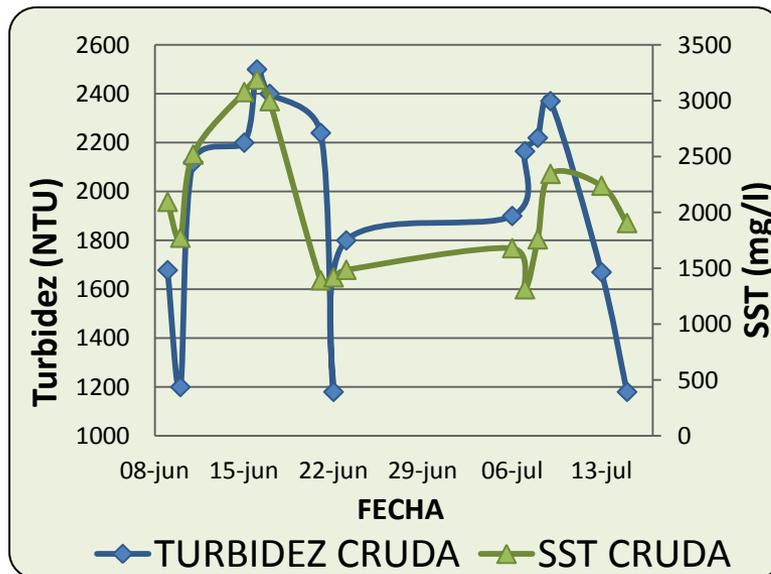
Turbidez

Conductividad

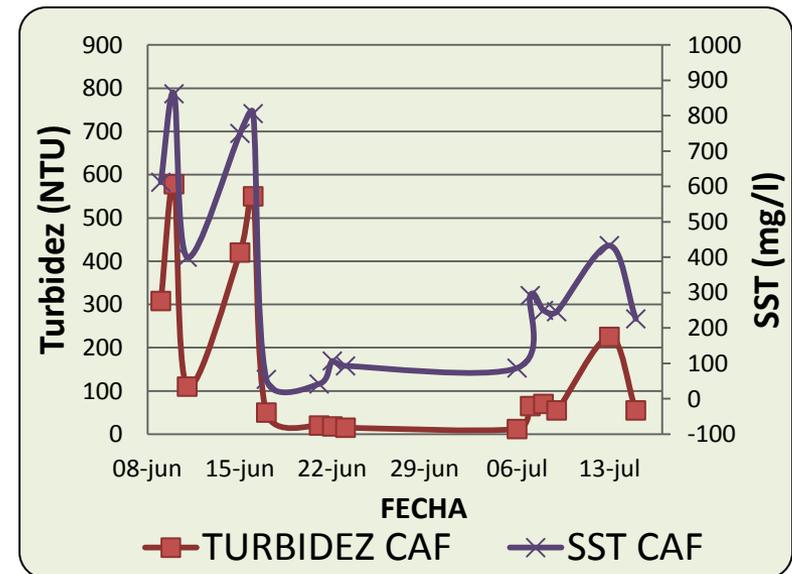
EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA

CRUDA



CAF

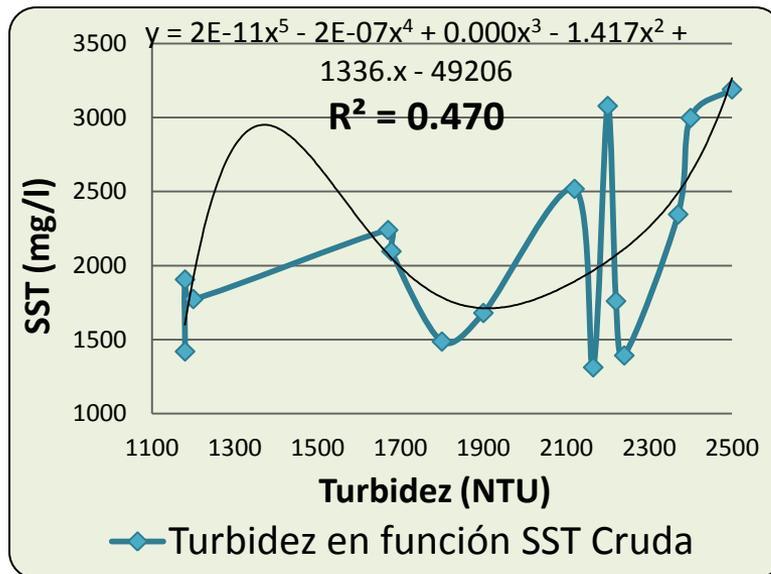


Parámetros de turbidez y SST

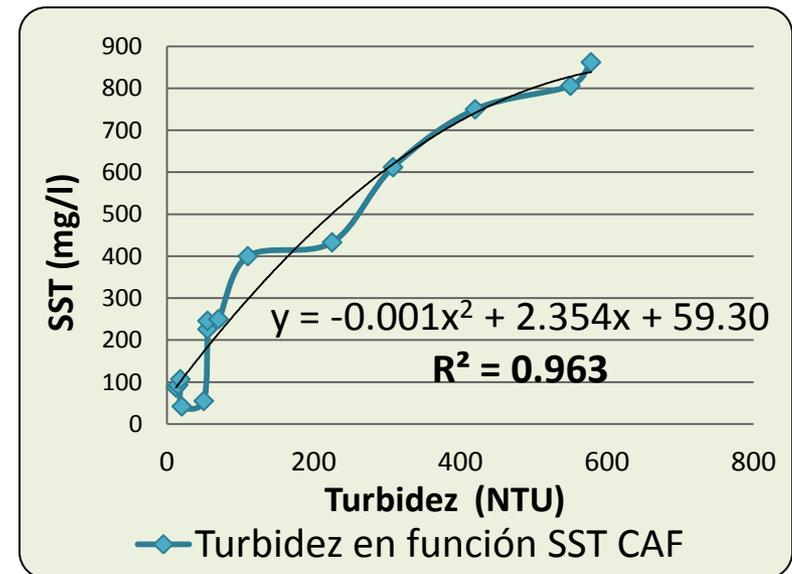
EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA

CRUDA



CAF

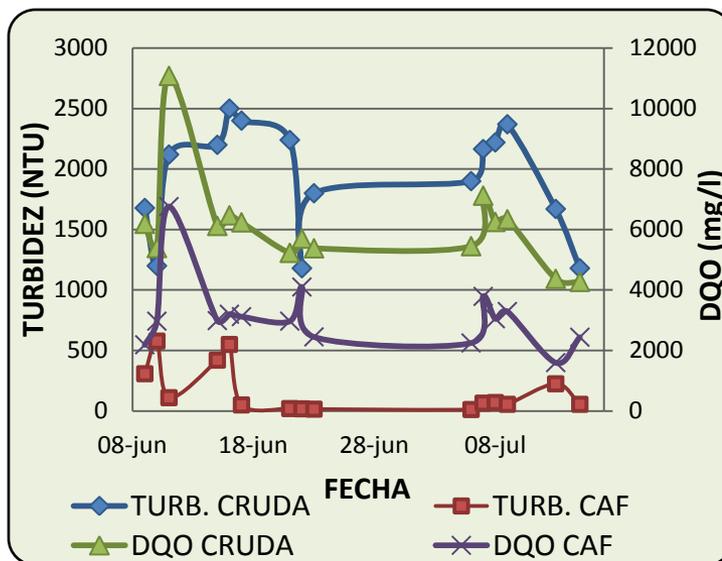


Parámetros de turbidez y SST

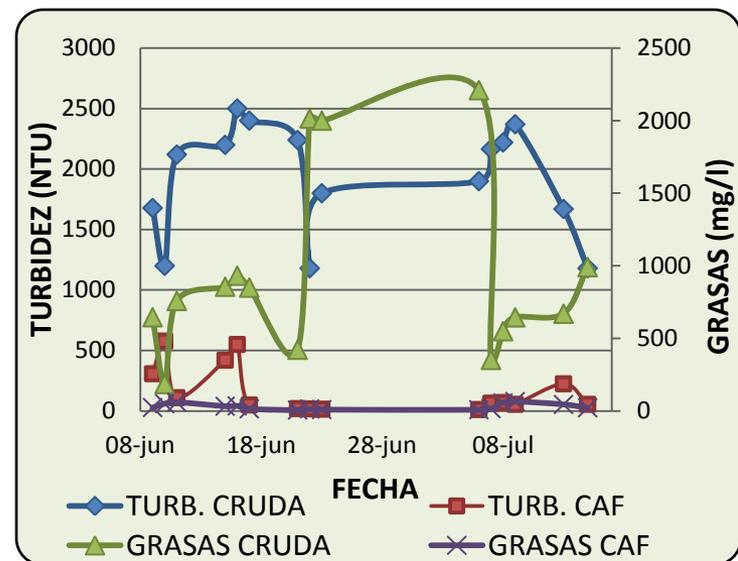
EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA

DQO



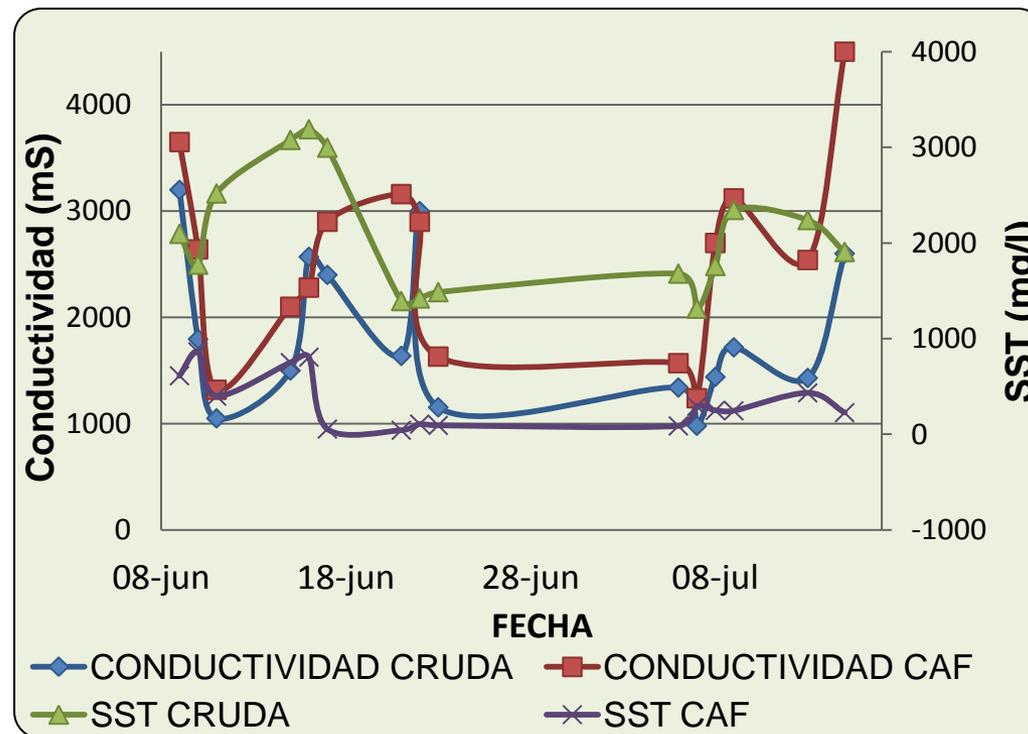
Grasas



Parámetros de turbidez, DQO y grasas

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

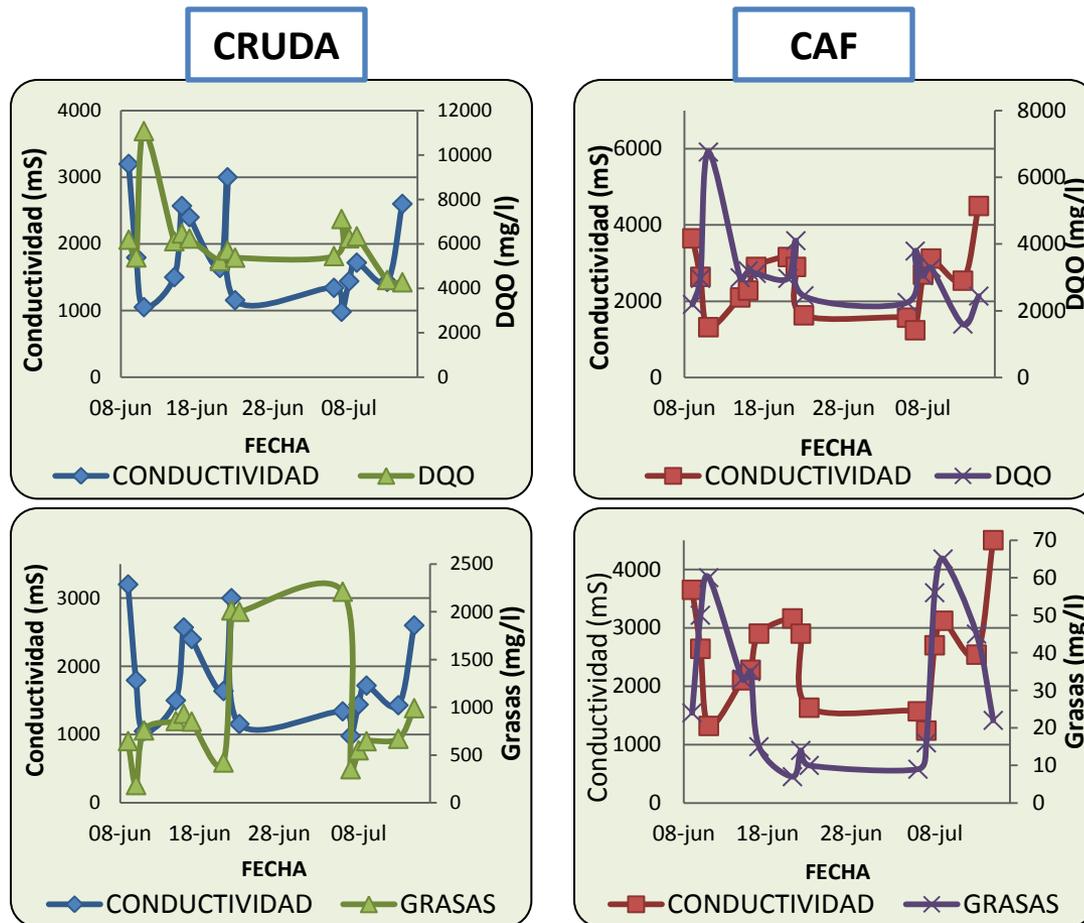
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA



Parámetros de conductividad y SST

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO SUSPENDIDO EN LOS EFLUENTES DEL SISTEMA F-Q

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DEL SISTEMA



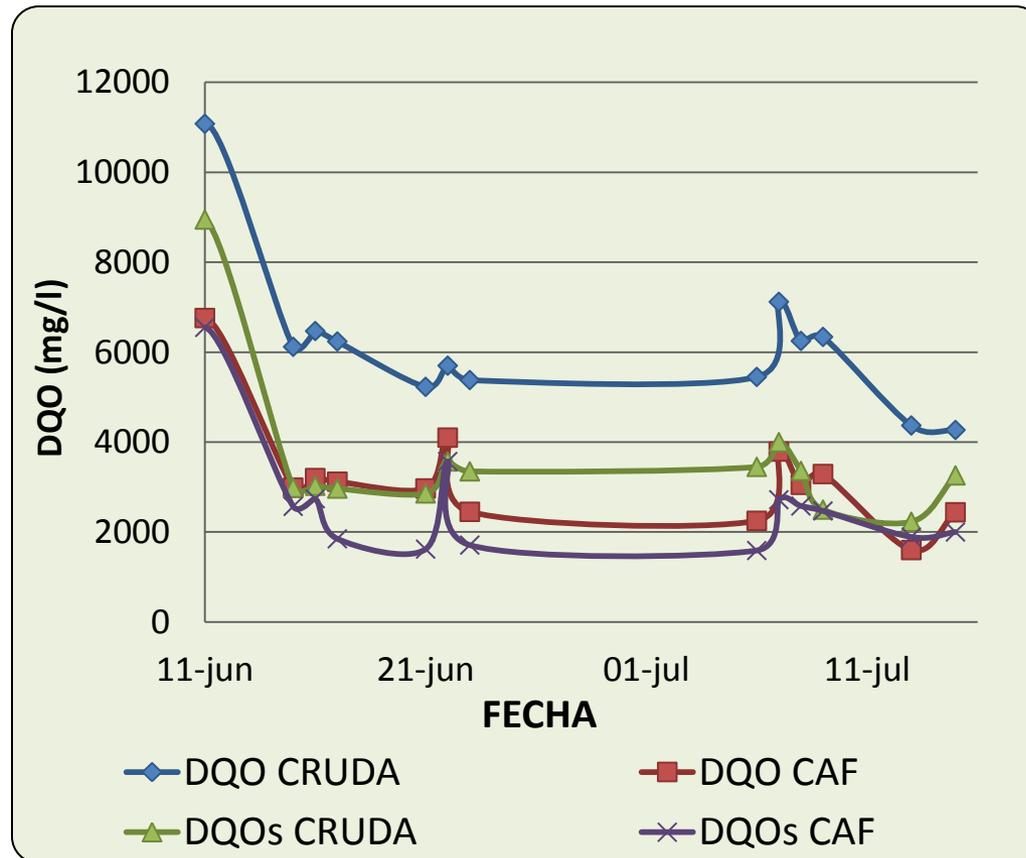
Parámetros de conductividad, grasas y DQO

ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Resultados obtenidos para los cálculos de pérdidas de carga

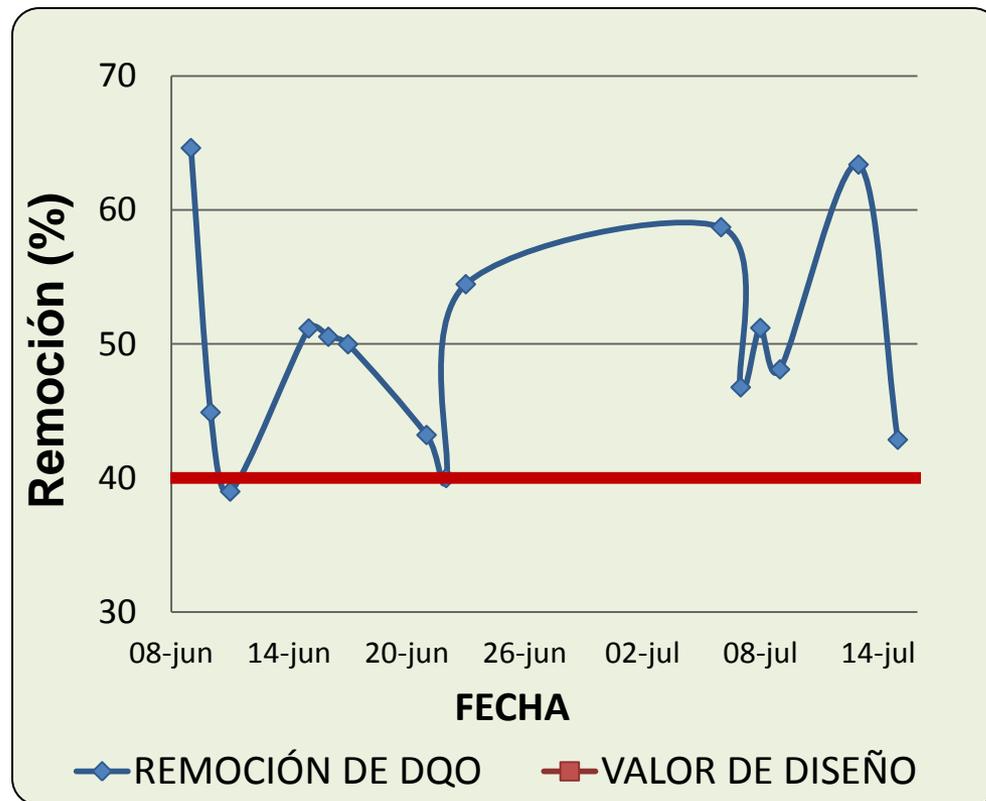
Parámetro	Resultado
Número de Reynolds	$Re = 4678$ (adim)
Factor de Darcy	$f = 0,039$ (adim)
Perdidas Tubería por Fricción	$h_L^t = 0,0237$ m
Perdidas Tubería Menores	$h_L^m = 0,0388$ m
Perdidas en Tuberías	$h_L = 0,0625$ m
Perdidas de la bomba	$h_A = 5,0625$ m
Potencia de la bomba Teórica	$W_A = 0,1482$ kW
Potencia Real de la bomba	$W_{AReal} = 2,2$ kW

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DQO TOTAL Y DQO SOLUBLE E IDENTIFICACIÓN IMPACTO DE DICHS PARÁMETROS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL CAF



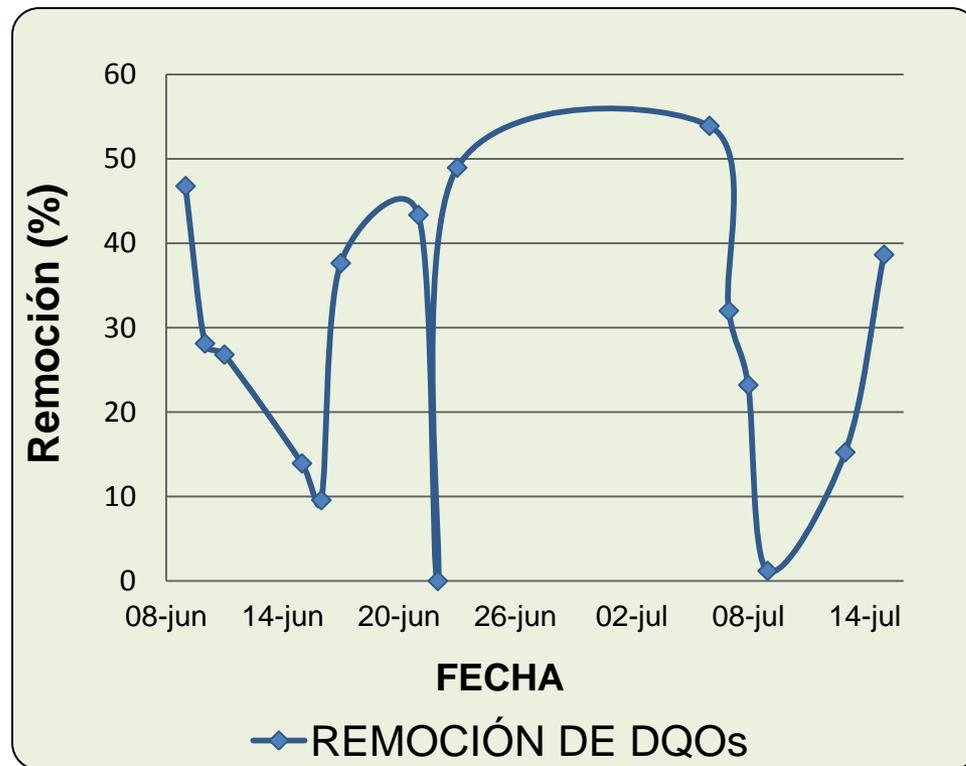
Variación de la DQO y DQOs

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DQO TOTAL Y DQO SOLUBLE E IDENTIFICACIÓN IMPACTO DE DICHS PARÁMETROS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL CAF



Remoción de DQO

ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DQO TOTAL Y DQO SOLUBLE E IDENTIFICACIÓN IMPACTO DE DICHS PARÁMETROS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL CAF



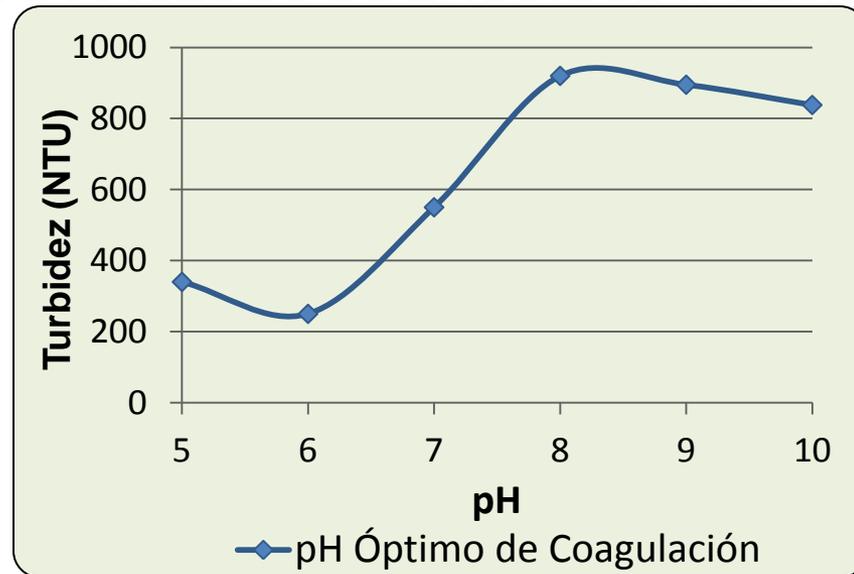
Remoción de DQOs

RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL Y LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE EN FUNCIÓN DE DESCARGA REAL DE LAS BOMBAS

Relación entre en caudal de agua y la dosificación de coagulante en función del flujo de descarga real de la bomba.

Caudal Agua (l/s)	Longitud de carrera de la bomba (%)	Caudal bomba dosificadora (ml/s)	Concentración de Coagulante (ppm)	Preparación de coagulante (% m/v)
3	0	0	0	6
3	10	59	1160	6
3	20	61	1199	6
3	30	63	1238	6
3	40	65	1276	6
3	50	67	1315	6
3	60	69	1354	6
3	70	71	1393	6
3	80	73	1431	6
3	90	75	1470	6
3	100	77	1508	6

RELACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE Y LOS PARÁMETROS DE TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD



Pruebas de pH óptimo de Coagulación

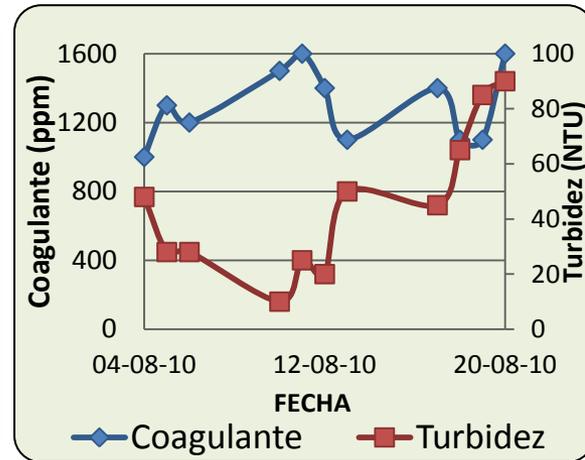
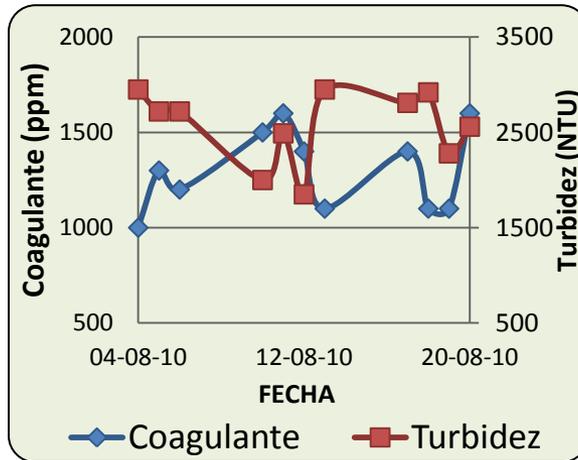
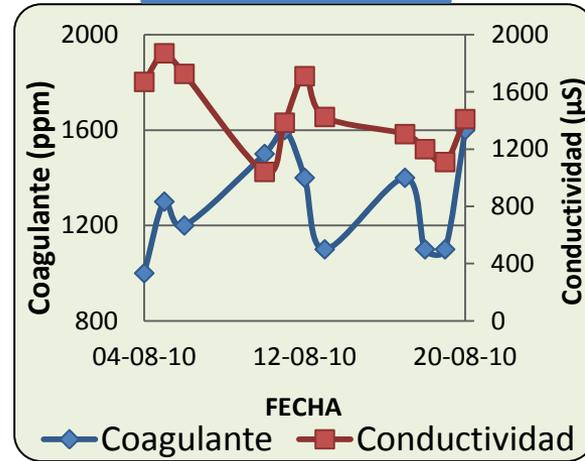
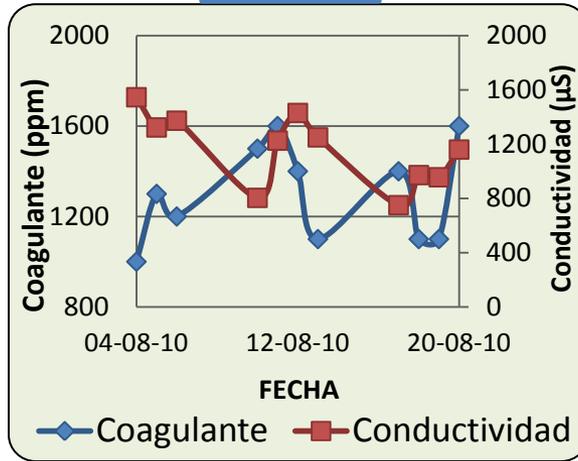
Experiencia	DQO (mg/l)	Grasas (mg/l)	SST (mg/l)	pH óptimo (adim.)
1	4270	991	1970	6
2	6200	352	1313	6
3	3460	589	1650	6

RELACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE Y LOS PARÁMETROS DE TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD

A LOS BAKY... DE LOKRID... CLIAIDY

CRUDA

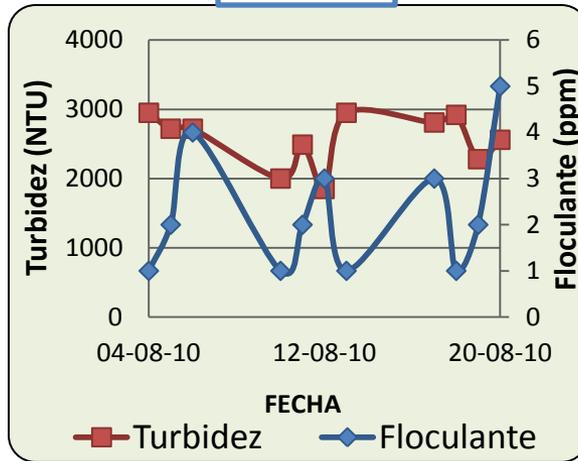
PRETRATADA



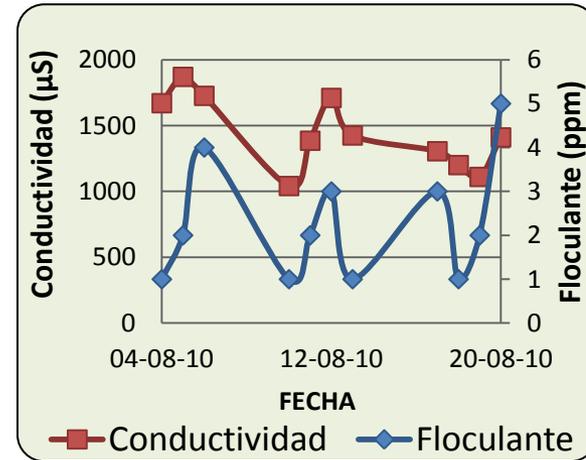
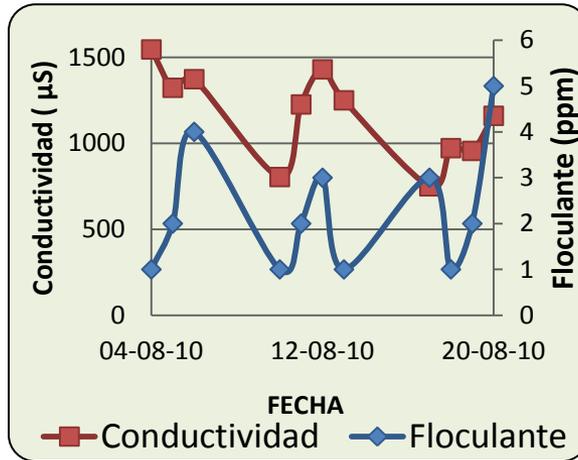
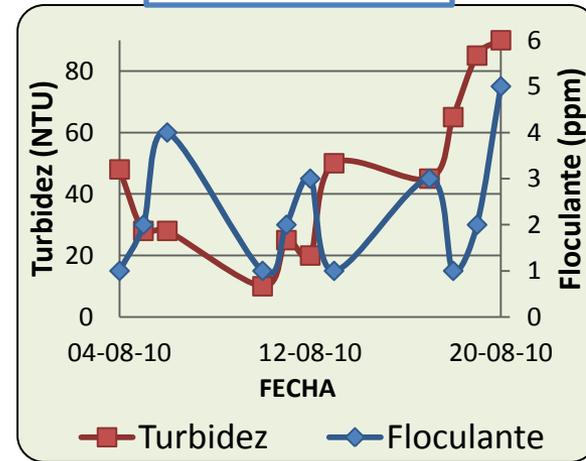
Variación de la turbidez y de la conductividad del agua para diferentes dosis de coagulante

RELACIÓN ENTRE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE Y LOS PARÁMETROS DE TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD

CRUDA



PRETRATADA



Variación de la turbidez y de la conductividad del agua para diferentes dosis de floculante

RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL DE AGUA Y LA ALTURA DEL VERTEDERO DEL CAF

Altura del vertedero óptima para un caudal de 3 l/s

Caudal	H (cm)	Turbidez (NTU)	Peso Envase (gr)	Peso Lodos (gr)	Peso Final (gr)	Humedad (%)
3 L/s	49	50	4.0414	2.1828	4.3440	86.1371
	50	40	4.0326	2.0959	4.3833	83.2673
	51	36	4.0254	2.3374	4.4130	83.4175
	52	33	4.0033	2.3861	4.1397	94.2836
	53	28	4.0534	2.4595	4.1340	96.7229

RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL DE AGUA Y LA ALTURA DEL VERTEDERO DEL CAF

Altura del vertedero óptima para diferentes caudales.

Caudal (l/s)	H (cm)	Turbidez (NTU)	Peso Envase(gr)	Peso Lodos(gr)	Peso Final(gr)	Humedad (%)
2	49	40	4.0054	2.8816	4.4384	84.9736
3	50	40	4.0326	2.0959	4.3833	83.2673
4	51	190	4.0414	2.0018	4.4853	77.8250
5	50	70	3.9991	2.4957	4.4000	83.9364
6	50	170	3.9975	2.4957	4.3678	85.1625

CONCLUSIONES

- Se verificó que el ajuste de pH en el tanque de neutralización se encuentra dentro de los valores teóricos ideales establecidos en el diseño de la planta.
- Se debe utilizar el coagulante L-801.
- La curva de calibración de la bomba de dosificación de floculante al CAF posee un ajuste lineal el cual difiere notablemente de la curva teórica proporcionada por el fabricante.
- La remoción actual de DQO, SST y grasas en el sistema se encuentra cercana a los parámetros de diseño.
- Los parámetros de diseño del afluente al sistema biológico se encuentran por debajo de los parámetros de diseño del efluente del sistema físico-químico.

CONCLUSIONES

- Las pérdidas de carga generadas por los accesorios en la tubería son despreciables con respecto a las pérdidas generadas por la diferencia de altura entre los tanques.
- El sistema físico-químico es capaz de remover DQO soluble.
- La concentración de DQO, SST y grasas no afecta el pH de coagulación óptimo para el sistema estudiado.
- No existe un parámetro de medición instantánea y puntual que permita relacionarse con la dosificación de coagulante y floculante necesaria para obtener una óptima clarificación.
- La altura óptima para la colocación del vertedero del CAF es de 50cm, para los diferentes caudales de trabajo en la planta.

PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

- Limpiar el tanque de neutralización periódicamente con abundante agua y terpeno de naranja, de manera de remover el material orgánico que se acumula en el fondo y en las paredes de dicho tanque de forma de evitar la descomposición y acidificación de estos componentes en el sistema.
- Colocar un agitador mecánico en la segunda sección del tanque de neutralización de manera de evitar la acumulación y posterior acidificación de material flotante en el mismo.
- Preparar el polímero floculante más diluido o activar el sistema de dilución en línea instalado en las tuberías de descarga de las bombas de dosificación.
- Contactar a los proveedores de productos químicos de manera de realizar pruebas con otros productos floculantes que permitan obtener una buena separación de sólidos en el CAF, con un aporte mínimo de DQO al sistema.

PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

- Realizar en cada parada de planta una limpieza de las bombas de dosificación, haciendo circular agua limpia por las mismas, de manera de evitar la acumulación de químicos en el interior para prolongar la vida útil de los equipos.
- Realizar las modificaciones necesarias en las instalaciones hidráulicas de las bombas de dosificación de coagulante y floculante del sistema de manera que se ajusten a las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- Diseñar y colocar una instalación mecánica que facilite la movilización del vertedero de la unidad de flotación CAF.
- Fijar el vertedero a una altura de 50cm ya que esta altura resulta conveniente para los diferentes caudales estudiados mientras se realiza una instalación mecánica apropiada que permita manipular eficientemente la altura del vertedero para diferentes caudales establecidos.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN





Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO-QUÍMICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA FÁBRICA DE HELADOS

Tutor Académico:

Prof. Johnny Vásquez

Tutor Industrial:

Ing. Ingrid Escalona

Presentado por:

Yesly Malaver Osorio

Caracas, Noviembre 2010