



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE
TENSOACTIVOS DE LA EMPRESA QUÍMICA SUPERIOR
UNICHEM S.A.”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

NANCY VICTORIA SALGUERO VALLE

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

Mi primer agradecimiento es para Dios por haberme regalado la salud y la vida, por ser quien ha guiado mi camino y por ser la fuerza de lucha constante.

A mis padres por darme todo su amor y apoyo incondicional.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Química por colaborar en mi formación profesional, especialmente al Ingeniero Gonzalo Sánchez y Dr. Gerardo León quienes me han brindado su apoyo, comprensión y mano amiga para llegar al final de este gran sueño personal.

Al Dr. Luis Tobar, Jefe de Control de Calidad de la empresa Química Superior UNICHEM S.A. quien ha sido una excelente persona, digna de admirar profesionalmente.

DEDICATORIA

Dedicó con todo mi corazón el presente trabajo a mi abuelita Beatriz quien me ha dado su bendición desde el cielo.

A mi abuelito Carlos por haber sido mi guía cuando niña.

A mi madre por ser la persona más importante en vida, quien ha velado por mí a pesar de la distancia.

A mis sobrinos Josué y Alejandro, por ser los angelitos que alegran mi familia.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

.....

.....

DECANO FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés

.....

.....

DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA

Ing. Gonzalo Sánchez

.....

.....

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gerardo León Ch.

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tec. Carlos Rodríguez

.....

.....

DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, NANCY VICTORIA SALGUERO VALLE soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

Nancy Salguero

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área (m ²)
a	Fracción del sustrato removido utilizado para la producción de energía, kg O ₂ para energía/kg DBO ₅
α	Factor de corrección para la transferencia de oxígeno para la purga
ABS	Compuestos de alquilbencen sulfatos de cadena ramificada
AR	Agua residual
AS	Alcano sulfonados
B	Tara del filtro (mg)
b	Oxígeno necesario para la respiración endógena en la masa líquida de la laguna (kg O ₂ /kg SSV*d), ancho de la paleta (m)
β	Factor de corrección para la salinidad y tensión superficial
C	Concentración de sólidos, mg/L
Carga	Carga superficial (m ³ /m ² .d)

C_L	Coeficiente de resistencia al avance de las paletas
C_d	Concentración de oxígeno disuelto en la laguna, mg/L
C_{sw}	Concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación, mg/L
C'_{sw}	Concentración media de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura, mg/L
$C_{vertedero}$	Carga sobre el vertedero, $m^3/m*d$
d	Diámetro de las partículas, (m)
D	Diámetro interno teórico, (m, mm)
DBO_5	Demanda bioquímica de oxígeno
DN	Diámetro nominal, (pulg, m)
DQO	Demanda química de oxígeno
E	Rendimiento ó Reducción real de la DBO_5 , %
f	Factor de fricción de Darcy-Weisbach

FM	Factor de mayorización
F/M	Relación alimentación/ microorganismo, d^{-1}
G	Gradiente medio de velocidad del fluido, (s^{-1})
g	Aceleración de la gravedad (m/s^2)
H	Altura (m)
$H_{reparto}$	Altura de reparto (m)
k	Tasa constante de primer orden de remoción de DBO_5 , $L/mg \cdot d$
k_d	Tasa constante relativa a la respiración endógena, d^{-1}
l	Longitud de la paleta, m
L	Longitud de la tubería, m
LAS	Sulfonatos de alquilbenceno lineales
N	Tasa de transferencia total de oxígeno en el campo, $kg O_2/Kw \cdot h$

N_o	Tasa de transferencia de oxígeno, kgO ₂ /Kw.h
n	Velocidad de rotación, RPM
NTU	Nefenometric tecnic unites
P	Potencia necesaria, kW; profundidad, m; Potencia unitaria de aireación, kW/m ³ ; Presión absoluta de entrada, atm
P_1	Presión absoluta de salida, atm
P_2	Presión de vapor de agua saturada a temperatura de aguas residuales, mm Hg
p	Densidad del fluido, (kg/m ³)
P_A	Presión barométrica, mm Hg
P_t	Potencia total necesaria, kW
P_x	Producción diaria neta de fango, SSV kg/d
Q	Caudal (m ³ /d, m ³ /s)
Q_e	Caudal del líquido efluente (m ³ /d)

Q'	Caudal promedio (m^3/d)
$Q_{m\acute{a}x}$	Caudal máximo, m^3/d
R	Porcentaje de remoción esperado, %
r	Radio (m)
$R_{central}$	Reparto central, m
%remocin	Porcentaje eliminado SST
s	Peso específico de las partículas
S_o	DBO ₅ del afluente, (mg /L)
S_e	DBO ₅ del efluente, (mg/L)
S'_e	Concentración real de DBO ₅ en el efluente, mg/L
SST	Sólidos suspendidos volátiles, mg/L
SSV	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
SWD	Side Water Depth
T	Temperatura de funcionamiento, ($^{\circ}C$)
t	Tiempo (d)

Θ	Tiempo de retención, (d)
Θ_c	Edad de los lodos (d)
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
μ	Viscosidad dinámica, (N.s / m ²)
V	Volumen, m ³
v	Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido, (m/s)
V_H	Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas, (m/s)
WO_2	Requerimiento de oxígeno, Kg O ₂ /d
X	Concentración de SSV en la laguna de aireación (kg/m ³)
X_e	Concentración de SSV en el efluente (kg/m ³)
X_{Tr}	Concentración de lodo en el fondo, mg/L
$X_{v, a(\Theta)}$	Concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente, mg/L

Y	Coeficiente de producción de lodos, mg SSV/mg DBO ₅
Y_{obs}	Producción observada, mg SSV/mg DBO ₅
Z_1	Altura de succión, m
Z_2	Altura de descarga, m
\emptyset	Diámetro, m

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pp
CARÁTULA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	v
ANTECEDENTES.....	vii
JUSTIFICACIÓN.....	viii
OBJETIVOS.....	x
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO.....	- 38 -
1.1 AGENTES TENSOACTIVOS.....	- 38 -
1.1.1 DEFINICIÓN	- 38 -

1.1.2	CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CARÁCTER IÓNICO.....	- 38 -
1.1.3	DETERGENTE	- 40 -
1.1.4	JABÓN.....	- 42 -
1.1.5	DESINFECTANTES	- 43 -
1.1.6	EFFECTOS DE LOS TENSOACTIVOS EN EL MEDIO AMBIENTE.....	- 44 -
1.2	AGUA RESIDUAL.....	- 46 -
1.2.1	DEFINICIÓN	- 46 -
1.2.2	AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE LA FABRICACIÓN DE TENSOACTIVOS.....	- 46 -
1.2.3	MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL.....	- 47 -
1.2.4	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	- 48 -
1.3	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	- 49 -
1.3.1	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	- 49 -
1.3.2	NIVELES DE TRATAMIENTO	- 49 -
1.3.3	TRATAMIENTO DE LOS FANGOS.....	- 56 -
1.4	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	- 57 -
1.4.1	CAUDAL DE DISEÑO.....	- 57 -
1.4.2	MEZCLA	- 58 -
1.4.3	SEDIMENTACIÓN PRIMARIA.....	- 62 -
1.4.4	LAGUNAS AIREADAS AEROBIAS DE MEZCLA COMPLETA.....	- 68 -
1.4.5	DIFUSOR	- 71 -
1.4.6	SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO	- 73 -
1.5	NORMAS PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES	- 77 -
1.5.1	ORDENANZA 213 DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	- 77 -
1.5.2	TULAS (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA)	- 79 -
2	PARTE EXPERIMENTAL	- 82 -
2.1	METODOLOGÍA	- 82 -
2.1.1	FASE 1.....	- 82 -
2.1.2	FASE 2.....	- 83 -
2.1.3	FASE 3.....	- 83 -
2.2	MÉTODOS Y TÉCNICAS	- 84 -

2.2.1	MÉTODOS.....	- 84 -
2.2.2	TÉCNICAS.....	- 86 -
2.3	DATOS	- 102 -
2.3.1	DATOS DE PRODUCCIÓN DEL AÑO 2011 DE LA EMPRESA.....	- 102 -
2.3.2	DATOS DE VOLUMEN DE AR - MARZO DEL 2012	- 103 -
2.3.3	DATOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES.....	- 104 -
2.3.4	DATOS DE VOLUMENES Y TEMPERATURA DE MUESTREO	- 105 -
2.3.5	DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AR.....	- 107 -
2.3.6	TEST DE JARRAS.....	- 108 -
2.3.7	PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN	- 112 -
2.4	RESULTADOS	- 113 -
2.5	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	- 114 -
3	DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TENSOACTIVOS DE LA EMPRESA QUÍMICA SUPERIOR UNICHEM S.A.	- 116 -
3.1	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO.....	- 117 -
3.1.1	DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA	- 117 -
3.1.2	DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR.....	- 120 -
3.2	CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE UNA LAGUNA AIREADA AEROBIA DE MEZCLA COMPLETA- 123 -	- 123 -
3.2.1	CONCENTRACIÓN DE DBO ₅ EN EL AFLUENTE.....	- 124 -
3.2.2	CONCENTRACIÓN DE DBO ₅ EN EL EFLUENTE	- 124 -
3.2.3	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA.....	- 125 -
3.2.4	CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV) EN LA MASA LÍQUIDA DE LA LAGUNA Y EN EL EFLUENTE.....	- 126 -
3.2.5	CONCENTRACIÓN REAL DE DBO ₅ EN EL EFLUENTE.....	- 126 -
3.2.6	RENDIMIENTO EN LA DEPURACIÓN	- 126 -
3.2.7	CORRECCIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA	- 126 -
3.2.8	VOLUMEN DE LA LAGUNA.....	- 127 -
3.2.9	LARGO, ANCHO Y PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA	- 127 -
3.2.10	PRODUCCIÓN OBSERVADA	- 128 -

3.2.11	PRODUCCIÓN DE FANGOS	- 128 -
3.2.12	REQUERIMIENTO DE OXÍGENO	- 128 -
3.2.13	DIFUSOR	- 129 -
3.3	SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO	- 131 -
3.3.1	ÁREA DEL SEDIMENTADOR	- 131 -
3.3.2	RADIO DEL SEDIMENTADOR.....	- 131 -
3.3.3	DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR	- 132 -
3.3.4	VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR	- 132 -
3.3.5	CONCENTRACIÓN DE LODO EN EL FONDO (X_{Tr})	- 133 -
3.3.6	CARGA SOBRE VERTEDEROS	- 133 -
3.4	DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y POTENCIAS DE LAS BOMBAS	- 134 -
3.4.1	PRIMERA SECCIÓN	- 134 -
3.4.2	SEGUNDA SECCIÓN	- 136 -
3.4.3	TERCERA SECCIÓN	- 138 -
3.5	RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	- 139 -
3.6	REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AR	- 143 -
3.7	PROPUESTA.....	- 144 -
3.8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 145 -
3.9	ANÁLISIS PRESUPUESTAL	- 147 -
3.9.1	COSTO DE INVERSIÓN	- 147 -
3.9.2	COSTO DE OPERACIÓN	- 149 -
3.9.3	COSTO TOTAL	- 150 -
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 152 -
4.1	CONCLUSIONES	- 152 -
4.2	RECOMENDACIONES.....	- 153 -
5	BIBLIOGRAFÍA.....	- 155 -
5.1	BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET	- 156 -
	ANEXOS.....	-158-

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp
Fig. 1.1.3.3-1. Diagrama de obtención de detergente líquido.....	- 41 -
Fig. 1.1.4.2-1. Reacción de saponificación.....	- 42 -
Fig. 1.3.2.1.1- 1. Tanques circulares de sedimentación: (a) alimentación central y (b) alimentación perimetral	- 52 -
Fig.1.3.2.2.1- 1. Laguna aireada aerobia de mezcla completa.....	-53-
Fig. 1.3.2.2.2-1. Corte sedimentador secundario circular.....	-55-
Fig.1.4.2.1.1-1 Mezclador de paletas típico usado para floculación.....	-59-
Fig. 3-1. Diagrama de flujo de la Planta de tratamiento de AR.....	-116-

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp
TABLA 1.3.3.1-1 Operaciones y procesos unitarios empleados para la disposición de lodos.....	-57-
TABLA 1.4.2.2.1- 1 Valores usuales de gradiente de velocidad G y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual.....	-60-
TABLA 1.4.2.2.3-1 Valores de CD para secciones rectangulares.....	-62-
TABLA 1.4.3.1.1- 1 Valores recomendados de la carga superficial.....	-63-
TABLA 1.4.3.2.1- 1 Valores de a-b.....	-67-
TABLA 1.4.6.2.1-1 Tasa superficial para sedimentación secundaria.....	-74-
TABLA 1.4.6.2.5-1 Profundidad de sedimentador.....	-76-
TABLA 1.4.6.2.6-1 Concentración de lodos de fondo en sedimentador secundario.....	-76-
TABLA 1.5.1-1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	-78-
TABLA 1.5.2.1.2- 1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	-80-
TABLA 2.2.2.1.1- 1 Determinación de pH.....	-86-
TABLA 2.2.2.1.2- 2 Determinación de Sólidos sedimentables.....	-87-

TABLA 2.2.2.1.3- 3 Determinación de sólidos suspendidos totales.....	-88-
TABLA 2.2.2.1.4- 4 Determinación de sólidos totales.....	-89-
TABLA 2.2.2.1.5- 5 Determinación de sulfuro mediante azul de metileno.....	-90-
TABLA 2.2.2.1.6- 6 Determinación de demanda química de oxígeno (DQO).....	-91-
TABLA 2.2.2.1.7-1 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	-92-
TABLA 2.2.2.1.8-1 Determinación de aceites y grasas.....	-93-
TABLA 2.2.2.1.9-1 Determinación de fenoles por el método colorímetro.....	-94-
TABLA 2.2.2.1.10-1 Determinación de Tensoactivos.....	-95-
TABLA 2.2.2.1.11-1 Determinación de fósforo.....	-96-
TABLA 2.2.2.1.12-1 Determinación de nitrógeno total.....	-97-
TABLA 2.2.2.1.13-1 Determinación de turbidez.....	-98-
TABLA 2.3.1-1 Datos de producción 2011.....	-102-
TABLA 2.3.2-1 Datos de volumen de AR producido durante marzo de 2012.....	-103-
TABLA 2.3.3-1 Datos de medición de caudales.....	-104-
TABLA 2.3.4-1 Datos de composición de Muestras de AR.....	-105-
TABLA 2.3.5-1 Datos de los Análisis Físico Químicos del AR.....	-107-
TABLA 2.3.6.1-1 Variación de la dosificación del coagulante.....	-108-

TABLA 2.3.6.2-1 Variación de la velocidad de Coagulación.....	-110-
TABLA 2.3.7-1 Prueba de sedimentación.....	-112-
TABLA 3.1-1 Criterios de diseño de tanques circular de sedimentación primaria.....	-117-
TABLA 3.2-1 Parámetros de diseño del proceso de laguna de mezcla completa.....	-124-
TABLA 3.3-1 Información para el diseño de sedimentadores circulares empleados en el tratamiento secundario de AR.....	-131-
TABLA 3.5-1 Resumen del dimensionamiento de la Planta de tratamiento de agua residual.....	-139-
TABLA 3.6-1 Remoción de contaminantes del AR.....	-143-
TABLA 3.9.1-1 Costo de equipos y accesorios.....	-147-
TABLA 3.9.1-2 Costo de instalación hidráulica y mano de obra.....	-148-
TABLA 3.9.1-3 Total costo de inversión.....	-148-
TABLA 3.9.2-1 Costo del tratamiento del AR.....	-149-
TABLA 3.9.2-2 Costo total de operación.....	-149-
TABLA 3.9.3-1 Costo Total.....	-150-

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	Pp
GRÁFICO 1.1.1-1. Producción total 2011.....	-103-
GRÁFICO 2.3.2-2. Volumen de AR producido durante marzo del 2012.....	-104-
GRÁFICO 2.3.3-1 Variación del caudal.....	-105-
GRÁFICO 2.3.4-1 Temperatura del AR.....	-106-
GRÁFICO 2.3.6.1-1 Variación de SST (mg/L) con la [Exro 675] al 50%.....	-109-
GRÁFICO 2.3.6.1-2 Variación de Turbidez (NTU) con la [Exro 675] al 50%.....	-109-
GRÁFICO 2.3.6.2-1 Variación de SST (mg/L) con respecto a la velocidad de coagulación.....	-111-
GRÁFICO 2.3.6.2-2 Variación de Turbidez (NTU) con respecto a la velocidad de coagulación.....	-111-
GRÁFICO 2.3.7-1 Curva de sedimentación.....	-112-
GRÁFICO 3.1.2.7-1 Curva de sedimentación - Tiempo de retención.....	-122-

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN	Pp
Ec. 1.4.1- 1 Caudal.....	-57-
Ec. 1.4.1- 2 Caudal de diseño.....	-58-
Ec. 1.1.3.2.1-1 Potencia disipada en la mezcla.....	-59-
Ec.1.4.2.2.2-1 Gradiente de velocidad del fluido.....	-61-
Ec. 1.4.2.2.3-1 Área de la paleta.....	-61-
Ec.1.4.2.2.4-1 Área de la paleta.....	-62-
Ec.1.4.2.2.4-2 Longitud de la paleta.....	-62-
Ec. 1.1.3.2.1-2 Carga.....	-63-
Ec. 1.1.3.2.1-3 Área del sedimentador.....	-63-
Ec. 1.4.3.1.2- 1 Área del sedimentador.....	-64-
Ec. 1.4.3.1.2- 2 Radio del sedimentador.....	-64-
Ec. 1.1.3.2.1-4 Diámetro del sedimentador.....	-64-
Ec. 1.1.3.2.1-5 Área.....	-64-
Ec. 1.1.3.2.1-6 Altura del sedimentador.....	-65-
Ec. 1.1.3.2.15-7 Tiempo de retención teórico.....	-65-

Ec.1.1.3.2.16-8 Velocidad de arrastre.....	-66-
Ec. 1.1.3.2.1-9 Remoción teórica de DBO ₅ y SST.....	-67-
Ec. 1.4.4.2.1-10 Tiempo de retención hidráulica.....	-68-
Ec. 1.4.4.2.2-11 Relación alimentación/microorganismo.....	-69-
Ec. 1.4.4.2.3-1 Concentración de sólidos suspendidos volátiles (MLVSS) en la masa líquida de la laguna y en el efluente.....	-69-
Ec. 1.4.4.2.4-1 Concentración real de DBO ₅ en el efluente.....	-69-
Ec. 1.4.4.2.5-1 Rendimiento en la depuración.....	-69-
Ec. 1.4.4.2.6-1 Volumen de la laguna.....	-70-
Ec. 1.4.4.2.8-12 Producción observada.....	-70-
Ec. 1.4.4.2.9-13 Producción de fangos.....	-70-
Ec. 1.4.4.2.10-1 Requerimiento de oxígeno.....	-71-
Ec. 1.4.5.1.1-1 Tasa de transferencia total de oxígeno en el campo.....	-71-
Ec. 1.4.5.1.2-1 Corrección de C _{sw}	-72-
Ec.1.4.5.1.3-1 Potencia total necesaria.....	-73-
Ec.1.4.5.1.4-1 Potencia unitaria de aireación.....	-73-
Ec. 1.4.6.2.1-1 Área del sedimentador.....	-73-

Ec. 1.4.6.2.2-1 Radio del sedimentador.....	-74-
Ec. 1.4.6.2.3-1 Diámetro del sedimentador.....	-74-
Ec. 1.4.6.2.4-1 Volumen del sedimentador.....	-75-
Ec.1.4.6.2.5-1 Altura de reparto.....	-76-
Ec. 1.4.6.2.7-1 Carga sobre el vertedero.....	-77-
Ec.3.2.1-1 Concentración de DBO_5 en el afluente.....	-124-
Ec. 3.2.9-1 Volumen de la laguna.....	-127-
Ec. 3.6.1.1-1 Diámetro interno teórico.....	-134-

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pp
ANEXO 1. Área de producción de Tensoactivos de la Empresa Química Superior UNICHEM S.A.....	-160-
ANEXO 2. Medición del caudal de Agua Residual.....	-161-
ANEXO 3. Medición de la temperatura del Agua residual.....	-162-
ANEXO 4. Muestra de Agua residual.....	-163-
ANEXO 5. Coagulante Exro 675.....	-164-
ANEXO 6. Prueba de jarras.....	-165-
ANEXO 7. Finalización del proceso de coagulación.....	-166-
ANEXO 8. Agua residual clarificada.....	-167-
ANEXO 9. Diámetro Nominal de Tubería PVC.....	-168-
ANEXO 10. Detalles de difusores de aire.....	-169-
ANEXO 11. Información del Coagulante Exro 675.....	-170-
ANEXO 12. Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°1.....	-171-
ANEXO 13. Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°2.....	-172-

ANEXO 14. Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°3.....	-173-
ANEXO 15. Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°4.....	-174-
ANEXO 16. Vista Superior de la Planta de Tratamiento de AR.....	-175-
ANEXO 17. Sedimentador Primario.....	-176-
ANEXO 18. Laguna aireada.....	-177-
ANEXO 19. Sedimentador secundario.....	-178-
ANEXO 20. Vista isométrica de la planta de tratamiento de AR.....	-179-

RESUMEN

El diseño de una planta de tratamiento de Agua Residual para el área de producción de tensoactivos de la empresa Química Superior UNICHEM S.A. ubicada en la Vía Interoceánica Km 31, Sector San Carlos, Yaruqui – Pichincha; consta de las siguientes fases:

En la primera fase se tomó datos de caudales y volúmenes generados del efluente; además se obtuvo muestras representativas compuestas de AR, las mismas que fueron analizadas físico – químicamente en el Laboratorio CESTTA. Los resultados promedio obtenidos del análisis son: Potencial de hidrógeno 10,77; sólidos sedimentables 0,25 mL/L; sólidos suspendidos totales 1495; sulfuro $<0,002$; demanda química de oxígeno 51987,5; demanda bioquímica de oxígeno 2905; aceites y grasas 36,975; fenoles 0,31; sólidos totales 4178; nitrógeno total 282,7; tensoactivos 47,458 y fósforo 1009,68 mg/L; muchos de los cuales están fuera de estándares establecidos en las normas técnicas (TULAS).

En la segunda fase se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales que consta de los siguientes equipos: un sedimentador primario circular (sedimentación con floculación) con mezclador de paletas, una laguna aireada aerobia de mezcla completa con un sistema de difusores y un sedimentador secundario circular. Las capacidades de los equipos están de acuerdo al volumen de agua residual a tratar dentro de la Empresa. Cabe destacar que para elección de los equipos se tomó en cuenta la rentabilidad y la eficiencia de remoción

de los contaminantes, con el fin de que el efluente tratado cumpla con las especificaciones de descarga directa a la alcantarilla.

Con la utilización del sistema de tratamiento descrito se logró la reducción de la contaminación del agua residual en un 98,66% de sólidos suspendidos totales; 99,08% de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y 91,51% de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno).

Por lo que se concluye que la planta de tratamiento de Agua residual tiene una alta eficiencia de remoción de contaminantes.

Es recomendable que el agua residual sea adecuadamente tratada, puesto que por ser tensoactivos afectarían a los sistemas acuáticos dañando su flora y fauna.

SUMMARY

Sewage treatment plant design for the surfactant production área of UNICHEM SA Superior Chemistry Company located on Interoceánica way Km 31, San Carlos área, Yaruquí-Pichincha, it is made up by the following stages.

In the first stage volume and caudal data produced by the effluent were collected; besides this representative samples made up by AR were also obtained, which were put into a chemical and physical analysis at CESTA Laboratory. The average results from the analysis were: 10.77 Ph; 0.25 mL/L of settleable solids; 1495 total suspended solids; <0.002 sulfur; 51987.5 chemical oxygen demand; 2905 biochemical oxygen demand; 36,975 oils and fats; 0.31 phenols; 4178 total solids, 282,7 total nitrogen; 47.458 282.7 surfactants; 1009.68 mg/L phosphorous, many of them are out of standard set in. (TULAS) technical regulations.

In the second stage, a sewage treatment plant with the following equipment was designed: a primary circular settler (flocculation sedimentation) with paddle mixer, a ventilated aerobic lagoon of complete mixing with a diffusion system and a secondary circular settler. The capacity of the equipment is related to the volume of waste to be treated wrthin the company. For choosing the equipment the profitability and efficiency of pollutant removal were taken into account, so that the treated effluent meets the specifications for direct discharge into the sewer.

With the use of the treatment system described, sewage pollution reduction was achieved in a 98.66% of total suspended solids, 98.08% of COO (Chemical Oxygen Demand) and 91.59% of BOD (Biochemical Oxygen Demand).

It is concluded that the Sewage treatment plant has high efficiency in removing pollutants.

It is recommended to treat sewage properly; since surfactants would affect aquatic systems damaging flora and fauna.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el área de producción de tensoactivos, de acuerdo a las necesidades de la Empresa. Cabe mencionar que el mismo es un diseño alternativo, puesto que la empresa cuenta con un sistema de reutilización de aguas residuales en el proceso de reducción del cromo.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reuso.

Las aguas residuales industriales pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas ó bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente bombas, a una planta de tratamiento. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales industriales están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales y estatales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque para el caso de la Empresa no se requiere del mismo pues el agua

residual sale directamente de los reactores Batch utilizados; posteriormente se aplica sedimentación primaria que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, pero para el presente caso no será aplicable (descarga directa a la alcantarilla), puesto que el AR no contiene microorganismos patógenos. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

ANTECEDENTES

Química Superior “UNICHEM” S.A. se constituyó en Febrero de 1974 e inició sus operaciones tan solo cuatro meses después; está ubicada en la Vía Interoceánica Km 31, Sector San Carlos, Yaruqui – Pichincha. Dentro de sus instalaciones labora un equipo de alrededor de 50 personas.

Es una empresa dedicada a la producción y comercialización de insumos químicos para las industrias textil, agrícola, higiene doméstica e industria en general; como son los tensoactivos.

Dentro de la línea agrícola tenemos: un tensoactivo humectante (Adheril).

En la línea de higiene se encuentran los desinfectantes, jabón líquido y lavavajilla.

El detergente líquido pertenece a la línea textil.

Y en la línea de cueros tenemos un tensoactivo desengrasante.

Actualmente, Química Superior UNICHEM S.A. cuenta con un sistema de reutilización al 100% de las aguas residuales generadas en los procesos productivos y en el área de laboratorio. Las mismas que intervienen directamente en el proceso de reducción del cromo.

Sin embargo, cuando no se produzca el re curtiente (sulfato básico de cromo III) ó al existir una producción excesiva de aguas residuales, estas deberían ser vertidas directamente a la alcantarilla; por lo que se ha considerado diseñar una planta para tratar dichas aguas.

JUSTIFICACIÓN

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada empresa debe tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza.

No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye la protección del Medio Ambiente.

Uno de los principales problemas que causa el uso de detergentes, es que los de tipo comercial deben contener ciertos aditivos que se pueden convertir en graves contaminantes del agua. Entre los principales aditivos están pequeñas cantidades de perfumes, blanqueadores, abrillantadores ópticos, estos últimos son tinturas que le dan a la ropa un aspecto de limpieza; y los agentes espumantes; es importante recalcar que la producción de espuma de un detergente está determinada por el tipo de surfactante que éste contenga, así de este modo, los surfactantes aniónicos producen abundante espuma, los surfactantes catiónicos producen una cantidad muy limitada de espuma y los surfactantes no iónicos casi no producen espuma. Además de los antes mencionados, el principal aditivo de los detergentes es un compuesto llamado tripolifosfato de sodio, al que se le denomina en forma genérica como fosfato. Actualmente se encuentran en el mercado los llamados detergentes antibacteriales, los cuales contienen agentes bactericidas, esto en parte es bueno

pero si se usa este detergente en exceso, entonces el agente bactericida llega a los cuerpos de agua y mata una buena proporción de los microorganismos presentes en éste, disminuyendo la capacidad de los microorganismos para degradar al detergente.

Es por esto, que es indispensable que se realice el tratamiento de las aguas residuales de la producción de detergentes y tensoactivos en general, antes de ser vertidas a la alcantarilla, ya que estas pueden presentar una grave amenaza a toda forma de vida acuática y al recurso hídrico en sí.

En razón de que el adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas.

Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el área de producción de tensoactivos de la empresa Química Superior “UNICHEM” S.A.

ESPECÍFICOS

- Realizar el proceso de muestreo y medición de caudales de las aguas residuales generadas.
- Caracterizar física y químicamente las aguas residuales procedentes del área de producción de tensoactivos.
- Elaborar el sistema más adecuado para el tratamiento de dichas aguas
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas residuales (a nivel de planos base).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 AGENTES TENSOACTIVOS

1.1.1 DEFINICIÓN

“El término surfactante o tensoactivo es una contracción del término "agente de actividad superficial", con el que se designa a aquellas sustancias que son capaces de modificar las propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, etc.) de una superficie o de una interface, reduciendo la tensión superficial.”¹

Se caracterizan químicamente por que contienen una parte hidrofóbica de cadena larga y una parte hidrofílica, generalmente más pequeña.

1.1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CARÁCTER IÓNICO

1.1.2.1 TENSOACTIVOS ANIÓNICOS

“En solución se ionizan, pero considerando el comportamiento de sus grupos en solución, el grupo hidrófobo queda cargado negativamente.”²

La parte hidrófila en los tensoactivos aniónicos puede ser un grupo sulfonato, sulfato o carboxilato. A este tipo pertenecen: detergentes como alquilbenceno sulfonatos, jabones o sales de ácidos carboxílicos grasos, espumantes como el lauril éster sulfato y

¹ www.artisam.org/TENSOACTIVOS

² www.quiminet.com/los-tensoactivos-y-su-clasificacion

alcanosulfonados (AS), que gracias a su consistencia líquida se utilizan principalmente en la elaboración de detergentes para lavar vajillas.

1.1.2.2 TENSOACTIVOS NO IÓNICOS

“Son aquellos que son ionizantes, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrófilos) tales como un enlace tipo éter o grupos hidroxilos en su molécula.”³

Su importancia aumenta día a día gracias a sus propiedades de lavado de fibras sintéticas y a su estabilidad frente a endurecedores.

1.1.2.3 TENSOACTIVOS CATIONICOS

“Son aquellos que en solución forman iones, resultando cargado positivamente el grupo hidrófobo de la molécula. En general, son compuestos cuaternarios de amonio o una amina grasa en medio ácido.”⁴

El campo de aplicación de éstos está limitado a suavizantes de tela y desinfectantes.

1.1.2.4 TENSOACTIVOS ANFÓTEROS

Actúan dependiendo del medio en que se encuentren, en medio básico son aniónicos y en medio ácido son cationicos. Están constituidos por una cadena grasa y un nitrógeno cuaternario.

³ www.quiminet.com/los-tensoactivos-y-su-clasificacion

⁴ www.quiminet.com/los-tensoactivos-y-su-clasificacion

1.1.3 DETERGENTE

1.1.3.1 DEFINICIÓN

“Un detergente es un producto cuya composición ha sido establecida especialmente para una operación de limpieza mediante el desarrollo de los fenómenos de detergencia, que es el proceso por el cual las suciedades son separadas del sustrato sobre el que estaban retenidas, y puestas en estado de disolución o dispersión.”⁵

La mayoría de los detergentes son compuestos de sodio del sulfonato de benceno sustituido, denominados sulfonatos de alquilbenceno lineales (LAS). Otros son compuestos de alquilbencen sulfatos de cadena ramificada (ABS), que se degradan más lentamente que los LAS.

1.1.3.2 COMPOSICIÓN

1.1.3.2.1 AGENTE TENSOACTIVO O SURFACTANTE

Constituyen la denominada materia activa. Es el componente que realiza un papel similar al del jabón. Facilita la tarea del agua al conseguir que esta moje mejor los tejidos. Separa la suciedad de los tejidos e impide que esta se deposite de nuevo.

1.1.3.2.2 COADYUVANTES

Ayudan al agente tensoactivo en su labor. Pueden ser poli fosfatos, silicatos, carbonatos y perboratos.

⁵ www.ciencianet.com/detergente.

1.1.3.2.3 AGENTES AUXILIARES

Incluyen entre otros enzimas, sustancias fluorescentes, estabilizadores de espuma, colorantes y perfumes.

1.1.3.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DE DETERGENTES LÍQUIDOS

A este proceso se ingresa agua, ácido sulfónico lineal, carbonato de sodio y dispersantes al reactor el cual funciona con energía y un sistema de enfriamiento; luego de pasar las materias primas por el reactor se obtiene el detergente líquido. Fruto del proceso se genera ruido y agua de lavado del reactor que es recirculada al proceso.

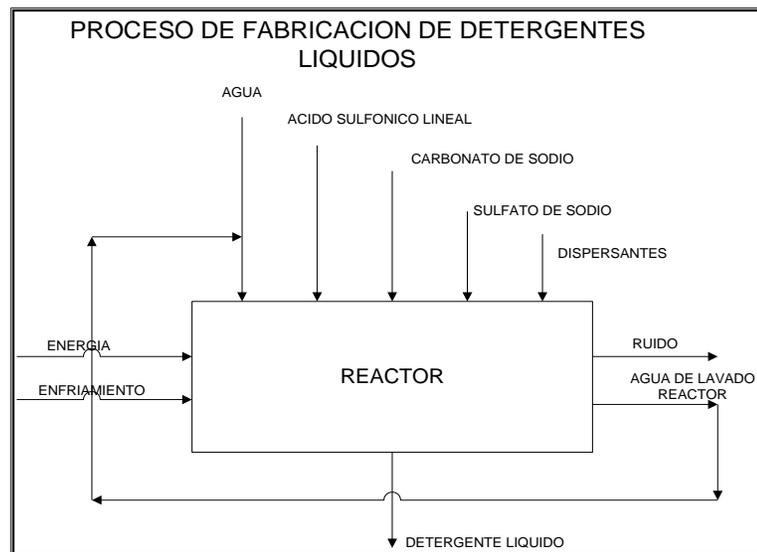


Fig. 1.1.3.3-1. Diagrama de obtención de detergente líquido

1.1.4 JABÓN

1.1.4.1 DEFINICIÓN

“El jabón es un agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas vegetales animales, ó aceites. Químicamente, es la sal de sodio o potasio de un ácido graso.”⁶

1.1.4.2 SAPONIFICACIÓN

“Se entiende por saponificación la reacción química (hidrólisis alcalina de un éster) entre un álcali (generalmente hidróxido de sodio o de potasio) y algún ácido graso, mediante la cual se obtiene jabón. La principal causa es la disociación de las grasas en un medio alcalino, separándose glicerina y ácidos graso.”⁷

En la preparación de jabones solubles si se emplea KOH se obtienen los llamados “jabones blandos” y con NaOH “jabones duros”.

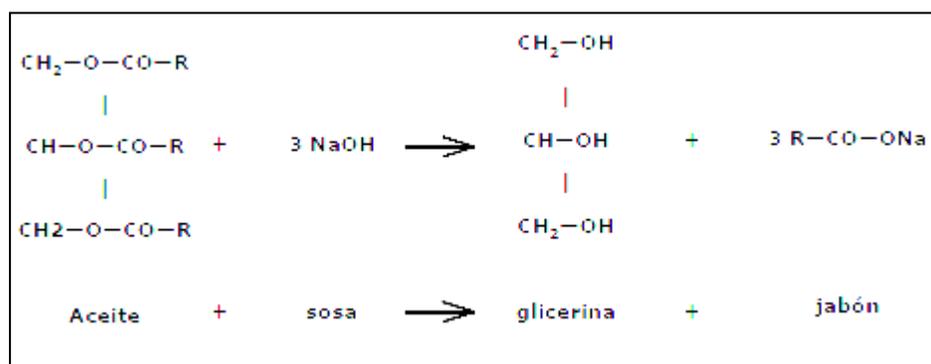


Fig. 1.1.4.2-1. Reacción de saponificación

⁶ www.textoscientificos.com/jabon

⁷ www.mendrulandia.net

1.1.4.3 ACCIÓN DETERGENTE

Los jabones ejercen su acción limpiadora sobre las grasas en presencia del agua debido a la estructura de sus moléculas. Éstas tienen una parte liposoluble y otra hidrosoluble. El componente liposoluble hace que el jabón moje la grasa disolviéndola y el componente hidrosoluble hace que el jabón se disuelva a su vez en el agua.

1.1.5 DESINFECTANTES

1.1.5.1 DEFINICIÓN

“Los Desinfectantes son preparaciones con propiedades germicidas y bactericidas, es decir, que eliminan microorganismos patógenos.

Los desinfectantes deben su acción a los ingredientes activos como: fenol, cresol, aceite de pino, alcohol isopropílico, etc. Los ingredientes activos son complementados emulsificantes y otros ingredientes inertes como el agua, colorantes, fijadores, etc.”⁸

1.1.5.2 COMPOSICIÓN

1.1.5.2.1 AGENTE ACTIVO

En las preparaciones modernas estos tipos de desinfectantes poseen en su composición aminas cuaternarias, las cuales, por su poder germicida y bactericida garantizan un efecto residual en el producto.

⁸ www.monografias.com/desinfectantes

1.1.5.2.2 AGENTES INERTES

- **Agua.** En el tipo emulsión, el agua se utiliza como disolvente y en el concentrado como co-disolvente, en el primer caso es agua potable, mientras que en segundo debe ser agua destilada para evitar la precipitación de la resina y el enturbiamiento del preparado.

- **Colorantes.** Son sustancias utilizadas para dotar al producto de un tono adecuado. Se trata de colorantes de origen vegetal.

1.1.6 EFECTOS DE LOS TENSOACTIVOS EN EL MEDIO AMBIENTE

1.1.6.1 IMPACTO AMBIENTAL

Los jabones tienen la desventaja de formar sales con los cationes de los metales (natas) cuando se usan en aguas duras, neutralizando su acción. Los detergentes en cambio no forman natas en agua dura. En cuanto a biodegradabilidad, tanto el jabón como el detergente son biodegradables, pero la biodegradabilidad se ve limitada si estos compuestos se encuentran en exceso en el cuerpo del agua.

Uno de los principales problemas del uso de detergentes comerciales es que contienen aditivos como perfumes, blanqueadores, abrillantadores ópticos y agentes espumantes, que se pueden convertir en graves contaminantes del agua. La producción de espuma depende del tipo de surfactante que contenga, así, los surfactantes aniónicos producen abundante espuma, los surfactantes catiónicos producen una cantidad muy limitada de espuma y los iónicos casi no producen espuma.

1.1.6.2 PROBLEMAS GENERADOS POR DESECHO DESMEDIDO DE TENSOACTIVOS

Dentro de los principales problemas podemos mencionar los siguientes:

1.1.6.2.1 ESPUMA

En las plantas de tratamiento de agua provocan problemas de operación, afecta la sedimentación primaria ya que engloban partículas haciendo que la operación sea lenta, dificulta la dilución de oxígeno en agua y recubre las superficies del trabajo con sedimentos que contiene altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos.

1.1.6.2.2 TOXICIDAD EN LA AGRICULTURA

Al utilizar aguas negras que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos.

1.1.6.2.3 EUTROFIZACIÓN

Constituye un proceso natural de envejecimiento, en el que el lago sobrealimentado acumula grandes cantidades de material vegetal en descomposición en su fondo. Esto tiende a llenar el lago y hacerlo menos profundo, más tibio y con mayor acumulación de nutrientes. Los nutrientes presentes en los detergentes aceleran éste proceso natural, haciendo que las plantas acuáticas crezcan rápidamente y cubran la superficie del cuerpo de agua, impidiendo el libre intercambio de oxígeno y CO₂.

1.1.6.2.4 OTROS EFECTOS

Entre otros efectos secundarios producidos por los detergentes es que afectan los procesos de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo: cambios en la DBO, y en los sólidos suspendidos, efectos corrosivos en partes mecánicas de la planta, interferencias en procesos de cloración y algunos aditivos pueden intervenir en la formación de flóculos.

1.2 AGUA RESIDUAL

1.2.1 DEFINICIÓN

Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Al incorporar materias extrañas o formas de energía en el agua, induce a que esta, de modo directo o indirecto, implique una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

1.2.2 AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DE LA FABRICACIÓN DE TENSOACTIVOS.

1.2.2.1 AGUA RESIDUAL DE LA PRODUCCIÓN DE JABÓN

“En la producción de jabón se producen los siguientes vertidos:

- Aguas residuales de la purificación de las grasas primarias.
- Aguas residuales que contiene glicerol proveniente del desdoblamiento de grasas y del refinamiento del glicerol.
- Aguas negras provenientes del proceso de saponificación.
- Aguas de lavado.

- Aguas de condensación, enjuague y refrigeración.”⁹

1.2.2.2 AGUA RESIDUAL DE LA PRODUCCIÓN DE DETERGENTES SINTÉTICOS

En el proceso de fabricación se generan diferentes aguas residuales con características como las siguientes:

- Marcada tendencia a formar espuma (debido a la reducción de la tensión superficial).
- Contenido de sustancias emulsionantes, con grasas y aceites.
- Repentinos cambios en la composición de las aguas residuales y en la reacción debido a descargas en bloque de los residuos de cada fase del proceso productivo.

1.2.3 MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL

1.2.3.1 TOMA DE LA MUESTRA

La muestra que se pretende caracterizar debe ser representativa en volumen, por lo general es de 4 litros. La toma de la misma debe tener en cuenta la variación del caudal y carga contaminante.

La muestra no debe contaminarse; para ello se utiliza un envase (de plástico o vidrio) esterilizado el cual tiene un espacio de alrededor de 1% de su capacidad para permitir la expansión térmica.

⁹ www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan

1.2.3.2 TÉCNICAS DE MUESTREO.

1.2.3.2.1 MUESTRA SIMPLE

Proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado.

1.2.3.2.2 MUESTRA COMPUESTA

Se compone de varias alícuotas espaciadas temporalmente (con frecuencias variables, minutos, horas, días) que se adicionan al mismo recipiente.

1.2.3.2.3 MUESTRAS EN CONTINUO

Son imprescindibles en procesos a escala industrial. Las muestras integradas en el tiempo se obtienen con bombeo a un flujo continuo de muestra que se adiciona en el mismo recipiente.

1.2.3.3 CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA

Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación de la muestra, se debe mantenerla a la menor temperatura posible (4 °C), sin que llegue a congelarse. Las muestras se analizarán lo antes posible una vez llegadas al laboratorio. Solo se utilizarán conservantes químicos cuando se haya demostrado que no van a interferir en el análisis; si se los utiliza se los deberá poner en el envase antes de poner la muestra.

1.2.4 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. Para la caracterización se emplean tanto métodos de análisis cuantitativo, para la determinación de

la composición química del agua, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas.

Las **características físicas** más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. Entre las principales **características químicas** se encuentran la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos. Las **características biológicas** incluyen los principales grupos de microorganismos, tanto aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos como los organismos patógenos.

1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.3.1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales consisten generalmente en una secuencia de procesos que dependen de las características del agua residual a tratar y del grado de purificación requerido según los niveles de contaminación permitidos por la legislación.

1.3.2 NIVELES DE TRATAMIENTO

Los niveles utilizados en el presente diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales son: primario y secundario.

1.3.2.1 TRATAMIENTO PRIMARIO

1.3.2.1.1 SEDIMENTACIÓN

“Se utiliza para separar sólidos en suspensión. La eliminación de materias por sedimentación se basa de la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión.”¹⁰

Pueden considerarse 3 tipos de mecanismos de sedimentación, dependiendo de la naturaleza de los sólidos presentes en suspensión, entre ellos tenemos: la sedimentación discreta, con floculación y por zonas.

SEDIMENTACIÓN CON FLOCULACIÓN

“Parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño ($10^{-6} - 10^{-9}$ m), lo que conforma una suspensión coloidal, que son muy estables debido a interacciones eléctricas entre las partículas, por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que desestabilizan la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables.”¹¹

¹⁰ RAMALHO, R. Tratamiento de aguas residuales.

¹¹ FERNÁNDEZ, A. y otros. Tratamientos avanzados de aguas residuales Industriales.

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) ó polímeros catiónicos.

TIPOS DE SEDIMENTADORES

La forma de los equipos donde se lleva a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.). Pueden ser: sedimentadores rectangulares, circulares ó lamelares.

“**Sedimentadores circulares.** En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de flóculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.”¹²

Para lograr que el tipo de flujo sea horizontal, el agua a tratar se introduce en el sedimentador por el centro (alimentación central), que es lo más usado.

En el diseño de **tanques circulares con alimentación central** el agua residual se transporta por una tubería suspendida del puente, o embebida en hormigón debajo de la solera, hasta el centro del sedimentador. El agua residual se distribuye uniformemente en todas las direcciones con ayuda de un vertedero circular ubicado en la zona central del tanque. Dicho vertedero tiene un diámetro que oscila entre 15% y 20% del diámetro exterior del tanque, con una profundidad que varía entre 1 y 2.5 m. Este tipo de tanque cuenta con un sistema

¹² RAMALHO, R. Tratamiento de aguas residuales.

de dos y cuatro brazos que giran lentamente, equipados con barredores de fondo para la remoción de lodos y con cuchillas superficiales para remover espuma.

Los sedimentadores circulares con alimentación perimetral son menos utilizados en los sedimentadores con floculación

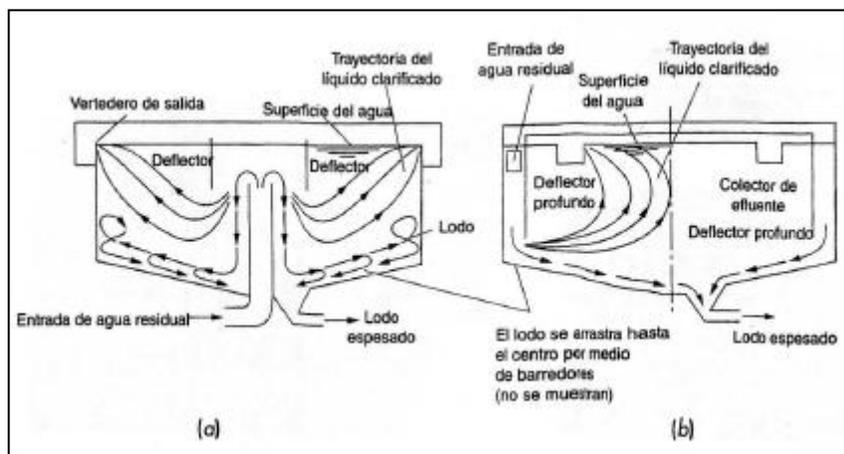


Fig. 1.3.2.1.1- 1. Tanques circulares de sedimentación: (a) alimentación central y
(b) alimentación perimetral

1.3.2.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

1.3.2.2.1 LAGUNAS AIREADAS

“Una laguna aireada es un depósito en el que el agua residual se trata en la modalidad de flujo continuo sin o con recirculación de lodos. La principal función es la conversión de la materia orgánica biológicamente degradable en CO_2 y H_2O y nuevo material celular. Se puede aportar oxígeno con aireadores superficiales o con sistemas de difusión de aire. Al

igual que en otros sistemas de cultivo de suspensión, la turbulencia creada por los sistemas de aireación se utiliza para mantener en suspensión el contenido del depósito.”¹³

Dependiendo del tiempo de retención, el efluente de una laguna aireada puede contener entre un tercio y la mitad del DBO afluente, en forma de tejido celular. La mayor parte de estos sólidos se debe eliminar por decantación secundaria. Su profundidad varía entre 3 y 5 metros.

Las lagunas aireadas se clasifican en tres:

- Aerobia con mezcla completa
- Facultativa
- Con aireación extendida

En las **lagunas aireadas aerobias de mezcla completa**, todos los sólidos sedimentables se mantienen en suspensión y provee una relación potencia/volumen alta. La edad de los lodos es igual al tiempo de retención hidráulico, su gran desventaja es de trasportar muchos sólidos en el efluente.

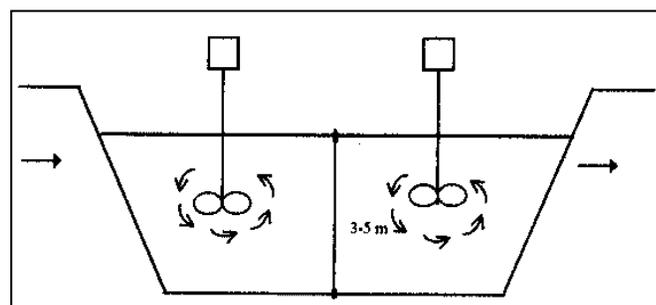


Fig.1.3.2.2.1- 1. Laguna aireada aerobia de mezcla completa

¹³ METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización.

SISTEMAS DE AIREACIÓN

La aireación forzada o suministro de oxígeno puede hacerse de dos formas: por medio de aireadores superficiales o por medio de difusores de inyección de aire. En ambos casos lo que en realidad se está suministrando es aire: una mezcla de oxígeno y nitrógeno. El oxígeno es metabolizado por la biomasa, y el nitrógeno entra y sale sin ningún cambio químico, y solo tiene efectos de agitación en la masa de agua que es aireada.

Aireadores por difusión: En este sistema, el aire es aspirado del medio ambiente, comprimido y conducido por tubería hasta los difusores, donde el aire es burbujado continuamente en el reactor aerobio, para mantener la concentración de oxígeno disuelto en un valor de 1-2 mg/L. Los difusores de burbuja pueden ser de tres tipos: de burbuja gruesa, de burbuja mediana y de burbuja fina.

Desde el punto de vista de transferencia de masa, los **difusores de burbuja fina** son los más adecuados para aprovechar más eficientemente el oxígeno suministrado, ya que las pequeñas burbujas producidas en este difusor transfieren más eficientemente el oxígeno requerido en el metabolismo aerobio. El problema con los difusores de burbuja fina, es que fácilmente se tapan por la formación de sarro y otros depósitos en los poros del difusor, así como por la introducción de polvo y otras partículas en el aire que se inyecta, por lo que se requiere de una previa filtración del aire suministrado y de un mantenimiento más frecuente en los difusores.

CRITERIOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES INDUSTRIALES

La relación entre el DBO₅ y la DQO indica la importancia de los vertidos industriales dentro de las aguas residuales y sus posibilidades de biodegradación. Así, si la relación DBO₅/DQO es inferior a 0.2 el agua es poco biodegradable, entre 0.2 y 0.4 es biodegradable y valores superiores a 0.4 indican aguas altamente biodegradables.

1.3.2.2.2 SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

La sedimentación secundaria debe cumplir dos funciones; la de clarificación: Producción de un efluente relativamente libre de sólidos sedimentables; y la de espesamiento: Producción de un lodo secundario que contenga en alta concentración los sólidos sedimentados en el sedimentador. En sí, el paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida.

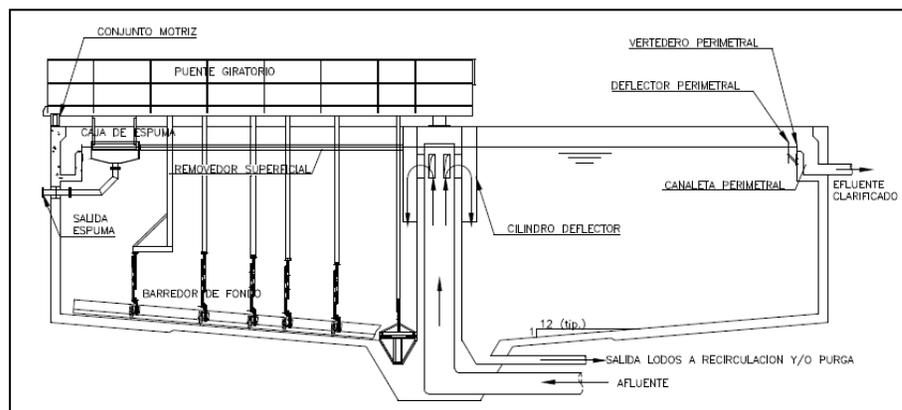


Fig. 1.3.2.2.2-1 Corte sedimentador secundario circular

1.3.3 TRATAMIENTO DE LOS FANGOS

“Los sólidos primarios gruesos y los bio sólidos secundarios acumulados en un proceso del tratamiento de aguas residuales se debe tratar y disponer de una manera segura y eficaz. Este material a menudo se contamina inadvertidamente con los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos (por ejemplo: metales pesados). El propósito de la digestión es reducir la cantidad de materia orgánica y el número de los microorganismos presentes en los sólidos que causan enfermedades.¹⁴

1.3.3.1 DISPOSICIÓN DE FANGOS

Cuando se produce un fango líquido, un tratamiento adicional puede ser requerido para hacerlo conveniente para la disposición final. Típicamente, los fangos se espesan (desechados) para reducir los volúmenes transportados para la disposición. Los procesos para reducir el contenido en agua incluyen lagunas en camas de sequía para producir una torta que pueda ser aplicada a la tierra o ser incinerada.

¹⁴ www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.

TABLA 1.3.3.1-1

Operaciones y procesos unitarios empleados para la disposición de lodos

Procesos/ método de disposición	Operación unitaria, proceso unitario o sistema de tratamiento
Operaciones preliminares	Bombeo de lodos, trituración de lodos, desarenado de lodos
Espesamiento	Espesamiento por gravedad, por flotación, con filtro de banda o centrifugación
Estabilización	Estabilización con cal, digestión aerobia o anaerobia, compostaje
Deshidratación	Filtro de banda, filtro prensa, lecho de secado de lodos
Compostaje	Pila estática aireada, compostaje cerrado
Disposición final	Aplicación en el suelo, relleno sanitario

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

1.4 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

1.4.1 CAUDAL DE DISEÑO

El conocimiento del volumen del efluente por unidad de tiempo es un dato fundamental para diseñar y proyectar un sistema de tratamiento.

En dinámica de fluidos, **caudal** es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.

Puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. 1.4.1- 2}$$

Donde:

Q =caudal, m³/d

V=Volumen del sedimentador, m³

t= tiempo, d

El caudal de diseño se determina:

$$Q = Q' + FM \quad \text{Ec. 1.4.1- 3}$$

Donde:

Q= caudal de diseño (m³/d)

Q`=caudal medio (m³/d)

FM= factor de mayorización

1.4.2 MEZCLA

La mezcla es una operación unitaria que se realiza con miras ha : 1) la mezcla completa de aditivos químicos, 2) la mezcla de fluidos en reactores y tanques de almacenamiento y 3) la floculación.

Existen 3 clases de mezcladores que son: de turbina y hélice, de alta velocidad y estáticos.

1.4.2.1 MEZCLADORES ESTÁTICOS

Los mezcladores estáticos conectados en línea están provistos de tabiques internos que proporcionan cambios repentinos en la velocidad del fluido e inversiones momentáneas.

1.4.2.1.1 MEZCLADORES DE PALETAS

Por lo general, los mezcladores de paletas giran lentamente, ya que tienen una gran superficie de acción sobre el fluido. Cuando se requiere la adición de coagulantes como sulfato férrico o de aluminio, o ayudantes de coagulación como polielectrolitos y cal, los mezcladores de paletas son una buena opción para ser usados en equipos de floculación. La

agitación debe controlarse adecuadamente de modo que los flóculos tengan un tamaño tal que permita su rápida sedimentación.

Existen dos tipos de paletas las paralelas y perpendiculares al eje, el mismo que puede ser horizontal o vertical. En el presente diseño se utilizara un mezclador de eje vertical y paleta perpendicular al mismo, por su semejanza con el equipo ocupado en las pruebas de jarras.

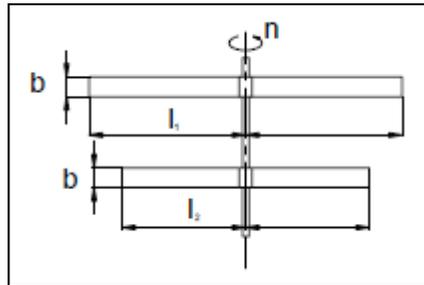


Fig.1.4.2.1.1-1 Mezclador de paletas típico usado para floculación

1.4.2.2 DIMENSIONAMIENTO

El parámetro más importante en el diseño de unidades para mezcla es la cantidad de potencia que se debe suministrar.

1.4.2.2.1 POTENCIA DISIPADA EN LA MEZCLA

Cuanto mayor sea la energía suministrada en un fluido mayor será la turbulencia generada y, por tanto, la mezcla resultante será mucho mejor. La potencia disipada se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = G^2 * \mu * V \quad \text{Ec. 1.4.2.2.1-1}$$

Donde:

P = potencia necesaria, kW

G = gradiente medio de velocidad del fluido, (s^{-1})

μ = viscosidad dinámica, ($N \cdot s/m^2$)

V = volumen del sedimentador, m^3

TABLA 1.4.2.2.1- 1

Valores usuales de gradiente de velocidad G y tiempos de retención de los procesos de tratamiento de agua residual

Proceso		Tiempo de retención	Valores de G s^{-1}
Mezcla	Operaciones comunes en la mezcla rápida de AR	10-30 s	500-1500
	Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos	≤ 1 s	1500-6000
Floculación	Procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de AR	30 -60 min	50 -100
	Floculación en procesos de filtración directa	2 - 10 min	25 - 200

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

1.4.2.2.2 GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO

$$G = 0,25 * n^{1,25} \quad \text{Ec.1.4.2.2.2-1}$$

Donde:

G = gradiente medio de velocidad del fluido, (s⁻¹)

n= velocidad de rotación, RPM

1.4.2.2.3 ÁREA DE LA PALETA

$$A = \frac{2*P}{C_D*p*v^3} \quad \text{Ec. 1.4.2.2.3-1}$$

Donde:

A = área de las paletas, (m²)

P=potencia necesaria, (kW)

C_D = coeficiente de resistencia al avance de las paletas

p = densidad del fluido, (kg/m³)

v = velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0.6 y 0.75 veces la velocidad tangencial de las paletas (v_p).

Se ha encontrado que con una velocidad tangencial de paletas de 0.6 a 0.9 m/s, se alcanza suficiente turbulencia sin romper el flóculo.

Para secciones rectangulares que se desplazan en el agua, el valor de C_D puede estimarse:

TABLA 1.4.2.2.3-1

Valores de C_D para secciones rectangulares

l/b	C_D
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: ROUSE

1.4.2.2.4 LONGITUD DE LA PALETA

$$A = l * b \quad \text{Ec.1.4.2.2.4-1}$$

Donde:

l =longitud de la paleta (m)

b =ancho de la paleta (m)

Despejando l de la ecuación anterior tenemos:

$$l = \frac{A}{b} \quad \text{Ec.1.4.2.2.4-2}$$

1.4.3 SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

“Los sedimentadores primarios diseñados, remueven entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO_5 .”¹⁵

Además se puede considerar que la remoción de DQO es entre 30 y 40%; y de nitrógeno y fósforo es de 10 y 20% respectivamente.

¹⁵ CRITES-TCHOBANOGLIOUS. Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas Poblaciones.

1.4.3.1 DIMENSIONAMIENTO

1.4.3.1.1 ÁREA DEL SEDIMENTADOR

El área superficial de la unidad (A), que es el área superficial de la zona de sedimentación, se obtiene de acuerdo a la relación:

$$\text{Carga} = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.1-1}$$

Despejando de la ecuación anterior tenemos:

$$A = \frac{Q}{\text{Carga}} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.1-2}$$

Donde:

A = área (m²)

Q= caudal (m³/d)

Carga = carga superficial (m³/m².d)

En el siguiente cuadro se presenta los valores de la carga superficial recomendados:

TABLA 1.4.3.1.1- 1

Valores recomendados de la carga superficial

Suspensión	Carga superficial (m ³ /m ² .d)	
	Intervalo	Caudal pico
Agua residual sin tratar	24-48	48
Flóculo de sulfato de aluminio	14-24	24
Flóculos de hierro	21-32	32
Flóculos de cal	21-48	48

Fuente: METCALF & EDDY

1.4.3.1.2 RADIO DEL SEDIMENTADOR

El radio se determina despejando la siguiente ecuación:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad \text{Ec. 1.4.3.1.2- 3}$$

Así tenemos:

$$r = \sqrt{\pi * A} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.2- 4}$$

Donde:

r=radio (m)

A = área (m²)

1.4.3.1.3 DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

La determinación del diámetro se calcula de la siguiente forma:

$$\emptyset = 2 * r \quad \text{Ec. 1.4.3.1.3-1}$$

Donde:

∅= diámetro (m)

r=radio (m)

A = área (m²)

1.4.3.1.4 ALTURA DEL SEDIMENTADOR

La altura del sedimentador se obtiene:

$$A = \frac{V}{H} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.4-1}$$

De donde se despeja H:

$$H = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.4-2}$$

Donde:

H=altura (m)

V=volumen del sedimentador (m³)

A=área (m²)

1.4.3.1.5 TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO

Los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 y 2,5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0,5 a 1 hora), con menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan como tratamiento previo a las unidades de tratamiento biológico.

El tiempo de retención se calcula con la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.55-1}$$

Donde:

θ = tiempo de retención (d)

V=volumen (m³)

Q= caudal (m³/d)

1.4.3.1.6 VELOCIDAD DE ARRASTRE

Es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentadas son causadas por la fricción del agua que influye sobre las mismas. La velocidad crítica viene dada por la siguiente ecuación desarrollada por Camp, a partir de estudios realizados por Shields (1936):

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad \text{Ec.1.4.3.1.6-1}$$

Donde:

V_H = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas

k =constante de cohesión (depende del tipo de material arrastrado)

s =peso específico de las partículas

g =aceleración de la gravedad (m/s^2)

d =diámetro de las partículas (m)

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach

Los valores más comunes de k son de 0,04 para arena unigranular, 0,06 para materia más agregada. El factor de fricción de Darcy-Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo y el número de Reynolds; sus valores típicos están entre 0,02 y 0,03.

1.4.3.2 DESEMPEÑO DE LOS SEDIMENTADORES

1.4.3.2.1 REMOCIÓN TEÓRICA DE DBO₅ Y SST

La eficiencia en la remoción de DBO₅ y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración afluente y el tiempo de retención se puede obtener por medio de la curva que se puede modelar matemáticamente como una hipérbola regular usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{\theta}{a+b*\theta} \quad \text{Ec. 1.4.3.2.1-1}$$

Donde:

R = porcentaje de remoción esperado, %

Θ= tiempo de retención, (d)

a,b = constantes empíricas

Las constantes empíricas de la ecuación anterior toman los siguientes valores a 20°C:

TABLA 1.4.3.2.1- 2

Valores de a-b

Variable	a, h	b
DBO ₅	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLIOUS

1.4.4 LAGUNAS AIREADAS AEROBIAS DE MEZCLA COMPLETA

1.4.4.1 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

Las lagunas aireadas aerobias de mezcla completa tienen una eficiencia de remoción de DBO del 90%, de DQO del 80%, de SST del 60%, de nitrógeno del 50% y de Fósforo del 60%.

1.4.4.2 DIMENSIONAMIENTO

1.4.4.2.1 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

$$\theta = \frac{1}{Y \cdot k \cdot S_e - k_d} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.1-1}$$

Donde:

θ = tiempo de retención, (d)

Y = coeficiente de producción de lodos, varía entre 0,5 y 0,8 mg SSV/mg DBO₅

k = tasa constante de primer orden de remoción de DBO₅, varía entre 0,03 a 0,10 L/mg*d

S_e = Concentración de DBO₅ del efluente, (mg/L)

k_d = tasa constante relativa a la respiración endógena, varía entre 0,05 y 0,25 d⁻¹

1.4.4.2.2 RELACIÓN ALIMENTACIÓN/MICROORGANISMOS

La relación alimentación/microorganismo, representa la masa de sustrato aplicada diariamente en el tanque de aireación, contra la masa de sólidos suspendidos (microorganismos) en el tanque de aireación, se define como:

$$F/M = \frac{S_o}{\theta \cdot X_{v,a}(\theta)} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.2-1}$$

Donde:

F/M= relación alimentación - microorganismo, d⁻¹

S_o =Concentración de DBO₅ del afluente, mg/L

X_{v,a}(θ)=Concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente, mg/L

1.4.4.2.3 CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV) EN LA MASA LÍQUIDA DE LA LAGUNA Y EN EL EFLUENTE

$$X_{v,a}(\theta) = \frac{Y(S_o - S_e)}{1 + k_d \cdot \theta} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.3-1}$$

Donde:

X_{v,a}(θ)=Concentración de SSV en la masa líquida de la laguna y en el efluente, mg/L

1.4.4.2.4 CONCENTRACIÓN REAL DE DBO₅ EN EL EFLUENTE

$$S'_e = S_e + 0,54X_{v,a}(\theta) \quad \text{Ec. 1.4.4.2.4-1}$$

Donde:

S'_e= concentración real de DBO₅ en el efluente, mg/L

1.4.4.2.5 RENDIMIENTO EN LA DEPURACIÓN

Es la relación entre la masa de la materia orgánica eliminada y la del afluente que entra en la laguna de aireación. Se expresa en porcentaje de eliminación:

$$E = \frac{S_o - S'_e}{S_o} * 100 \quad \text{Ec. 1.4.4.2.5-1}$$

Donde:

E= Rendimiento ó Reducción real de la DBO₅, %

1.4.4.2.6 VOLUMEN DE LA LAGUNA

$$V=Q*\Theta \quad \text{Ec. 1.4.4.2.6-1}$$

Donde:

V= volumen de la laguna, m³

1.4.4.2.7 RELACIÓN LARGO-ANCHO

La relación largo-ancho oscila entre 1:3 y 1:4, cuando sus paredes son inclinadas pueden tener pendientes de 2,5:1 a 3,5:1.

1.4.4.2.8 PRODUCCIÓN OBSERVADA (Y_{obs})

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+K_d*\theta_c} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.8-1}$$

Donde:

Y_{obs}= producción observada, mg SSV/mg DBO₅

θ_c=edad de los lodos (d)

1.4.4.2.9 PRODUCCIÓN DE FANGOS

La producción diaria de fangos que hay que purgar se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$P_x=Y_{obs}*Q*(S_o-S'_e)*10^{-3} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.9-1}$$

Donde:

P_x =producción diaria neta de fango, SSV Kg/d

1.4.4.2.10 REQUERIMIENTO DE OXÍGENO

$$WO_2=[a(S_o-S_e).Q+b*X_{v,a(\Theta)}*V]/1000 \quad \text{Ec. 1.4.4.2.10-1}$$

Donde:

WO_2 = requerimiento de oxígeno, Kg O_2 /d

a = fracción del sustrato removido utilizado para la producción de energía, varía entre 0,3 y 0,63 kg O_2 para energía/kg DBO_5

b =oxígeno necesario para la respiración endógena en la masa líquida de la laguna, varía entre 0,05 y 0,28 kg O_2 /kg SSV*d

1.4.5 DIFUSOR

1.4.5.1 DIMENSIONAMIENTO

1.4.5.1.1 TASA DE TRANSFERENCIA TOTAL DE OXÍGENO EN EL CAMPO

$$N = N_o \left[\alpha \left(\frac{\beta \cdot C_{sw} - C_L}{C_{st}} \right) * (1,024^{(T-20)}) \right] \quad \text{Ec. 1.4.5.1.1-1}$$

Donde:

N = tasa de transferencia total de oxígeno en el campo, kg O_2 /Kw.h

N_o =tasa de transferencia de oxígeno mediante prueba de condiciones estándares, a 20°C y oxígeno disuelto igual a cero, kg O_2 /Kw.h. Varía de 1,5 a 2,0 kg O_2 /Kw.h

β =factor de corrección para la salinidad y tensión superficial. Sus valores varían entre 0,90 y 0,98.

C'_{sw} =concentración media de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación a una temperatura y altura H, mg/L.

C_L = concentración de oxígeno disuelto en la laguna, mg/L. Según Aceirvala (1973) y Mara (1976) varía de 0,5 a 2,0 mg/L

C_{st} = valor de saturación de oxígeno en el agua pura. 9,17 mg/L

T= temperatura de funcionamiento, (°C)

α = factor de corrección para la transferencia de oxígeno para la purga. Sus valores usuales son de 0,4 a 0,8

1.4.5.1.2 CORRECCIÓN DE C_{sw}

La corrección a una determinada temperatura, se debe hacer en función de la altitud, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C'_{sw} = C_{sw} \left(\frac{P_A - p}{760 - p} \right) \quad \text{Ec. 1.4.5.1.2-1}$$

Donde:

C_{sw} = concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación, mg/L

P_A = Presión barométrica, mm Hg

p= presión de vapor de agua saturada a temperatura de aguas residuales, mm Hg

1.4.5.1.3 POTENCIA TOTAL NECESARIA

$$P_t = \frac{W_{O_2}}{24 \cdot N} \quad \text{Ec.1.4.5.1.3-1}$$

Donde:

P_t =Potencia total necesaria, kW

1.4.5.1.4 POTENCIA UNITARIA DE AIREACIÓN

$$P = \frac{P_t}{V} \quad \text{Ec.1.4.5.1.4-1}$$

Donde:

P=Potencia unitaria de aireación, kW/m³

1.4.6 SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO

1.4.6.1 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

La eficiencia de remoción de contaminantes es la misma que el sedimentador primario.

1.4.6.2 DIMENSIONAMIENTO

1.4.6.2.1 ÁREA DEL SEDIMENTADOR

$$A = \frac{Q}{\text{Carga}} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.1-1}$$

Donde:

A = área (m²)

Q= caudal (m³/d)

Carga = carga superficial (m³/m².d)

La carga superficial es un criterio empírico (o semi empírico ya que se puede efectuar una analogía con la teoría del flujo másico).

TABLA 1.4.6.2.1-1

Tasa superficial para sedimentación secundaria

Tratamiento	Tasa Superficial (m ³ /m ² .d)	
	Qmedio	Qmáx
Tratamiento biológico (excepto Aireación Extendida)	16 – 33	41 – 49

Fuente: METCALF & EDDY

1.4.6.2.2 RADIO DEL SEDIMENTADOR

$$r = \sqrt{\pi * A} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.2-1}$$

Donde:

r=radio (m)

A = área (m²)

1.4.6.2.3 DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

La determinación del diámetro se calcula de la siguiente forma:

$$\emptyset = 2 * r \quad \text{Ec. 1.4.6.2.3-1}$$

Donde:

∅= diámetro (m)

El 25% del diámetro es el reparto central:

$$R_{\text{central}}=0,25*\varnothing \quad \text{Ec. 1.4.6.2.3-2}$$

1.4.6.2.4 VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

$$V = A * P \quad \text{Ec. 1.4.6.2.4-1}$$

Donde:

V=volumen del sedimentador (m³)

A=área (m²)

P=profundidad (m)

1.4.6.2.5 PROFUNDIDAD

Normalmente la profundidad se refiere a la altura de pared vertical del sedimentador (Side Water Depth, SWD), sin tomar en consideración la profundidad adicional en la zona de recogida del lodo debida a la pendiente de fondo.

En Metcalf & Eddy se recomienda valores entre 3,6 y 6,0 (m).

Por su parte, el manual MOP-8, consigna valores en función del diámetro del estanque:

TABLA 1.4.6.2.5-1

Profundidad de sedimentador

Diámetro [m]	SWD Mínima [m]	SWD Sugerida [m]
< 12	3	3,4
12 a 21	3,4	3,7
21a 30	3,7	4
30 a 43	4	4,3
>43	4,3	4,6

Fuente: MOP-8

La altura de reparto se toma $\frac{1}{4}$ de la profundidad:

$$H_{\text{reparto}}=0,25*P \quad \text{Ec.1.4.6.2.5-1}$$

Donde:

H_{reparto} = Altura de reparto, m

P=profundidad, m

1.4.6.2.6 CONCENTRACIÓN DE LODO EN EL FONDO (X_{Tr})

Se puede calcular considerando valores típicos:

TABLA 1.4.6.2.6-1

Concentración de lodos de fondo en sedimentador secundario

Proceso	X_{Tr}
	mg/L
Tratamiento biológico con sedimentación Primaria	8000
Aireación Extendida	8000

Fuente: EKAMA & MARAIS

1.4.6.2.7 CARGA SOBRE VERTEDEROS

En Metcalf & Eddy se recomienda valores de 124 y 250 [m³/m.d] a caudal medio y máximo respectivamente, aunque valores hasta 375 [m³/m.d] también son aceptables según otras referencias.

La AVTV A131 restringe este parámetro a 10 [m³/m.h] a caudal máximo para sedimentadores con vertederos simples y a 6 [m³/m.h] para el caso de vertederos dobles.

Para poder determinar la carga sobre el vertedero se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi * \emptyset} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.7-1}$$

Donde:

$C_{\text{vertedero}}$ = carga sobre el vertedero, m³/m.d

Q = caudal (m³/d)

\emptyset = diámetro (m)

1.5 NORMAS PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES

1.5.1 ORDENANZA 213 DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Ordenanza Sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, Capítulo VII.- Para la Protección de las Cuencas Hidrográficas que abastecen al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

Art. II.383.1.- **FINALIDAD**

Esta ordenanza establece normas y acciones para la protección, conservación, recuperación, revalorización de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito, para procurar el suministro del recurso en cantidad, calidad y acceso en los diferentes usos (doméstico, industrial, agrícola, recreación y ecológico).

TABLA 1.5.1-1

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR NORMA
Caudal de descarga	L/seg	4.5
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	96
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	168
Sólidos suspendidos	mg/L	72
Aceites y grasas	mg/L	50
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/L	20
Potencial de hidrógeno	Unid. pH	5-9
Temperatura	°C	< 35
Sólidos sedimentables	mg/L	1.0
Aluminio	mg/L	5.0
Cobre	mg/L	1.0
Cromo	mg/L	0.5
Níquel	mg/L	2.0
Plomo	mg/L	0.2
Zinc	mg/L	2.0

Fuente: ORDENANZA 213

1.5.2 TULAS (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA)

1.5.2.1 LIBRO VI ANEXO 1. “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA “

1.5.2.1.1 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

1.5.2.1.2 NORMAS DE DESCARGA DE EFLUENTES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

TABLA 1.5.2.1.2- 2

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

PARÁMETRO	Expresado como	UNIDAD	VALOR NORMA
Aceites y grasas	Solubles de hexano	mg/L	100
Aluminio	Al	mg/L	5.0
Cinc	Zn	mg/L	10
Cobre	-	mg/L	1.0
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	0.5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0.2
Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	250
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/L	500
Fósforo	PO ₄	mg/L	15
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/L	40
Potencial de hidrógeno	pH	Unid. pH	5-9
Sólidos sedimentables	-	mL/L	20
Sólidos suspendidos totales	-	mg/L	220
Sólidos Totales	-	mg/L	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1.0
Temperatura	-	°C	< 45
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	mg/L	2.0

Fuente: LIBRO VI, TULAS

CAPÍTULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 METODOLOGÍA

Las fases de diseño de la planta de tratamiento de Aguas Residuales para el Área de producción de tensoactivos de la empresa Química Superior Unichem S.A. se describen a continuación:

2.1.1 FASE 1

Llevar a cabo una revisión de todos los efluentes de la planta. Esto significa hacer un inventario de todos los efluentes, así como finalmente para cada corriente de aguas residuales determinar los caudales y las cargas contaminantes (Caracterización del AR).

2.1.1.1 MEDICIÓN DE CAUDALES

Para determinar el caudal de diseño se utilizó el método volumétrico, el mismo que permite medir pequeños caudales de agua. Para ello se contó con un depósito (recipiente) de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. La operación se repitió 9 veces, con el fin de asegurar exactitud en los datos obtenidos.

2.1.1.2 MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

El muestreo se lo realizó durante las 4 semanas del mes de marzo de 2012, tomando 1 muestra por semana. Las muestras fueron recogidas a la salida de los reactores tipo Batch luego de culminada la etapa de producción de tensoactivos (lavado de reactores) y estaban integradas por sub muestras de productos de mayor demanda de acuerdo a las proyecciones de ventas del año 2011(Tabla 2.3.1-1). Dichas sub muestras se recolectaron cada una ó dos

horas, con el fin de obtener una muestra compuesta, de volumen y composición representativa.

De las muestras antes mencionadas se realizaron los análisis Físico – químicos en el Centro de servicios técnicos y transferencia de tecnología Ambiental (CESTTA), en base a los parámetros de control de vertidos al alcantarilla establecidos en el TULAS, Libro VI, Anexo I, tabla 11.

2.1.2 FASE 2

Diseño de la planta de tratamiento para conseguir hacer frente a esta reducción de contaminación.

En base a los resultados obtenidos se procedió a diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir la carga contaminante que se encuentra fuera de los parámetros permisibles y que pueda contaminar las aguas de los causes naturales en los que desembocan.

2.1.3 FASE 3

Establecer costos de inversión de todo el proceso, incluyendo su construcción.

Finalmente se realizó un análisis presupuestal de equipos, accesorios y puesta en marcha de la planta de tratamiento de Aguas Residuales.

2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1 MÉTODOS

2.2.1.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se la ejecuta en el lugar donde se pretende realizar la investigación, registrando datos o acontecimientos observados.

Dentro de la empresa, se tomaron datos del volumen de AR recogido en un determinado tiempo, los mismos que son útiles para la determinación del caudal de diseño.

2.2.1.2 INDUCTIVO

Se entiende por inducción la acción de extraer, a partir de determinadas observaciones ó experiencias particulares un principio general.

Por medio de la caracterización físico química realizada a cada una de las muestras tomadas, se determinó el grado de contaminación del agua residual a tratar; que es el punto de partida para la elección correcta del tratamiento de la misma.

2.2.1.3 DEDUCTIVO

Se entiende por deducción al método por el cual se parte lógicamente de lo universal a lo particular.

A partir de las problemáticas ambientales causadas por la contaminación del agua, se busca una alternativa de tratamiento de efluentes tensoactivos con el fin de que estos se encuentren dentro de los parámetros permisibles determinados en el TULAS.

2.2.1.4 EXPERIMENTAL

Luego de tomadas las muestras se utiliza métodos experimentales para realizar los análisis físico químicos del agua residual.

Además para determinar la eficiencia de la sedimentación con floculación se utilizó pruebas de jarra y columnas de sedimentación.

2.2.2 TÉCNICAS

2.2.2.1 TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL

2.2.2.1.1 DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO. PEE/05 APHA 4500 H⁺

TABLA 2.2.2.1.1- 7

Determinación de pH

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H ⁺ .	<ul style="list-style-type: none">pH- metro	<ul style="list-style-type: none">Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH- metro).	Se acondiciona el electrodo de la celda de medida como se reporto anteriormente, se mide la temperatura de la muestra y se coloca en el instrumento el valor correspondiente en la corrección manual del instrumento.	Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.2 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES. PEE/56 APHA 2540 D

TABLA 2.2.2.1.2- 1

Determinación de Sólidos sedimentables

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Los sólidos sedimentables de las aguas residuales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de un peso (mg/L).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cono de Imhoff graduado de 1000 ml • Soporte 	<p>Muestra de Agua residual</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar lentamente en el cono de Imhoff la muestra de agua a analizar previamente homogenizada. • Dejar sedimentar por 1/2 hora interviniendo de cuando en cuando, cautamente. • Anotar el valor indicado 	<p>Medida directa expresada en mL/L ó mg/L.</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.3 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES. PEE/13 APHA 2540 D

TABLA 2.2.2.1.3-1

Determinación de sólidos suspendidos totales

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Se filtra una muestra homogenizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio.</p> <p>El residuo retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 - 105° C.</p> <p>El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Embudo • Vaso de precipitación • Soporte • Papel filtro • Estufa • Balanza analítica 	<p>Muestra de agua residual</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse el papel filtro tarado • Por medio de un embudo filtrar 50 ml de agua residual • Una vez filtrada el agua, secar el papel filtro en una estufa por dos horas. • Pesarse el papel filtro seco con la muestra 	<p>$SST = [(A-B)*1000]/V$</p> <p>Donde:</p> <p>SST: sólidos suspendidos totales (mg/L)</p> <p>V: volumen de la muestra (mL)</p> <p>A: peso de residuo seco + filtro (mg)</p> <p>B: tara del filtro (mg)</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.4 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES. PEE/10 APHA 2540 D

TABLA 2.2.2.1.4-1

Determinación de sólidos totales

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Conocido como residuo de evaporación, comprende la materia (orgánica e inorgánica) disuelta, coloidal y en suspensión; el residuo seco del agua potable debe ser igual o inferior a 1500 mg/L.	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta volumétrica • Caja petri • Desecador • Baño María • Estufa • Balanza analítica 	Muestra de agua residual	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar un alícuota de 25 ml en una caja petri preparada y someter a evaporación de baño María. • Secar en la estufa a 105 °C durante 1 hora, enfriar y pesar. 	$ST = \frac{(P_2 - P_1) * 1000000}{V}$ <p>Donde:</p> <p>P₁=peso de la cápsula vacía (g)</p> <p>P₂=peso de la cápsula más el residuo seco total (g)</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.5 DETERMINACIÓN DE SULFURO MEDIANTE AZUL DE METILENO. PEE/53 APHA 4500 S²⁻

TABLA 2.2.2.1.5-1

Determinación de sulfuro mediante azul de metileno

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Se basa en la reacción del anión S ²⁻ con FeCl ₃ y DPD (dimetil p-fenilendiamina) para producir azul de metileno. Se añade al medio de reacción fosfato amónico para eliminar la interferencia de color debida al cloruro férrico. Este método sirve para determinar concentraciones de hasta 20 mg/l de S ²⁻ .	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Matraces aforados 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Disolución de ácido sulfúrico 1/1 • Disolución de fosfato diamónico. • Disolución de ácido amino-sulfúrico • Disolución reactiva de ácido amino-sulfúrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Operar con 75 ml de muestras problemas o disoluciones patrón. • Añadir 5 ml de disolución reactiva de ácido amino-sulfúrico y 1,5 ml de disolución de FeCl₃. • Mezclar inmediatamente por inversión del matraz, solo una vez. Esperar 5 minutos. • Añadir 16 ml de disolución de (NH₄)₂ HPO₄ y mezclar por inversión del matraz una sola vez. Esperar 15 minutos para desarrollo del color. • Efectuar las medidas en el espectrofotómetro a 664 nm. • Obtener las lecturas de transmitancia de patrones y muestras. 	Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.6 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO). PEE/09APHA 5220 D

TABLA 2.2.2.1.6-1

Determinación de demanda química de oxígeno (DQO)

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Indica la cantidad de contaminantes que pueden oxidarse mediante un oxidante químico (dicromato potásico, etc.); estos contaminantes pueden ser materia orgánica e inorgánica; se expresa en mg de oxígeno por litro.	<ul style="list-style-type: none"> Vaso de precipitación Soporte Papel filtro Estufa Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> Sulfato de mercurio (Hg_2SO_4) Dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico. Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25 N ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ o SAL DE MOHR Indicador de DQO o solución de ferroína 	<ul style="list-style-type: none"> Se enciende la placa calefactora. Se pesan 0,44 g de $HgSO_4$ en 1 matraz para reflujo de 100 ml. Se añaden 20 ml de muestra. Se añaden 30 ml de solución de Ag_2SO_4 en H_2SO_4, y enfriar. Se añaden 12,5 ml de solución de ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N Se somete a reflujo durante 2 horas. La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar. Se añaden 5 gotas del indicador ferroína. Se valora el exceso de dicromato con la sal de Mohr. 	$DQO \text{ (mg } O_2/L) = [(A-B) \times N \times 8000] / V$ (ml) de muestra. Donde: A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco. B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra. N= Normalidad de la sal de Mohr.

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.7 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅). PEE/46 APHA 5210 B

TABLA 2.2.2.1.7-1

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de DBO (Weattom) • Pipetas • Balón de 1000 ml • Bureta • Pinzas universales • Soporte universal • 1 erlenmeyer de 500 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua aireada (H₂O) • Cloruro de magnesio (MgCl₂) • Cloruro férrico (FeCl₃) • Cloruro de Calcio (CaCl₂) • Solución buffer de pH neutro • Sulfato de manganeso (MnSO₄) • Reactivo álcali-yoduro-azida • Ácido sulfúrico (H₂SO₄) • Tiosulfato de sodio 0.025M (Na₂S₂O₃) • Solución de almidón 	<ul style="list-style-type: none"> • En un balón colocar 500 ml de agua aireada. • Añadir 50 ml de agua residual y 1 ml de inóculo. • Añadir 1 ml de MgCl₂, de FeCl₃, de CaCl₂ y 2 ml de solución buffer. • Aforar con agua aireada y homogenizar la solución. • Llenar 2 botellas de DBO con esta solución y taparlas • 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad. • En la otra botella poner 1 ml de MnSO₄ y 1 ml de reactivo álcali-yoduro-azida, tapar y dejar que repose. • Titulamos con Na₂S₂O₃ 	$DBO_5 = (X - Y) * FD$ <p>Donde: X= Concentración de O₂ disuelto antes de la incubación Y= Concentración de O₂ disuelto después de la incubación FD= factor de dilución</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.8 DETERMINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS. PEE/42 APHA 5520 C

TABLA 2.2.2.1.8-1

Determinación de aceites y grasas

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierra de diatomeas, los cuales son extraídos en un Soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo; siendo este valor el contenido de grasas y aceites.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de extracción Soxhlet • Estufa eléctrica • Balanza analítica • Equipo de filtración a vacío. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido Clorhídrico concentrado(HCl) • Hexano (C₆H₁₄); • Ácido Sulfúrico concentrado (H₂SO₄) • Suspensión de tierra de diatomeas-sílice 	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionar hexano al matraz de extracción y preparar el equipo Soxhlet. • Controlar la temperatura del reflujo y extraer a una velocidad de 20 ciclos/hora durante un período de 4 h. • Una vez terminada la extracción retirar el matraz del equipo Soxhlet, y evaporar el disolvente. • El matraz de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente. • Pesar el matraz de extracción y determinar la concentración de grasas y aceites recuperables. 	<p>$G/A = (A - B) / V$ Donde: G/A: grasas y aceites; (mg/L) A: peso final del matraz de extracción (mg) B: peso inicial del matraz de extracción (mg) V: volumen de la muestra, en litros.</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.9 DETERMINACIÓN DE FENOLES POR EL MÉTODO COLORÍMETRO. PEE/414 APHA 5530 D

TABLA 2.2.2.1.9-1

Determinación de fenoles por el método colorímetro

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Determina el fenol, los fenoles sustituidos en orto y meta, bajo condiciones apropiadas de pH.</p> <p>El método de la 4-aminoantipirina no determina los fenoles para-sustituidos donde la sustitución es un grupo alquilo, arilo, nitro, benzoilo, nitroso o aldehído.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de fenol de reserva • Solución intermedia de fenol • Solución fenol patrón • Hidróxido de amonio • Solución tampón de fosfato • Solución de 4-aminoantipirina • Solución de ferricianuro de potasio 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir 12 ml de NH₄OH 0.5N y ajústese inmediatamente el pH a 7.9 +/- 0.1 con tampón fosfato. • Añadir 3 ml de solución de aminoantipirina y 3 ml de solución de K₃Fe (CN)₆ y déjese que aparezca el color durante 15 minutos. • Extraer inmediatamente con CHCl₃ utilizando 25 ml para celdas de 1 a 5 cm. • Filtrese cada extracto de CHCl₃ a través del papel filtro que contengan una capa de 5g de Na₂SO₄ anhidro. Recojer los extractos secos en celdas limpias para medir su absorbancia. • Leer la absorbancia de la muestra y los patrones contra el blanco a 460 nm. 	<p>Medida directa</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.10 DETERMINACIÓN DE TENSOACTIVOS. APHA/AWWA 5540 C

TABLA 2.2.2.1.10-1

Determinación de Tensoactivos

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivo aniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno lineal, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. La muestra se acidifica y se mezcla con una disolución de azul de metileno.</p> <p>La intensidad del color azul presente en la fase orgánica se mide espectrofotométricamente y es proporcional a la cantidad de surfactantes aniónicos presentes en la muestra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> Cloruro de metileno o cloroformo Solución indicadora mixta Solución ácida indicadora Solución 0,004 M de Hacine 	<ul style="list-style-type: none"> Se pesa la muestra 0,8 – 1 gramo. Tomar 20 mL de solución y llevar a tubo nessler con tapa esmerilada, 10 mL de agua, 15 ml de cloroformo y 10 mL de solución ácida de indicador. Valorar con solución hacine, agitando enérgicamente el tubo nessler, el punto de viraje es cuando la coloración rojiza se torna azul. 	$AP = V \times MR \times E \times 500 \times 100$ <p>Donde:</p> <p>AP: contenido de materia activa anicónica en la muestra en por ciento.</p> <p>V: volumen de solución de reactivo catiónicos usado en mL</p> <p>MR: molaridad del reactivo catiónico</p> <p>E: peso molecular muestra (acidododecil benceno).</p> <p>M: peso de la muestra</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.11 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO. APHA/AWWA 2540 B

TABLA 2.2.2.1.11-1

Determinación de fósforo

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos.</p> <p>Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de orto fosfatos, que se determinan por método colorimétrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeta • Erlenmeyer • Vaso de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de ácido sulfúrico • Persulfato amónico, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ • Hidróxido sódico NaOH 1N. • Indicador de fenolftaleína. • Solución de vanadato-molibdato amónico • Patrón de 200 ppm de P. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se introduce 50 ml de muestra homogenizada en un matraz erlenmeyer de 125 ml. • Se añade 1 mL de la solución de ácido sulfúrico. • Se añade 0,4 g de persulfatoamónico. • Se lleva a ebullición, y se mantiene regularmente durante unos 45 minutos hasta tener un volumen final aproximado de 10 mL • Se deja enfriar, y se añaden unos 10 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína. • Se añade NaOH 1N hasta el viraje a coloración rosa de la fenolftaleína • Se lleva a 50 mL con agua destilada. • Determinación de fósforo 	$P \text{ (ppm)} = \frac{[A \times K \times 25 \times F]}{5}$ <p>Donde: A: absorvancia K: pendiente de la recta de calibración F: factor de dilución de la muestra</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.12 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL. PEE/88 KJEDAHL

TABLA 2.2.2.1.12-1

Determinación de nitrógeno total

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Mide el nitrógeno de los compuestos orgánicos nitrogenados naturales (proteínas, péptidos, aminoácidos) y sintéticos (oxinas, hidracina, etc.) y el nitrógeno de nitratos y nitritos; se expresa en mg/L.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cápsula de estaño 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de AR 	<ul style="list-style-type: none"> • La muestra se acidula previamente a pH 3. • Se introduce una alícuota de 0,7 mL en una cápsula de estaño. • La cápsula se lleva al dispositivo automático. • Se procede al ensayo de análisis elemental y determinación automática del contenido en nitrógeno de la muestra, vía electrónica en un ordenador preparado a tal efecto. 	<p>Medida directa</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.1.13 DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ. PEE/88 KJEDAHL

TABLA 2.2.2.1.13-1

Determinación de turbidez

Fundamento	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Depende de la cantidad de sólidos en suspensión; es mayor cuanto mayor es la contaminación del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Nefenómetro • Cubetas 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de AR • Suspensión estándar de formazina (4000 NTU) 	Se calibra el equipo con la solución estándar más próxima al valor de la turbiedad de la muestra. Se mide la turbiedad de la muestra.	Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.2.2 PROCESOS DE TRATABILIDAD

2.2.2.2.1 TEST DE JARRAS

Es el procedimiento habitual utilizado en el laboratorio para determinar las condiciones óptimas de operatividad para el tratamiento de aguas residuales. Este test simula el proceso de coagulación - floculación que se utiliza para eliminar las partículas en disolución que pueden producir turbidez, olor o cambio de color del efluente.

Este método conlleva el ajuste del pH, selección del agente coagulante y de su dosis adecuada, elección de velocidad y tiempo de agitación de las palas así como tiempo de reposo posterior.

ESPECIFICACIONES

Dosis del coagulante: 50-500 ppm

Concentración del coagulante: 10 – 50%

REACTIVO

Para el presente estudio se utilizó coagulante Exro 675 al 50% (Polímero catiónico)

MATERIALES Y EQUIPO

- Equipo de test de jarras
- pH metro
- Nefenómetro
- Vasos de precipitación de 1000 mL

- Pipetas graduadas de 1 – 20 mL

PROCEDIMIENTO

Para realizar los ensayos de laboratorio, se utiliza un dispositivo llamado floculador provisto de seis puntos de agitación, que permite agitar simultáneamente, a una velocidad determinada, el líquido contenido en una serie de vasos de 1 L cada uno.

El agua a clarificar se agita en los distintos vasos, y a continuación, se adiciona el coagulante manteniendo una agitación entre 100 y 150 RPM para que la mezcla sea rápida y para que el coagulante se disperse. Dicha agitación se mantiene durante 1 a 3 minutos.

Posteriormente se reduce la agitación para promover la floculación ya que aumenta las probabilidades de colisiones entre partículas dando lugar así a mayores tamaños de flóculo. Esta etapa se mantiene de 10 a 30 minutos a una velocidad entre 35 y 60 RPM.

Finalmente se cesa la agitación para que la disolución permanezca en reposo durante 10 ó 30 minutos y estos flóculos sedimenten.

Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obtenido como son turbidez y SST.

Concluidas las distintas pruebas, se determina el volumen del lodo obtenido trasvasando el sedimento cuidadosamente a una probeta graduada.

2.2.2.2 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

Para determinar las características de sedimentación de una suspensión de partículas floculentas se realizan ensayos en una probeta graduada de 1000 mL. La probeta se debe

llenar con la muestra del agua a tratar en forma tal que se garantice una distribución uniforme de partículas de diferente tamaño desde la cima hasta el fondo.

Desde el tiempo cero se registra los datos de altura de superficie vs tiempo de sedimentación (min), para con ellos obtener la curva de sedimentación. A través de la tangente a la curva de sedimentación se obtiene el tiempo de retención real en minutos.

2.3 DATOS

2.3.1 DATOS DE PRODUCCIÓN DEL AÑO 2011 DE LA EMPRESA

A continuación se presentan los datos de producción de la Empresa Química Superior Unichem S.A. durante el año 2011

TABLA 2.3.1-1

Datos de producción 2011

LÍNEA	PRODUCTO	Kg producidos												
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agrícola	ADHERIL	3370	5264	8424	5243	1721	5459	5881	2611	-	-	-	1435	39408
Higiene	DESINFETANTE	1404	8274	6176	1023	6079	1200	4468		31	202	5223	13693	47773
	JABÓN LÍQUIDO	3539	1687	4545	785	259	199	2360	384	584	50	5025	3425	22842
	LAVAVJILLA	1770	1431	5524	7237	7003	7834	10937	20541	17433	979	6871	3364	90924
	DIASOL	1571	1788	1608	-	-	-	777	1388	-	2182	-	800	10114
Textil	TEXPÓN	1216	1984	2847	200	-	1194	1933	1016	-	3436	398	1010	15234
Cuero	LEATHERPON	5466	593	1330	-	5778	595	198	1185	1386	27	1094	-	17652

Fuente: UNICHEM S.A.

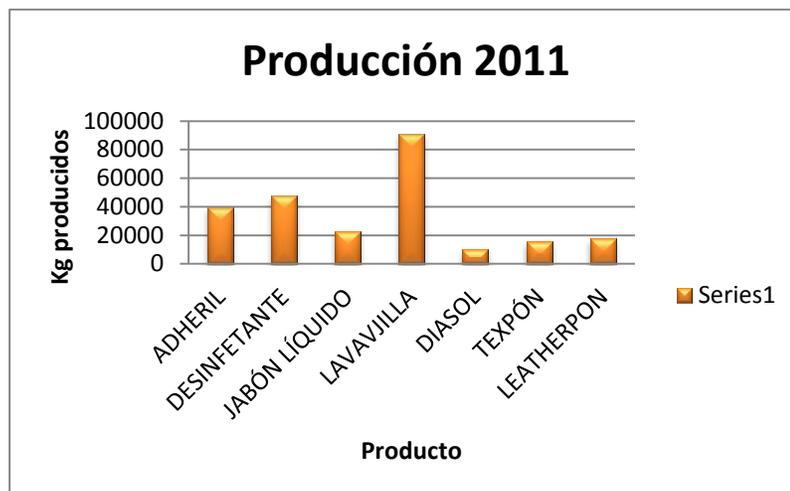


GRÁFICO 2.3.1-1. Producción total 2011

2.3.2 DATOS DE VOLUMEN DE AR - MARZO DEL 2012

Durante el mes de Marzo del presente año se hizo una cuantificación de los volúmenes de AR que se generan en la planta de producción de tensoactivos.

TABLA 2.3.2-1

Datos de volumen de AR producido durante marzo de 2012

Producto	V (m ³)	Producto	V (m ³)	Producto	V (m ³)	Producto	V (m ³)
27 de febrero – 2 de Marzo		5 – 9 de marzo		12 – 16 de marzo		19 – 23 de marzo	
Adheril	0,282	Diasol	0,15	Adheril	0,158	Adheril	0,08
Desinfectante	0,222	Jabón líquido	0,298	Desinfectante	0,08	Desinfectante	0,39
Detersol	0,080	Lavavajilla	0,156	Lavavajilla	0,156	Lavavajilla	0,234
Lavavajilla	0,300	-	-	Rindepón	0,08	-	-
TOTAL	0,884	TOTAL	0,604	TOTAL	0,474	TOTAL	0,704
∑	0,667 m ³			V diseño (+ 30% ∑)	0,867 m ³		

Fuente: UNICHEM S.A.

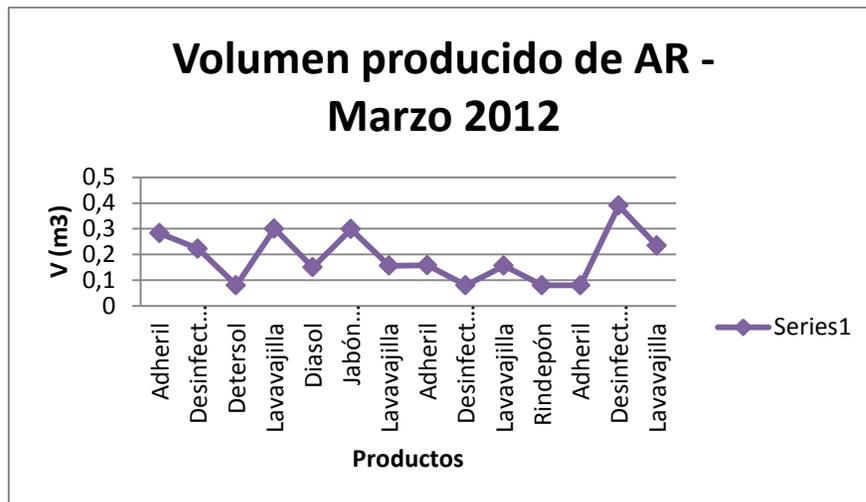


GRÁFICO 2.3.2-1. Volumen de AR producido durante marzo del 2012

2.3.3 DATOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES

Con datos de volúmenes recogidos en un tiempo, se obtuvo los caudales siguientes:

TABLA 2.3.3-1

Datos de medición de caudales

Producto	Volumen (L)	Tiempo (s)	Q (m³/d)
Adheril	10,8	60	15,552
	18	60	25,920
	11	60	15,840
Desinfectante	11,6	60	16,704
	16,5	60	23,760
	11,5	60	16,560
Ambiental	18	60	25,920
	19,65	60	28,296
	16,5	60	23,760
PROMEDIO			21,368

Fuente: UNICHEM S.A.

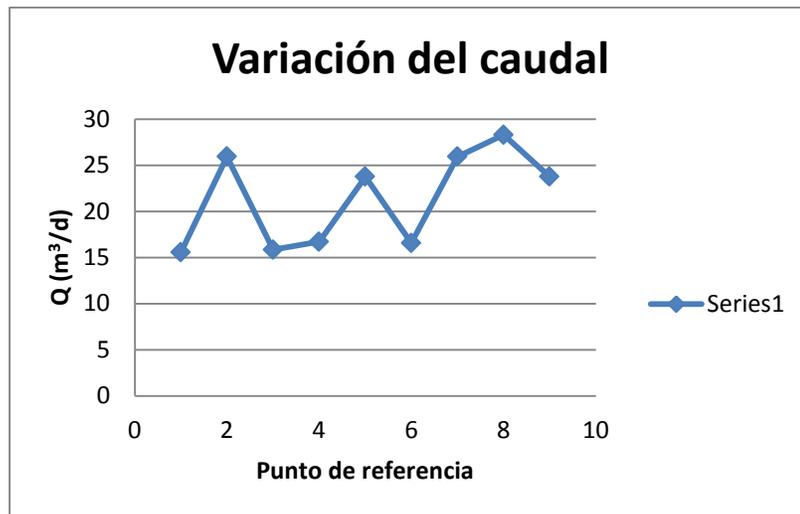


GRÁFICO 2.3.3-1 Variación del caudal

2.3.4 DATOS DE VOLUMENES Y TEMPERATURA DE MUESTREO

Las diferentes muestras recolectadas están compuestas de subproductos tales como:

TABLA 2.3.4-1

Datos de composición de Muestras de AR

Muestra	Producto	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Temperatura promedio (°C)
1	Desinfectante	1200	20	21.00
	Adheril	1400	22	
	Lavavajilla	1400	21	
2	Desinfectante	1500	18	19.67
	Adheril	1500	20	
	Lavavajilla	1000	21	
3	Desinfectante	1000	21	20.67
	Adheril	1800	21	
	Lavavajilla	1200	20	
4	Desinfectante	1500	20	20
	Adheril	1800	20	
	Lavavajilla	700	20	
Promedio				20,34

Fuente: UNICHEM S.A.

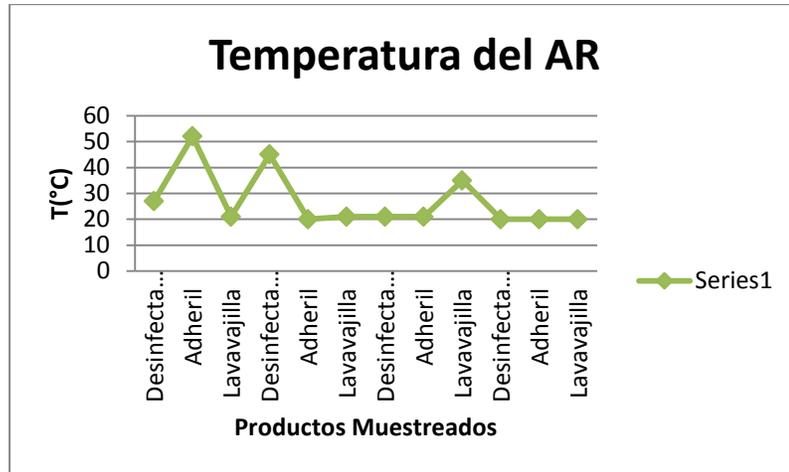


GRÁFICO 2.3.4-1 Temperatura del AR

2.3.5 DATOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AR

TABLA 2.3.5-1

Datos de los Análisis Físico Químicos del AR

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados				Resultado promedio	Valor límite permisible
			30/03/2012	17/04/2012	17/04/2012	19/04/2012		
			M1	M2	M3	M4	Mn	
Potencial de hidrógeno	pH	-	10,96	10,61	10,65	10,87	10,77	5-9
Sólidos sedimentables	-	mL/L	0,3	0,1	0,5	0,1	0,25	20
Sólidos suspendidos totales	-	mg/L	3240	800	890	1050	1495	220
Sulfuro	S ²⁻	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	1,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	121600	10650	13850	61850	51987,5	500
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/L	>5000	800	820	>5000	2905	250
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/L	62,5	40,1	31,3	14	36,975	100
Fenoles	-	mg/L	<0,02	0,36	0,73	0,13	0,31	0,2
Sólidos totales	ST	mg/L	6888	2380	2972	4472	4178	1600
Nitrógeno total	N	%	704,3	31,2	33,4	361,9	282,7	40
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	mg/L	159	5	5,2	20,63	47,458	2,0
Fósforo	PO ₄	mg/L	-	-	-	1009,68	1009,68	15

Fuente: LABORATORIO CESTTA

2.3.6 TEST DE JARRAS

De acuerdo a los análisis realizados, la turbiedad en la muestra cruda es de 3600 NTU.

2.3.6.1 VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL COAGULANTE

Para la primera prueba de Jarras se mantuvo constantes las velocidades de mezclado y se varió la dosificación del coagulante.

TABLA 2.3.6.1-1

Variación de la dosificación del coagulante

Velocidad de mezclado rápido:			150 RPM x 2 min		
Velocidad de mezclado lento:			60 RPM x 5 min		
Velocidad de decantación:			0 RPM X 15 min		
# de jarra	Volumen de Exro 675 al 50% (mL)	[Exro 675] al 50% (ppm)	SST mg/L	Turbidez (NTU)	Cantidad de sedimento (g)
1	0,4	200	1215	1100	1,58
2	0,6	300	860	715	5,31
3	0,8	400	510	435	8,05
4	1,0	500	100	48	15,07
5	1,2	600	380	281	10,61
6	1,4	700	660	475	7,04

Fuente: Nancy Salguero

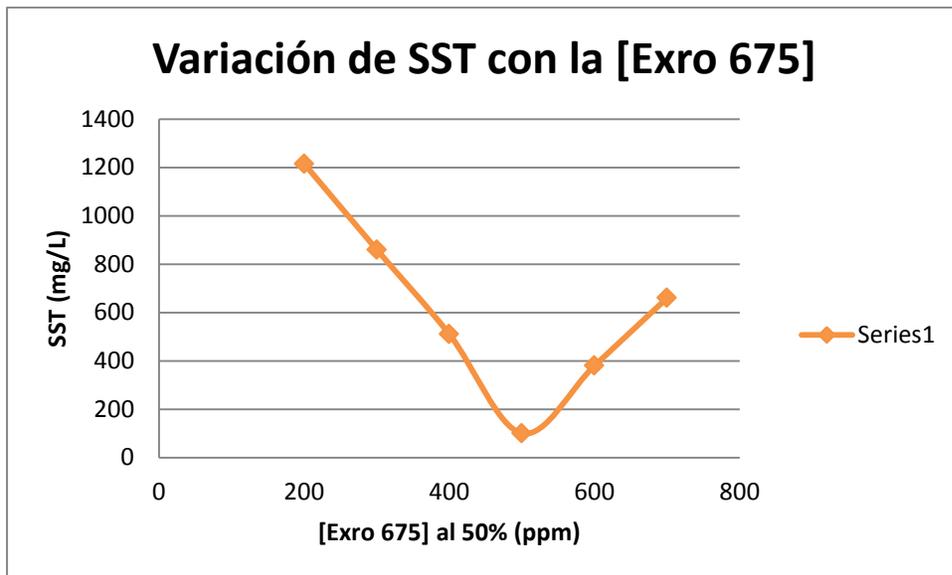


GRÁFICO 2.3.6.1-1 Variación de SST (mg/L) con la [Exro 675] al 50%

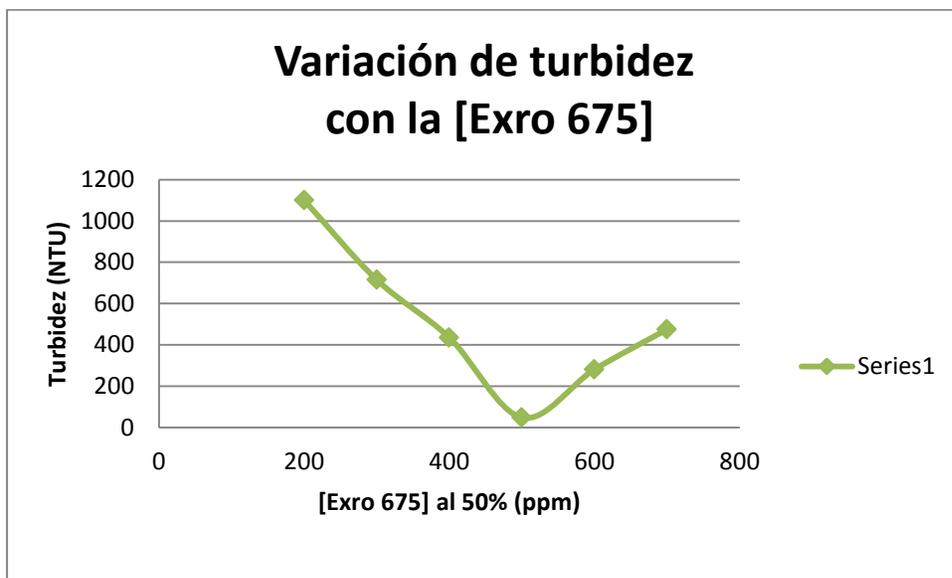


GRÁFICO 2.3.6.1-2 Variación de Turbidez (NTU) con la [Exro 675] al 50%

2.3.6.2 VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE COAGULACIÓN

En la segunda prueba de jarras se mantuvo constante la dosis del coagulante y se varió la velocidad de mezclado lento.

TABLA 2.3.6.2-1

Variación de la velocidad de Coagulación

# de Jarra	Volumen de Exro 675 al 50% (mL)	[Exro675] al 50% (ppm)	Velocidad de Mezclado lento (RPM x 5 min)	SST (mg/L)	Turbidez (NTU)	Cantidad de sedimento (g)
1	1,0	500	30	115	55	13
2	1,0	500	40	106	51	14,50
3	1,0	500	50	104	50	14,80
4	1,0	500	60	100	48	15,07
5	1,0	500	65	102	49	14,90
6	1,0	500	70	108	52	14,25

Fuente: Nancy Salguero

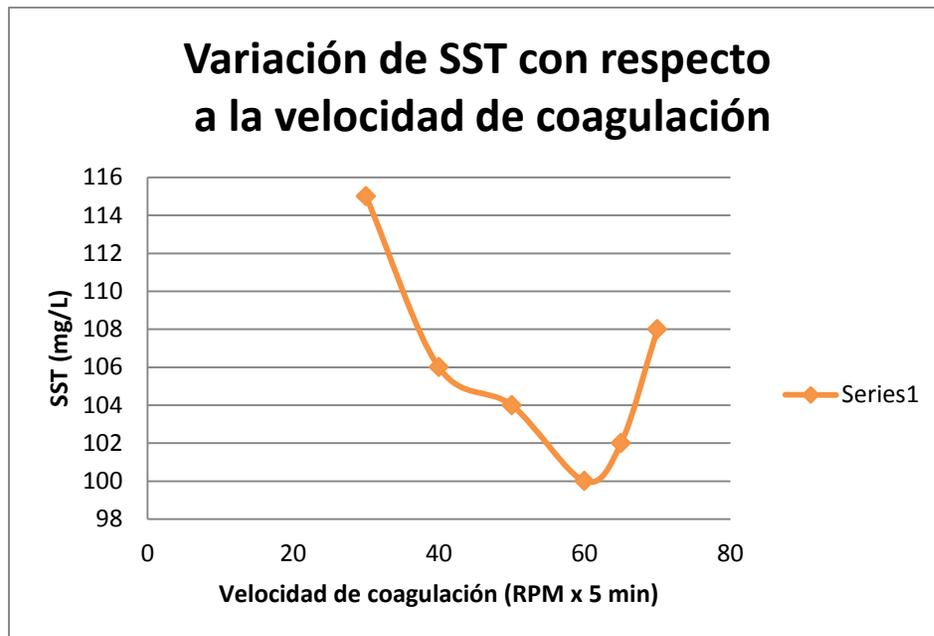


GRÁFICO 2.3.6.2-1 Variación de SST (mg/L) con respecto a la velocidad de coagulación

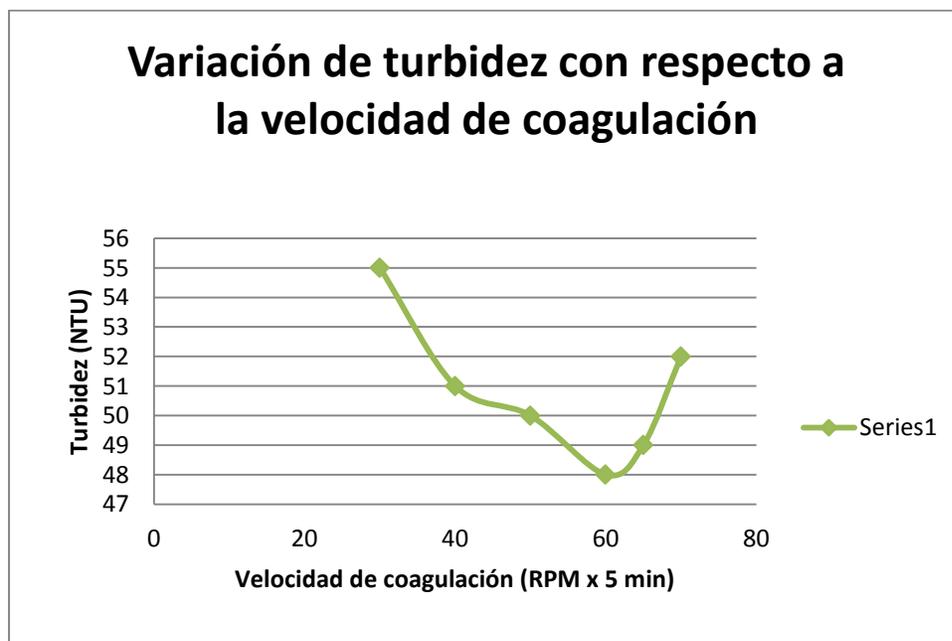


GRÁFICO 2.3.6.2-2 Variación de Turbidez (NTU) con respecto a la velocidad de coagulación

2.3.7 PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

Se tomaron los valores de altura y tiempo que se demoró en sedimentar los flóculos formados.

TABLA 2.3.7-1

Prueba de sedimentación

Altura de interfase (m)	Volumen (mL)	Tiempo (min)
0,345	1000	0,9
0,271	780	1,24
0,184	520	1,31
0,137	400	1,95
0,072	200	4,3
0,054	150	5,1
0,037	100	6,4
0,019	50	6,67
0,001	3	7,03

Fuente: Nancy Salguero

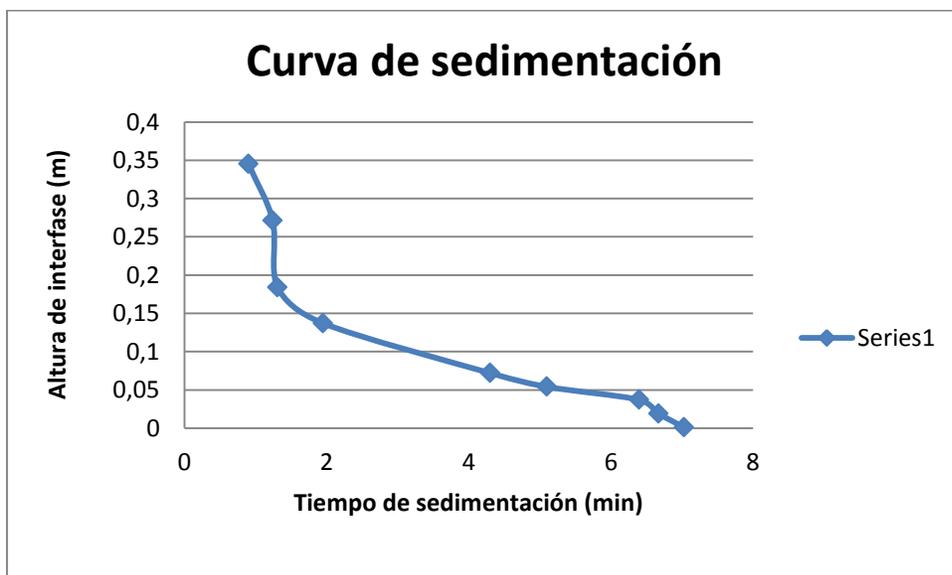


GRÁFICO 2.3.7-1 Curva de sedimentación

2.4 RESULTADOS

- Los productos de mayor demanda en el año 2011 son: lavavajilla, desinfectante y adheril.
- El volumen promedio producido durante una semana de trabajo es de 0,667 m³, y el volumen de diseño es de 0,867 m³.
- El caudal promedio es de 21,368 m³/d
- La temperatura promedio de las muestras del AR es de 20,34 °C
- De acuerdo a los Análisis físico Químicos (tabla 2.3.5-1), realizados en las muestras de AR se pudo conocer que: el pH es altamente básico (10,77) por la presencia de LAS, que es una sal; los sólidos suspendidos totales y turbidez (2.3.6) son de 1495 mg/L y 3600 NTU respectivamente, debido a aditivos como colorantes; la DQO es de 51987,5 por su alto contenido de sustancias químicas como hidróxido de calcio; por el contenido de materia orgánica procedente de compuestos orgánicos como aminas la DBO₅ es elevada (2905 ppm), los fenoles son levemente altos (0,31 ppm) por la presencia de compuestos que contienen fenol; los sólidos totales por ende van a ser elevados puesto que los SST son altos; el nitrógeno total es de 282,7 mg/L por el contenido de aminas y amonio cuaternario; los tensoactivos son de 47,458 mg/L pues todos los productos contienen LAS; y el fósforo (1009,68 mg/L) sobrepasa los límites permisibles establecidos en el TULAS por la presencia de compuestos de fósforo.
- En las pruebas de jarras, dosificando 500 ppm del coagulante Exro 765 al 50 % se obtuvo 48 NTU de turbidez, 100 mg/L de sólidos totales y una cantidad de sedimentos

de 15,07 g; logrando su mayor eficiencia de coagulación a 60 RPM de velocidad de mezclado lento.

- En la prueba de sedimentación, el flóculo tardó en sedimentar 7,03 min desde una altura de 0,345m a 0,001 m dentro de una probeta de 1000 mL.

2.5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- En base a la proyección de producción del año 2011, las muestras tomadas estaban integradas por aguas residuales de los productos de mayor demanda.
- En lo que respecta al volumen del diseño se tomó un factor de seguridad de 30%, puesto que así se asegura que en caso de existir una sobreproducción de AR el equipo tenga la capacidad suficiente para no sobresaturarse.
- De igual manera el caudal de diseño tendrá un factor de seguridad de 30%, para evitar que el equipo se colapse por un mal dimensionamiento del mismo.
- La temperatura del AR está dentro de los límites permisibles de descarga de AR a la alcantarilla, y a la misma se tomarán las diferentes propiedades del agua para dimensionar los equipos.
- El AR analizada contiene varios contaminantes fuera de los parámetros establecidos en el libro XI del TULAS, por lo que es conveniente tratarla para reducir los mismos y que el efluente se descargue a la alcantarilla sin causar daño a los causes naturales donde desemboque.
- Para dimensionar el sedimentador primario se tomarán los datos obtenidos en las pruebas de jarras y de sedimentación, como son la velocidad de coagulación y el tiempo de retención hidráulico respectivamente.

CAPÍTULO III

3 DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE TENSOACTIVOS DE LA EMPRESA QUÍMICA SUPERIOR UNICHEM S.A.

Para tratar el AR procedente del Área de producción de Tensioactivos de la Empresa Química Superior UNICHEM S.A., se dimensionará una planta de tratamiento que constará de tres equipos: un sedimentador circular primario con floculación que será agitado por una paleta, una laguna aireada aerobia de mezcla completa con un difusor y un sedimentador circular secundario. Previo al tratamiento del AR se instalará un tanque de 1 m de profundidad, 0,75 m de ancho y 1,25 m de largo (1 m^3 de capacidad), donde se conservará el AR durante 5 días antes de ser tratada.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de la planta de tratamiento de AR:

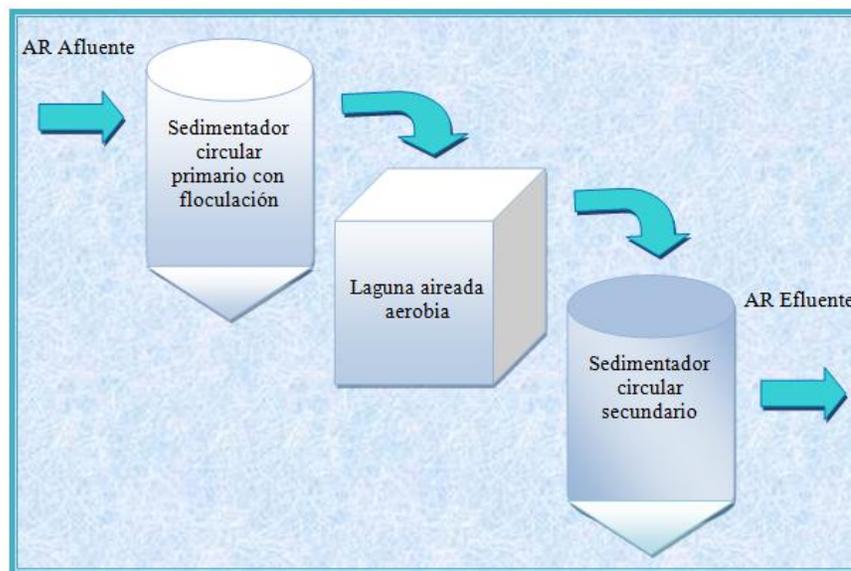


Fig. 3-1. Diagrama de flujo de la Planta de tratamiento de AR

3.1 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL SEDIMENTADOR PRIMARIO

En el siguiente cuadro se presenta la información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

TABLA 3.1-1

Criterios de diseño de tanques circular de sedimentación primaria

Parámetro	Intervalo	Valor típico
Tiempo de retención, h	1.5–2.5	2.0
Carga superficial, m ³ /m ² .d		
-Gasto medio	32-48	-
-Gasto máximo ext.	80-120	100
Carga sobre el vertedero, m ³ /m.d	125-500	250
Profundidad	3-5	4.5
Diámetro	3.6-60	12-45
Pendiente de fondo	60-160 mm/m	80
Velocidad de arrastre	0.02-0.05 rpm	0.03

Fuente: METCALF & EDDY

3.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA

3.1.1.1 GRADIENTE DE VELOCIDAD DEL FLUIDO

$$G = 0,25 * n^{1,25} \quad \text{Ec.1.4.2.2.2-1}$$

Donde:

n= 60 RPM, velocidad más eficiente de mezclado lento (Tabla 2.3.6.2-1)

$$G = 0,25 * 60^{1,25}$$

$$G = 41,747 \text{ s}^{-1}$$

3.1.1.2 POTENCIA DISIPADA EN LA MEZCLA

$$P = G^2 * \mu * V \quad \text{Ec. 2.2.2.2-1}$$

Donde:

V de diseño del sedimentador = 0,867 m³ (tabla 2.3.2-1)

A la temperatura del agua de 20 °C (tabla 2.3.4-1), se tiene:

$$\mu = 1,102 * 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$P = 41,747^2 * 1,102 * 10^{-3} * 0,867$$

$$P = 1,665 \text{ kW}$$

$$P = 2,232 \text{ HP}$$

3.1.1.3 ÁREA DE LOS MEZCLADORES DE PALETAS (PALAS)

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3} \quad \text{Ec. 1.4.2.2.3-1}$$

Donde:

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3 \text{ (T=20°C)}$$

Asumiendo los valores de:

$$C_D = 1,20 \text{ (Tabla 1.4.2.2.3-1)}$$

$$v_p = 0,75 \text{ m/s}$$

$$v = 0,6 * v_p$$

$$A = \frac{2 * 2,232}{1,2 * 998 * (0,6 * 0,75)^3}$$

$$A=0,041 \text{ m}^2$$

3.1.1.4 LONGITUD DE LA PALETA

$$l = \frac{A}{b} \quad \text{Ec.1.4.2.2.4-2}$$

Donde:

$l/b = 5$ (Tabla 1.4.2.2.3-1)

$b=l/5$

$$l = \frac{A}{l/5}$$

$$l = \sqrt{5 * A}$$

$$l = \sqrt{5 * 0,041}$$

$$l=0,452 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$b = \frac{0,452}{5}$$

$$b=0,090 \text{ m}$$

3.1.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SEDIMENTADOR CIRCULAR

3.1.2.1 CAUDAL DE DISEÑO

Aplicando el valor de \bar{Q} de la tabla 2.3.3-1 tenemos:

$$Q = \bar{Q} + FM \quad \text{Ec. 1.4.1- 2}$$

$$Q = 21,368 + (0,3 * 21,368)$$

$$Q = 27,778 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q = 3,215 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.2.2 ÁREA DEL SEDIMENTADOR

Según METCALF & EDDY la carga superficial asumida es de $48 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d}$ (Tabla 1.4.3.1.1- 1), así se tiene:

$$A = \frac{Q}{\text{Carga}} \quad \text{Ec.1.4.3.1.1-2}$$

$$A = \frac{27,778}{48}$$

$$A = 0,579 \text{ m}^2$$

3.1.2.3 RADIO DEL SEDIMENTADOR

$$r = \sqrt{\pi * A} \quad \text{Ec. 1.4.3.1.2- 2}$$

$$r = \sqrt{\pi * 0,579}$$

$$r = 1,348 \text{ m}$$

3.1.2.4 DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

$$\emptyset = 2 * r \quad \text{Ec. 2.2.2.2.2-1}$$

$$\emptyset = 2 * 1,348$$

$$\emptyset = 2,697 \text{ m}$$

3.1.2.5 ALTURA DEL SEDIMENTADOR

$$H = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. 2.2.2.2.2-1}$$

$$H = \frac{0,867}{0,579}$$

$$H = 1,498 \text{ m}$$

3.1.2.6 TIEMPO DE RETENCIÓN TEÓRICO

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 2.2.2.2.25-1}$$

$$\theta = \frac{0,867}{27,778} * 24$$

$$\Theta = 0,749 \text{ h}$$

$$\Theta = 44,945 \text{ min}$$

3.1.2.7 TIEMPO DE RETENCIÓN REAL

Las **Curvas de sedimentación** se realizan en base a pruebas de sedimentación de los flóculos para determinar el tiempo de retención más óptimo para el diseño del sedimentador primario. En base a los datos obtenidos experimentalmente en la tabla 2.3.7-1 se obtiene la siguiente curva:

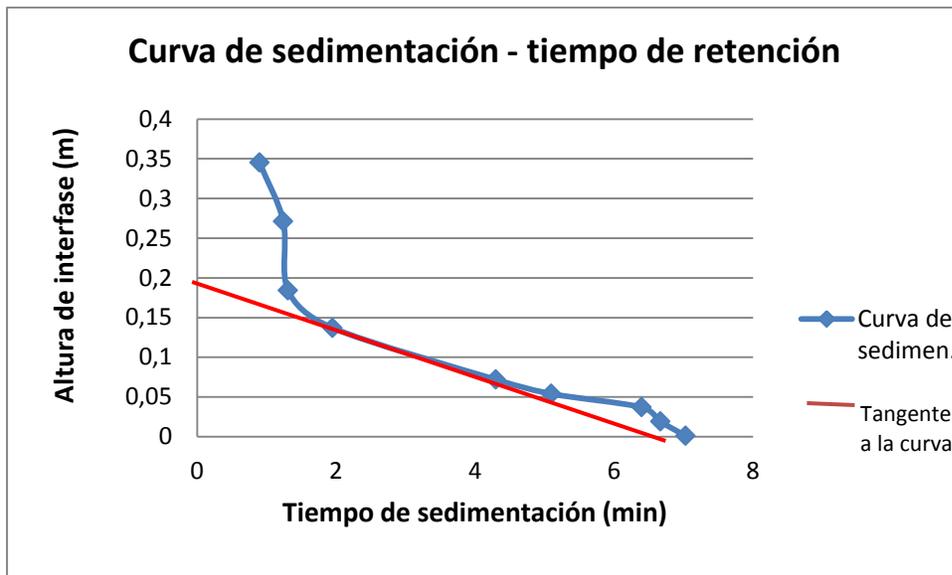


GRÁFICO 3.1.2.7-1 Curva de sedimentación – tiempo de retención

El tiempo de retención real es de 7 minutos aproximadamente.

3.1.2.8 VELOCIDAD DE ARRASTRE

La velocidad de arrastre se puede determinar asumiendo los siguientes valores según

Metcalf & Eddy:

$$k=0,05$$

$$s=1,25$$

$$g=9,806 \text{ m/s}^2$$

$$d=100 \text{ } \mu\text{m}$$

$$f=0,025$$

$$V_H = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \quad \text{Ec.2.2.2.2.26-1}$$

$$V_H = \left(\frac{8*0,05*(1,25-1)*9,806*100*10^{-6}}{0,025} \right)^{1/2}$$

$$V_H = 0,063 \text{ m/s}$$

3.1.2.9 REMOCIÓN TEÓRICA DE DBO₅

$$R_{DBO5} = \frac{\theta}{a+b*\theta} \quad \text{Ec. 2.2.2.2.2-1}$$

Asumiendo los valores de a y b (tabla 1.4.3.2.1- 3) se tiene:

$$R_{DBO5} = \frac{7}{0,018 + 0,020 * 7}$$

$$R_{DBO5} = 44,304 \%$$

3.1.2.10 REMOCIÓN DE SST

$$R_{SST} = \frac{\theta}{a+b*\theta} \quad \text{Ec. 2.2.2.2.2-1}$$

Se asume los valores de a y b de tabla 1.4.3.2.1- 4:

$$R_{SST} = \frac{7}{0,0075 + 0,014 * 7}$$

$$R_{SST}=66,351\%$$

3.2 CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE UNA LAGUNA AIREADA AEROBIA DE MEZCLA COMPLETA

Los parámetros de diseño de lagunas aireadas aerobias de mezcla completa se presentan a continuación:

TABLA 3.2-1

Parámetros de diseño del proceso de laguna de mezcla completa

Proceso	$\Theta - \Theta_c$ (h)	F/M (mg DBO ₅ aplicada/mg SSVLM*d)	Profundidad (m)
Mezcla completa	3-5	0,2-0,6	1,6-4,5

Fuente: METCALF & EDDY

3.2.1 CONCENTRACIÓN DE DBO₅ EN EL AFLUENTE

$$S_o = DBO_5 - (R_{DBO_5}/100) * DBO_5 \quad \text{Ec.3.2.1-1}$$

De los resultados obtenidos en el análisis físico químico del agua residual (tabla 2.3.5-1) se tiene que DBO₅=2905 mg/L

$$S_o = 2905 - 0,443 * 2905$$

$$S_o = 1617,975 \text{ mg/L}$$

3.2.2 CONCENTRACIÓN DE DBO₅ EN EL EFLUENTE

$$X_{v,a(\Theta)} = \frac{Y(S_o - S_e)}{1 + k_d * \Theta} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.3-1}$$

Despejando y reemplazando $X_{v,a(\Theta)}$ de la ec. 1.4.4.2.2-1, tenemos:

$$\frac{S_o}{\Theta * F/M} = \frac{Y(S_o - S_e)}{1 + k_d * \Theta}$$

$$\Theta = \frac{S_o}{\frac{F}{M} * Y * S_o - Y * S_e * \frac{F}{M} - k_d * S_o}$$

Reemplazando Θ en la ec. 1.4.4.2.1-2, así se tiene:

$$\frac{S_o}{\frac{F}{M} * Y * S_o - Y * S_e * \frac{F}{M} - k_d * S_o} = \frac{1}{Y * k * S_e - k_d}$$

$$S_e = \frac{\frac{F}{M} * Y * S_o}{Y * S_o * k + \frac{F}{M} * Y}$$

Se pueden asumir los siguientes valores:

$F/M=0,6$ Kg DBO₅ aplicada/Kg SSVLM*d (Tabla 1.4.4.1-1)

$Y=0,8$ g MLVSS/g DBO₅

$k= 0,10$ L/mg*d

$$S_e = \frac{0,6 * 0,8 * 1617,975}{0,8 * 1617,975 * 0,10 + 0,6 * 0,8}$$

$$S_e = 5,978 \text{ mg/L}$$

3.2.3 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

$$\theta\theta = \frac{1}{Y * k * S_e - k_d} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.1-1}$$

Asumiendo el siguiente valor:

$k_d=0,20$ d⁻¹

$$\theta\theta = \frac{1}{0,8 * 0,10 * 5,978 - 0,20}$$

$$\theta = 3,594 \text{ d}$$

3.2.4 CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV) EN LA MASA LÍQUIDA DE LA LAGUNA Y EN EL EFLUENTE

$$X_{v,a(\theta)} = \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + k_d \cdot \theta} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.3-1}$$

$$X_{v,a(\theta)} = \frac{0,8(1617,975 - 5,978)}{1 + (0,20 * 3,594)}$$

$$X_{v,a(\theta)} = 750,273 \text{ mg/L}$$

3.2.5 CONCENTRACIÓN REAL DE DBO₅ EN EL EFLUENTE

$$S'_e = S_e + 0,54X_{v,a(\theta)} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.4-1}$$

$$S'_e = 5,978 + 0,54 * 750,273$$

$$S'_e = 411,125 \text{ mg/L}$$

3.2.6 RENDIMIENTO EN LA DEPURACIÓN

$$E = \frac{S_0 - S'_e}{S_0} * 100 \quad \text{Ec. 1.4.4.2.5-1}$$

$$E = \frac{1617,975 - 411,125}{1617,975} * 100$$

$$E = 74,590 \%$$

3.2.7 CORRECCIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

$$\theta = \frac{1}{Y * k * S'_e - k_d} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.1-1}$$

$$\theta\theta = \frac{1}{0,8 * 0,10 * 411,125 - 0,20}$$

$$\theta\theta = \theta_c = 0,031 \text{ d}$$

$$\theta = \theta_c = 0,743 \text{ h}$$

3.2.8 VOLUMEN DE LA LAGUNA

$$V=Q*\Theta \quad \text{Ec. 1.4.4.2.6-1}$$

$$V=27,778*0,031$$

$$V=0,850 \text{ m}^3$$

3.2.9 LARGO, ANCHO Y PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

$$V=L*a*H \quad \text{Ec. 3.2.9-1}$$

Asumiendo que:

$$H=1,0 \text{ m}$$

$$L=2a$$

$$V=3a*a*1$$

$$a = \sqrt{\frac{V}{2}}$$

$$a = \sqrt{\frac{0,850}{2}}$$

$$a=0,652 \text{ m}$$

De donde:

$$L=2*0,652$$

$$L=1,304 \text{ m}$$

3.2.10 PRODUCCIÓN OBSERVADA

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1+K_d \cdot \theta_c} \quad \text{Ec. 1.4.4.2.8-1}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{0,8}{1 + 0,2 * 0,031}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0,795 \text{ mg SSV/mg DBO}_5$$

3.2.11 PRODUCCIÓN DE FANGOS

La producción diaria de fangos que hay que purgar se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$P_x = Y_{\text{obs}} \cdot Q \cdot (S_o - S'_e) * 10^{-3} \quad \text{Ec. 1.4.47.2.9-1}$$

$$P_x = 0,975 * 27,778 * (1617,975 - 411,125) * 10^{-3}$$

$$P_x = 79,968 \text{ SSV kg/d}$$

3.2.12 REQUERIMIENTO DE OXÍGENO

$$WO_2 = [a(S_o - S_e) \cdot Q + b * X_{v,a(\Theta)} * V] / 1000 \quad \text{Ec. 1.4.4.2.10-1}$$

Donde:

a= 0,3 kg O₂ para energía/kg DBO₅

b= 0,11 kg O₂/kg SSVTA*d

$$WO_2 = [0,3 * (1617,975 - 411,125) * 27,778 + 0,11 * 750,273 * 0,850] / 1000$$

$$WO_2 = 10,127 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

3.2.13 DIFUSOR

3.2.13.1 CORRECCIÓN DE C_{sw}

$$C'_{sw} = C_{sw} \left(\frac{P_A - p}{760 - p} \right) \quad \text{Ec. 1.4.5.1.2-1}$$

Donde:

$$P_A = 546 \text{ mm Hg}$$

$$p = 18 \text{ mm Hg (a } 20 \text{ }^\circ\text{C)}$$

Según Ramalho se puede asumir:

$$C_{sw} = 8,4 \text{ mg/L (a } 760 \text{ mm Hg)}$$

$$C'_{sw} = 8,4 * \left(\frac{546 - 18}{760 - 18} \right)$$

$$C'_{sw} = 5,997 \text{ mg/L}$$

3.2.13.2 TASA DE TRANSFERENCIA TOTAL DE OXÍGENO EN EL CAMPO

$$N = N_o \left[\alpha \left(\frac{\beta \cdot C'_{sw} - C_L}{C_{st}} \right) * (1,024^{(T-20)}) \right] \quad \text{Ec. 1.4.5.1.1-1}$$

Asumiendo los valores de:

$$N_o = 1,750 \text{ kgO}_2/\text{Kw.h}$$

$$\alpha = 0,87$$

$$\beta = 0,97$$

$$C_L = 2,0 \text{ mg/L}$$

$$C_{st} = 9,17 \text{ mg/L}$$

$$T = 20^\circ\text{C}$$

$$N = 1,75 \left[0,87 \left(\frac{0,97 * 5,977 - 2,0}{9,17} \right) * (1,024^{(20-20)}) \right]$$

$$N = 0,631 \text{ kg} \frac{\text{O}_2}{\text{kW}} \cdot \text{h}$$

3.2.13.3 POTENCIA TOTAL NECESARIA

$$P_t = \frac{W_{O_2}}{24 * N} \quad \text{Ec.1.4.5.1.3-1}$$

$$P_t = \frac{10,127}{24 * 0,631}$$

$$P_t = 0,669 \text{ kW}$$

$$P_t = 0,897 \text{ HP}$$

3.2.13.4 POTENCIA UNITARIA DE AIREACIÓN

$$P = \frac{P_t}{V} \quad \text{Ec.1.4.5.1.4-1}$$

$$P = \frac{0,669}{0,850}$$

$$P = 0,787 \text{ kW/m}^3$$

3.3 SEDIMENTADOR CIRCULAR SECUNDARIO

A continuación se presentan algunos parámetros de diseño de un sedimentador secundario circular:

TABLA 3.3-1

Información para el diseño de sedimentadores circulares empleados en el tratamiento secundario de AR

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor usual
Profundidad	m	3-7	5
Diámetro	m	3-60	12-45
Pendiente de fondo	m/m	0.06-0.17	0.08
Velocidad del barredor	rpm	0.02-0.05	0.03

Fuente: CRITES-TCHOBANOGLOUS

3.3.1 ÁREA DEL SEDIMENTADOR

$$A = \frac{Q}{\text{Carga}} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.1-1}$$

Según METCALF & EDDY, se puede asumir

Carga= 49 m³/m².d (tabla 1.4.6.2.1-1)

$$A = \frac{27,778}{49}$$

$$A = 0,567 \text{ m}^2$$

3.3.2 RADIO DEL SEDIMENTADOR

$$r = \sqrt{\pi * A} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.2-1}$$

$$r = \sqrt{\pi * 0,567}$$

$$r = 1,335 \text{ m}$$

3.3.3 DIÁMETRO DEL SEDIMENTADOR

$$\emptyset = 2 * r \quad \text{Ec. 1.4.6.2.3-1}$$

$$\emptyset = 2 * 1,335$$

$$\emptyset = 2,669 \text{ m}$$

3.3.3.1 REPARTO CENTRAL

$$R_{\text{central}}=0,25*\emptyset \quad \text{Ec. 1.4.6.2.3-2}$$

$$R_{\text{central}}=0,25*2,669$$

$$R_{\text{central}}=0,667 \text{ m}$$

3.3.4 VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

$$V = A * P \quad \text{Ec. 1.4.6.2.4-1}$$

Asumiendo que:

$$P=1 \text{ m}$$

$$V=0,567*1$$

$$V=0,567 \text{ m}$$

3.3.4.1 ALTURA DE REPARTO

$$H_{\text{reparto}}=0,25*P \quad \text{Ec.1.4.6.2.5-1}$$

$$H_{\text{reparto}}=0,25*1$$

$$H_{\text{reparto}}=0,25 \text{ m}$$

3.3.5 CONCENTRACIÓN DE LODO EN EL FONDO (X_{Tr})

Según EKAMA & MARAIS en la tabla 1.4.6.2.5-1, se asume que:

$$X_{Tr} = 8000 \text{ mg/L}$$

3.3.6 CARGA SOBRE VERTEDEROS

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi * \phi} \quad \text{Ec. 1.4.6.2.7-1}$$

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{27.778}{\pi * 2,669}$$

$$C_{\text{vertedero}} = 3,313 \frac{\text{m}^3}{\text{m}} \cdot \text{d}$$

3.4 DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y POTENCIAS DE LAS BOMBAS

3.4.1 PRIMERA SECCIÓN

3.4.1.1 DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA

Aplicando la clase III de Mecánica de Fluidos tenemos:

$$D = \left(\frac{f \cdot L \cdot (4 \cdot Q)^2}{(Z_2 - Z_1) \cdot 2 \cdot g} \right)^{0,2} \quad \text{Ec.3.6.1.1-1}$$

Donde:

D= diámetro interno teórico, mm

f= factor de fricción de Darcy-Weisbach

L=longitud de la tubería, m

Q=caudal, m³/s

Z₁= altura de succión, m

Z₂=Altura de descarga, m

g= aceleración de la gravedad, m/s²

$$D = \left(\frac{0,025 \cdot 138 \cdot (4 \cdot 0,0077)^2}{(1 - 0) \cdot 2 \cdot 9,806} \right)^{0,2}$$

$$D=0,176 \text{ m} = 175,729 \text{ mm}$$

Aplicando el Anexo 9 se obtiene:

$$DN = 6 \text{ pulg} = 0,152 \text{ m}$$

Donde:

DN= diámetro nominal, (pulg, m)

3.4.1.2 POTENCIA DE LA BOMBA

DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO DE FLUIDOS NEWTONIANOS Y NO NEWTONIANOS		
INFORMATICA APLICADA	Desarrollado por: Gerardo León Ch.	© 2008 Versión 2.a

NOMBRE:	Nancy Salguero	FECHA:	sep-12
DESCRIPCION:			
Tipo de Bomba:	Centrífuga		

MATERIAL DE TUBERIA	TIPO
Acero Remachado	
Concreto	
Madera Cepillada	
Hierro Fundido	
Hierro Galvanizado	
Hierro Fundido Asfaltado	
Acero Comercial	
Hierro Forjado	
Tubería Estirada ó PVC ó Cobre y Latón	x
Otros, (Rugosidad, mm)	
Rugosidad, (m)	0,000015

PARAMETRO	VALOR
Caudal, (m3/s)	7,70E-03
No. de Bombas	1
Caudal Unitario, (m3/s)	0,0077
Densidad, (Kg/m3)	998
Visc. Cinemática, (m2/s)	1,10E-06
Presión Atm. (Pa)	7,28E+04
Presión Vapor, (Pa)	1,71E+03
Factor, K	1
Eficiencia Bomba, (%)	75

PARÁMETROS DE BOMBEO

PRESION EJERCIDO POR ALTURA	
Densidad, (Kg/m3) :	998
Altura de Fluido, (m):	
Presión, (N/m2) :	

PARAMETRO	SUCCION	DESCARGA
Succión, (P,N)	N	Negativa
Longitud de Tubería, (m)	136	2
Altura Estática, (m)		1
Diámetro de Tubería, (m)	0,152	0,152
Presión Manométrica, (Pa)		
Velocidad del Fluido, (m/s)	0,4243	0,4243
Número de Reynolds	58423,58	58423,58
Tipo de Flujo	Turbulento	Turbulento
Factor de Fricción, f	0,0201	0,0201

RESULTADOS DEL DISEÑO	
Pérdidas Totales, (m) :	0,40
Carga Consum. en Perd.(%) :	40,07
Succión, (m) :	0,31
HDT, (m) :	1,41
Potencia Hidráulica, (KW) :	0,1062
(HP) :	0,14
Potencia Motor Bomba, (KW) :	0,1417
(HP) :	0,19
NPSHa, (m) :	6,96
Presión de Salida Bomba, (Atm):	0,13
Altura Máx. de Succión, (m) :	6,96
Carga Velocidad Succión, (m) :	0,0092
Margen de Cavitación, (m H2O):	9,52

ACCESORIOS	SUCCION	DESCARGA
Valvula Globo	1	1
Válvula Angulo		
Válvula Retención		
Válvula Compuerta		
Codo en U		
T estándar		
Codo Estándar	5	1
Codo Radio Medio		
Codo Radio Largo		
Codo 45		
Entrada		
Salida		
Brida		
Otros, (Sumatoria)		
K TOTAL	14,5	10,9
hL, (m)	0,2982	0,1025

OBSERVACIONES:

3.4.2 SEGUNDA SECCIÓN

3.4.2.1 DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA

$$D = \left(\frac{0,025 * 9,5 * (4 * 0,0077)^2}{(2 - 0) * 2 * 9,806} \right)^{0,2}$$

$$D=0,090 \text{ m} = 89,579 \text{ mm}$$

Aplicando en Anexo 9 se obtiene:

$$DN= 3 \text{ pulg} = 0,076 \text{ m}$$

3.4.2.2 POTENCIA DE LA BOMBA

DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO DE FLUIDOS NEWTONIANOS Y NO NEWTONIANOS
INFORMATICA APLICADA Desarrollado por: Gerardo León Ch. © 2008 Versión 2.a

NOMBRE:	Nancy Salguero	FECHA:	sep-12
DESCRIPCION:	Tipo de Bomba: Centrífuga		

MATERIAL DE TUBERIA	TIPO
Acero Remachado	
Concreto	
Madera Cepillada	
Hierro Fundido	
Hierro Galvanizado	
Hierro Fundido Asfaltado	
Acero Comercial	
Hierro Forjado	
Tubería Estirada ó PVC ó Cobre y Latón	x
Otros, (Rugosidad, mm)	
Rugosidad, (m)	0,0000015

PARÁMETROS DE BOMBEO

PARAMETRO	SUCCION	DESCARGA
Succión, (P,N)	N	Negativa
Longitud de Tubería,(m)	2	7,5
Altura Estática, (m)		2
Diámetro de Tubería, (m)	0,102	0,102
Presión Manométrica,(Pa)		
Velocidad del Fluido, (m/s)	0,9423	0,9423
Número de Reynolds	87062,59	87062,59
Tipo de Flujo	Turbulento	Turbulento
Factor de Fricción, f	0,0185	0,0185
ACCESORIOS	SUCCION	DESCARGA
Valvula Globo	1	1
Valvula Angulo		
Válvula Retención		
Válvula Compuerta		
Codo en U		
T estándar		
Codo Estándar	2	4
Codo Radio Medio		
Codo Radio Largo		
Codo 45		
Entrada		
Salida		
Brida		
Otros, (Sumatoria)		
K TOTAL	11,8	13,6
hL, (m)	0,5506	0,6772

PARAMETRO	VALOR
Caudal, (m3/s)	7,70E-03
No. de Bombas	1
Caudal Unitario, (m3/s)	0,0077
Densidad, (Kg/m3)	998
Visc. Cinemática,(m2/s)	1,10E-06
Presión Atm. (Pa)	7,28E+04
Presión Vapor, (Pa)	1,71E+03
Factor, K	1
Eficiencia Bomba, (%)	75

PRESION EJERCIDO POR ALTURA	
Densidad, (Kg/m3) :	998
Altura de Fluido, (m):	
Presión, (N/m2) ;	

RESULTADOS DEL DISEÑO	
Pérdidas Totales, (m) :	1,23
Carga Consum. en Perd.(%):	61,39
Succión, (m) :	0,60
HDT, (m) :	3,27
Potencia Hidráulica, (KW) :	0,2467
(HP) :	0,33
Potencia Motor Bomba, (KW) :	0,3289
(HP) :	0,44
NPSHa, (m) :	6,71
Presión de Salida Bomba, (Atm):	0,29
Altura Máx. de Succión, (m) :	6,71
Carga Velocidad Succión, (m) :	0,0453
Margen de Cavitación, (m H2O):	9,23

OBSERVACIONES:

3.4.3 TERCERA SECCIÓN

3.4.3.1 DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA

$$D = \left(\frac{0,025 * 6,5 * (4 * 0,0077)^2}{(1,5 - 1) * 2 * 9,806} \right)^{0,2}$$

$$D=0,110 \text{ m} = 109,561 \text{ mm}$$

Aplicando en Anexo 9 se obtiene:

$$DN= 4 \text{ pulg} = 0,102 \text{ m}$$

3.5 RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

TABLA 3.5-1

Resumen del dimensionamiento de la Planta de tratamiento de agua residual

Equipo	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Sedimentación Primaria				
Paleta	Gradiente de velocidad de fluido	G	41,747	s ⁻¹
	Potencia disipada en la mezcla	P	1,665	kW
			2,232	HP
	Área de la paleta	A	0,041	m ²
	Longitud de la paleta	l	0,452	m
Ancho de la paleta	b	0,090	m	
Sedimentador circular	Caudal de diseño	Q	27,778	m ³ /d
			3,215*10 ⁻⁴	m ³ /s
	Área	A	0,579	m ²
	Radio	r	1,348	m
	Diámetro	∅	2,697	m
	Altura	H	1,498	m
	Tiempo de retención teórico	∅	0,749	h
			44,945	min
	Tiempo de retención real	∅	7	min
	Velocidad de arrastre	V _H	0,063	m/s
	Remoción teórica de DBO ₅	R _{DBO5}	44,304	%
	Remoción de SST	R _{SST}	66,351	%

Tratamiento Biológico				
Laguna aireada aerobia de mezcla completa	Concentración de DBO ₅ en el afluente	S _o	1617,975	mg/L
	Concentración de DBO ₅ en el efluente	S _e	5,978	mg/L
	Concentración real de DBO ₅ en el efluente	S' _e	411,125	mg/L
	Rendimiento de depuración	E	74,590	%
	Tiempo de retención hidráulica	θ	3,594	d
	Corrección del tiempo de retención hidráulica y edad de los lodos	θθ = θ _c	0,031	d
			0,743	h
	Concentración de sólidos suspendidos volátiles en la masa líquida de la laguna y el efluente	X _{v,a(θ)}	750,273	mg/L
	Volumen de la laguna	V	0,850	m ³
	Ancho de la laguna	a	0,652	m
	Largo de la laguna	L	1,304	m
	Altura de la laguna	H	1,0	m
	Producción observada	Y _{obs}	0,795	mg SSV/mg DBO ₅
	Producción de fangos	P _x	79,968	SSV kg/d
Requerimiento de Oxígeno	WO ₂	10,127	kg O ₂ /d	
Difusor	Corrección de C _{sw}	C' _{sw}	5,997	mg/L
	Tasa de transferencia total de oxígeno en el campo	N	0,631	kg $\frac{O_2}{kW} \cdot h$

	Potencia total necesaria	P_t	0,669	kW
			0,897	HP
	Potencia Unitaria de aireación	P	0,787	kW/m ³
Sedimentación secundaria				
Sedimentador Circular	Área	A	0,567	m ²
	Radio	r	1,335	m
	Diámetro	\emptyset	2,669	m
	Reparto central	R_{central}	0,667	m
	Volumen	V	0,567	m
	Profundidad	P	1,000	m
	Altura de reparto	H_{reparto}	0,25	m
	Concentración de lodos en el fondo	X_{Tr}	8000	mg/L
Carga sobre vertederos	$C_{\text{vertederos}}$	3,313	m ³ /m.d	
Sistema de tubería y Potencias de la bomba				
Primera sección	Longitud de tubería (succión)	L	136	m
	Longitud de tubería (descarga)	L	2	m
	Diámetro interno teórico	D	0,176	m
			175,729	mm
	Diámetro nominal	DN	6	pulg
			0,152	m
Potencia Motor Bomba	P	0,1062	KW	
		0,19	HP	
Segunda sección	Longitud de tubería (succión)	L	2	m
	Longitud de tubería (descarga)	L	7,5	m

	Diámetro interno teórico	D	0,090	m
			89,579	mm
	Diámetro nominal	DN	3	pulg
			0,076	m
	Potencia Motor Bomba	P	0,329	KW
			0,44	HP
Tercera sección	Longitud de tubería	L	6,5	m
	Diámetro interno teórico	D	0,110	m
			109,561	mm
	Diámetro nominal	DN	4	pulg
0,102			m	

Fuente: Nancy Salguero

3.6 REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL AR

TABLA 3.6-1

Remoción de contaminantes del AR

Parámetros	Expresado como	Concentración en el afluente (mg/L)	Sedimentador circular primario		Laguna aireada aerobia de mezcla completa		Sedimentador circular secundario		% de remoción Total	Valor límite permisible (mg/L)
			Concentración en el efluente (mg/L)	% de Remoción	Concentración en el efluente (mg/L)	% de Remoción	Concentración en el efluente (mg/L)	% de Remoción		
Sólidos suspendidos totales	SST	1495	*100	93,31	**40	60	**20	50	98,66	220
Demanda química de oxígeno	DQO	51987,5	*4000	92,31	**800	80	**480	40	99,08	500
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	2905	1617,975	44,30	411,125	74,59	**246,675	40	91,51	250
Nitrógeno total	N	282,7 %	**254,430	10	**127,215	50	**114,49	10	59,50	40 %
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	47,458	**42,712	10	**21,356	50	**19,220	10	59,50	2,0
Fósforo	PO ₄	1009,68	**807,744	20	**323,098	60	**258,478	20	74,400	15

Fuente: Nancy Salguero/ *Determinado experimentalmente / **Remoción de acuerdo a la eficiencia teórica

3.7 PROPUESTA

El agua residual procedente del Área de producción de tensoactivos de la Empresa Química Superior Unichem, al contener una gran cantidad de DBO₅, DQO y otros componentes que se encuentran fuera de especificación, debe ser tratada adecuadamente antes de ser vertida a un cauce natural, con el fin de disminuir su poder contaminante; para lograr éste objetivo se ha diseñado una planta de tratamiento que se describe a continuación:

El AR que procede del lavado de los reactores de producción será recogida a través de una tubería PVC de diámetro seis pulgadas y una longitud total de 138 m. La misma será transportada con ayuda de una bomba centrífuga de 0,5 HP hacia un tanque de hormigón armado de 1 m de profundidad, 0,75 m de ancho y 1,25 m de largo, cuya capacidad es de 1 m³, donde será conservada durante cinco días antes de ser tratada.

Para eliminar una gran cantidad de sólidos suspendidos totales, se utilizará un sedimentador circular de acero de carbono con alimentación central, de 2,7 m de diámetro y 1,5 m de profundidad; para lograr una floculación eficiente se adaptará una paleta de acero inoxidable de 0,5 m de longitud y 0,09 m de ancho.

Para lograr la eliminación del contenido de materia orgánica, el agua pasará a una laguna aireada aerobia de mezcla completa de hormigón armado de 1,3 m de largo, 0,7 m de ancho y 1 m de profundidad; para lograr una mejor aireación se utilizará un difusor de burbuja fina.

Finalmente, el AR antes de ser descargada pasará a un sedimentador circular secundario de acero de carbono de 2,6 m de diámetro y 1 m de profundidad, donde se eliminarán los contaminantes que hayan quedado.

A la salida del sedimentador primario y de la laguna de mezcla completa se colocarán válvulas de globo para el control de flujos, y en el sedimentador secundario se pondrá una válvula de compuerta con el mismo fin.

3.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los 3 equipos que compondrán la Planta de tratamiento de agua residual procedente del área de producción de tensoactivos están dimensionados de acuerdo a la capacidad de generación de la planta que es de 0,867 m³ de agua residual; siendo esta una cantidad pequeña, pero que en contaminación es imprescindible tratarla, puesto que contiene 1495 mg/L de SST; 51987,5 mg/L de DQO y 2095 mg/L de DBO₅, entre otros.

Tanto el sedimentador primario, como la laguna de aireación y el sedimentador secundario, no se encuentran dentro de los parámetros de dimensionamiento típicos para cada uno de los mismos, ya que la cantidad de agua a tratar es menos de 1 m³, representando alrededor de un 5% del volumen promedio que se maneja en otras plantas de tratamiento de efluentes, como es el caso de Promarosa ubicada en el puerto pesquero de Chanduy – Santa Elena que trata alrededor de 20 m³.

De igual manera el tiempo de retención teórica de cada equipo, al ser directamente proporcional al volumen tratado no puede estar dentro de los valores utilizados en otras plantas, ya que como se mencionó anteriormente la cantidad de agua a tratar es mínima.

Con el sistema de tratamiento utilizado que consta de: un sedimentador con floculación, donde se utilizará coagulante Exro 675 para eliminar la turbidez del AR; una laguna aerobia de mezcla completa con aireación generada por medio de un difusor utilizada para disminuir la cantidad de materia orgánica y un sedimentador secundario que disminuye en menor cantidad algunos contaminantes; se logró una remoción de 98,66% de SST; 99,08% de DQO y 91,51% de DBO₅, lo que permite que dichos contaminantes se encuentren dentro de los parámetros permisibles de descarga a la alcantarilla, establecidos en el TULAS.

Comparando con el sistema de tratamiento utilizada en Promarosa que consta de un tanque equalizador, un tanque de coagulación con sulfato de aluminio y un tanque de flotación con aire difuso, que remueve 56,32% de SST; 86,19% de DQO y 88,46% de DBO₅; se puede decir que el sistema propuesto es muy eficiente en la remoción de contaminantes.

3.9 ANÁLISIS PRESUPUESTAL

3.9.1 COSTO DE INVERSIÓN

TABLA 3.9.1-1

Costo de equipos y accesorios

Cantidad	Equipo/ accesorio	Material	Capacidad/ dimensiones	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
2	Bomba centrífuga	Hierro fundido	0,5 HP	407,00	814,00
138 m	Tubería	PVC	DN=6 pulg	7,00/m	966,00
9,5 m	Tubería	PVC	DN=3 pulg	2,00/m	19,00
6,5 m	Tubería	PVC	DN=4 pulg	3,30/m	21,45
6	Codo de 90°	PVC	DN=6 pulg	4,17	25,02
6	Codo de 90°	PVC	DN=3 pulg	1,00	6,00
5	Codo de 90°	PVC	DN=4 pulg	3,00	15,00
2	Válvula de globo	Acero inoxidable	DN=6 pulg	136,00	272,00
2	Válvula de globo	Acero inoxidable	DN=3 pulg	100,00	200,00
1	Válvula de globo	Acero inoxidable	DN=4 pulg	110,00	110,00
1	Válvula de compuerta	Acero Inoxidable	DN=4pulg	120,00	120,00
1	Tanque	Hormigón armado	1 m ³	400,00	400,00
1	Sedimentador primario con floculación	Acero de Carbono	1 m ³	1000,00	1000,00
1	Laguna aerobia de mezcla completa	Hormigón armado	1 m ³	400,00	400,00
1	Difusor de burbuja gruesa	EPDM (Etileno Propileno Dieno tipo M ASTM)	32 mm de diámetro (Anexo 10)	750,00	750,00

1	Sedimentador secundario	Acero de Carbono	1 m ³	700,00	700,00
TOTAL					5818,47

Fuente: Nancy Salguero

TABLA 3.9.1-2

Costo de instalación hidráulica y mano de obra

Ítem	Costo (\$)
Instalación hidráulica	1000,00
Mano de obra	700,00
TOTAL	1700

Fuente: Nancy Salguero

TABLA 3.9.1-3

Total costo de inversión

Detalle	Costo (\$)
Equipos y accesorios	5818,47
Instalación hidráulica y mano de obra	1700,00
TOTAL	7518,47

Fuente: Nancy Salguero

3.9.2 COSTO DE OPERACIÓN

TABLA 3.9.2-1

Costo del tratamiento del AR

Producto	Dosis	Costo por kg (\$)	Costo por volumen de AR a tratar (\$)
Polímero catiónico (Exro 675)	500 mg/L	295,00	130,05
COSTO MENSUAL (4 VECES POR MES)			520,20

Fuente: Nancy Salguero

TABLA 3.9.2-2

Costo total de operación

Detalle	Costo (\$)
Operador	292,00
Mantenimiento	292,00
Servicios básicos	30,00
Tratamiento	520,20
TOTAL	1134,20

Fuente: Nancy Salguero

3.9.3 COSTO TOTAL

TABLA 3.9.3-1

Costo Total

Item	Costo (\$)
Costo de Inversión	7518,47
Costo de operación	1134,20
SUBTOTAL	8652,67
Imprevistos (10 %)	865,267
TOTAL	9517,937

Fuente: Nancy Salguero

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Mediante el uso del método volumétrico, se obtuvo el caudal del agua residual a tratar que es de 21,368 m³/d.
- Las muestras de agua residual están compuestas de alícuotas de adheril, desinfectante y lavavajilla, que son los productos de mayor demanda en el año 2011.
- Mediante la caracterización físico química de las muestras del agua residual se obtuvieron los siguientes resultados promedios: pH (10,77); sólidos sedimentables (0,25 mg/L); SST (1495 mg/L); sulfuro (<0,002); DQO (51987,5 mg/L); DBO₅ (2905 mg/L); aceites y grasas (36,975 mg/L); fenoles (0,31 mg/L); ST (4178 mg/L); Nitrógeno total (282,7 %); tensoactivos (47,458 mg/L) y Fósforo (1009,68 mg/L).
- Para tratar el agua residual procedente del área de producción de tensoactivos de la empresa Química Superior UNICHEM S.A. se ha diseñado una planta de tratamiento que consta de 3 equipos: un sedimentador circular primario de 2,7 m de diámetro y 1,5 m de profundidad con una paleta interna de 0,5 m de longitud y 0,09 m de ancho; una laguna aerobia aireada de mezcla completa de 1,3 m de largo, 0,7 m de ancho y 1 m de profundidad con un difusor de burbuja fina y un sedimentador circular secundario de 2,6 m de diámetro y 1 m de profundidad.
- El sistema de tuberías de la planta consta de 138, 9,5 y 6,5 m de tubería PVC de 6, 3 y 4 pulgadas respectivamente; y de 2 bombas de 0,5 HP para impulsar el agua residual entre equipos.

4.2 RECOMENDACIONES

- Mantener un control exhaustivo del agua residual generada puesto que el grado de contaminación es elevado, y es necesario que esta sea muy bien tratada antes de ser eliminada a la alcantarilla.
- Antes de ser tratada el agua residual debe ser agitada en el tanque de almacenamiento, para que no quede sedimentada en el fondo y así evitar que la misma no sea tratada adecuadamente
- El lodo generado como subproducto del tratamiento del agua residual por no contener organismos patógenos puede ser dispuesto directamente para relleno sanitario, sin ningún tratamiento previo.

CAPÍTULO V

5 BIBLIOGRAFÍA

- 1. CALVO, Mariano;** Depuración de las aguas residuales por tecnologías Ecológicas y de bajo costo; México; A. G. Cuesta S.A.; 2004; Pp 102 – 211.

- 2. CRITES-TCHOBANOGLIOUS;** Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas Poblaciones; Bogotá – Colombia; Mc Graw Hill Interamericana; Pp 179-336.

- 3. FERNÁNDEZ, A. y otros;** Tratamiento avanzados de aguas residuales Industriales; Madrid; Elecé Industria Gráfica; 2006; Pp 18 – 61.

- 4. FERNANDEZ J. y CURT M.;** Métodos analíticos para aguas residuales; España; 2006; Pp 305 – 329

5. **HILLEBOE, H.;** Manual de tratamiento de agua; México; Editorial Limusa; 1991; Pp 84 – 101.
6. **METCALF & EDDY;** Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización; Volumen II; España; Mc Graw Hill; 1996; Pp 687 – 69.
7. **RAMALHO, R.;** Tratamiento de aguas residuales; 2^a ed.; Barcelona; Editorial Reverté S.A.; 1996; Pp 92 – 112.
8. **VERREY, J.;** Agua su calidad y tratamiento; México; Unión tipográfica editorial Hispano Americana; 1968; Pp 193-259.

5.1 BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

9. AGENTES TENSOACTIVOS

www.artisam.org

2012-03-20

10. CLASIFICACIÓN DE TENSOACTIVOS

www.quiminet.com/los-tensoactivos-y-su-clasificacion

2012-03-20

11. DETERGENTE

www.ciencianet.com/detergente

2012-03-24

12. JABÓN

www.textoscientificos.com/jabon

2012-03-24

13. SAPONIFICACIÓN

www.mendrulandia.net

2012-03-24

**14. AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA PRODUCCIÓN DE
TENSOACTIVOS**

www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan

2012-03-31

15. TRATAMIENTO DE LOS FANGOS

www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento

2012-04-07

16. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PALETAS

www.frbb.utn.edu.ar/carreras/ENOHSa-Floculacion

2012-04-28

**17. VALORES DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL AVANCE
DE LAS PALETAS**

www.bvsde.paho.org

2012-04-28

18. ORDENANZA 213

www.ecuadorambiental.com/doc/ordenanza213

2012-04-09

ANEXOS

ANEXO 1

Área de producción de Tensoactivos de la Empresa Química Superior UNICHEM S.A.



ANEXO 2

Medición del caudal de Agua Residual



ANEXO 3

Medición de la temperatura del Agua residual



ANEXO 4

Muestra de Agua residual



ANEXO 5

Coagulante Exro 675



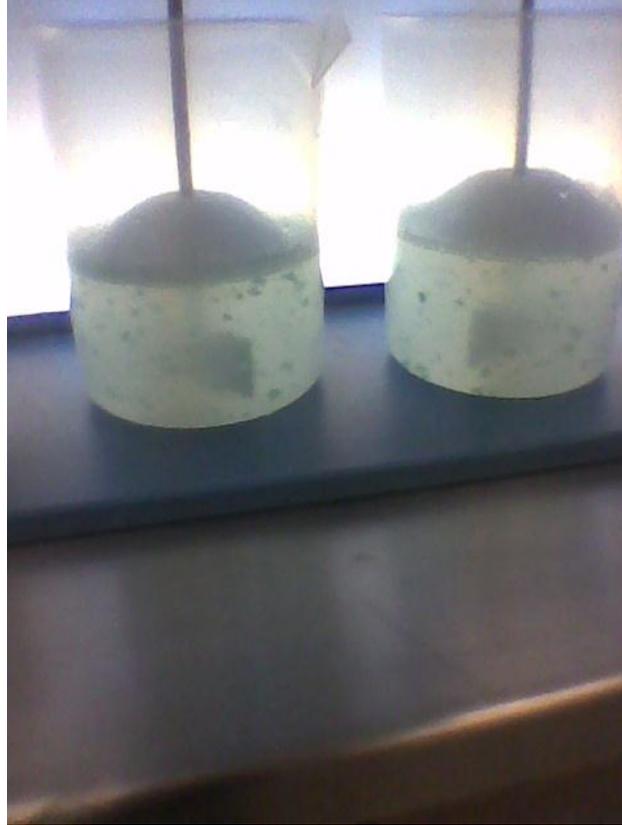
ANEXO 6

Prueba de jarras



ANEXO 7

Finalización del proceso de coagulación



ANEXO 8

Agua residual clarificada



ANEXO 9

Diámetro Nominal de Tubería PVC

PVC PLASTIC PIPE ASTM D-1785							
*	US	Metric	C				
R	0.00006	0.001524	140				
*							
*	Schedule	Size (in)	Size (mm)	Inside Dia (in)	Thickness (in)	Inside Dia (mm)	Thickness (mm)
*							
Z	40	0.5	12.7	0.622	0.109	15.7988	2.7686
Z	40	0.75	19.05	0.824	0.113	20.9296	2.8702
Z	40	1	25.4	1.049	0.133	26.6446	3.3782
Z	40	1.25	31.75	1.38	0.14	35.052	3.556
Z	40	1.5	38.1	1.61	0.145	40.894	3.683
Z	40	2	50.8	2.067	0.154	52.5018	3.9116
Z	40	2.5	63.5	2.469	0.203	62.7126	5.1562
Z	40	3	76.2	3.068	0.216	77.9272	5.4864
Z	40	4	101.6	4.026	0.237	102.2604	6.0198
Z	40	5	127	5.047	0.258	128.1938	6.5532
Z	40	6	152.4	6.065	0.28	154.051	7.112
Z	40	8	203.2	7.981	0.322	202.7174	8.1788
Z	40	10	254	10.02	0.365	254.508	9.271
Z	40	12	304.8	11.938	0.406	303.2252	10.3124
Z	40	14	355.6	13.124	0.438	333.3496	11.1252
Z	40	16	406.4	15	0.5	381	12.7
*							
Z	80	0.25	6.35	0.302	0.119	7.6708	3.0226
Z	80	0.375	9.53	0.423	0.126	10.7442	3.2004
Z	80	0.5	12.7	0.546	0.147	13.8684	3.7338
Z	80	0.75	19.05	0.742	0.154	18.8468	3.9116
Z	80	1	25.4	0.957	0.179	24.3078	4.5466
Z	80	1.25	31.75	1.278	0.191	32.4612	4.8514
Z	80	1.5	38.1	1.5	0.2	38.1	5.08
Z	80	2	50.8	1.939	0.218	49.2506	5.5372
Z	80	2.5	63.5	2.323	0.276	59.0042	7.0104
Z	80	3	76.2	2.9	0.3	73.66	7.62
Z	80	4	101.6	3.826	0.337	97.1804	8.5598
Z	80	5	127	4.813	0.375	122.2502	9.525
Z	80	6	152.4	5.761	0.432	146.3294	10.9728
Z	80	8	203.2	7.625	0.5	193.675	12.7
Z	80	10	254	9.564	0.593	242.9256	15.0622
Z	80	12	304.8	11.376	0.687	288.9504	17.4498
Z	80	14	355.6	12.5	0.75	317.5	19.05
Z	80	16	406.4	14.314	0.843	363.5756	21.4122

ANEXO 10

Detalles de difusores de aire

Detalles de difusores de aire					Cantidad normal de oxígeno transferido por difusor			
Longitud de difusores (m)	Código	Diámetro	Peso aprox.Kg	Caudal de aire m ³ /h (+/- 20%)	Acuicultura & aplicaciones medioambientales		Tratamiento de aguas residuales y lodos activados	
					1.5m@20°C@60%sat en Kg/h		3m@20°C@20%sat en Kg/h	
					kgO2/h	kgO2/día	kgO2/h	kgO2/día
0.33	6.2.1	32mm	0.5	1	0.015	0.36	0.06	1.44
0.66	6.2.2	32mm	1.0	2	0.03	0.72	0.12	2.88
1.00	6.2.3	32mm	1.5	3	0.045	1.08	0.18	4.32
1.33	6.2.4	32mm	2.0	4	0.06	1.44	0.24	9.6
1.66	6.2.5	32mm	2.5	5	0.075	1.80	0.30	7.2
2.00	6.2.6	32mm	3.0	6	0.09	2.16	0.36	8.64
2.33	6.2.7	32mm	3.5	7	0.105	2.52	0.42	10.08
2.66	6.2.8	32mm	4.0	8	0.12	2.88	0.48	11.52
3.00	6.2.9	32mm	4.5	9	0.135	3.24	0.54	12.48
3.00	6.2.10	32mm	4.5	9	0.135	3.24	0.54	12.48
3.66	6.2.12	32mm	5.0	11	0.165	3.96	0.66	14.88
5.00	6.2.15	32mm	7.0	15	0.21	5.04	0.84	20.16

ANEXO 11

Información del Coagulante Exro 675

EXRO 675 Clarificación

COAGULANTE CATIONICO

DESCRIPCION GENERAL

EXRO 675 es un polidamac de alto peso molecular, altamente Catiónico, que se utiliza en clarificación tanto de agua potable como en aguas industriales. Aprobado para ser usado en aguas potables por la NSF de USA y GB de Londres para uso hasta en 32 mg/l.

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Carácter Iónico	Catiónico
Apariencia	Líquido
Color	Amarillo claro
pH	4.0 a 7.0
Grav. Espec., 20°C	1.08 ± 0.02
Densidad	4.08

MANEJO Y APLICACION

EXRO 675 debe ser aplicado al sistema en zonas de alta turbulencia por medio de bombas de desplazamiento positivo que sean resistentes a la corrosión.

EXRO 675 debe dosificarse de acuerdo con la especificación de las aguas a ser tratadas.

EXRO 675 trabaja sobre un rango de pH bastante amplio. Forma lodos muy compactos y biodegradables.

PRECAUCIONES

EXRO 675 puede producir irritación en los ojos y con menor intensidad en la piel por lo cual se recomienda su manejo con prendas de protección. En caso de contacto, lave abundantemente con agua y jabón la parte afectada y busque atención médica. Las prendas contaminadas deberán ser lavadas antes de ser reutilizadas. Mantenga el tambor bien cerrado cuando no esté en uso. Para mayor información, ver hoja de seguridad.

PRESENTACION

EXRO 675 se distribuye en tambores de 20 kilos.

Fecha Act.: Dic/03.

ANEXO 12

Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°1

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03)2968-910 Ext. 169	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-088
---	---	--

INFORME DE ENSAYO No. ST:	0336 12 - 0149 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionaria:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
Atm.:	-
Dirección:	Av. Circunvolución Norte, Riobamba, Chimborazo
FECHA:	30 de Marzo de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011/ 03 / 22 - 10:52
FECHA DE MUESTREO:	2011/ 03 / 21 - 12:30 a 14:00 a 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 / 03 / 22- 2010 / 03 / 30
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 0449-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	N.A.
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de un Reactor tipo Batch
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
CONDICIONES AMBIENTALES:	T mín.: 24,0 °C. T máx.: 20,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H ⁺	---	10,96	5-9	± 0,15
*Sólidos Solubles	PEE/LAB-CESTTA/06 APHA 2540 D	mg/L	0,3	20	-
Sólidos Suspensos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	3240	220	±6%
*Sulfuro	PEE/LAB-CESTTA/33 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	<0,002	1,0	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	121400	500	± 3%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (Sólido)	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	>5000	250	±8%
*Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	62,5	100	-
Fenoles	PEE/LAB-CESTTA/14 APHA 5510 D	mg/L	<0,02	0,2	±32%
Sólidos Totales	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	6888	1600	± 3%
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjeldahl	mg/L	704,3	40	-
Terrenoactivos	APHA/AWWA Standard Methods No. 5540 C	mg/L	159	2,0	± 7%

ANEXO 13

Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°2

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03)2988-910 Ext. 169	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	---	--

INFORME DE ENSAYO No. ST:	0187 12 – 0176 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
Atb. Dirección:	Av. Circunvalación Norte; Riobamba, Chimborazo
FECHA:	17 de Abril de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011/ 04 / 04 – 15:19
FECHA DE MUESTREO:	2011/ 04 / 21 – 16:00 a 17:00 a 18:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 /04/ 04- 2010 / 04 / 17
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 0540-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	N.A
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de un Reactor tipo Batch
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx. 24.0 °C. T mín.: 20.6°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (s=2)
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500 H ⁺	—	10,61	5-9	± 0,15
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTTA/56 APHA 2540 D	mlL	0,1	20	-
Sólidos Suspensivos Totales	PEE/LAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/L	400	220	±6%
*Sulfuro	PEE/LAB-CESTTA/53 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	<0,002	1,0	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	10650	500	± 3%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	800	250	±15%
*Aceites y Grasa	PEE/LAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/L	40,1	100	-
Fenoles	PEE/LAB-CESTTA/14 APHA 5510 D	mg/L	0,36	0,2	±32%
Sólidos Totales	PEE/LAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	2380	1000	± 3%
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjeldahl	mg/L	31,2	40	-
Tensoactivos	APHA/AWWA Standard Method No. 5540 C	mg/L	5,0	2,0	± 7%

ANEXO 14

Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°3

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03)2968-910 Ext. 169	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-908																																																																						
INFORME DE ENSAYO No. ST:		0387 12 - 0176 ANÁLISIS DE AGUAS																																																																						
Nombre Peticionario: Ata: Dirección:		Sra. Nancy Victoria Salguero Valle - Av. Circunvalación Norte; Róbamba, Chimborazo																																																																						
FECHA: NUMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANÁLISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO LAB-CESTA: CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO: ANÁLISIS SOLICITADO: PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES:		17 de Abril de 2011 1 2011/ 04/ 04 - 15:19 2011/ 04/ 21 - 16:30 a 17:30 a 16:30 2011/ 04/ 04 - 2010/ 04/ 17 Agua Residual LAB-A 0541-12 N/A Salida de un Reactor Batch Físico-Químico Sra. Nancy Victoria Salguero Valle T máx. 24.0 °C. T mín. 20.0°C																																																																						
RESULTADOS ANALÍTICOS:																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PARÁMETROS</th> <th style="text-align: center;">MÉTODO /NORMA</th> <th style="text-align: center;">UNIDAD</th> <th style="text-align: center;">RESULTADO</th> <th style="text-align: center;">VALOR LÍMITE PERMISIBLE</th> <th style="text-align: center;">INCERTIDUMBRE (k=2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Potencial de Hidrógeno</td> <td>PEE/LAB-CESTA/05 APHA 4500 H⁺</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">10,65</td> <td style="text-align: center;">5-9</td> <td style="text-align: center;">± 0,15</td> </tr> <tr> <td>*Sólidos Sedimentables</td> <td>PEE/LAB-CESTA/26 APHA 2540 D</td> <td style="text-align: center;">ml/L</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Suspendedos Totales</td> <td>PEE/LAB-CESTA/13 APHA 2540 D</td> <td style="text-align: center;">mg/l.</td> <td style="text-align: center;">890</td> <td style="text-align: center;">220</td> <td style="text-align: center;">±6%</td> </tr> <tr> <td>*Sulfuro</td> <td>PEE/LAB-CESTA/53 APHA 4500 S²⁻</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;"><0,002</td> <td style="text-align: center;">1,0</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>PEE/LAB-CESTA/09 APHA 5220 D</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">13850</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">± 3%</td> </tr> <tr> <td>Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)</td> <td>PEE/LAB-CESTA/46 APHA 5210 B</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">820</td> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">±15%</td> </tr> <tr> <td>*Aceites y Grasas</td> <td>PEE/LAB-CESTA/42 APHA 5520 C</td> <td style="text-align: center;">mg/l.</td> <td style="text-align: center;">31,3</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Fenoles</td> <td>PEE/LAB-CESTA/14 APHA 5530 D</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">0,73</td> <td style="text-align: center;">0,2</td> <td style="text-align: center;">±32%</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Totales</td> <td>PEE/LAB-CESTA/10 APHA 2540 B</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">2972</td> <td style="text-align: center;">1600</td> <td style="text-align: center;">± 3%</td> </tr> <tr> <td>*Nitrógeno Total</td> <td>PEE/LAB-CESTA/88 Kjeldahl</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">33,4</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Termoactivos</td> <td>APHA/AWWA Standard Método No. 5540 C</td> <td style="text-align: center;">mg/L</td> <td style="text-align: center;">5,2</td> <td style="text-align: center;">2,0</td> <td style="text-align: center;">± 7%</td> </tr> </tbody> </table>	PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)	Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTA/05 APHA 4500 H ⁺	—	10,65	5-9	± 0,15	*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTA/26 APHA 2540 D	ml/L	0,5	20	-	Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTA/13 APHA 2540 D	mg/l.	890	220	±6%	*Sulfuro	PEE/LAB-CESTA/53 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	<0,002	1,0	-	Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTA/09 APHA 5220 D	mg/L	13850	500	± 3%	Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LAB-CESTA/46 APHA 5210 B	mg/L	820	250	±15%	*Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTA/42 APHA 5520 C	mg/l.	31,3	100	-	Fenoles	PEE/LAB-CESTA/14 APHA 5530 D	mg/L	0,73	0,2	±32%	Sólidos Totales	PEE/LAB-CESTA/10 APHA 2540 B	mg/L	2972	1600	± 3%	*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTA/88 Kjeldahl	mg/L	33,4	40	-	Termoactivos	APHA/AWWA Standard Método No. 5540 C	mg/L	5,2	2,0	± 7%
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)																																																																			
Potencial de Hidrógeno	PEE/LAB-CESTA/05 APHA 4500 H ⁺	—	10,65	5-9	± 0,15																																																																			
*Sólidos Sedimentables	PEE/LAB-CESTA/26 APHA 2540 D	ml/L	0,5	20	-																																																																			
Sólidos Suspendedos Totales	PEE/LAB-CESTA/13 APHA 2540 D	mg/l.	890	220	±6%																																																																			
*Sulfuro	PEE/LAB-CESTA/53 APHA 4500 S ²⁻	mg/L	<0,002	1,0	-																																																																			
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTA/09 APHA 5220 D	mg/L	13850	500	± 3%																																																																			
Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	PEE/LAB-CESTA/46 APHA 5210 B	mg/L	820	250	±15%																																																																			
*Aceites y Grasas	PEE/LAB-CESTA/42 APHA 5520 C	mg/l.	31,3	100	-																																																																			
Fenoles	PEE/LAB-CESTA/14 APHA 5530 D	mg/L	0,73	0,2	±32%																																																																			
Sólidos Totales	PEE/LAB-CESTA/10 APHA 2540 B	mg/L	2972	1600	± 3%																																																																			
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTA/88 Kjeldahl	mg/L	33,4	40	-																																																																			
Termoactivos	APHA/AWWA Standard Método No. 5540 C	mg/L	5,2	2,0	± 7%																																																																			

ANEXO 15

Resultados de los Análisis Físico Químicos de la muestra N°4

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03)2968-910 Ext. 169	 ENSAYOS No OAE LE 2C 06-008
---	---	--

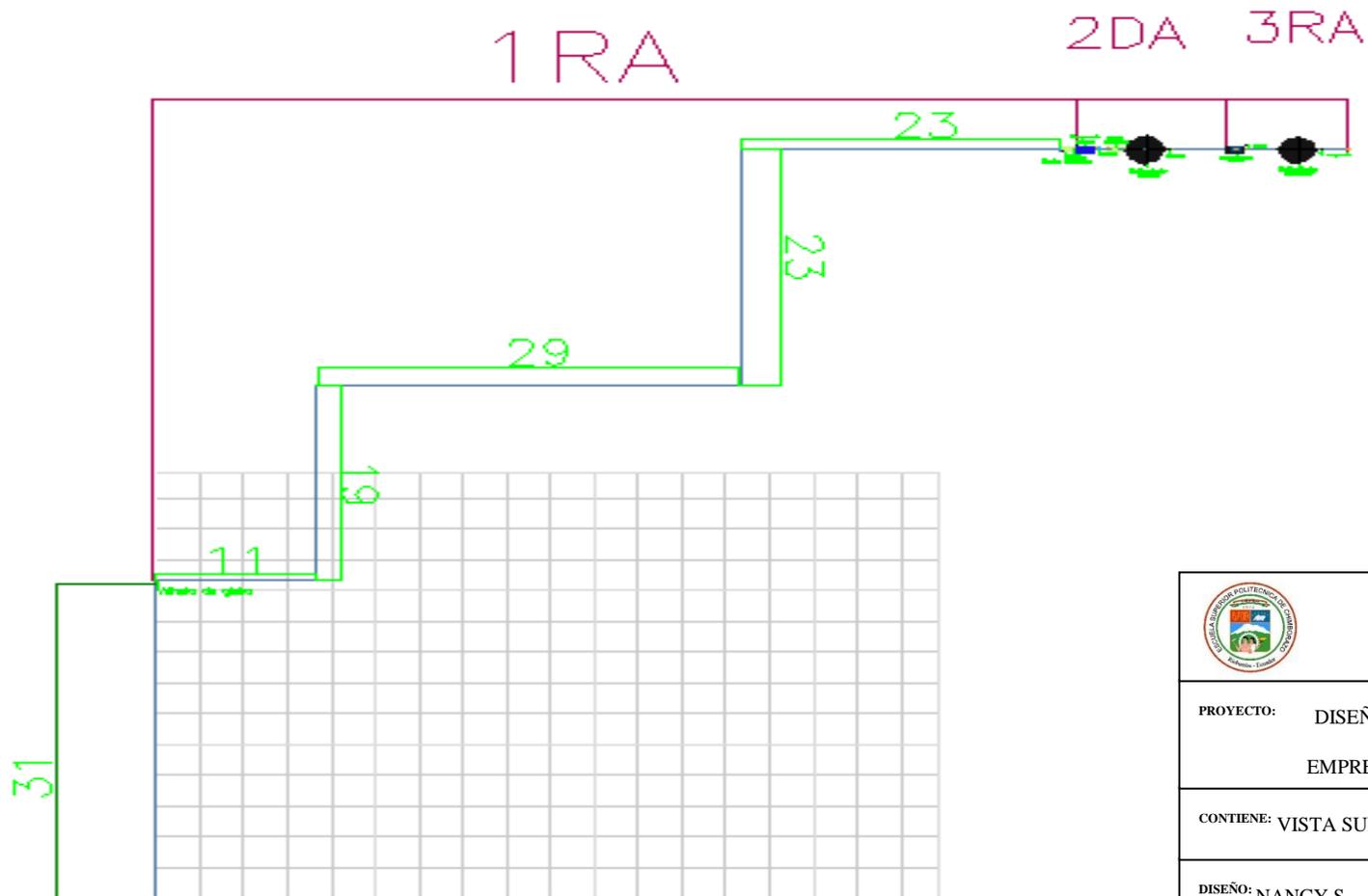
INFORME DE ENSAYO No. ST:	0417 12 - 0191 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
Atn.	-
Dirección:	Av. Circunvalación Norte; Riobamba, Chimborazo
FECHA:	19 de Abril de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011/ 04 / 12 - 07:56
FECHA DE MUESTREO:	2011/ 04 / 21 - 12:30 a 14:00 a 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 /04/ 12 - 2011 /04 / 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 0578-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	AR 004
PUNTO DE MUESTREO:	Salida de un Reactor Batch
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sra. Nancy Victoria Salguero Valle
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 24.0 °C. T mín.: 20.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrógeno	PEELAB-CESTTA/05 APHA 4500 H'	---	10,87	5-9	± 0,15
*Sólidos Sedimentables	PEELAB-CESTTA/06 APHA 2540 D	ml/l.	0,1	20	-
Sólidos Suspensivos Totales	PEELAB-CESTTA/13 APHA 2540 D	mg/l.	1050	220	±6%
*Sulfuro	PEELAB-CESTTA/53 APHA 4500 S ²⁻	mg/l.	<0,002	1,0	-
Demanda Química de Oxígeno	PEELAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/l.	61850	500	± 3%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEELAB-CESTTA/46 APHA 5210 B	mg/l.	>5000	250	±15%
*Aceites y Grasas	PEELAB-CESTTA/42 APHA 5520 C	mg/l.	14,0	100	-
Fenoles	PEELAB-CESTTA/14 APHA 5530 D	mg/l.	0,13	0,2	±32%
Sólidos Totales	PEELAB-CESTTA/10 APHA 2540 B	mg/l.	4472	1600	± 3%
*Nitrógeno Total	PEELAB-CESTTA/88 Kjeldahl	mg/l.	361,9	40	-
Tensoactivos	APHA/AWWA Standard Methods No. 5540 C	mg/l.	20,63	2,0	± 7%
*Fósforo	PEELAB-CESTTA/81 No. 4500-P	mg/l.	1009,68	15	±10%

ANEXO 16

Vista Superior de la Planta de Tratamiento de AR



- 175 -



ESPOCH

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PTAR PARA LA
EMPRESA QUÍMICA UNICHEM S.A.

CONTIENE: VISTA SUPERIOR PTAR

DISEÑO: NANCY S.

REVISADO: -DR. LEÓN

DIBUJO: PTAR

ESCALA: 1:1000

FECHA: 09-12

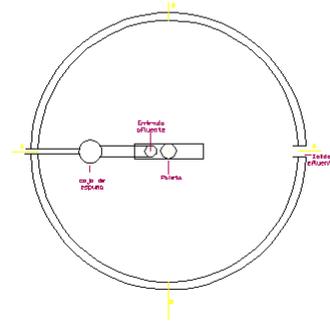
OBSERVACIONES:

1:5

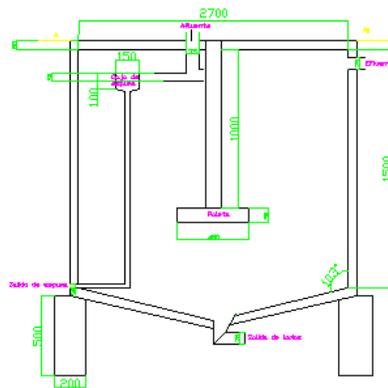
ANEXO 17

Sedimentador primario

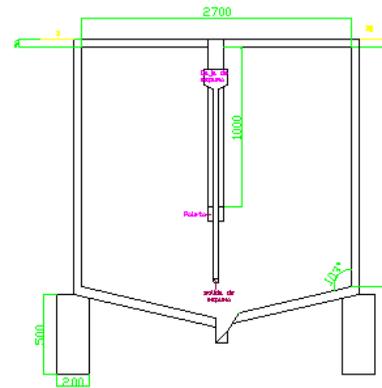
Vista superior



Corte Longitudinal



Corte transversal



- 176 -



ESPOCH

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PTAR PARA LA
EMPRESA QUÍMICA UNICHEM S.A.

CONTIENE: VISTAS SEDIMENTADOR PRIMARIO

DISEÑO: NANCY S.

REVISADO: -DR. LEÓN

DIBUJO: SEIMENTADOR 1

ESCALA: 1:1000

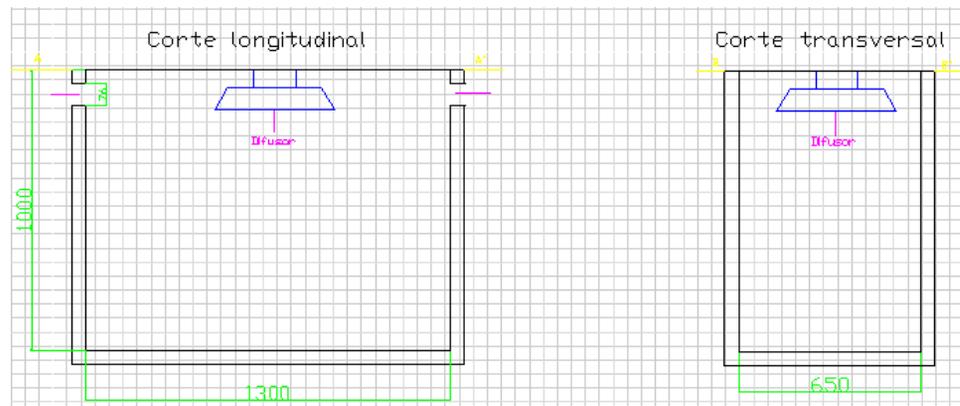
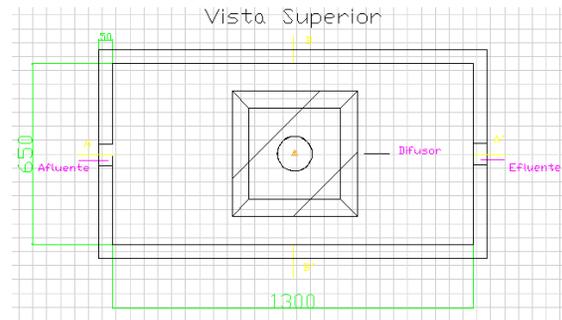
FECHA: 09-12

OBSERVACIONES:

25

ANEXO 18

Laguna aireada



- 177 -



ESPOCH

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PTAR PARA LA
EMPRESA QUÍMICA UNICHEM S.A.

CONTIENE: VISTAS LAGUNA AIREADA

DISEÑO: NANCY S.

REVISADO: -DR. LEÓN

DIBUJO: LAGUNA AIREAD.

ESCALA: 1:1000

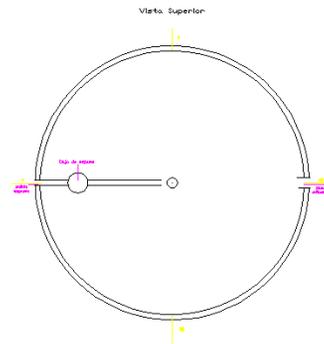
FECHA: 09-12

OBSERVACIONES:

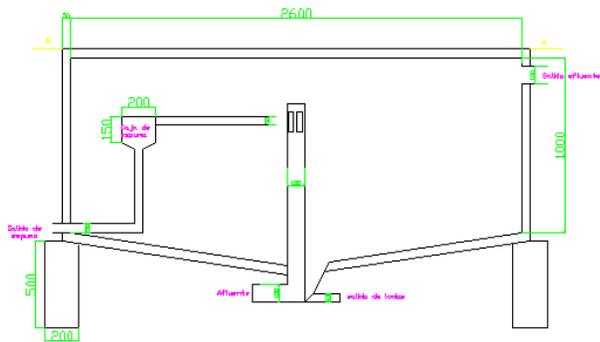
3:5

ANEXO 19

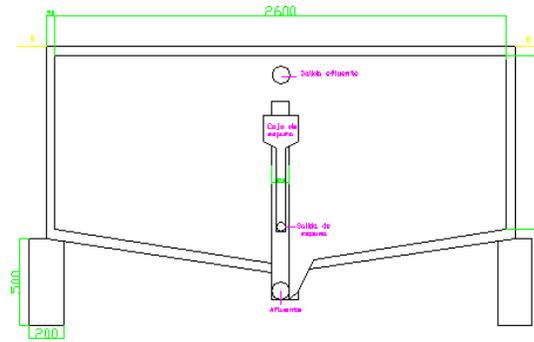
Sedimentador secundario



Corte longitudinal



Corte transversal



ESPOCH

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PTAR PARA LA
EMPRESA QUÍMICA UNICHEM S.A.

CONTIENE: **VISTAS SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

DISEÑO: NANCY S.

REVISADO: -DR. LEÓN

DIBUJO: SEDIMENTADOR2

ESCALA: 1:1000

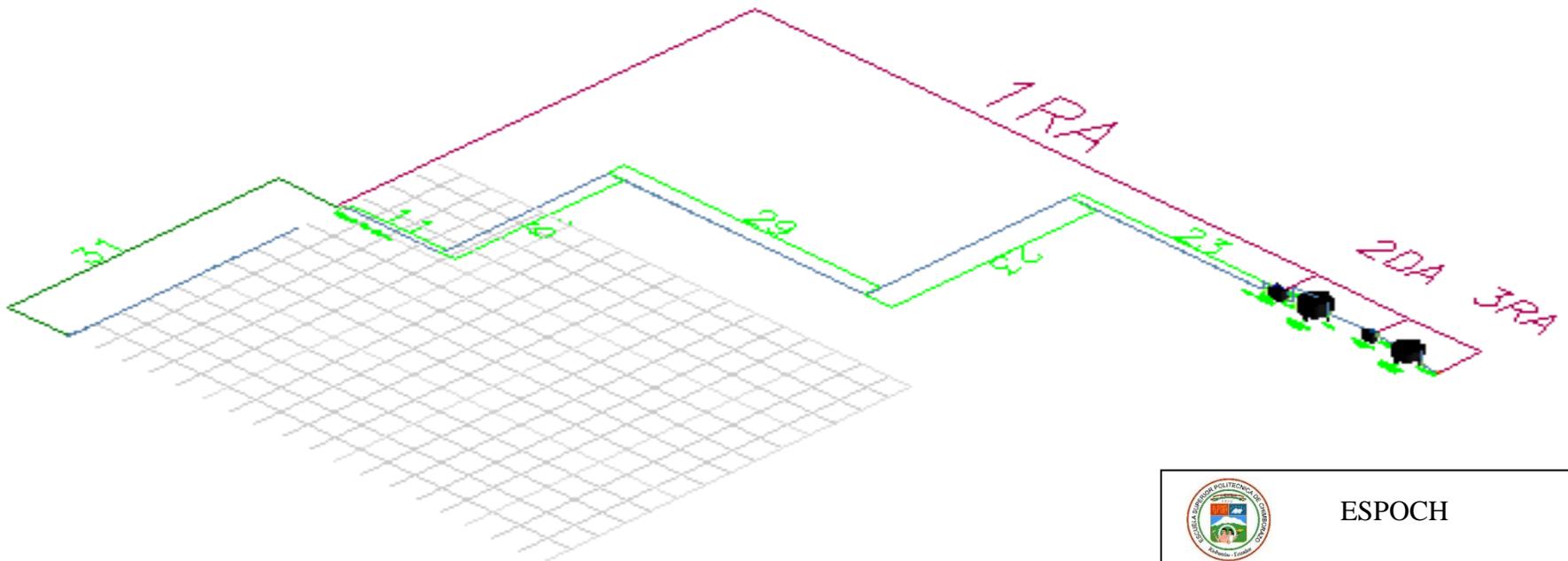
FECHA: 09-12

OBSERVACIONES:

4:5

ANEXO 20

Vista Isométrica Planta de tR



ESPOCH

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PTAR PARA LA
EMPRESA QUÍMICA UNICHEM S.A.

CONTIENE: VISTA ISOMÉTRICA PTAR

DISEÑO: NANCY S. REVISADO: -DR. LEÓN

DIBUJO: PTAR ESCALA: 1:1000 FECHA: 09-

OBSERVACIONES: 5:5