

# PROYECTO PLANTA TRATAMIENTO

## “PROYECTO HACIENDA LA ARBOLEDA V ETAPA”

La Chorrera Panamá

### Memoria de Cálculo Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

1060 m<sup>3</sup>/día

Propietario:

DESARROLLO INMOBLIARIO LAS ARBOLEDAS S.A.

Panamá

Provincia Panamá Oeste

Distrito: La Chorrera

Corregimiento Puerto Caimito

Marzo 2019

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. DIRECCIÓN EXACTA.....	6
3. SISTEMA PROPUESTO Y JUSTIFICACIÓN .....	7
.....	7
4. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS AGUAS A TRATAR. ....	8
5. CARGA HIDRÁULICA .....	9
6. CARGA CONTAMINANTE.....	9
7. CRITERIOS DE DISEÑO.....	10
7.1 CANAL DE REJAS .....	10
7.2 DESARENADOR .....	12
7.3 TRAMPA DE FLOTANTES .....	13
7.4 CÁMARA ANÓXICA.....	14
7.5 TANQUE DE AIREACIÓN.....	16
7.6 TANQUE DE CLARIFICACIÓN.....	20
7.7 TANQUE PARA ALMACENAMIENTO, ESPESADO Y DIGESTIÓN DE LODOS.....	23
7.8 NICHOS CON SACOS FILTRANTES PARA SECADO DE LODOS .....	25
A. DOSIFICACIÓN DE POLÍMERO.....	27
7.9 SISTEMA DE DESINFECCIÓN.....	27
8. DIMENSIONAMIENTO.....	32
9. CALIDAD DEL EFLUENTE .....	33
10. DISPOSICIÓN DEL AGUA TRATADA. ....	34
11. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	35

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES A TRATAR ** .....	10
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	18
TABLA 4. DIMENSIONES DE PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....	33
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	33

## ABREVIATURAS

PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
mg/L	miligramos por litro
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
SST	Sólidos Suspendidos Totales
lps	Litros por segundo
L/s	Litros por segundo
kg	kilogramos
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
DQO	Demanda Química de Oxígeno
pH	potencial de Hidrógeno
cm	centímetro
mm	milímetro
l	Litros
s	Pendiente
HRT	Tiempo de Residencia hidráulico
SSLM	Sólidos Suspendidos en el Licor Mezclado
m/min	Metros por minuto
Q	Caudal
SSV	Sólidos suspendidos Volátiles
SBE	Fracción Biodegradable
m <sup>3</sup>	metro cúbico
d	día
kg/d	kilogramo por día
m <sup>3</sup> /d	Metros cúbicos por día
m	Metros
Ft/seg.	Pies por segundo

kW	kilo Watts
Qr	Caudal de retorno
F/M	Relación entre alimento y Microorganismos
ME	Metcalf Eddy
M3/m2/d	Metros cúbicos por metro cuadrado por día.
PVC	Cloruro de Polivinilo
SSVLM	Sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado
HP	Horse Power
g/l	Gramos por litro
U	Unidades

## 1. INTRODUCCIÓN

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR, para el **Proyecto La Arboleda V etapa que se desarrollará Panamá, Provincia de Panamá Oeste, Distrito Chorrera, Corregimiento Puerto Caimito**, está basado en un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en Lodos Activados con Aireación Extendida.

El proceso de tratamiento aeróbico de aguas residuales, por medio de Lodos Activados, tiene las siguientes ventajas:

- Es un proceso intensivo de tratamiento, en otras palabras, requiere muy poca área.
- Es un proceso altamente eficiente, capaz de entregar un efluente (agua tratada) con menos de 30 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>, y de Sólidos Suspendedos Totales, SST.
- El proceso de puesta en operación del sistema es bastante rápido, permitiendo tener un efluente de buena calidad luego de una o dos semanas de haber sido puesto en operación.
- No produce olores molestos a los vecinos de la PTAR.
- El sistema de Aireación Extendida utilizado da mayor flexibilidad al proceso de Lodos Activados, tolerando el sistema mayores variaciones hidráulicas y orgánicas.
- Es un proceso bastante conocido en el medio.

La PTAR ha sido dimensionada con base en la información suministrada por el propietario, cual es un volumen de 1060 m<sup>3</sup> por día, correspondiente al consumo promedio diario proyectado en un día de máxima demanda de este Desarrollo.

La planta tendrá la capacidad de recibir las aguas residuales domésticas de 700 casas y 5 personas por residencia, con una dotación de 80 galones por persona por día es decir un sistema de 1060 m<sup>3</sup>/d.

Las aguas que recibirá la Planta de Tratamiento serán de actividades domésticas, por lo que la composición de estas aguas clasifica dentro del tipo de aguas negras normales de tipo doméstico, concentración baja.

Como caudal promedio de diseño se ha tomado un flujo medio diario, a plena ocupación de 12,27 l/s. Se ha asumido un Factor Pico horario de 2, lo cual arroja un caudal máximo horario de aguas residuales de 24 l/s llegando a la PTAR.

La PTAR recibirá una carga orgánica, a condiciones de diseño (máxima ocupación), de **228 Kg de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>, por día**. Esta carga equivale a tratar aguas residuales domésticas con una concentración media de **225 mg/L de DBO<sub>5</sub>**.

El caudal ha sido proporcionado por el propietario del proyecto y la estimación estadística de complejos similares.

## 2. DIRECCIÓN EXACTA

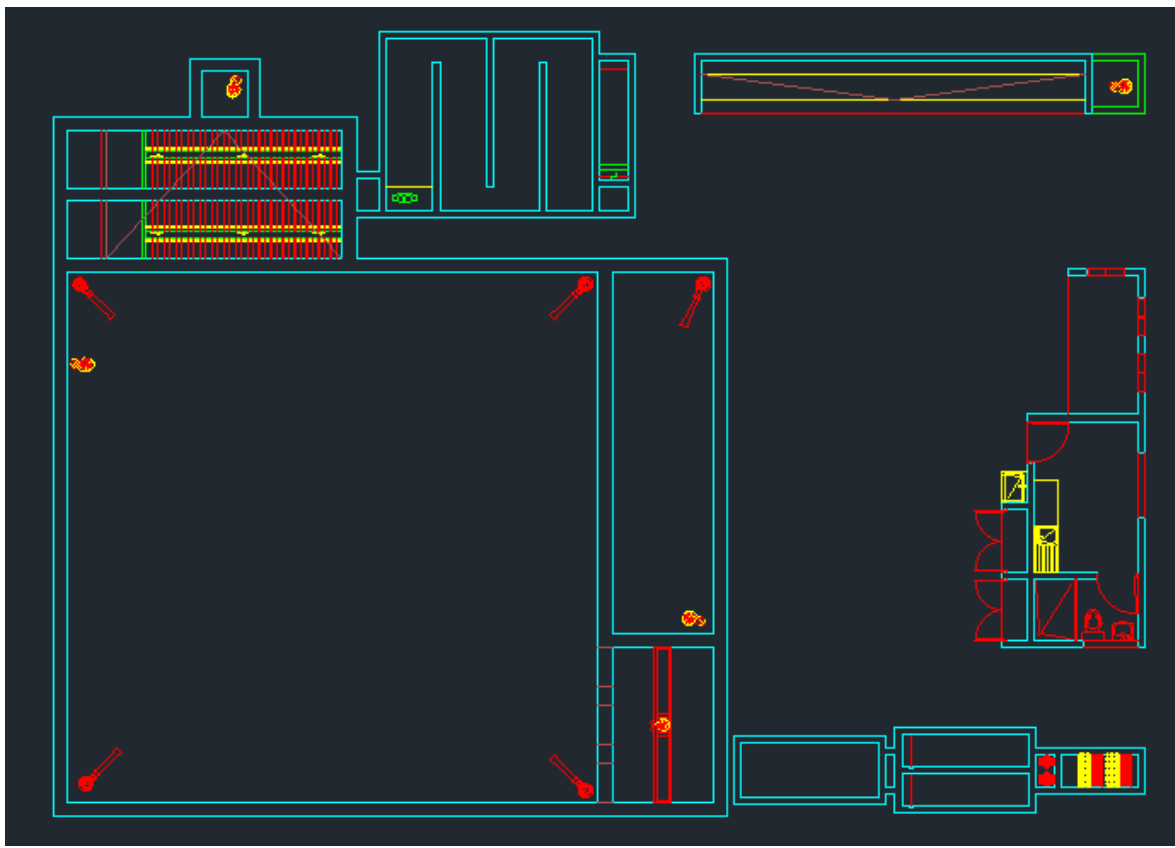
La planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR, será parte del **Proyecto Proyecto La Arboleda V etapa que se desarrollará Panamá, Provincia de Panamá Oeste, Distrito Chorrera, Corregimiento Puerto Caimito,**

### 3. SISTEMA PROPUESTO Y JUSTIFICACIÓN

La Planta para Tratamiento de Aguas Residuales, proyectada, está basada un sistema de tratamiento de tipo biológico aeróbico con base en Lodos Activados con Aireación Extendida.

La justificación de colocar aquí una PTAR es que no hay una red sanitaria pública en operación, y no es posible en este lugar el sistema de tanques sépticos y drenajes. Por lo tanto, el cliente quiere un cabal cumplimiento de toda la reglamentación ambiental.

**DIAGRAMA DE LA PTAR**



#### **4. PROCESO PRODUCTIVO DE LAS AGUAS A TRATAR.**

Las aguas que serán tratadas en esta Planta de Tratamiento serán únicas y exclusivamente de tipo doméstico, o sea las que son generadas por el uso de los artefactos sanitarios de este Desarrollo por parte de las personas que visiten o trabajen en ese lugar. Serán todas las producidas en los inodoros, mingitorios, lavatorios, baños, cocinas y pilas de lavar. Estamos hablando tanto de las aguas negras como de las aguas grises o jabonosas. Bajo ningún concepto se pueden conectar aguas pluviales, piscinas o de refrigeración a este sistema. Todas las aguas deben ser de actividades domésticas de los visitantes y empleados de este complejo. Estas aguas residuales domésticas serán conducidas por una red de alcantarillado hasta la Planta de Tratamiento.

El sistema de tratamiento se inicia con la llegada por gravedad de todas las aguas residuales a una rejilla de retención de sólidos mayores no biodegradables, con el fin de proteger los equipos y de evitar la entrada al sistema biológico de material no biodegradable tales como piedras, plásticos, etc. Los sólidos retenidos en el Tratamiento Primario serán retirados de la planta de tratamiento y dispuestos con los otros residuos sólidos del complejo.

A continuación, el agua pasa una trampa de material flotante para separar las partículas más livianas y grasas, y luego entrará al contactor anóxico, luego al tanque de aireación donde será sometida al proceso de conversión de materia orgánica en gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y agua, así como en nuevo material celular (bacterias, protozoarios, etc.), de tipo aeróbico, denominado comúnmente Lodo. El agua pasa entonces a un tanque de sedimentación o clarificación, denominado clarificador secundario, donde el lodo se sedimenta por su propio peso y el agua clarificada pasa a la etapa de desinfección con cloro, antes de su disposición final en un drenaje sanitario.



El lodo biológico retenido en el clarificador secundario es retornado al tanque de aireación, con el fin de mantener la concentración de biomasa apropiada dentro del sistema. La planta cuenta con un tanque para el almacenamiento, espesado, y digestión de los lodos, una vez que llegue el momento de retirar del sistema el exceso de lodos que se ha producido. Los lodos ya digeridos y estabilizados podrán disponerse en un nicho con sacos filtrantes de secado para deshidratación de lodos.

El área total ocupada por la Planta de Tratamiento de Agua Residual será de 800 m<sup>2</sup>.

El objetivo de este proyecto está centrado en la depuración o purificación de aguas residuales domésticas (aguas negras) hasta un grado tal que sea aceptado por cuerpos receptores de agua, de acuerdo con lo establecido en la legislación local.

## 5. CARGA HIDRÁULICA

La PTAR ha sido dimensionada con base en la información suministrada por el diseñador del proyecto. La PTAR manejará un caudal promedio de 12 l/s equivalente a los 1060 m<sup>3</sup>/d (metros cúbicos por día).

Como caudal promedio de diseño se ha tomado un flujo medio diario, a plena ocupación de 12 l/s. Se ha asumido un Factor Pico horario de 2, lo cual arroja un caudal máximo horario de aguas residuales de 24 l/s llegando a la PTAR.

## 6. CARGA CONTAMINANTE

La PTAR tratará una carga orgánica, a condiciones de diseño (máxima ocupación), de **197 Kg. de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO<sub>5</sub>, por día**. Esta carga equivale a tratar aguas residuales domésticas con una concentración media de **225 mg/L de DBO<sub>5</sub>** y un efluente con una calidad de 35 mg/l de DBO

La planta deberá ser capaz de tratar aguas residuales con las características de la

Tabla 1:

**Tabla 1.** Características de las aguas residuales a tratar \*\*

Parámetro	Valor máximo
Demanda química de oxígeno (DQO)	400 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	215 mg/L
Sólidos suspendidos totales (SST)	200 mg/L
Sólidos Sedimentables	10 ml/l
Grasas y aceites	50 mg/L
Tensoactivos que reaccionan al azul de metileno	10 mg/L
Potencial hidrógeno (pH)	6,0 a 9
Temperatura	15 a 35 grados Celsius

\*\* Referencia: Metcalf Eddy INGENIERIA SANITARIA. Tratamiento, evacuación y reutilización de Aguas Residuales. SEGUNDA EDICION

## 7. CRITERIOS DE DISEÑO

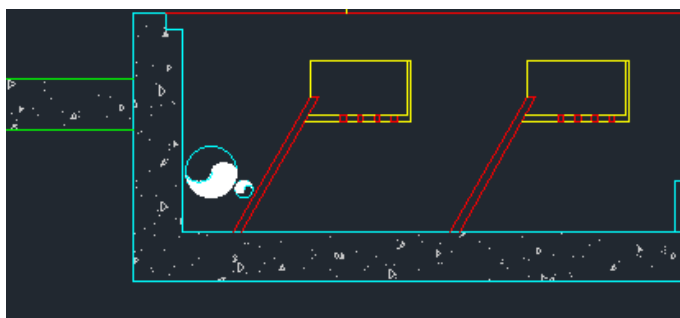
### 7.1 Canal de rejas

A la entrada del tren de tratamiento primario se instalará un canal de concreto con rejillas metálicas. Las rejas tendrán una inclinación de 60° con respecto a la horizontal y serán limpiadas manualmente con un rastrillo suministrado con la PTAR.

Se colocan dos rejas en serie, la primera con una abertura de 25 mm y la segunda de 10 mm. El ancho del canal de rejas es de 70 cm. por 1.50 m de largo total

Rejillas		
Caudal	Fp= 2	Caudal Pico
1060 m3/d		2120 m3/d
12,27 l/s		24,5 l/s
	Rejilla No.1	
	Ancho seleccionado	0,70 m
	Factor beta perdida por forma	1,80
	Ancho de barras	0,01 m
	Separación entre barras	0,025
	Velocidad en el canal	1,00 m/s
	Cabeza de velocidad	0,05 m
	Angulo con la horizontal	60,00 grados
	Perdida hidráulica por rejas	0,01 m
	Rejilla No.2	
	Ancho seleccionado	0,70 m
	Factor beta perdida por forma	1,80
	Ancho de barras	0,01 m
	Separación entre barras	0,01
	Velocidad en el canal	1,00 m/s
	Cabeza de velocidad	0,05 m
	Angulo con la horizontal	60,00 grados
	Perdida hidráulica por rejas	0,04 m

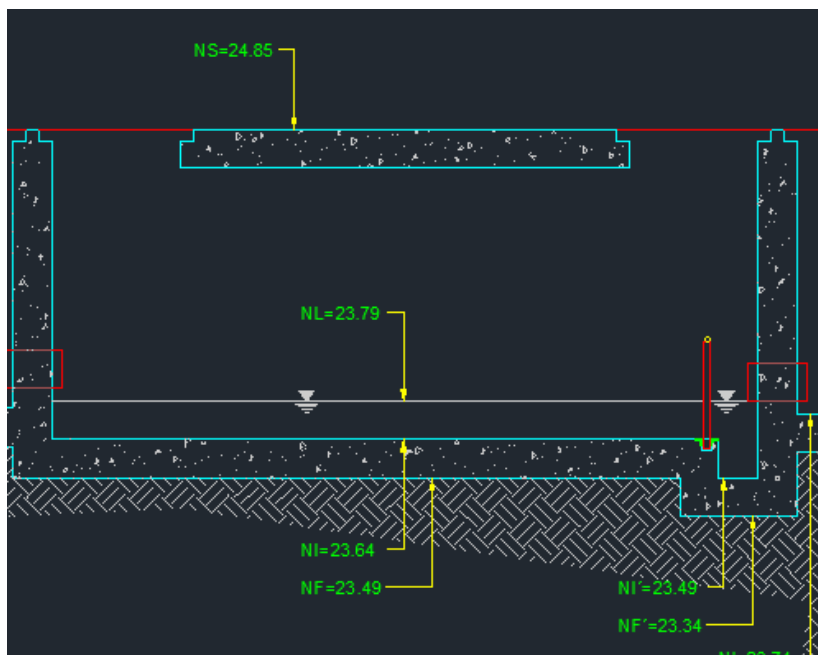
Los sólidos gruesos no biodegradables serán retirados manualmente de forma periódica y dispuestos con otros residuos sólidos del desarrollo. Los mismos serán siempre embolsados y llevados a un colector de basura dentro del área de la Planta a la entrada, para que sea recogida por el recolector público de basuras. En la parte superior de las rejas inclinadas se colocarán dos plataformas de escurrimiento, con el fin de que escurran los sólidos que se retiran de la reja.



## 7.2 Desarenador

Posterior al canal de rejillas se colocará un desarenador, para evitar la entrada de partículas de arena al sistema de tratamiento y de esta manera proteger los equipos de aireación y bombas de la abrasión.

El desarenador es una unidad de tratamiento compuesta de tres elementos a saber, una zona de desarenado al inicio, un vertedero tipo sutro antes de la cámara de salida para garantizar una velocidad constante en la unidad y la cámara de salida propiamente. Los desarenadores se diseñan para el caudal pico.



Desarenador					
Caudal de diseño sanitario					
Qd=	1060 m3/d				
Qd=	12,27 l/s				
Caudal Pico					
Factor pico hidraulico		Fp=		2	
Qmd=	2120,00 m3/d				
Qmd=	27,60 l/s				
Velocidad en el canal				0,3 m/s	
Velocidad sedimentación de la arena				1,0 m/m	
Ancho de canal				0,70 m	
Relación Larga / Ancho (L/B)				18,00	
Area seccional Flujo medio (Asm)				0,04 m2	
Area seccional Flujo pico (Asp)				0,09 m2	
Altura caudal medio (Hm)				0,06 m	
Altura caudal pico (Hp)				0,06 m	
Longitud minima calculado (Lm)				1,08 m	
Longitud real (Lr)				1,16 m	
Volumne del Canal (VC)				0,05 m3	
HRT flujo medio				3,87 s	

### 7.3 Trampa de flotantes

Se ha diseñado para un tiempo de residencia hidráulico de 15 minutos. Sus dimensiones internas son 2,98 m x 1,16 m con 1,50 m de altura hidráulica o altura útil, para un volumen total de 7400 litros.

Trampa de Flotantes						
Caudal de diseño sanitario						
Qd=	1060 m3/d					
Qd=	12,27 l/s					
Caudal Pico						
Factor pico hidraulico		Fp=	2			
Qmd=	2120,00 m3/d					
Qmd=	27,60 l/s					
Altura util			2 m			
Tiempo de retencion			10 min			
Tiempo de retencion			0,0069 dias			
Relación L/H			2,50			
Volumen			7,36 m3			
Area efectiva nec			3,68 m2			
Longitud min calc			2,63 m			
Ancho min calc			1,05 m			
Longitud real			1,20 m			
Ancho real			3,00 m			
Area real			3,60 m2			

#### 7.4 Cámara Anóxica

A la salida de la trampa de flotantes descarga directamente – por gravedad - dentro de un tanque con 29 m<sup>3</sup> de capacidad, el cual servirá para varios propósitos:

- Amortiguar variaciones en flujo procedente del Desarrollo Comercial para Igualación de flujo.
- Homogenizar el volumen de agua del tanque, mediante la mezcla de su contenido, de forma que se disminuyan las variaciones en concentraciones de las aguas residuales que entran al proceso biológico siguiente: Homogenización de cargas orgánicas.

- Servir como punto de contacto entre el lodo reciclado del Clarificador Final y el agua cruda que llega a la planta, acelerando el proceso de biodegradación y disminuyendo el potencial de crecimiento de bacterias filamentosas.

La presencia de organismos filamentosos provoca que los flóculos biológicos del reactor sean voluminosos y poco consistentes. Los flóculos ahí formados no sedimentan bien, y suelen ser arrastrados, en grandes cantidades, en el efluente de los estanques de sedimentación.

Los organismos filamentosos que se presentan en el proceso de lodos activados incluyen una variedad de bacterias filamentosas, actinomicetos y hongos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los organismos filamentosos son muy diversas, y varían para cada planta.

El control de los organismos filamentosos se ha conseguido de diferentes maneras, ya sea por adición de cloro o de peróxido de hidrógeno al lodo activado de retorno, por alteración de la concentración de oxígeno disuelto en el estanque de aireación, por alteración de los puntos de alimentación del agua a tratar para incrementar el calor de la relación F/M, mediante la adición de nutrientes básicos (nitrógeno y fósforo), adición de nutrientes y factores de crecimiento de traza o, más recientemente, mediante el uso de selectores.

El control del crecimiento de los organismos filamentosos en procesos de mezcla completo se ha conseguido mezclando el lodo de retorno con el agua residual entrante en un pequeño tanque de contacto anóxico conocido con el **nombre de selector o contactor anóxico**.

Contactor Anoxico						
Caudal de diseño sanitario						
Qd=	1060 m3/d					
Qd=	12,27 l/s					
Caudal Pico						
Factor pico hidraulico		Fp=	2			
Qmd=	2120,00 m3/d					
Qmd=	27,60 l/s					
Altura util			4 m			
Tiempo de retencion			40 min			
Tiempo de retencion			0,7 horas			
Relación L/H			1,00			
Volumen requerido			29,4 m3			
Longitud estimada			2,00 m			
Ancho estimado			3,68 m			
Largo r			3,36 m			
Ancho r			2,17 m			
Volumen real			29,16 m3			

Las dimensiones finales del contactor anóxico son 3,40 m x 2,20 m x 4 m altura útil, para un volumen total de 29 m<sup>3</sup> con un tiempo de residencia hidráulico de 0,7 horas.

## 7.5 Tanque de Aireación.

Para el sistema de Lodos Activados se ha optado por trabajar con un sistema de Aireación Extendida con el fin de minimizar la producción de lodos (biomasa) en exceso y de dotar al sistema de una mayor flexibilidad, es decir, con una capacidad para manejar variaciones hidráulicas y orgánicas en el agua de llegada.



A continuación, se presenta el cálculo para el diseño de lodos activados mediante aireación extendida, que es el sistema que se propone para esta Planta de Tratamiento de Aguas.

Diseño de una etapa para remoción DBO									
Entradas									
Qd=		1060 m3/d							
Qd=		0,28005284 MGD							
Entrada. BOD, $S_o$ =		225		mg/L					
Norma de salida BOD, $S_e$ =		30		mg/L					
Factor Pico =		2							
2. Calculo del volumen del reactor y dimensiones de tanques									
Y=		0,7 gSSV/gDBOremovida			SSVLM=		3500 mg/l		
Kd=		0,07 1/d			FbSSV=		0,65		
TRC=		20 d			Trecir		100 %		
F/M=		0,12 KgDBO/KgSSV-d							
Calculos									
Volumen Reactor V =		492 m3		Profundidad del tanque		13,3 ft			
Tiempo de Ret Hidr TRH =		11 horas		Profundidad del tanque		4 m			
Tamaño real Reactor		525,3 m <sup>3</sup>		Real L/A =		1,0			
Tamaño actual Reactor		1751,1 ft <sup>3</sup>		Forma del tanque		rectangular			
				Volumen Reactor		492,1		m <sup>3</sup>	
				=		17379,9		ft <sup>3</sup>	
				=		130001		gal	
Entrada Actual ancho tanque:		11,46		m		Ancho calculado		10,9	
				m				36,1	
Entrada Actual largo tanque:		11,46		m		Largo calculdo		10,9	
								36,1	
Carga diaria BOD =		455,4		lb/day					
		206588		g/day					

Las dimensiones finales internas del tanque de aireación son 11,46 m x 11,40 m x 4 m altura útil para un volumen final de 525 m<sup>3</sup>

Las características más importantes del sistema de lodos activados se muestran en la siguiente tabla: Tabla 2

**Tabla 2. Características del sistema de lodos activados**

Volumen total del tanque de aireación	492 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención celular	20 d
Rata de recirculación de lodos	100 %
Tiempo de Residencia hidráulico	12 horas
Requerimiento de oxígeno caudal promedio	310 kg/d
Relación F: M (alimento a micro-organismos)	0.12 KgDBO/KgSSV-d
Carga Volumétrica	0.35 kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup>

<b>Requerimiento de aire</b>					
<b>Entradas</b>					
O <sub>2</sub> needed por lb BOD =	1,50	lb O <sub>2</sub> /lb BOD	Profundidad dif	3,7	m
SOTE as F(x) profund =	2,50%	% per ft depth	Profundidad dif	12,3	ft
AOTE/SOTE =	0,5		Standard Temperature =	25	°C
Press. Perd Difusor =	12,0	in W.C.	Standard Temperature =	77	°F
			Standard Pressure =	1013,3	hPa
			Standard Pressure =	14,7	psi
			Atmospheric Pressure =	880,0	hPa
			Atmospheric Pressure =	12,8	psi
			Air Density at STP =	1291	kg/m3
Oxygen Requirement =	683,2	lb O <sub>2</sub> /day	Air Density at STP =	0,075	lbm/SCF
Oxygen Requirement =	310,5	Kg O <sub>2</sub> /day	O <sub>2</sub> Content in Air =	0,28	kg/m3
SOTE =	30,8%		O <sub>2</sub> Content in Air =	0,0173	lbm/SCF
Blower Outlet Pressure =	18,5	psia	AOTE =	3,8%	
Requimiento aire	20,1	m3/minuto	Oxygen density at 25 °C and 1 bara:  1.291 kg/m3 0.0806 lbm/ ft3 0.01078 lbm/gal(US liq) 2.506x10-3 sl/ ft3		
Requimiento aire	721,7	SCFM			

El tanque de aireación estará dotado con cuatro equipos tipo Jet de tercera generación aireador, marca Tsurumi 2 unidades de modelo 37 BER5 con una potencia nominal de 3.7 KW y 2 unidades del modelo 55BER5 con una potencia nominal de 5,5 KW .

Equipos tipo Jet					
Caudal de diseño sanitario					
Qd=	1060 m3/d	Factor KCr			
Qd=	12,27 l/s				
Requimiento de Oxígeno				Suministrado:	367,2 Kg O2 / dia
Requimiento de Oxígeno	310,5	Kg O2 / dia			
15BER	1,00 Kg O2 / dia			0 Unidad	
22BER	1,90 Kg O2 / dia			0 Unidad	
37BER	3,20 Kg O2 / dia			2 Unidad	
55BER	5,30 Kg O2 / dia			2 Unidad	

Nótese que con solo un equipo tendríamos el oxígeno suficiente para la capacidad nominal de la Planta en horas pico.

El equipo de aireación suministrado por el **GRUPO DURMAN ESQUIVEL** pertenece a la categoría de “aireadores de tercera generación”: son equipos de aspiración de aire, totalmente sumergidos dentro del tanque de aireación. Debido a esto, los equipos no presentan ningún tipo de ruido y utilizan de manera óptima la energía eléctrica que es suministrada al equipo, no solo para transferir al agua el oxígeno requerido sino para mezclar de manera continua el contenido del tanque de aireación.



## 7.6 Tanque de Clarificación

El Clarificador Secundario ha sido diseñado con base en los parámetros de la Tabla :

**Tabla 3. Parámetros de diseño del clarificador secundario**

Caudal a tratar	12 l/s promedio 24 l/s máximo
Concentración de SSLM a la entrada	3500 mg/L
Carga Superficial	24 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -d
Altura hidráulica	2,75 m
Área efectiva de sedimentación	66 m <sup>2</sup>

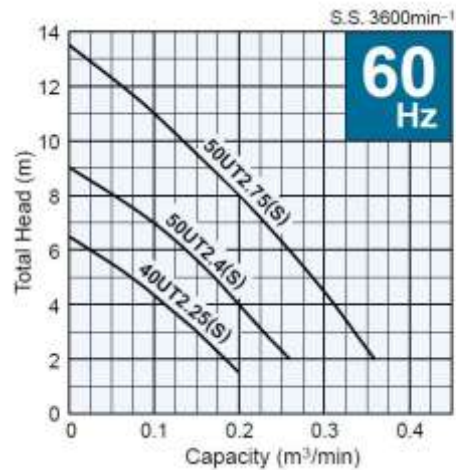
Los lodos retenidos en el clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa desea dentro del mismo.

El Clarificador es del tipo Lamella de placas, la alimentación a se hace por la parte superior de la unidad, donde tiene una pantalla de aquietamiento. El agua atraviesa longitudinalmente las 64 placas de 1,24 m x 1.22 m del sedimentador y es recolectada en la parte superior de la unidad en una canaleta de sección rectangular, con 15 cm de ancho, 15 cm de alto y 4,23 m de largo: la máxima carga diaria en vertederos es de 62 m<sup>3</sup> por cada metro lineal de vertederos al tener la canoa 17 metros lineales de borde o vertedero.

Los lodos retenidos en el clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa desea dentro del mismo.

Sedimentador				
Caudal de diseño sanitario				
Qd=	1060 m3/d			
Qd=	12,27 l/s			
Caudal Pico				
Factor pico hidraulico	Fp=	1,50		
Qmd=	1590 m3/d			
Qmd=	27,60 l/s			
Qmh=	66,25 m3/h			
Qmh=	1,15 m3/h			
Sedimentador Placas				
Tasa de sed Qp	24 m3/m2/d		No de unidades	
Tasa de sed Qm	12 m3/m2/d		2 unidades	
Area de Sed tot	66 m2		32 placas cada uno	
Placas			Norma	
Area equivalente	1,07 m2		Separ Placas 12 cm	
Ancho de placa	1,22 m			
Largo de placa	1,24 m		Dimensión minima	
Angulo	45 grados		8,89 m	
Numero Placas	62 placas			
Longitud de vertedero				
Dimen min	7,43 m		40 m3 / ml / d de vertedero	
Dimen real	4,23 m			
			125 m3/ml/d	
16,92	ml de vertedero			
4,23	ml de canoa			
8,46	ml de vertederop/ canoa			
			Numero de Sedimentadores	
Tiempo de retención	45 Min		2 unidades	
Conos de sediment	2 unid			
Angulo	45,00 Grados		Volumen Total de Sediment	
			33 m3	

Los lodos retenidos en el clarificador serán retornados al tanque de aireación inmediatamente anterior, con el fin de mantener la concentración de biomasa deseada dentro del mismo. Para ello, el clarificador cuenta con una bomba para retorno de lodos, de tipo sumergible marca TSURUMI 50 UT 2.4 S, con motor de  $\frac{1}{2}$  HP a 115 Voltios. La bomba para retorno de lodos opera de manera continua y está ubicada en la parte inferior del sedimentador. La razón de recirculación debe ser un 67 % del caudal promedio, que es 0.29 litros por segundo, por lo que el caudal de recirculación debe impulsar 0.2 l/s o sea 12. L /minuto, 0.012 m<sup>3</sup>/minuto. Ver curva de la bomba a 8 m de carga, por lo cual se nota que está sobrada aun para el caudal pico.



### **7.7 Tanque para almacenamiento, espesado y digestión de lodos**

Si la PTAR opera de manera continua bajo las condiciones de diseño, se deberían descartar 23 kg / día de SST/d equivalentes a 8,03 m<sup>3</sup> de lodos: éstos se descartarán desde la línea de retorno de lodos, con unos 8 g/L de SST. Estos lodos serán almacenados, espesados y digeridos (o estabilizados) en un tanque con un tiempo de Residencia dimensionado para 8 días.

Digestor de Lodos					
Caudal de diseño sanitario			Remoción		
Qd=	1060 m <sup>3</sup> /d				206,70 kg DBO por día
Qd=	12,27 l/s				
			Porcentaje	40 %	
Co Lodos	1 %				
G esp	1,03				
Q waste	83 kg por día				
TRH	8 días				
Volumen lodo digerido diario	8,03 m <sup>3</sup> /d				
Volumen digestor	64,22 m <sup>3</sup>				
Carga de solidos volatiles	1,03 m <sup>2</sup>				
Req Oxig	59,94 Kg O <sub>2</sub> / d				
Altura hidráulica	4,00 m				
Area estimada	16,05 s				
Longitud real (Lr)	7,80 m				
Ancho real (Br)	2,17 m				
Area Real (Ar)	16,93				
Volumen Real	67,70 s				
Efic Tranf O <sub>2</sub>	8,00 %				
Densidad del aire	1,20 Kg/m <sup>3</sup>				
Factor PSLM	200,00 %				
% de Oxigeno	20,00 %				
R Oxig	59,94 Kg O <sub>2</sub> / d				
Aire necesario	359,66 m <sup>3</sup> /d				
Aire necesario	8991,45 m <sup>3</sup> /d				
Aire necesario	6,24 m <sup>3</sup> /min				

El tanque tiene las siguientes medidas: 7,80 m x 2,17 m por 4,00 m de altura útil para un volumen útil de 68 m<sup>3</sup> y cuenta con un equipo de aireación 37BER3 de 2,2 KW. Este equipo debe de trabajar las 24 horas siempre que haya lodos en el digestor.



El tanque de digestión de lodos está equipado también con una bomba sumergible para lodos, marca TSURUMI con motor de  $\frac{1}{2}$  HP a 115 Voltios, la cual puede enviar lodos hasta los Nichos con sacos filtrantes de secado para la respectiva deshidratación de lodos antes de su disposición final.

### 7.8 Nicho con sacos filtrantes para Secado de Lodos

Luego de digeridos o estabilizados, los Lodos serán secados en un sistema de sacos filtrantes para Secado de Lodos y podrán luego utilizarse como acondicionadores de áreas verdes del proyecto, o en suelos agrícolas o forestales cercanos al mismo. Para instalaciones de pequeño tamaño son muy útiles los sacos filtrantes.

Se trata de disponer de recipientes formados por telas filtrantes donde se colocan los lodos a la salida del digestor.

El lodo se debe repartir en los distintos sacos, de forma que cuando uno se llena se conduce el lodo al siguiente. Se disponen. Se debe tener una cantidad mínima de 8sacos, y óptima de 16 sacos, de modo que mientras unos se llenan, otros se pueden estar secando y otros vacíos para recibir nuevas purgas.

Los resultados probados hasta la fecha en las Plantas que opera nuestra empresa han sido muy satisfactorios, reduciendo el volumen del lodo 8 - 12 veces.



El agua escurrida se envía de nuevo a la PTAR para su tratamiento ya que existe un canal con rejillas en el piso donde discurre el agua.

El sistema se conforma de un nicho, donde se colocan los sacos filtrantes. Estos sacos son de un material poroso que permite el paso del agua y retiene los lodos. Por medio de un sistema de tuberías y válvulas, los sacos son llenados, accionando la bomba de lodos.

Por sus características, el material de los sacos es resistente a productos químicos. Los sacos son de un material que les permite su uso muchas veces.

Antes de introducir los lodos en el saco, se le añade un floculante del tipo polímero catiónico en un tanque de 1 m x 1 m x 1 m de altura útil, para mejorar la separación sólido-líquido. La carga de sacos es manual, igual que su vaciado. El líquido filtrado se recoge en un canal colocado en la parte inferior de la losa y es conducido de nuevo a la PTAR para su tratamiento.

Una vez filtrados, los lodos se pueden dejar al sol para terminar de secar y eliminar la mayor cantidad de agua posible.

Como alternativa, los lodos una vez secos podrán llevarse a algún Relleno Sanitario del lugar, o para mejorar suelos de fincas agrícolas.

Los sacos son cilíndricos y tienen un diámetro de 40 cm. y una altura de 110 cm. por lo que pueden alojar 140 litros de lodos por unidad. Dado que son 4 sacos por turno tendríamos una capacidad de 560 litros por cada vaciado de lodos. Estimando que la reducción de volumen es de 10 veces, tenemos que cada tanda de 3 sacos podría recibir en total 5600 litros, o sea 1400 litros por saco, por lo que para vaciar el contenido del digestor 18000 litros necesitamos 14 sacos aproximadamente, que es el mínimo de unidades que deben tenerse. Lo ideal es tener un mínimo de 16 sacos, o sea 8 más para reposición, eventualidades, etc.

### A. Dosificación de polímero.

Nicho Para Deshidratar Lodos					
Caudal de diseño sanitario			Remoción		
Qd=	1060 m <sup>3</sup> /d			206,70 kg DBO por día	
Qd=	12,27 l/s				
		Cantidad de lodos		40 %	
Numero de sacos por batch		10 unidades			
Volumen del saco		140,00 litros			
Volumen total por sacos		1,400 m <sup>3</sup> /batch			
Volumen digestor		64,22 m <sup>3</sup>			
Reduccion Volumen		10,00 %			
Nuevo volumen de lodo		6,42 m <sup>3</sup>			
Cantidad de batch		4,59 veces			
Cantidad de sacos		46 sacos			
Dosificación polimero		3,00 Kg/1000 Kg Lodos			
Dosificación polimero		3,00 Kg / 97 m <sup>3</sup> Lodos			
Dosificación polimero mensual		1,99 Kg / mes			

### 7.9 Sistema de desinfección

De acuerdo con la normativa de Panamá, es imprescindible contar con un sistema de desinfección final para el efluente de acuerdo con la normativa existente. Es por este motivo que se propone un clorador mediante dosificación de cloro sólido en línea. (Pastillas de cloro).

El tanque de contacto se diseña para el caudal promedio que es 1060 m<sup>3</sup>/d. un tiempo de retención o de contacto cercano a los 20 minutos, por lo que su volumen debe ser mayor o igual a 15 m<sup>3</sup>.

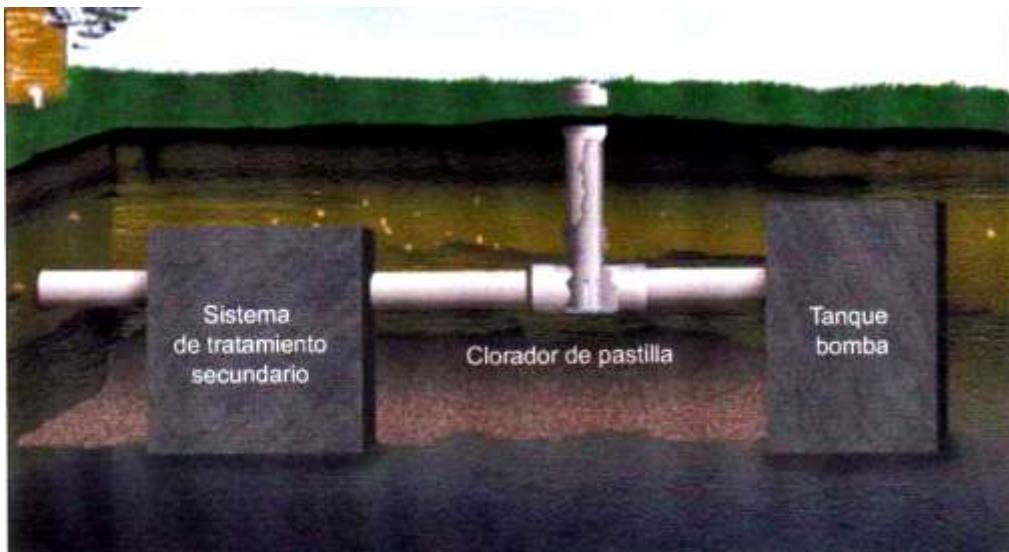
Tenemos una unidad de 4,45 m largo x 3,70 m ancho x una altura útil de 1 m que nos resulta en un volumen de 16,50 m<sup>3</sup>, por lo que el tiempo de retención efectivo es 20 minutos, por lo que estamos con un volumen de contacto adecuado.

El método más confiable en el mundo entero para la desinfección de agua y aguas servidas es la cloración. Este método se introdujo en forma Industrial en 1908, y desde que se conoce, brinda un sistema óptimo de protección residual en sistemas de distribución.

El manejo de gas cloro ha presentado problemas de seguridad, por lo cual la aplicación de Cl<sub>2</sub> ha declinado. Al mismo tiempo otras formas de aplicación de cloro líquido y tecnologías más recientes, como la luz ultravioleta y el ozono, continúan prometiendo formas más seguras de desinfección de agua y aguas servidas.

Pese a ello, la cloración sigue siendo por mucho el método más efectivo, confiable y económico usado en el mundo entero hace más de 50 años.

Se recomienda dosificar una cantidad de 7 a 10 mg/l, al efluente de la Planta de tratamiento con el fin de desinfectar adecuadamente estas aguas y poder tener un residual de cloro a la salida del tanque de contacto. Si tomamos en cuenta un volumen diario de 100 M<sup>3</sup> entonces, trabajando con el máximo de 10 mg/l necesitaríamos 1 Kg de Cloro por día al 100%. Esta dosificación varía según sea la concentración de cloro en las pastillas que se usen.



*Figura 1: La manera más común de desinfectar los sistemas individuales es la cloración con pastilla.*

Como se dijo, las aguas negras rociadas al césped deben desinfectarse primero para evitar malos olores y eliminar microorganismos que causan enfermedades. Las aguas negras pueden desinfectarse con cloro, ozono y rayos ultravioletas. La manera más común de desinfectar los sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras es la cloración con pastilla.

Los doradores de pastilla por lo general tienen cuatro componentes:

1. / Las pastillas de cloro.
2. / Un tubo que sostiene las pastillas.
3. / Un dispositivo de contacto que poste a las pastillas de cloro en contacto con las aguas negras.
4. / Un tanque de almacenamiento, por lo general un tanque bomba, donde las aguas negras se almacenan antes de que sean distribuidas.

Antes de ser tratadas con cloro, las aguas negras son tratadas por un tratamiento secundario, aeróbico. Las aguas negras pasan del dispositivo de tratamiento por un tubo hacia el dispositivo de contacto.

El dispositivo de contacto por lo general tiene una depósito donde se coloca el tubo que contiene de pastillas de cloro. La pastilla en el fondo del tubo está en contacto con las aguas negras que corren por el depósito. A medida que la pastilla se disuelve y/o se erosiona, la pastilla que se encuentra arriba se cae por gravedad para remplazarla.

Una pastilla se puede disolver rápida o lentamente, según la cantidad de aguas negras con la que tenga contacto y la duración del contacto. Se debe alcanzar un punto de equilibrio en cuanto al tiempo de contacto en el depósito del dorador: mucho tiempo de contacto causa que las aguas negras sean tratadas con cloro más de lo debido y que las pastillas se disuelvan rápidamente; muy poco tiempo de contacto causa que las aguas negras no sean doradas lo suficiente.

Se deben usar solamente las pastillas de cloro que estén aprobadas para usarse con aguas negras. Las pastillas son de hipoclorito cálcico, un blanqueador común de la casa. Estas pastillas se disuelven en las aguas negras y sueltan el hipoclorito que se convierte en ácido hipocloroso, el desinfectante principal.

No utilice pastillas de cloro de albercas. Muchas veces son de ácido tricloroisocianúrico que no está aprobado para usarse en los sistemas de tratamiento de aguas negras. Estas pastillas emiten el cloro muy lentamente para que pueda ser eficaz. Si se mojan una y otra vez, también podrían producir cloruro de nitrógeno, lo que puede explotar. No combine las pastillas de ácido tricloroisocianúrico con las de hipoclorito cálcico porque la combinación forma el compuesto explosivo cloruro de nitrógeno. Lea la lista de ingredientes activos en la etiqueta de la pastilla para asegurarse de que esté usando hipoclorito cálcico.

Puesto que las pastillas de cloro son cáusticas, debe manipularlas con cuidado. Póngase guantes para proteger la piel del contacto directo con las pastillas. Las pastillas húmedas son las más cáusticas; manipúlelas con cuidado especial.

Además, puesto que el contenedor de las pastillas guarda gas de cloro, debe abrirlo en un lugar bien ventilado.

El gas de cloro puede escaparse de las pastillas y del contenedor reduciendo la eficacia de las pastillas y posiblemente corroyendo los productos de metal cerca del contenedor. Después de ser tratadas con cloro las aguas negras entran al tanque de agua tratada donde termina el proceso de desinfección mediante un tiempo de contacto mayor o igual a 30 minutos. En este punto las aguas negras se llaman aguas recuperadas. Las aguas recuperadas deben tener por lo menos 0.2 miligramos de cloro por litro de aguas negras o que no tengan más de 1000 coliformes fecales (bacteria del excremento) por 100 mililitros de aguas negras.

Una manera fácil de determinar la concentración de cloro en el agua recuperada es usando un equipo de prueba de cloro. Se puede adquirir en las tiendas que venden productos para las albercas.

Los equipos más adecuados requieren que usted mezcle una pequeña cantidad de agua recuperada con una solución y que compare el color de la mezcla con los colores que vienen en el equipo. Los equipos que utilizan tiras de papel tal vez no sean los más adecuados porque no determinan la concentración actual de cloro en el agua.

Por lo general si la prueba detecta algo de cloro, las aguas negras contienen menos de 200 coliformes fecales por cada 100 mililitros. Pero esto no garantiza que esté libre de organismos que causan enfermedades. Para reducir el riesgo de organismos que causen enfermedades, las aguas negras deben tener por lo menos 0.2 miligramos de cloro por litro.

### **Cómo mantener el sistema funcionando**

En el proyecto se instalará un clorador de pastillas de 4" de diámetro, para la dosificación del cloro a las aguas residuales. El mismo como se explicó tiene un dispositivo que disminuye y aumenta el contacto del agua con las pastillas para que de ese modo se gradúe la dosificación, y que se tenga el residual de diseño a la salida del Tanque de Contacto.

Es el sistema más seguro, comparado con sus alternativas, Cloro Gas, Cloro Líquido, Granulado.



Asegúrese de que el clorador tenga pastillas de cloro en todo momento. Haga inspecciones semanales para asegurarse de que tenga pastillas y que estén en contacto con las aguas negras. Agregue pastillas de cloro cuando sea necesario. Igual que los

carros no circulan sin gasolina, los doradores de pastilla no funcionan sin pastillas de cloro.

- I. Si usa un sistema de distribución por rociado es imprescindible que se replacen las pastillas de cloro en forma rutinaria.
- II. Las pastillas se pueden comprimir en el tubo. Para reducir las posibilidades de la compresión, ponga de dos a cinco pastillas en el tubo cada vez.
- III. Si las pastillas se comprimen en el tubo, o si parte de la pastilla de abajo no se ha disuelto y está deteniendo a las demás, saque el tubo y quite el bloqueo con un chorro de agua de la manguera de jardín.
- IV. Use sólo las pastillas que estén certificadas para su uso en sistemas domésticos de aguas negras. No se deben usar pastillas de albercas ni de otro tipo para tratar aguas negras.
- V. Utilice un equipo de prueba de cloro para determinar la concentración de cloro a la salida del tanque de contacto.

Si le da un olor séptico cuando sale el agua del clorador, revise para asegurarse de que el dorador tenga pastillas de cloro.

## **8. DIMENSIONAMIENTO**

Las dimensiones de los procesos del sistema de tratamiento y obras conexas, aparecen listadas en la siguiente tabla.



**Tabla 3. Dimensiones de procesos del sistema de tratamiento**

<b>Resumen Diseño Sanitario</b>			
<b>Caudal Diseño</b>			<b>Carga orgánica</b>
Qd=	1060,00 m3/d		225 mg/l
Qd=	12,27 l/s		238,50 kg DBO por día
<b>Caudal Pico</b>			
Factor pico hidráulico	Fp=	2	
Qmd=	2120,00 m3/d		
Qmd=	27,60 l/s		
Rejillas	0,70 m	1 unidad	
Desarenador	0,70 m2	2 unidades	
Trampa de flotantes	7,36 m3	1 unidad	
Reactor	525,33 m3	1 unidad	
Sedimentador	66 m2	2 unidad	
Digestor	67,70 m3	1 unidad	
Equipos aireacion	2 x 37BER	7,5 Kw	
Equipos aireacion	2 x 55BER	11 Kw	
Sacos filtrantes	10 unidad		

## 9. CALIDAD DEL EFLUENTE

El efluente de la PTAR (el agua ya tratada) tendrá las características de la tabla 5:

**Tabla 4. Características del efluente de la planta de tratamiento**

Parámetro	Valor máximo
Demanda química de oxígeno (DQO)	100 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	35 mg/L
Sólidos suspendidos totales (SST)	35 mg/L
Grasas y aceites	20 mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno	5 mg/L
Potencial hidrógeno (pH)	5,5 a 9
Temperatura	15 a 40 grados Celsius
Sólidos Sedimentables	1 ml /L
C.T	<1000 NMP / 100 ml
NO3	6 mg/l

**Tabla 5. Características del efluente de la planta de tratamiento**

pH: 5.5 – 9.0	Temperatura: +/- 3 °C de la T.N.
SS: <35 mg/L	ST: <500 mg/L
NTU: <30 mg/L	DBO5: <35 mg/L
DQO: <100 mg/L	C.T.: <1000 NMP/100 ml
Nt: <10 mg/L	Pt: <5 mg/L
NO3: <6 mg/L	AyG: <20 mg/L

#### **10. Disposición del agua tratada.**

El agua tratada se dispondrá en la Quebrada Rodeo que colinda con la propiedad.

## 11. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Decreto Ejecutivo No. 33601-S-MINAE. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. Alcance 8 a la Gaceta del 19 de marzo del 2007.
- Decreto No. 31545-S-MINAE. Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. La Gaceta No. 246. Lunes 22 de diciembre de 2003.
- Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización. Tercera edición. Volumen I y II. Mc Graw-Hill. México. 1991.
- Manual de Fosas Sépticas. Centro Regional de Ayuda Técnica AID. Agosto 1975

## ANEXO 1 FÓRMULA GENERALES PARA EL DISEÑO

### *Fórmulas generales de diseño.*

Nota: (Algunas no aplican en este proyecto)

#### A. Canal de Rejillas- Ecuación de Kirschmer

##### 7.2 Pérdida de carga en las rejillas

Las pérdidas de carga a través de las rejillas dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que llevan las aguas. El cálculo de la pérdida de carga para una rejilla limpia puede efectuarse por medio de la fórmula siguiente, propuesta por Kirschmer (1926):

$$h_f = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{v^2}{2g} \sin \delta \quad \dots (7.2)$$

donde:

- h = diferencia de alturas antes y después de las rejillas, m
- S = espesor máximo de las barras, m
- e = separación entre las barras, m
- $v^2/2g$  = carga de velocidad antes de la reja, m
- $\delta$  = ángulo de inclinación de las barras
- $\beta$  = factor dependiente de la forma de las barras

#### B. Desarenador

Formulas Desarenador:
$L/H = 60 (V_c/V_s)$
$QP = (Q_m \cdot F_p)/N$
$Asm = (Q_m/100/V_c)$
$Asp = (Q_p/1000/V_c)$
$Am = (Asm/AC)$
$Ap = (Asp/AC)$
$Lm = (Ap \cdot LH)$
$Lr = Lm \cdot 1.25$
$VC = Lr \cdot Asm/1000$
$HRT = V_c/Q_m$

**Donde:**

F=Factor Pico  
Vc=Velocidad en el canal, m/s  
Vs=Velocidad de sedimentación de la arena, m/min  
AC= Ancho del canal, m  
L/H= relación L/H  
QP=Caudal a flujo pico, L/s  
Asm=Area seccional a flujo medio, m<sup>2</sup>  
Asp=Area seccional a flujo pico, m<sup>2</sup>  
Am=Altura a caudal medio, m  
Ap=Altura a caudal pico, m  
Lm=Largo mínimo del canal, m  
Lr=Largo real del canal, m  
VC= Volumen del canal a flujo medio, L  
HRT a caudal medio , seg. Tiempo retención hidráulico

**C. Formulas Trampa de grasas**

<b>Volumen trampa grasas V=</b>	$(Q_m/86.4) \cdot TRH_s$	
L =	largo trampa=	2A
A =	Ancho =	$(S/2)^{0.5}$
Hu =	Altura útil	
S=	V/Hu	
Qm=	Caudal promedio en m <sup>3</sup> /día	
TRHm=Tiempo de retención minutos		
TRHs=Tiempo de retención segundos		

**D. Pozo de Bombeo**

<b>FORMULA POZO BOMBEO</b>
$V=3.6 Q (F_p-1)/N/F_p$
$CI=QF_p/NB$

**Donde:**

N= Número de encendidos por hora  
Q= Caudal medio de entrada, L/s  
Fp= Factor Pico Horario

NB=Número de Bombas de Alimentación

V= Volumen útil del Tanque, M3

Cl=Capacidad de cada Bomba de alimentación, L/s

#### E. Contactor Anóxico

$VC = (V/24) * TRH$

Donde

V= Volumen diario a tratar en m3/día

TRH= tiempo retención hidráulico en horas

#### F. Reactor de aireación

$$V = \frac{\theta_c * Q_{prom} * Y * (DBO_{5in} - DBO_{5escapa})}{X * (1 + k_d * \theta_c)} \quad (17)$$

$DBO_{5escapa}$ : demanda bioquímica de oxígeno soluble que escapa al tratamiento (mg/L)

$DBO_{5in}$ : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

V: volumen (m<sup>3</sup>)

$Q_{prom}$ : caudal promedio (m<sup>3</sup>/d)

X: concentración de sólidos suspendidos volátiles del líquido de mezcla (mg/L)

Y: coeficiente de producción máxima medido durante cualquier periodo finito de la fase de crecimiento exponencial, definido como la relación entre la masa de células formadas y la masa de substrato consumido (mg/mg)

$k_d$ : coeficiente de descomposición endógena (d<sup>-1</sup>)

$\theta_c$ : tiempo medio de retención celular (d)

$$DBO_5_{escapa} = (DBO_5_{ef}) - (DBO_5_{solSSef}) \quad (18)$$

$DBO_5_{ef}$ : demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

$DBO_5_{escapa}$ : demanda bioquímica de oxígeno soluble que escapa al tratamiento (mg/L).

$DBO_5_{solSSef}$ : demanda bioquímica de oxígeno de los sólidos suspendidos del efluente (mg/L):

$$DBO_5_{solSSef} = fb * DBO_5_{ef} * (1,42) * (0,68) \quad (19)$$

$DBO_5_{ef}$ : demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

$DBO_5_{solSSef}$ : demanda bioquímica de oxígeno de los sólidos suspendidos del efluente (mg/L):

$fb$ : fracción biodegradable (%)

$$Esol = \left( \frac{DBO_{5in} - DBO_{5escapa}}{DBO_{5in}} \right) * 100 \quad (20)$$

$$Ec = \left( \frac{DBO_{5in} - DBO_{5ef}}{DBO_{5in}} \right) * 100 \quad (21)$$

$DBO_{5escapa}$ : demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

$DBO_{5in}$ : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

$Ec$ : eficiencia conjunta (%)

$Esol$ : eficiencia soluble (%)

$$MDBO_L = \frac{Q_{prom} * (DBO_{5in} - DBO_{5escapa})}{0,68 * 1000} \quad (22)$$

$DBO_{5in}$ : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

$DBO_{5escapa}$ : demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

$MDBO_L$ : masa de demanda bioquímica de oxígeno última por día (kg/d)

$Q_{prom}$ : caudal promedio (m<sup>3</sup>/d)

$$MO_2 = MDBO_L - 1,42 * (P_x) \quad (23)$$

$MDBO_L$ : masa de demanda bioquímica de oxígeno última por día (kg/d)

$MO_2$ : cantidad de oxígeno requerido (kg/d)

$P_x$ : Masa de fango activado volátil purgada (kg/d)



Otros parámetros de diseño como producto del tiempo medio de retención celular ( $\theta_c$ ) seleccionado son: el tiempo de retención hidráulica ( $\theta$ ) y la relación alimento-microorganismos ( $F/M$ ), cuyos valores se determinan a partir de las expresiones (24) y (25) respectivamente.

$$\theta = \frac{V}{Q_{prom}} \quad (24)$$

$Q_{prom}$ : caudal promedio ( $m^3/d$ )

$V$ : volumen ( $m^3$ )

$\theta$ : tiempo medio de retención hidráulica (h)

$$\frac{F}{M} = \frac{DBO_{5in}}{\theta * X} \quad (25)$$

$DBO_{5in}$ : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

$F/M$ : relación alimento microorganismos o factor de carga (d)

$Q_{prom}$ : caudal promedio ( $m^3/d$ )

$X$ : concentración de sólidos suspendidos volátiles del líquido de mezcla (mg/L)

$\theta$ : tiempo medio de retención hidráulica (h)

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + (k_d * \theta_c)} \quad (31)$$

Y: coeficiente de producción máxima medido durante cualquier periodo finito de la fase de crecimiento exponencial, definido como la relación entre la masa de células formadas y la masa de sustrato consumido (mg/mg)

$Y_{obs}$ : producción neta observada (adim)

$k_d$ : coeficiente de descomposición endógena ( $d^{-1}$ )

$\theta_c$ : tiempo medio de retención celular (d)

$P_x$ : Cantidad de fango activado volátil purgada (kg/d)

$$P_x = \frac{Y_{obs} * Q_{prom} * (DBO_{5in} - DBO_{5escapa})}{1000} \quad (32)$$

$DBO_{5escapa}$ : demanda bioquímica de oxígeno soluble del influente que escapa al tratamiento (mg/L)

$DBO_{5in}$ : demanda bioquímica de oxígeno del influente (mg/L)

$P_x$ : Cantidad de fango activado volátil purgada (kg/d)

$Q_{prom}$ : caudal promedio ( $m^3/d$ )

$Y_{obs}$ : producción neta observada (adim)

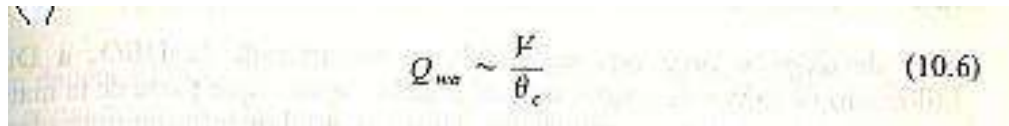
$$P_{escapa} = \frac{Q_{prom} \cdot DBO_{5ef}}{1000} \quad (34)$$

$DBO_{5ef}$ : demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

$P_{escapa}$ : cantidad de sólidos suspendidos totales que escapan al tratamiento

$Q_{prom}$ : caudal promedio (m<sup>3</sup>/d)

#### Volumen de Purga



$$Q_v \sim \frac{P}{\theta_c} \quad (10.6)$$

V= Volumen tanque

$\theta_c$ = Tiempo retención celular

#### G. Fórmula Digestor Aerobio

$$V_{dig} = Q_w / (1000 \cdot G_e \cdot C_l)$$

$$V_D = V_{dig} \cdot TRH_d$$

$C_l$ = Concentración de lodos, %

$G_e$ = Gravedad específica del lodo

$Q_w$ =Cantidad de lodo a ser digerido Kg/día \*

$TRH_d$ = Tiempo Retención Hidráulica del digestor (días)

$$V_{dig} = Q_w / (1000 \cdot G_e \cdot C_l)$$

$$V_D = V_{dig} \cdot TRH_d$$

$$CSV = 0.8 \cdot Q_w / V_D$$

$$RO_2 = Q_w \cdot (SSVLM / SSLM) \cdot P \cdot K$$

$$SSVLM / SSLM = 0.8$$

$$\text{Porcentaje oxidación tejido celular} = P = 40\%$$

$$\text{Necesidades de Oxígeno por Kg Destruído en tejido celular} = K = 2.3$$

$V_{dig}$ =Volumen de lodo a ser digerido, m<sup>3</sup>/d

$V_D$  = Volumen Digestor, m<sup>3</sup>

$CSV$ =Carga sólidos volátiles, kg/m<sup>3</sup>.d

$RO_2$ =Requerimientos de oxígeno, kg O<sub>2</sub>/d

Tabla 11.17 Criterios de diseño para digestores aerobios

Parámetro	Valor
Tiempo de detención hidráulica, días a 20 °C <sup>a</sup>	
Fango activado en exceso únicamente	10-15
Fango activado de plantas sin decantación primaria	12-18
Fango primario más activado o de filtro percolador <sup>b</sup>	15-20
Carga de sólidos, kg de sólidos volátiles, m <sup>3</sup> /d	1,6-4,8
Necesidades de oxígeno, kg/kg destruido	
Tejido celular <sup>c</sup>	~2,3
DBO <sub>5</sub> en el fango primario	1,6-1,9
Necesidades energéticas para el mezclado	
Aireadores mecánicos, kW/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	20-40
Mezclado con aire, m <sup>3</sup> /10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> -min	20-40
Nivel de oxígeno disuelto en el líquido, mg/L	1-2

<sup>a</sup> Los tiempos de detención indicados deben aumentarse para temperaturas por debajo de los 20 °C. Si el fango no puede ser extraído durante ciertos periodos (p. ej., fines de semana, tiempo lluvioso) debe preverse una capacidad adicional de almacenamiento.

<sup>b</sup> Se utilizan tiempos de detención similares para los primarios únicamente.

<sup>c</sup> El amoníaco producido durante la oxidación carbonosa se oxida a nitrato (véase la ecuación).

#### H. Fórmula para Nicho con sacos filtrantes de Secado

Volumen de lodos a disponer diariamente (Kg/d)= Qw =

Volumen de digestor (m<sup>3</sup>)= VD

Tiempo Retención digestor días= TRHd

Días secado= Ds

Área de Nicho con sacos filtrantes de secado= A

**Fórmula para Área de Nicho con sacos filtrantes de Secado,**

$$A = (VD/0.4) * (Ds/TRHd)$$

## A. Sedimentador Primario

### CUADRO DE FÓRMULAS

INFORMACIÓN A INGRESAR	Color rojo		
RESULTADOS OBTENIDOS	Color Verde	Unidades	Rango deseable
# de Placas=	N	unidades	
Ancho de la Placa	w	m	
Largo de la Placa	L	m	
Ángulo de las Placas=	$\emptyset$	grados	
Área Efectiva de Sedimentación=As	$N*w*L(\cos \emptyset)$	M2	
Volúmen a Tratar =	Q	M3/día	
Carga Superficial=CS	Q/As	M3/M2*Día	Rango = 8-20 M3/M2/día Ver tabla 10.7 Adjunta
Longitud de Canoa=	C	M	
Número de Sedimentadores=	NS	Unidades	
Número de Bordes Libres=	Nb	Bordes	
Carga en Vertederos=CV	$V/(C*NS*Nb)$	M3/M	Rango= <50 M3/M
SSLM=	$S_{lm}$	mg/L	
Carga de Sólidos en Sedimentador= CSs	$(Q*S_{lm})/(1000*As)$	Kg/M2*Día	
Carga total de sólidos sedimentador=CTs	CSs*As	Kg/día	
Carga de Sólidos en Sedimentador/hora=CTs/h	Css/As	Kg/M2*Hora	Rango= 1 - 5 Ver tabla 10.7 Adjunta
Longitud Sedimentador=Ls	Ls	M	
Ancho Sedimentador=Ws	Vs	M	
Altura Útil=Hu	Hu	M	
Volúmen Sedimentador=Vs	$NS*Ls*Vs*Hu$	M3	
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)=	$(Vs/Q)*24$	Horas	Rango= 1 - 2 Horas

TABLA 10.7 Referencia: Metcalf Eddy INGENIERIA SANITARIA. Tratamiento, evacuación y reutilización de Aguas Residuales. SEGUNDA EDICION Página 563

INSTALACIONES PARA TRATAMIENTO BIOLÓGICO					563
Tabla 10.7 Información típica de diseño para clarificadores secundarios <sup>a,b</sup>					
Tipo de tratamiento	Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d		Carga, kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>c</sup>		Profundidad m
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16-24	40-48	3,0-5,0	8,0	3-4 ✓
Sedimentación a continuación de fangos activados por aire (excluyendo la aireación prolongada)	16-32	40-48	3,0-6,0	9,0	3,5-5
Sedimentación a continuación de aireación prolongada ✓	8-16	24-32	1,0-5,0	7,0	3,5-5

<sup>a</sup> Adaptado parcialmente de la bibliografía [42].  
<sup>b</sup> La información contenida en esta tabla no debe usarse a efectos de proyecto a menos que no se disponga de datos de ensayo en columna de sedimentación u otros datos de campo.  
<sup>c</sup> Las cargas sólidas permisibles están gobernadas, generalmente, por las características de sedimentación del fango asociadas con las operaciones en tiempo frío.