

**INFORMACIÓN DE MODULOS DE PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
VILLAS SANTA MARÍA PENONOMÉ**

1- Introducción

El proyecto se plantea desarrollar en 5 etapas, que mostramos a continuación.

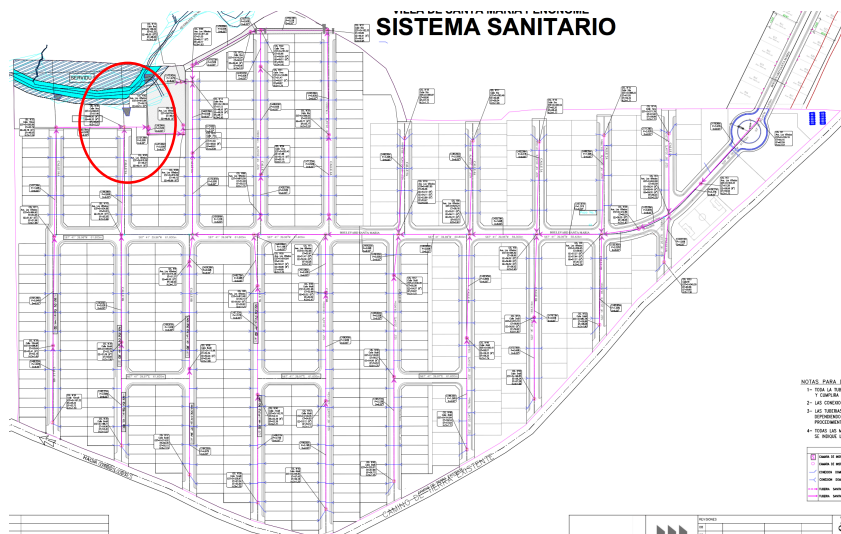


Se plantean construir 3 módulos plantas de tratamiento de aguas residuales divididos de la siguiente manera:

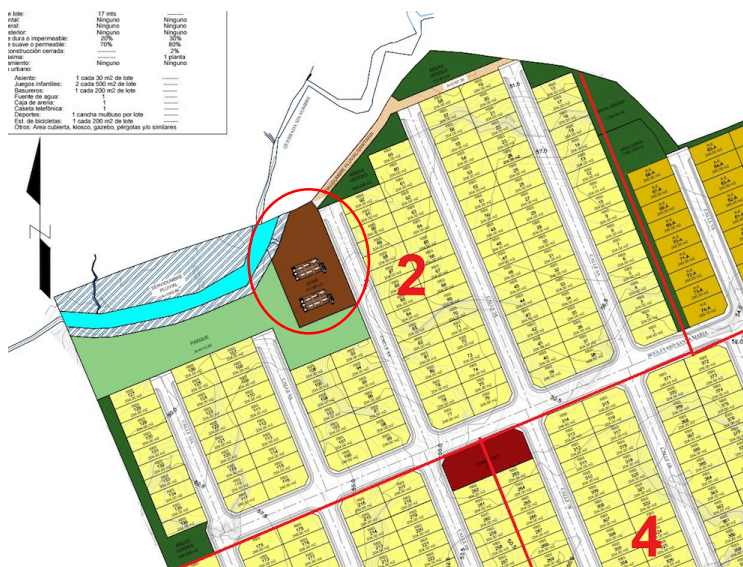
		ÁREAS					
		Viviendas		Comercio	Parvulario	GPM	Distribución
#	Etapas	Total	Habitantes	Cantidad	Cantidad		
1	Boulevard Santa María	32.00	160.00	2.00	0.00	15.75	1.00
2	Villas de Santa María Etapa 1	73.00	365.00	1.00	0.00	31.78	
3	Villas de Santa María Etapa 2	136.00	680.00	0.00	0.00	56.67	2.00
6	Villas de Santa María Etapa 5	70.00	350.00	0.00	1.00	29.58	
4	Villas de Santa María Etapa 3	80.00	400.00	0.00	0.00	33.33	3.00
5	Villas de Santa María Etapa 4	204.00	1,020.00	1.00	0.00	86.21	
Totales		595.00	2,975.00	4.00		253.33	

2- Ubicación de módulos de PTAR

Colindante a la quebrada sin nombre, se ha destinado una zona para las plantas de tratamientos, esta zona es el punto bajo del proyecto.



Se encuentran en la etapa 2 del desarrollo:



3- Descripción del sistema de tratamiento de la planta

La tecnología utilizada contempla un pre tratamiento anaerobio mediante un sistema DAFA (Digestor Anaerobio de Flujo Ascendente – Van Haaden y Lettinga 1980) tipo UASB o RAFA, un tratamiento primario mediante la aireación en reactor aeróbico y por ultimo un tratamiento terciario mediante la sedimentación convencional. Este proceso combinado puede producir un efluente con excelente calidad, así mismo puede obtenerse una DBO en el influente inferior a 10 mg/l. (Van Haandel 1993).

El proceso de lodos activados es muy flexible y permite una serie de variaciones en cuanto a características hidráulicas de clarificación en los reactores y al sistema de aireación, así como permite una extensa gama de parámetros del proceso como tiempo hidráulico de retención, edad de lodo y relación alimento – microorganismo.

A través del pre tratamiento anaerobio, se elimina gran parte del material orgánico del afluente, actuando el DAFA como digestor y condensador del exceso de lodo generado en el sistema de lodos activados, removedor de grasas y material flotante y homogenización.

Descripción de unidades:

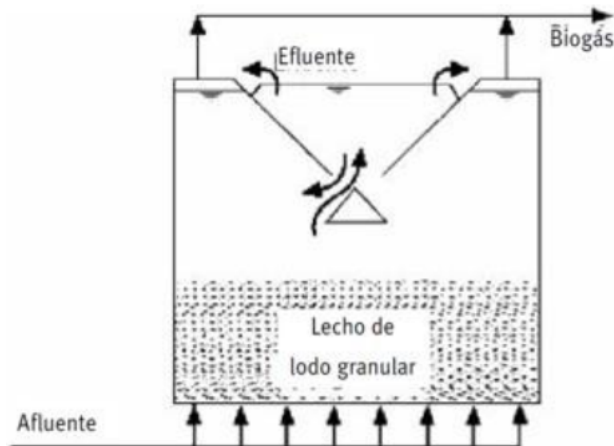
Unidad de entrada:

Los descoles finales de las aguas residuales serán llevados a esta unidad donde son retenidos gran cantidad de solidos gruesos mediante la instalación de una rejilla. La unidad de entrada contara con un sistema de desarenado para la retención de material pesado y arenas.

En caso de que la tubería de entrada este muy por debajo del nivel del terreno la unidad de entrada será un sistema de bombeo. Esta propuesta no incluye el suministro y la instalación de sistemas de bombeo en caso de requerirse.

Reactor DAFA

El tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculante conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos en el cual se desarrollan bacterias con buenas características de sedimentación que permiten formación de estratos realizando la hidrólisis producto de la fermentación reduciendo la DQO y la DBO soluble. Tiempo de detención adoptado 3.56 h.



Los gases de la digestión anaerobia se adhieren a las partículas biológicas causando circulación interna y formación de más granos. El gas libre y las partículas con gas adherido se elevan y chocan con el fondo de las pantallas desgasificadoras liberando el gas y sedimentando las partículas, el gas libre se captura en los domos localizados en la parte superior del reactor.

Unidad de lodos activados

El proceso de lodos activados es el proceso biológico de más amplio uso para el tratamiento de aguas residuales, orgánicas e industriales. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta en forma de suspensión floculenta en un medio aireado y agitado.

El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. Tiempo de detención de 12.17h.

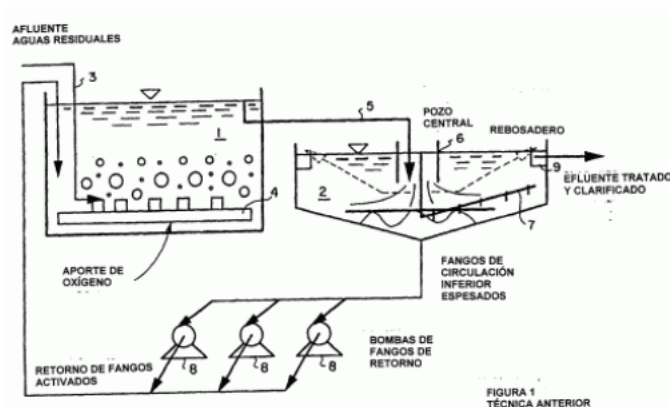
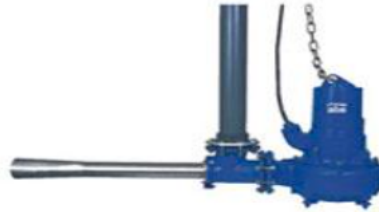


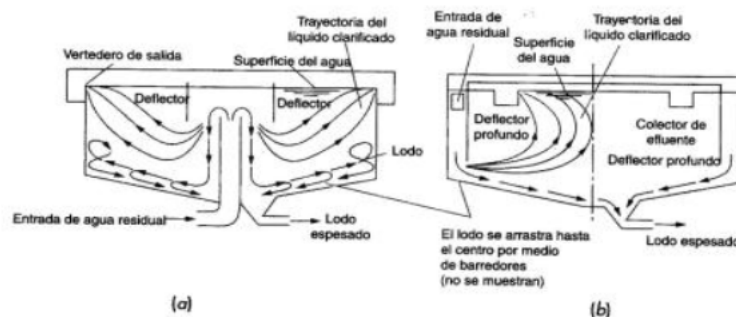
FIGURA 1
TÉCNICA ANTERIOR

El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo véntury.



Sedimentador secundario.

Son unidades diseñadas como unidades de pulimento y retención de lodos que se escapan del reactor aerobio. El sistema estará dotado de equipo electromecánico para recirculación o retiro de lodos según sea el caso.



Lechos de secado

Para la disposición adecuada de los lodos en su deshidratación y secado, en su parte inferior se dispone de una tubería perforada para recolección seguidamente contara con un lecho de grava y arena gruesa. El material deshidratado será dispuesto en relleno.

Cámara de desinfección

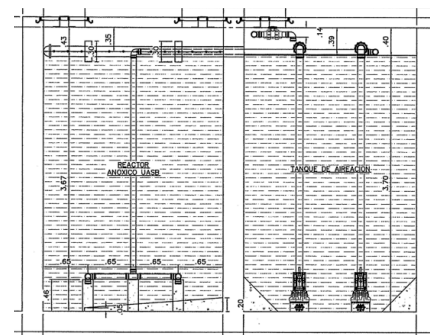
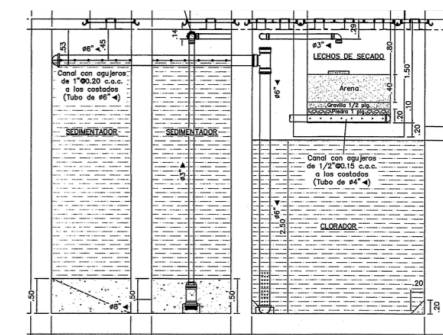
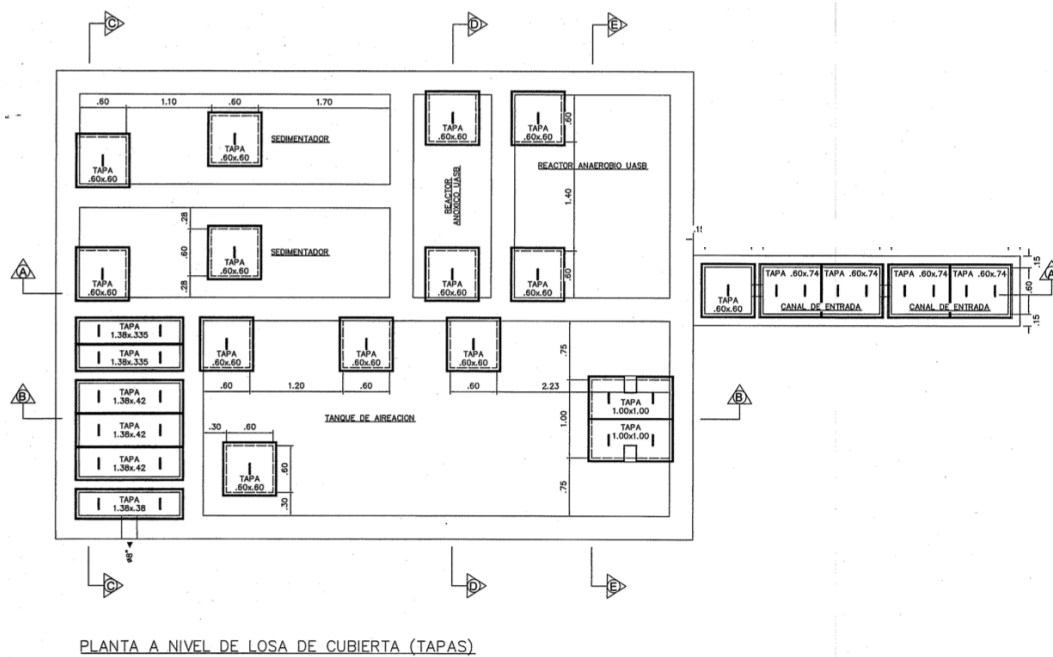
Una vez el efluente pasa a la cámara de desinfección, se le agrega cloro para desinfección y eliminación de bacterias coliformes. Se estima un tiempo de retención entre 10 a 20 minutos.

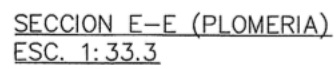
VENTAJAS DEL SISTEMA

- Entre las ventajas más importantes se encuentran:
- Perfecta aplicación en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- No presenta impactos negativos relacionados con olores molestos y ruido
- Soporta picos relacionados altos flujo y cargas orgánicas

- Por ser soterrada no presenta impacto visual desfavorable
- Poca área para su ubicación
- Baja producción de lodos para disponer.
- Producción de subproductos utilizables.
- Acepta altas cargas hidráulicas y orgánicas.
- Menores requisitos de nutrientes.
- Simplicidad en la operación. No se requiere personal altamente calificado para su operación.
- Construcción en concreto reforzado.

Esquema de módulo de la PTAR





4- Cálculos hidráulicos de módulos

MEMORIA DE CALCULO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROYECTO: VILLAS DE SANTA MARÍA PENONOMÉ - ETAPA 1 Y BOULEVARD SANTA MARÍA
MODULO 1

A) CALCULO CAUDAL

1	Viviendas	105.00	
2	Hab./viv.	5.00	
3	Caudal . Hab	80.00	GPHD
4	Área Comerciales	2,908.92	m2
5	Caudal comercios	7.02	Gal/m2-d
6	Caudal	62,410.17	GPD
7	Factor	0.80	
8	Caudal Factorado	49,928.14	GPD
		2.19	l/s
		188.73	m3/dia

B) DIMENSIONAMIENTO DE UNIDAD DE ENTRADA

Ecuación para la pérdida de carga con la rejilla limpia h_f , es:

$$h_f = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 * g} \right) \quad \text{"METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales"}$$

Donde:

V = Velocidad entre barras (0.6 m/s - 0.9 m/s)

v = Velocidad de aproximación (0.3 m/s - 0.6 m/s) para limpieza manual.

g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

Tabla 1. Detalles de la rejilla

DESCRIPCIÓN	DATO
Varilla circular	Ø = 1/2".
Inclinación con la horizontal	45°
Separación entre barras	1/2"
Velocidad a través de la rejilla	0.6 m/s
Velocidad de aproximación	0.4 m/s

"Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999"

Área

Q = 0.00364059 m³/s caudal de entrada

V = 0.6 m/s velocidad en la rejilla

Área = 0.00606766 m²

l = 0.6 prof. De canal

MEMORIA DE CALCULO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROYECTO: VILLAS DE SANTA MARÍA PENONOMÉ - ETAPA 2 Y 5
MODULO 2

A) CALCULO CAUDAL

1	Viviendas	206.00	
2	Hab./viv.	5.00	
3	Caudal . Hab	80.00	GPHD
4	Área Comerciales	1,790.00	m2
5	Caudal comercios	7.02	Gal/m2-d
6	Caudal	94,959.37	GPD
7	Factor	0.80	
8	Caudal Factorado	75,967.50	GPD
		3.33	l/s
		287.16	m3/dia

B) DIMENSIONAMIENTO DE UNIDAD DE ENTRADA

Ecuación para la pérdida de carga con la rejilla limpia h_f , es:

$$h_f = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 * g} \right) \quad \text{"METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales"}$$

Donde:

V = Velocidad entre barras (0.6 m/s - 0.9 m/s)

v = Velocidad de aproximación (0.3 m/s - 0.6 m/s) para limpieza manual.

g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

Tabla 1. Detalles de la rejilla

DESCRIPCIÓN	DATO
Varilla circular	Ø = 1/2".
Inclinación con la horizontal	45°
Separación entre barras	1/2"
Velocidad a través de la rejilla	0.6 m/s
Velocidad de aproximación	0.4 m/s

"Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999"

Área

Q = 0.005539297 m³/s

caudal de entrada

V = 0.6 m/s

velocidad en la rejilla

Área = 0.009232161 m²

l = 0.6 prof. De canal

h = A/l 0.015386935 m

Longitud de la rejilla

$$L = l/\sin 45^\circ \quad 0.80 \text{ m}$$

$$n \cdot 1.25 + (n-1) \cdot 1.25 = 60$$
$$n = 24$$

Ancho: 0.60 m
Altura: 0.60 m
Borde Libre: 0.20 m
Altura total: 0.80 m
Longitud: 0.80 m

DESARENADOR

$$TDS = 900 \text{ M/D} \quad TDS = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{TDS} \Rightarrow A_s$$

$$A_s = 0.319 \text{ m}^2$$

Longitud mínima= 2.00 m
Longitud utilizada= 2.00 m

Proceso biológico para eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Tabla 2. Parámetros de diseño para procesos biológicos de eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Parámetro	Unidad	Valor
Relación Alimento/microorganismo	Kg DBO/Kg SSVLM	0.15 – 0.25
Tiempo de Retención de sólidos (θ_c)	d	2 – 27
SSLM	mg/l	3,000 – 5,000
Tiempo de retención hidráulico		
• Zona anaerobia	h	0.5 – 1.5
• Zona Anóxica	h	0.5 – 1.0
• Zona aerobia	h	3.5 – 6.0

(METCALF & EDDY Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuso -3a ED. McGraw Hill 1991)

C) FASE ANAEROBIA

$$V_a = 1.514$$
$$H = 3.8 \text{ m}$$

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos, el tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculento, en el cual se deben desarrollar bacterias con buenas características

$$T_d = 2.510 \text{ h}$$

de sedimentación, bien mezcladas por el gas en circulación, el cual al igual que partículas con gas adherido se elevan hacia la parte superior del reactor donde chocan con las pantallas desgasificadoras liberando el gas y dejando caer los granos desgasificados.

El volumen del reactor será:

$$V = Q \cdot T_d = 30.02 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 7.90 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 2.00 \text{ m}$$

El fango sedimentado se recircula a la entrada del reactor y se mezcla con el agua residual entrante. Bajo condiciones anaerobias, el fosforo presente en el agua residual y en la masa celular recirculada se libera en forma de fosfatos solubles y luego el fosforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia para ser liberado mediante la purga del fango activado.

Dentro de las ventajas del sistema se incluyen la construcción sencilla, requerimientos bajos de área, operación simple, no necesita energía, produce poco lodo, y la eficiencia en remoción de DBO y SS es aceptable con tiempos de detención relativamente cortos.

D) FASE ANÓXICA

$$V_a = 3.703$$

$$H = 3.8 \text{ m}$$

Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxígeno pero existe disponibilidad de este químicamente ligado en forma de nitratos y nitritos gracias a la recirculación del líquido mezcla nitrificado que se recircula desde la zona aerobia.

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

$$T_d = 1.026 \text{ h}$$

$$V = Q \cdot T_d = 12.28 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 3.23 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 1.00 \text{ m}$$

E) FASE AEROBIA

Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa

El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo véntury.

La nitrificación se puede conseguir en el mismo reactor empleado para el tratamiento la materia orgánica carbonosa. Los procesos más comúnmente empleados son el de flujo en pistón convencional, mezcla completa y aireación prolongada entre otros. Para nuestro proyecto optaremos por el sistema de lodos activados de flujo en pistón convencional.

Con los parámetros establecidos y aplicando la fórmula de reactor convencional con recirculación, se calcula el volumen del reactor para el caudal medio. Los

coeficientes para digestión aerobia serán:

- Coeficiente de crecimiento bacterial (0.4-0.8) $Y = 0.5 \frac{mgSSV}{mgDBO}$
- Coeficiente de declinación endógena (0.04-.075) $d^{-1} = 0.065$

Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999

- Edad de lodos (5 – 15 días) $\theta_c = 15$ días
- SSVLM (1,500 – 3,000) $X = 2,400$ mg/l
- DBO afluente $DBO_a = 200$ mg/l
- DBO efluente $DBO_e = 30$ mg/l
- SST efluente $SS_e = 20$ mg/l

Cáculamos:

$$\begin{aligned} \text{DBO soluble (Se)} &= Se = DBO_e - 0.63SS \\ Se &= 30\text{mg/l} - 0.63 * 20\text{mg/l} \\ Se &= 17.4 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

La biomasa en cada reactor (XV) será:

$$XV = \frac{\theta_c Y Q (S_o - S_e)}{1 + K_d \theta}$$

$$XV = 202377.4469 \text{ gSSV}$$

$$V = XV/X = 84.324 \text{ m}^3$$

Adoptando una altura de la lámina de agua de 3.7 m calculamos el área del reactor

$$A = V/H = 22.79 \text{ m}^2$$

Adoptando un ancho a= 3 m

Longitud será $L = A/a = 8.00$ m

Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación del reactor será

$$t = V/Q \quad t = 7.04 \text{ h} \quad \text{Ok (4-8HORAS)}$$

La carga orgánica volumétrica

$$COV = Q * S_o / V = 0.681859357 \text{ gDBO/m}^3\text{-d} \quad \text{Ok (0.08-2.40)}$$

La relación alimento microorganismo (A/M)

$$AM = COV / X = 0.2841 \text{ mg/g} \quad \text{Ok (0.2 - 0.6)}$$

Se calcula la producción de lodo Px

$$Px = XV / Oc = 13.49 \text{ KgSSV/d}$$

Adoptando una porción volátil de ST igual al 80% los sólidos totales de desecho serán

$$STD = Px/0.8 = 16.86 \text{ kg /d}$$

Se calcula el caudal de lodos de desecho (Qw) para una concentración de ST del lodo sedimentado igual a 10,000 mg/l

$$Qw = STD/ST = 1.69 \text{ m}^3/\text{d}$$

El caudal de recirculación QR será:

$$Qr = QX/Xr-X = 123.21 \text{ m}^3/\text{d}$$

La relación de recirculación es

$$R = Qr / Q = 42.86 \quad \text{Ok (25 - 100)}$$

El oxígeno requerido (DO) para remoción de DBO Carbonacea y Nitrogenasea se obtiene:

$$DO = 1.5Q(S_o - S_e) - 1.42X_RQ_w + 4.57Q(N_0 - N)$$

$$DO = 109.94 \text{ KgO}_2/\text{d}$$

$$4.58 \text{ KgO}_2/\text{h}$$

$$10.07 \text{ KgO}_2/\text{h}$$

Equipo de aireación

Para el proceso de aireación se propone la instalación en el fondo del tanque de un sistema de aireación de turbina tipo ventury así:

% de oxígeno en el gas de salida (Ot)

$$O_t = \frac{21(1-E)100}{79 + 21(1-E)}$$

$$E = 0.2 \text{ fracción decimal de oxígeno}$$

$$Ot = 17.54\%$$

Concentración de Saturación a la profundidad media (Csm)

$$C_{\dots} = \frac{Cs}{\left(\frac{P + 0.433h}{10} + \frac{O_t}{10} \right)}$$

$$C_{sm} = 2 \left(\frac{P}{20.9} \right)$$

Cs= concentración de saturación de OD en la superficie (0.8mg/l)

P = presión barométrica

H = profundidad

$$C_{sm} = 5.482787235 \text{ mg/l}$$

$$\text{Flujo de aire para el soplador } G_o = 28.4 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Potencia requerida del compresor para una eficiencia del 70% y diferencia de presión de 8,0 psi

$$P_c = \frac{Q * \Delta P}{E}$$

$$P_c = \begin{matrix} 0.91 \text{ kw} \\ 1.21 \text{ Hp} \end{matrix}$$

Donde: Q = flujo de aire en m³/seg
AP = Diferencia de presión en kPa
E= Eficiencia fraccional

La potencia requerida del rotor

$$P_r = P_d * P_c$$

$$P_r = 1.15 \text{ Hp}$$

Donde Pd=relación de potencia optima = 0.95

La potencia total consumida

$$P_t = P_r + P_c$$

$$P_t = 2.36 \text{ Hp}$$

Usar dos motores de mínimo 3.0 Hp en el tanque de aireación y con ello cumplir las exigencias en relación a suplencia, alternancia y redundancia en equipos de aireación.

Sedimentador secundario

El proceso se complementa con la instalación de 2 unidades de sedimentación – clarificación. Estos cuentan con su tolva de lodos y equipo de bombeo para recirculación y disposición en los lechos de secado.

Adaptando una tasa de desborde o carga superficial de 10.27 m³/m² día

Adoptando una rata de desbore o carga superficial de 10.27 m³/m²-dia
(16 – 32) USEPA “Suspended Solids Removal” Desing manual 1975)

Se obtiene el área de sedimentación para cada una de las dos unidades:

$$A = \frac{Q}{CS}$$

$$A = 13.98038681$$

Se propone la construcción de (2) unidades de lado 1.15m, longitud de 4.0m. y profundidad promedio h= 3.65 m.

Una unidad estará dotada de un sistema de recirculación de lodos hacia el reactor aerobio, se propone la instalación de una bomba sumergible para lodos de al menos 1.0 Hp por lo que la generación de lodos se considera despreciable.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas.

Para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

Lechos de secado

En caso de presentarse exceso de lodos se construirá una estructura para el secado y deshidratación de estos.

Se trata de una unidad dotada de un lecho de filtración así:

- Falso fondo de 20.0 cm.
- Piedra bola de tamaño específico entre 75 – 150 mm. 20 cm. de espesor
- Arena de río con coeficiente de uniformidad de 3.5 a 4.0 y tamaño efectivo de 3.0 a 6.0 mm. 20 cm. de espesor
- Láminas de PVC perforadas
- Borde libre

Los lodos luego de deshidratados serán dispuestos de acuerdo a lo establecido en la norma, podrán usarse como abono orgánico en zonas verdes o retirados

en bolsa de basura para disposición en relleno.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

$$h = A/l \quad 0.01011276 \text{ m}$$

Longitud de la rejilla

$$L = l/\sin 45^\circ \quad 0.80 \text{ m}$$

$$n \cdot 1.25 + (n-1) \cdot 1.25 = 60$$

$$n = 24$$

$$\text{Ancho:} \quad 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Altura:} \quad 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Borde Libre:} \quad 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Altura total:} \quad 0.80 \text{ m}$$

$$\text{Longitud:} \quad 0.80 \text{ m}$$

DESARENADOR

$$\text{TDS} = 900 \text{ M/D}$$

$$TDS = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{TDS} \Rightarrow A_s$$

$$A_s = 0.210 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud mínima} = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Longitud utilizada} = 1.00 \text{ m}$$

Proceso biológico para eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Tabla 2. Parámetros de diseño para procesos biológicos de eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Parámetro	Unidad	Valor
Relación Alimento/microorganismo	Kg DBO/Kg SSVLM	0.15 – 0.25
Tiempo de Retención de sólidos (θ_c)	d	2 – 27
SSLM	mg/l	3,000 – 5,000
Tiempo de retención hidráulico		
• Zona anaerobia	h	0.5 – 1.5
• Zona Anóxica	h	0.5 – 1.0
• Zona aerobia	h	3.5 – 6.0

(METCALF & EDDY Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuso · 3a ED. McGraw Hill 1991)

C) FASE ANAEROBIA

$$V_a = 1.514$$

$$H = 3.8 \text{ m}$$

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos, el

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

$$T_d = 2.510 \text{ h}$$

El volumen del reactor será:

$$V = Q \cdot T_d = 19.73 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 5.19 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 2.00 \text{ m}$$

tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculento, en el cual se deben desarrollar bacterias con buenas características de sedimentación, bien mezcladas por el gas en circulación, el cual al igual que partículas con gas adherido se elevan hacia la parte superior del reactor donde chocan con las pantallas desgasificadoras liberando el gas y dejando caer los granos desgasificados.

El fango sedimentado se recircula a la entrada del reactor y se mezcla con el agua residual entrante. Bajo condiciones anaerobias, el fósforo presente en el agua residual y en la masa celular recirculada se libera en forma de fosfatos solubles y luego el fósforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia para ser liberado mediante la purga del fango activado.

Dentro de las ventajas del sistema se incluyen la construcción sencilla, requerimientos bajos de área, operación simple, no necesita energía, produce poco lodo, y la eficiencia en remoción de DBO y SS es aceptable con tiempos de detención relativamente cortos.

D) FASE ANÓXICA

$$V_a = 3.703$$

$$H = 3.8 \text{ m}$$

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

$$T_d = 1.026 \text{ h}$$

$$V = Q \cdot T_d = 8.07 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 2.12 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 1.00 \text{ m}$$

Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxígeno pero existe disponibilidad de este químicamente ligado en forma de nitratos y nitritos gracias a la recirculación del líquido mezcla nitrificado que se recircula desde la zona aerobia.

E) FASE AEROBIA

Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa

El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo ventury.

La nitrificación se puede conseguir en el mismo reactor empleado para el tratamiento la materia orgánica carbonosa. Los procesos más comúnmente empleados son el de flujo en pistón convencional, mezcla completa y aireación prolongada entre otros. Para nuestro proyecto optaremos por el sistema de lodos activados de flujo en pistón convencional.

Con los parámetros establecidos y aplicando la fórmula de reactor convencional con recirculación, se calcula el volumen del reactor para el caudal medio. Los coeficientes para digestión aerobia serán:

- Coeficiente de crecimiento bacterial (0.4-0.8) $Y = 0.5 \frac{mgSSV}{mgDBO}$
- Coeficiente de declinación endógena (0.04-.075) $d^{-1} = 0.065$

Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| ▪ Edad de lodos (5 – 15 días) | $\theta_c = 15$ días |
| ▪ SSVLM (1,500 – 3,000) | $X = 2,400$ mg/l |
| ▪ DBO afluente | $DBO_a = 200$ mg/l |
| ▪ DBO efluente | $DBO_e = 30$ mg/l |
| ▪ SST efluente | $SS_e = 20$ mg/l |

Cálculamos:

$$\begin{aligned} \text{DBO soluble (Se)} &= Se = DBO_e - 0.63SS \\ Se &= 30\text{mg/l} - 0.63 * 20\text{mg/l} \\ Se &= 17.4 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

La biomasa en cada reactor (XV) será:

$$XV = \frac{\theta_c Y Q (S_o - S_e)}{1 + K_d \theta}$$

$$XV = 133008.584 \text{ gSSV}$$

$$V = XV/X = 55.420 \text{ m}^3$$

Adoptando una altura de la lámina de agua de 3.7 m calculamos el área del reactor

$$A = V/H = 14.98 \text{ m}^2$$

Adoptando un ancho a= 2.5 m

Longitud será $L = A/a = 6.00 \text{ m}$

Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación del reactor será

$$t = V/Q \quad t = 7.04 \text{ h} \quad \text{Ok (4-8HORAS)}$$

La carga orgánica volumétrica

$$COV = Q \cdot S_o / V = 0.68185936 \text{ gDBO/m}^3\text{-d} \quad \text{Ok (0.08-2.40)}$$

La relación alimento microorganismo (A/M)

$$AM = COV / X = 0.2841 \text{ mg/g} \quad \text{Ok (0.2 - 0.6)}$$

Se calcula la producción de lodo Px

$$Px = XV / O_c = 8.87 \text{ KgSSV/d}$$

Adoptando una porción volátil de ST igual al 80% los solidos totales de desecho serán

$$STD = Px/0.8 = 11.08 \text{ kg /d}$$

Se calcula el caudal de lodos de desecho (Qw) para una concentración de ST del lodo sedimentado igual a 10,000 mg/l

$$Q_w = STD/ST = 1.11 \text{ m}^3\text{/d}$$

El caudal de recirculación QR será:

$$Q_r = QX/X_r - X = 80.98 \text{ m}^3\text{/d}$$

La relación de recirculación es

$$R = Q_r / Q = 42.86 \quad \text{Ok (25 - 100)}$$

El oxígeno requerido (DO) para remoción de DBO Carbonacea y Nitrogenasea se obtiene:

$$DO = 1.5Q(S_o - S_e) - 1.42X_R Q_w + 4.57Q(N_o - N)$$

$$\begin{aligned} DO &= 65.07 \text{ KgO}_2\text{/d} \\ &2.71 \text{ KgO}_2\text{/h} \\ &5.96 \text{ KgO}_2\text{/h} \end{aligned}$$

Equipo de aireación

Para el proceso de aireación se propone la instalación en el fondo del tanque de un sistema de aireación de turbina tipo ventury así:

% de oxígeno en el gas de salida (Ot)

$$O_t = \frac{21(1 - E)100}{79 + 21(1 - E)}$$

$$\begin{aligned} E &= 0.2 \text{ fracción decimal de oxígeno} \\ O_t &= 17.54\% \end{aligned}$$

Concentración de Saturación a la profundidad media (Csm)

$$C_{sm} = \frac{Cs}{2} \left(\frac{P + 0.433h}{P} + \frac{O_t}{20.9} \right)$$

Cs= concentración de saturación de OD en la superficie (0.8mg/l)

P = presión barométrica

H = profundidad

$$C_{sm} = 5.48278724 \text{ mg/l}$$

Flujo de aire para el soplador Go = 28.4 pie³/min

Potencia requerida del compresor para una eficiencia del 70% y diferencia de presión de 8,0 psi

$$P_c = \frac{Q * \Delta P}{E}$$

$$P_c = \begin{array}{l} 0.91 \text{ kw} \\ 1.21 \text{ Hp} \end{array}$$

Donde: Q = flujo de aire en m³/seg
 AP = Diferencia de presión en kPa
 E= Eficiencia fraccional

La potencia requerida del rotor

$$P_r = P_d * P_c$$

$$P_r = 1.15 \text{ Hp}$$

Donde Pd=relación de potencia optima = 0.95

La potencia total consumida

$$P_t = P_r + P_c$$

$$P_t = 2.36 \text{ Hp}$$

Usar dos motores de mínimo 3.0 Hp en el tanque de aireación y con ello cumplir las exigencias en relación a suplencia, alternancia y redundancia en equipos de aireación.

Sedimentador secundario

El proceso se complementa con la instalación de 2 unidades de sedimentación – clarificación. Estos cuentan con su tolva de lodos y equipo de bombeo para recirculación y disposición en los lechos de secado.

Adoptando una rata de desborde o carga superficial de $10.27 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$
(16 – 32) USEPA “Suspended Solids Removal” Desing manual 1975)

Se obtiene el área de sedimentación para cada una de las dos unidades:

$$A = \frac{Q}{CS}$$

$$A = 9.18833338$$

Se propone la construcción de (2) unidades de lado 1.15m, longitud de 4.0m. y profundidad promedio $h = 3.65 \text{ m}$.

Una unidad estará dotada de un sistema de recirculación de lodos hacia el reactor aerobio, se propone la instalación de una bomba sumergible para lodos de al menos 1.0 Hp por lo que la generación de lodos se considera despreciable.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas.

Para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de $0.6 \times 0.6 \text{ m}$.

Lechos de secado

En caso de presentarse exceso de lodos se construirá una estructura para el secado y deshidratación de estos.

Se trata de una unidad dotada de un lecho de filtración así:

- Falso fondo de 20.0 cm.
- Piedra bola de tamaño específico entre 75 – 150 mm. 20 cm. de espesor
- Arena de río con coeficiente de uniformidad de 3.5 a 4.0 y tamaño

efectivo de 3.0 a 6.0 mm. 20 cm. de espesor

- Láminas de PVC perforadas
- Borde libre

Los lodos luego de deshidratados serán dispuestos de acuerdo a lo establecido
en la norma, podrán usarse como abono orgánico en zonas verdes o retirados
en bolsa de basura para disposición en relleno.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

MEMORIA DE CALCULO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROYECTO: VILLAS DE SANTA MARÍA PENONOMÉ - ETAPA 3 Y 4
MODULO 3

A) CALCULO CAUDAL

1	Viviendas	284.00	
2	Hab./viv.	5.00	
3	Caudal . Hab	80.00	GPHD
4	Área Comerciales	1,790.00	m2
5	Caudal comercios	7.02	Gal/m2-d
6	Caudal	126,159.37	GPD
7	Factor	0.80	
8	Caudal Factorado	100,927.50	GPD
		4.42	l/s
		381.51	m3/dia

B) DIMENSIONAMIENTO DE UNIDAD DE ENTRADA

Ecuación para la pérdida de carga con la rejilla limpia h_f , es:

$$h_f = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 * g} \right) \quad \text{"METCALF & EDDY Ingeniería de Aguas Residuales"}$$

Donde:

V = Velocidad entre barras (0.6 m/s - 0.9 m/s)

v = Velocidad de aproximación (0.3 m/s - 0.6 m/s) para limpieza manual.

g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s²

Tabla 1. Detalles de la rejilla

DESCRIPCIÓN	DATO
Varilla circular	Ø = 1/2".
Inclinación con la horizontal	45°
Separación entre barras	1/2"
Velocidad a través de la rejilla	0.6 m/s
Velocidad de aproximación	0.4 m/s

"Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999"

Área

Q = 0.007359297 m³/s

caudal de entrada

V = 0.6 m/s

velocidad en la rejilla

Área = 0.012265495 m²

l = 0.6 prof. De canal

h = A/l 0.020442491 m

Longitud de la rejilla

$$L = l / \sin 45^\circ \quad 0.80 \text{ m}$$

$$n \cdot 1.25 + (n-1) \cdot 1.25 = 60$$

$$n = 24$$

$$\text{Ancho:} \quad 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Altura:} \quad 0.60 \text{ m}$$

$$\text{Borde Libre:} \quad 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Altura total:} \quad 0.80 \text{ m}$$

$$\text{Longitud:} \quad 0.80 \text{ m}$$

DESARENADOR

$$\text{TDS} = 900 \text{ M/D} \quad TDS = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{TDS} \Rightarrow A_s$$

$$A_s = 0.424 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud mínima} = 2.00 \text{ m}$$

$$\text{Longitud utilizada} = 1.00 \text{ m}$$

Proceso biológico para eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Tabla 2. Parámetros de diseño para procesos biológicos de eliminación conjunta de nitrógeno y fosforo

Parámetro	Unidad	Valor
Relación Alimento/microorganismo	Kg DBO/Kg SSVLM	0.15 – 0.25
Tiempo de Retención de sólidos (θ_c)	d	2 – 27
SSLM	mg/l	3,000 – 5,000
Tiempo de retención hidráulico		
• Zona anaerobia	h	0.5 – 1.5
• Zona Anóxica	h	0.5 – 1.0
• Zona aerobia	h	3.5 – 6.0

(METCALF & EDDY Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuso -3a ED. McGraw Hill 1991)

C) FASE ANAEROBIA

$$V_a = 1.514$$

$$H = 3.8 \text{ m}$$

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos, el tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculento, en el cual se deben desarrollar bacterias con buenas características

$$T_d = 2.510 \text{ h}$$

de sedimentación, bien mezcladas por el gas en circulación, el cual al igual que partículas con gas adherido se elevan hacia la parte superior del reactor donde chocan con las pantallas desgasificadoras liberando el gas y dejando caer los granos desgasificados.

El volumen del reactor será:

$$V = Q \cdot T_d = 39.88 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 10.50 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 2.00 \text{ m}$$

El fango sedimentado se recircula a la entrada del reactor y se mezcla con el agua residual entrante. Bajo condiciones anaerobias, el fosforo presente en el agua residual y en la masa celular recirculada se libera en forma de fosfatos solubles y luego el fosforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia para ser liberado mediante la purga del fango activado.

Dentro de las ventajas del sistema se incluyen la construcción sencilla, requerimientos bajos de área, operación simple, no necesita energía, produce poco lodo, y la eficiencia en remoción de DBO y SS es aceptable con tiempos de detención relativamente cortos.

D) FASE ANÓXICA

$$V_a = 3.703$$

$$H = 3.8 \text{ m}$$

Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxígeno pero existe disponibilidad de este químicamente ligado en forma de nitratos y nitritos gracias a la recirculación del líquido mezcla nitrificado que se recircula desde la zona aerobia.

$$T_d = \text{tiempo de retención} = H/V_a$$

$$T_d = 1.026 \text{ h}$$

$$V = Q \cdot T_d = 16.31 \text{ m}^3$$

$$A = V/H = 4.29 \text{ m}^2$$

$$L = 2.60 \text{ m}$$

$$a = 1.00 \text{ m}$$

E) FASE AEROBIA

Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa

El proceso está constituido básicamente por un tanque de aireación donde el agua residual se estabiliza biológicamente por una masa de microorganismos que constituyen el floc biológico, insoluble, y que ejerce una demanda de oxígeno. El ambiente aerobio es mantenido gracias a la utilización de equipos de transferencia de oxígeno (difusores de aire o aireadores mecánicos sumergidos o superficiales) en nuestro caso se propone un sistema de aireación mecánico sumergido tipo véntury.

La nitrificación se puede conseguir en el mismo reactor empleado para el tratamiento la materia orgánica carbonosa. Los procesos más comúnmente empleados son el de flujo en pistón convencional, mezcla completa y aireación prolongada entre otros. Para nuestro proyecto optaremos por el sistema de lodos activados de flujo en pistón convencional.

Con los parámetros establecidos y aplicando la fórmula de reactor convencional con recirculación, se calcula el volumen del reactor para el caudal medio. Los

coeficientes para digestión aerobia serán:

- Coeficiente de crecimiento bacterial (0.4-0.8) $Y = 0.5 \frac{mgSSV}{mgDBO}$
- Coeficiente de declinación endógena (0.04-.075) $d^{-1} = 0.065$

Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. 1999

- Edad de lodos (5 – 15 días) $\theta_c = 15$ días
- SSVLM (1,500 – 3,000) $X = 2,400$ mg/l
- DBO afluente $DBO_a = 200$ mg/l
- DBO efluente $DBO_e = 30$ mg/l
- SST efluente $SS_e = 20$ mg/l

Cáculamos:

$$\begin{aligned} \text{DBO soluble (Se)} &= Se = DBO_e - 0.63SS \\ Se &= 30\text{mg/l} - 0.63 * 20\text{mg/l} \\ Se &= 17.4 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

La biomasa en cada reactor (XV) será:

$$XV = \frac{\theta_c Y Q (S_o - S_e)}{1 + K_d \theta}$$

$$XV = 268870.8969 \text{ gSSV}$$

$$V = XV/X = 112.030 \text{ m}^3$$

Adoptando una altura de la lámina de agua de 3.7 m calculamos el área del reactor

$$A = V/H = 30.28 \text{ m}^2$$

Adoptando un ancho a= 3.5 m

Longitud será $L = A/a = 9.00$ m

Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación del reactor será

$$t = V/Q \quad t = 7.04 \text{ h} \quad \text{Ok (4-8HORAS)}$$

La carga orgánica volumétrica

$$COV = Q * S_o / V = 0.681859357 \text{ gDBO/m}^3\text{-d} \quad \text{Ok (0.08-2.40)}$$

La relación alimento microorganismo (A/M)

$$AM = COV / X = 0.2841 \text{ mg/g} \quad \text{Ok (0.2 - 0.6)}$$

Se calcula la producción de lodo Px

$$Px = XV / Oc = 17.92 \text{ KgSSV/d}$$

Adoptando una porción volátil de ST igual al 80% los sólidos totales de desecho serán

$$STD = Px/0.8 = 22.41 \text{ kg /d}$$

Se calcula el caudal de lodos de desecho (Qw) para una concentración de ST del lodo sedimentado igual a 10,000 mg/l

$$Qw = STD/ST = 2.24 \text{ m}^3/\text{d}$$

El caudal de recirculación QR será:

$$Qr = QX/Xr-X = 163.69 \text{ m}^3/\text{d}$$

La relación de recirculación es

$$R = Qr / Q = 42.86 \quad \text{Ok (25 - 100)}$$

El oxígeno requerido (DO) para remoción de DBO Carbonacea y Nitrogenasea se obtiene:

$$DO = 1.5Q(S_o - S_e) - 1.42X_RQ_w + 4.57Q(N_0 - N)$$

$$DO = 152.95 \text{ KgO}_2/\text{d}$$

$$6.37 \text{ KgO}_2/\text{h}$$

$$14.01 \text{ KgO}_2/\text{h}$$

Equipo de aireación

Para el proceso de aireación se propone la instalación en el fondo del tanque de un sistema de aireación de turbina tipo ventury así:

% de oxígeno en el gas de salida (Ot)

$$O_t = \frac{21(1-E)100}{79 + 21(1-E)}$$

$$E = 0.2 \text{ fracción decimal de oxígeno}$$

$$Ot = 17.54\%$$

Concentración de Saturación a la profundidad media (Csm)

$$C_{\dots} = \frac{Cs}{\left(\frac{P + 0.433h}{10} + \frac{O_t}{10} \right)}$$

$$C_{sm} = 2 \left(\frac{P}{20.9} \right)$$

Cs= concentración de saturación de OD en la superficie (0.8mg/l)

P = presión barométrica

H = profundidad

$$C_{sm} = 5.482787235 \text{ mg/l}$$

$$\text{Flujo de aire para el soplador } G_o = 28.4 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Potencia requerida del compresor para una eficiencia del 70% y diferencia de presión de 8,0 psi

$$P_c = \frac{Q * \Delta P}{E}$$

$$P_c = \begin{matrix} 0.91 \text{ kw} \\ 1.21 \text{ Hp} \end{matrix}$$

Donde: Q = flujo de aire en m³/seg
AP = Diferencia de presión en kPa
E= Eficiencia fraccional

La potencia requerida del rotor

$$P_r = P_d * P_c$$

$$P_r = 1.15 \text{ Hp}$$

Donde Pd=relación de potencia optima = 0.95

La potencia total consumida

$$P_t = P_r + P_c$$

$$P_t = 2.36 \text{ Hp}$$

Usar dos motores de mínimo 3.0 Hp en el tanque de aireación y con ello cumplir las exigencias en relación a suplencia, alternancia y redundancia en equipos de aireación.

Sedimentador secundario

El proceso se complementa con la instalación de 2 unidades de sedimentación – clarificación. Estos cuentan con su tolva de lodos y equipo de bombeo para recirculación y disposición en los lechos de secado.

Adaptando una tasa de desborde o carga superficial de 10.27 m³/m² día

Adoptando una rata de desbore o carga superficial de 10.27 m³/m²-dia
(16 – 32) USEPA “Suspended Solids Removal” Desing manual 1975)

Se obtiene el área de sedimentación para cada una de las dos unidades:

$$A = \frac{Q}{CS}$$

$$A = 18.57380453$$

Se propone la construcción de (2) unidades de lado 1.15m, longitud de 4.0m. y profundidad promedio h= 3.65 m.

Una unidad estará dotada de un sistema de recirculación de lodos hacia el reactor aerobio, se propone la instalación de una bomba sumergible para lodos de al menos 1.0 Hp por lo que la generación de lodos se considera despreciable.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas.

Para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.

Lechos de secado

En caso de presentarse exceso de lodos se construirá una estructura para el secado y deshidratación de estos.

Se trata de una unidad dotada de un lecho de filtración así:

- Falso fondo de 20.0 cm.
- Piedra bola de tamaño específico entre 75 – 150 mm. 20 cm. de espesor
- Arena de río con coeficiente de uniformidad de 3.5 a 4.0 y tamaño efectivo de 3.0 a 6.0 mm. 20 cm. de espesor
- Láminas de PVC perforadas
- Borde libre

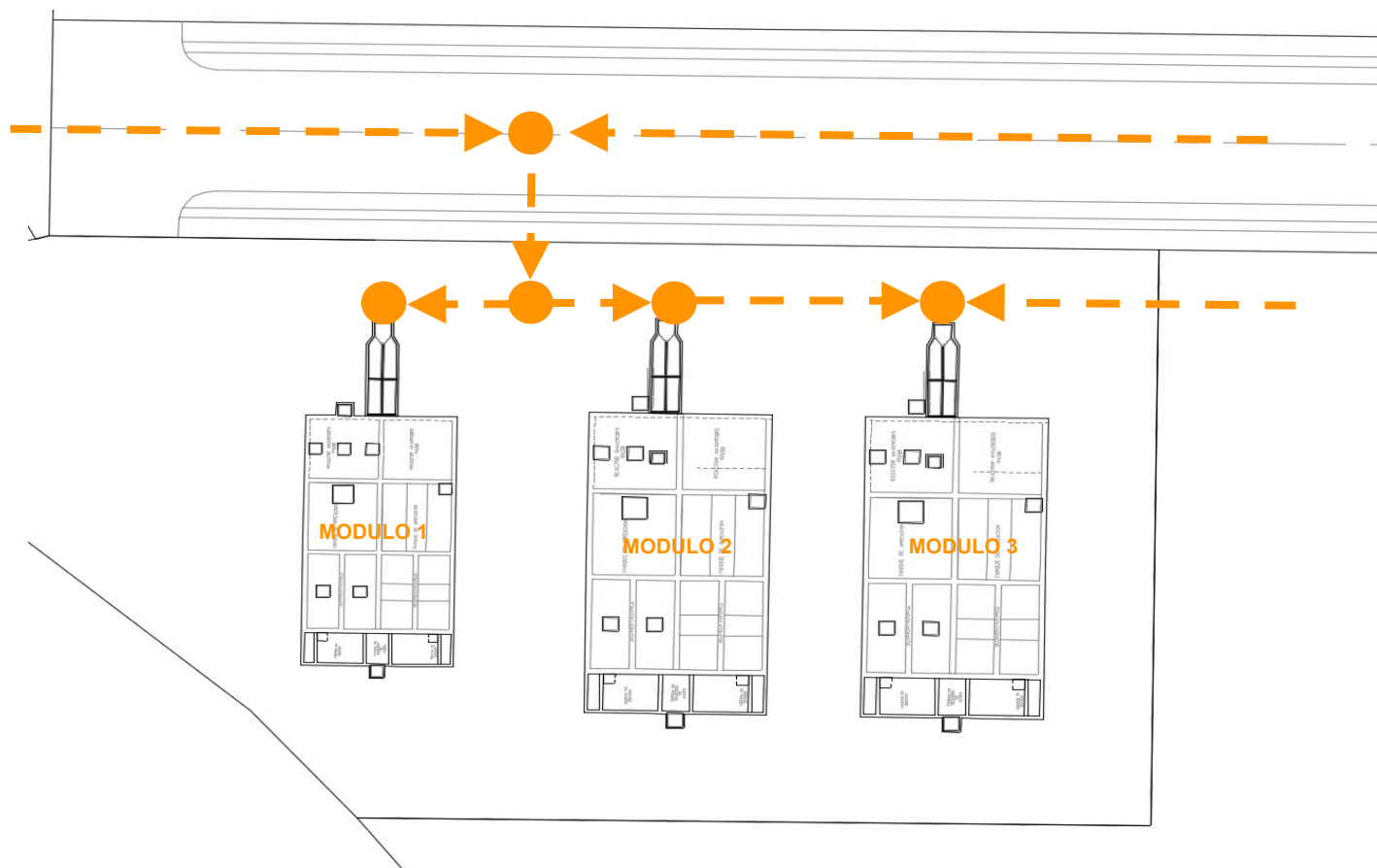
Los lodos luego de deshidratados serán dispuestos de acuerdo a lo establecido en la norma, podrán usarse como abono orgánico en zonas verdes o retirados

en bolsa de basura para disposición en relleno.

Tanque de desinfección

Luego de la sedimentación final, el agua se conduce hacia un tanque de retención donde se aplica cloro en solución mediante la instalación de bomba dosificadora para su desinfección y eliminación de patógenos. Se mantiene un residual de cloro acorde con lo establecido en la norma.

Luego de todo lo anterior el agua residual es descargada hacia un canal seco o red de aguas pluviales cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas para la toma de muestras y observación de la calidad organoléptica de las aguas tratadas, se construirá una caja de inspección de 0.6 * 0.6m.



ESQUEMAS DE MODULOS DE PTAR