

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Q=176,000.00 GPD

**RESIDENCIAL
“LA TOSCANA ETAPAS 1 Y 2”**



PANAMA

2019

INTRODUCCIÓN

Cuando las aguas residuales, producto de actividades domésticas, son descargadas sin ningún tratamiento se inicia un proceso de descomposición que agota por completo el oxígeno disuelto del cuerpo receptor, así como también empieza la acumulación de compuestos que impiden su uso posterior. Estas aguas requieren de un tratamiento previo para su descarga a fuentes receptoras y con ello dar cumplimiento a la normatividad vigente que en nuestro caso lo establecen los reglamentos técnicos DGNTI-COPANIT-35-2019 y DGNTI-47-2000 que regulan las “descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y usos y disposición de lodos; respectivamente”.

En el presente trabajo se evaluarán las condiciones de tratamiento y se concluirá sobre las actividades que se deben adelantar para un óptimo tratamiento de las aguas residuales provenientes del proyecto en mención.

En el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico los principales objetivos son:

1. La reducción de la materia orgánica carbonosa (M.O) presente en las aguas residuales, normalmente medida como DBO, carbono orgánico total (COT) o demanda química de oxígeno (DQO)
2. La remoción de Nitrógeno (N) mediante procesos de nitrificación – desnitrificación
3. Remoción de Fosforo (P)

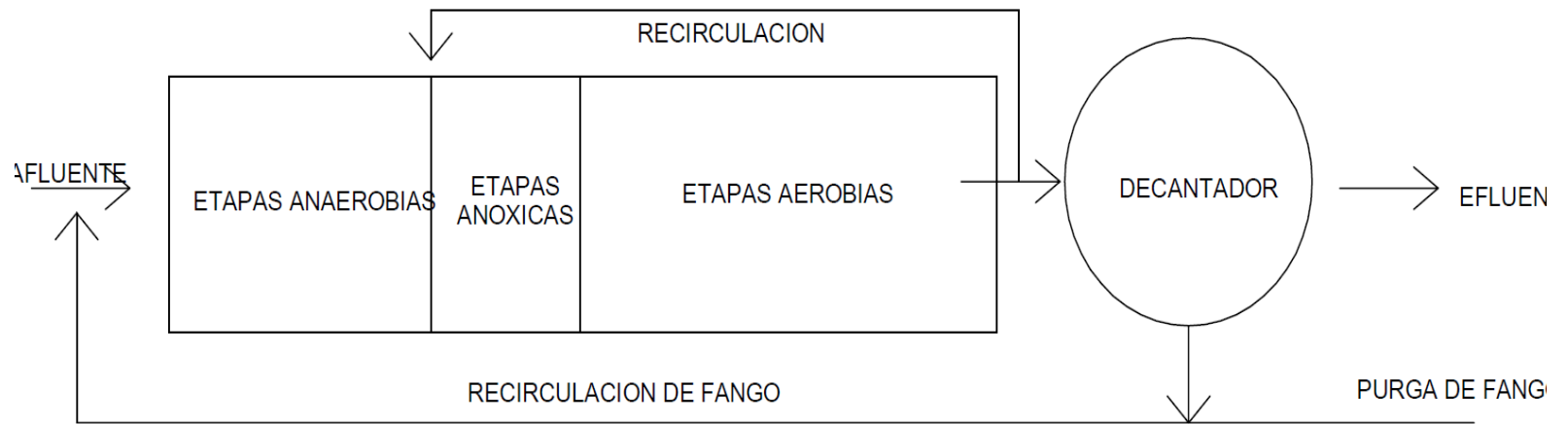
GENERALES.

Los procesos biológicos se utilizan para convertir la materia orgánica disuelta en flóculos biológicos sedimentables y en sólidos orgánicos que sean fácilmente eliminables mediante sedimentación de fangos. Procesos a los que se les conocen como “procesos de tratamiento secundario.”

El proceso “A/O es un sistema de cultivo en suspensión de fango único que combina secuencialmente etapas aerobias y anaerobias. 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 residual recirculada se libera en forma de fosfatos solubles. A continuación, el fósforo es asimilado por la masa celular de la zona aerobia y separado de la corriente líquida a través de la purga de fango activado. Si se quiere que adicionalmente, se produzca Nitrificación es necesario procurar el suficiente tiempo de detención en la fase aerobia. La Nitrificación es el primer paso en la eliminación del nitrógeno por el proceso de nitrificación – desnitrificación.

Los procesos de eliminación conjunta de nitrógeno y fósforo más comúnmente empleado es el proceso “A²/O” el cual es una modificación del proceso A/O (*proceso patentado para llevar a cabo conjuntamente la oxidación de carbono y eliminación de fósforo*) que incorpora una zona anóxica, con periodo de detención de aproximadamente una hora, para conseguir la desnitrificación.

La zona anóxica es deficitaria en oxígeno disuelto, pero existe disponibilidad de oxígeno químicamente ligado en forma de nitratos o de nitritos gracias a la recirculación del líquido nitrificado que se recircula desde la zona aerobia



ESQUEMA GENERAL PROCESO A2/O

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (P.T.A.R) “LA TOSCANA ETAPAS 1 Y 2”

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto residencial “LA TOSCANA” proyecta, en sus dos primeras etapas, la construcción de 550 unidades de vivienda. Para lo cual se plantea la construcción de una P.T.A.R con capacidad suficiente para atender las descargas de aguas residuales de dicho proyecto.

2. LOCALIZACION GEOGRAFICA

El proyecto se encuentra ubicado en el Corregimiento de Penonome Distrito de Penonome, Provincia de Cocle.

3. CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño se adopta una densidad poblacional de 5 habitantes por vivienda, dotación de 80 galones por habitante día y un factor de retorno del 80%.

“La densidad Poblacional y la dotación de agua son las establecidas en las NORMAS DE DISEÑO DEL IDAAN”

$$Q_d = (550 \text{ viv} * 5.0 \text{ hab/viv} * 80.0 \text{ gal/hab} - \text{dia})$$

$$Q_d = 220,000.00 \text{ GPD} * 0.8$$

$$Q_D = 176,000.00 \text{ GPD}$$

$$Q_D = 7.71 \text{ l/seg}$$

$$Q_D = 666.23 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

4. COMPONENTES Y PROCESOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El tratamiento propuesto consiste en un sistema de “ELIMINACION CONJUNTA DE DBO CARBONACEA, NITROGENO Y FOSFORO”. Mediante procesos biológicos

4.1 Unidad de entrada (cribado).

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua usando rejillas gruesas y con ello dar protección a bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia. La velocidad de aproximación, clave para el diseño, debe estar entre 0.6 m/s (para evitar sedimentación) y 0.9 m/s (para evitar arrastre).

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

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

Dónde:

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”

Perdida de energía en la rejilla (H)

$$H = \frac{1}{0.7} \left(\frac{V^2 - v^2}{2 * g} \right) = \frac{1}{0.7} \left(\frac{(0.6 \frac{m}{s})^2 - (0.4 \frac{m}{s})^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} \right) = 0.01456m$$

Área.

Para una velocidad a través de la rejilla de $0.6 \frac{m}{s}$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{666.23 \frac{m^3}{s} * d}{0.6 \frac{m}{s}} = 0.013m^2$$

Adoptando $L = 0.6 m$ como ancho de la unidad, la altura de la lámina de aguas

sería
$$h = \frac{A}{l} = \frac{0.013m^2}{0.6m} = 0.022m .$$

Se asume profundidad del canal de 0.6m suficiente para atender la perdida de la rejilla en el momento de la obstrucción.

Longitud de la rejilla

$$L = \frac{(0.6m)}{\text{sen}45^0} = 0.85m$$

El número de barras n será

$$n * 1.25cm + (n - 1) * 1.25cm = 60$$

$$n=23$$

Las dimensiones adoptadas son más de orden constructivo que hidráulico.

Ancho : 0.6 m Borde libre : 0.2 m

Altura total : 0.6 m.

4.2 Desarenador

Los desarenadores se usan para remover arena, grava, partículas u otro material solido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales, estos protegen los equipos del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías.

Los desarenadores de flujo horizontal se diseñan para una velocidad horizontal que permita el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas a través de la cámara pero permitiendo el asentamiento del material pesado.

La ecuación $TDS = \frac{Q}{A_s}$

Se emplea para el diseño de un desarenador con una TDS (Tasa de Desbordamiento superficial) entre 600 y 1,200 m/d y una velocidad de sedimentación de 0.40 m/s (*).

*Álvaro Orozco Jaramillo. Bioingeniería de Aguas Residuales, Teoría y diseño. 2005

Adoptando TDS = 900 M/D y caudal de entrada de

$$TDS = \frac{Q}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q}{TDS} \Rightarrow A_s = \frac{7.71 \text{ l/s} * 86,400 \text{ s/d} * 1 \text{ m}^3 / 1,000 \text{ l}}{900 \text{ m/d}} = 0.74 \text{ m}^2$$

Si el ancho del canal es de 0.6 m la longitud es de 1.23 m (construir 1 de mínimo 2.0 m de longitud

Con una velocidad de sedimentación de 0.40 m/s la altura seria:

$$Q = v * A_s \Rightarrow A_s = b_s * h_s \Rightarrow Q = v * b_s * h_s \Rightarrow h_s = \frac{Q}{v * b_s} \Rightarrow h_s = \frac{7.71 \text{ l/s} * 1 / 1,000 \text{ l/m}^3}{0.4 \text{ m/s} * 0.6 \text{ m}} = 0.032 \text{ m}$$

Adoptar profundidad promedio de 1.0 m.

4.3 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 solidos (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)

4.3.1 Etapa anaerobia

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 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 des gasificados.

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.

$$\text{Adoptamos } V_a = 2.31 \text{ Y } H = 3.80m$$

$$T_d = \text{Tiempo de retencion} = H/V_a \quad T_d = 3.8m/2.31m/h$$

$$T_d = 1.64h$$

El volumen del reactor será:

$$V = Q * T_d \quad V = 666.23 m^3/dia * 1.64 h * 1 dia/24h \quad V = 45.60m^3$$

$$\text{Para 2 unidades el volumen de cada una será de } V = 22.80m^3$$

$$A = V/H \quad A = 22.80m^3/3.80m \quad A = 6.0 m^2$$

$$L = 3.00 m \quad y \quad a = 2.00m$$

4.2.2 Etapa Anóxica

Para la etapa anóxica se contempla un reactor de flujo pistón ascendente. La zona Anóxica es deficitaria de oxigeno 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.

$$\text{Adoptamos } V_a = 3.85 m/h \text{ Y } H = 3.80m$$

$$T_d = \text{Tiempo de retencion} = H/V_a \quad T_d = 3.80m/3.85m/h$$

$$T_d = 0.99h$$

El volumen del reactor será:

$$V = Q * T_d \quad V = 666.23 \, m^3 / dia * 0.99h * 1 \, dia / 24h \quad V = 27.37m^3$$

Para 2 unidades el volumen de cada una será de $V = 13.69m^3$

$$A = V/H \quad A = 13.69m^3 / 3.80m \quad A = 3.60 \, m^2$$

$$L = 3.0 \, m \quad y \quad a = 1.2m$$

4.2.3 ETAPA AEROBIA (Tanque reactor aerobio para oxidación de carbono y nitrificación en una sola etapa).

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. 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) $Y = 0.61 \frac{mgSSV}{mgDBO}$
- Coeficiente de declinación endógena (0.04-.075) $d^{-1} = 0.06$

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

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| ▪ Edad de lodos (2 – 27 días) | $\theta_c = 15$ días |
| ▪ SSVLM (3,000 - 5000) | $X = 2200$ mg/l |
| ▪ DBO afluente | $DBO_a = 200$ mg/l |
| ▪ DBO efluente | $DBO_e = 30$ mg/l |
| ▪ SS efluente | $SS_e = 30$ mg/l |

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

Calculamos:

$$S_e = DBO_e - 0.63SS$$

La DBO soluble (S_e) $Se = 30 \frac{mg}{l} - 0.63 * 30 \frac{mg}{l}$

$$Se = 11.10 \frac{mg}{l}$$

La biomasa en el reactor (XV) será:

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

$$XV = \frac{15 \text{ d} * 0.61 \frac{\text{mgSSV}}{\text{mgDBO}} * 7.71 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ l}} * 86,400 \text{ s/d} * (200 \text{ mg/l} - 11.10 \text{ mg/l})}{1 + 0.06 \text{ d}^{-1} * 15 \text{ d}} \quad XV = 601,919.18 \text{ gSSV}$$

$$V = XV / X \quad V = \frac{601,919.18 \text{ gSSV}}{2,200 \text{ mg/l}} \quad V = 273.60 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación del reactor será

$$t = V / Q \quad t = \frac{273.60 \text{ m}^3}{7.71 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ l}}} * \frac{1 \text{ h}}{3,600 \text{ s}} \quad t = 9.86 \text{ h}$$

Para 2 unidades el volumen de cada una será de $V = 136.80 \text{ m}^3$

Adoptando una altura de la lámina de agua de 3.80 m calculamos el área del reactor

$$A = V / H \quad A = \frac{136.80 \text{ m}^3}{3.80 \text{ m}} \quad A = 36.00 \text{ m}^2$$

Adoptando un ancho $a = 4.00 \text{ m}$.

$$\text{La longitud será} \quad L = A / a \quad L = \frac{36.00 \text{ m}^2}{4.0 \text{ m}} \quad L = 9.00 \text{ m}$$

La carga orgánica volumétrica por cada unidad de aireación será

$$COV = \frac{Q * S_o}{V} \quad COV = \frac{3.86 \frac{\text{l}}{\text{s}} / 1,000 \text{ l} * 86,400 \frac{\text{s}}{\text{d}} * 200 \frac{\text{mg}}{\text{l}} / 1,000 \frac{\text{mg}}{\text{g}}}{136.80 \text{ m}^3}$$

$$COV = 487.01 \frac{\text{gDBO}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} \quad \underline{\text{Ok (300 - 600)}}$$

La relación alimento microorganismo (A/M)

$$A/M = \frac{COV}{X} \quad A/M = \frac{0.48701 \text{ mgDBO} / \text{m}^3 - d * 1,000 \text{ mg} / \text{g}}{2,200 \text{ mg} / \text{l}} \quad A/M = 0.22$$

Se calcula la producción de lodo P_x para cada unidad de aireación

$$P_x = \frac{XV}{\theta_c} \quad P_x = \frac{300,959.59 \text{ gSSV}}{* 15d} * \frac{1 \text{ Kg}}{1,000 \text{ g}} \quad P_x = 20.06 \text{ KgSSV} / d$$

Adoptando una porción volátil de ST igual al 80.0% los sólidos totales de desecho serán

$$STD = \frac{P_x}{0.8} \quad STD = \frac{20.06 \text{ Kg} / d}{0.8} \quad STD = 25.08 \text{ Kg} / d$$

Se calcula el caudal de lodos de desecho (Q_w) para una concentración de ST del lodo sedimentado igual a 15,000 mg/l

$$Q_w = \frac{STD}{ST} \quad Q_w = \frac{25.08 \text{ Kg} / d}{15,000 \text{ mg} / \text{l}} * \frac{1 \times 10^6}{1,000 \text{ l} / \text{m}^3} \quad Q_w = 1.67 \text{ m}^3 / d$$

El caudal de recirculación Q_R será:

$$Q_R = \frac{QX}{X_R - X} \quad Q_R = \frac{3.86 \text{ l} / \text{s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ l}} * 2,200 \text{ mg} / \text{l}}{0.80 * 15,000 \text{ mg} / \text{l} - 2,200 \text{ mg} / \text{l}} * 86,400 \text{ s} / d$$

$$Q_R = 74.78 \text{ m}^3 / d$$

La relación de recirculación es

$$R = \frac{Q_R}{Q} \quad R = \frac{74.78 \text{ m}^3/d}{3.86 \text{ l/s} * 86,400 \text{ s/d}} * 1,000 \text{ l/m}^3 \quad R = 22.45 \quad \text{Ok } (25 - 75)$$

El oxígeno requerido (DO) para remoción de DBO Carbonácea y Nitrogenácea en cada tanque de aireación se obtiene:

$$\begin{aligned} DO &= 1.5Q(S_o - S_e) - 1.42X_RQ_w + 4.57Q(N_0 - N) \\ DO &= 1.5 * (3.86 \text{ l/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ l}} * 86,400 \text{ s/d}) * (200 \text{ mg/l} - 11.1 \text{ mg/l}) \\ &\quad - 1.42 * 0.80 * 15,000 \text{ mg/l} * 1.11 \text{ m}^3/d + 4.57 * 666.23/2 \text{ m}^3/d * (30 - 10) * 0.001 \\ DO &= 96.34 \text{ KgO}_2/d = 8.83 \text{ lb/h} \end{aligned}$$

5. 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 Venturi así:

- % de oxígeno en el gas de salida (O_t)

$$\begin{aligned} O_t &= \frac{21(1 + E)100}{79 + 21(1 + E)} \\ O_t &= \frac{21(1 + 0.2)100}{79 + 21(1 + 0.2)} \\ O_t &= 17.54\% \end{aligned}$$

E = fracción decimal de oxígeno = 0.2

- Concentración de Saturación a la profundidad media (C_{sm})

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

$$C_{sm} = \frac{8.00}{2} \left(\frac{14.70 + (0.433 * 12.30)}{14.70} + \frac{17.54\%}{20.9} \right)$$

$$C_{sm} = 8.80 \text{ mg/l}$$

Donde C_s =Concentración de saturación de OD en la superficie
(8.0mg/l)
 P = Presión barométrica
 H =profundidad

Flujo de aire para el soplador

$$G_o = DO * (1.05 * E)$$

$$G_o = 8.83 \text{ lb/h} * (1.05 * 0.2) = 42.06 \text{ pie}^3/\text{min}$$

- Potencia requerida del compresor para una eficiencia del 60% y diferencia de presión de 10,0 psi

$$P_c = \frac{Q * \Delta P}{E} \quad P_c = \frac{42.06 \text{ pie}^3/\text{min} * (0.3048)^3 * 101.33 * 10}{60 * 14.70 * 0.70} \quad P_c = 1.95 \text{ kw}$$

$$P_c = 1.95 \text{ kw} * \frac{1.34 \text{ hp}}{1 \text{ kw}} = 2.62 \text{ Hp}$$

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

- La potencia requerida del rotor

$$P_r = P_d * P_c \quad P_r = 0.95 * 2.62hp \quad P_r = 2.49Hp$$

Donde P_d =relación de potencia optima = 0,95

- La potencia total consumida

$$P_t = P_r + P_c \quad P_t = 2.62hp + 2.49hp \quad P_t = 5.11Hp$$

Usar DOS (2) motores de mínimo 5.0Hp en cada tanque de aireación y con ello cumplir las exigencias en relación a suplencia alternancia y redundancia en equipos de aireación.

6. Sedimentador secundario

El proceso se complementa con la instalación de 4 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 $26.64 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$
(16 – 32) USEPA “Suspended Solids Removal” Desing manual 1975)

Se obtiene el área de sedimentación para cada uno de las dos unidades

$$A = \frac{Q}{CS} \quad A = \frac{166.56 \text{ m}^3/d}{26.64 \text{ m}^3/\text{m}^2 - d} \quad A = 6.25 \text{ m}^2$$

Se propone la construcción de (4) unidades de Lado = 5.0m, ancho = 1.25 y profundidad promedio h= 3.65 m.

Cada unidad estará dotada de un sistema de recirculación de lodos hacia el reactor anaerobio. se propone la instalación de bombas sumergibles para lodos de al menos 1.0 hp.

7. 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.

8. Lechos de secado

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

Se trata de dos unidades de 2.80m * 2.10m dotados 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. 20 cm. de espesor
- 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.

9. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Todo sistema de tratamiento de aguas residuales debe concebirse de tal forma que cuando se opere adecuadamente produzca en forma continua el caudal y calidad de efluente requerido. Si existen equipos estos han de funcionar satisfactoriamente dentro de cualquier rango posible de operación; igualmente el operador debe estar en capacidad de ajustar la operación a los requerimientos de cada momento.

El mantenimiento se define como el arte de mantener los equipos del sistema, las estructuras y todos los accesorios en condiciones adecuadas para prestar los servicios para los cuales fueron propuestos, lo cual es esencial para lograr una operación eficiente del sistema de tratamiento.

El control y seguimiento es la actividad relacionada con la supervisión de cada uno de los procesos que interfieren en el tratamiento de las aguas residuales, a partir de observaciones, pruebas de laboratorio, revisión de parámetros de diseño, medición de caudales, entre otras.

El control y monitoreo de un sistema de tratamiento de aguas residuales está basado en las siguientes actividades:

- 1 Definir claramente la responsabilidad del control, la operación y mantenimiento
- 2 Asignar la responsabilidad al personal competente
- 3 Definir con claridad los objetivos del mantenimiento y establecer un programa adecuado de control y seguimiento
- 4 Contar con el presupuesto adecuado
- 5 Dotación de herramientas, repuestos y controles requeridos
- 6 Elaboración de registro escrito de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento y la operación diaria del sistema.

El presente manual resume las actividades a realizar para un óptimo control y operación del sistema de tratamiento según los procesos implementados.

A continuación se describen las actividades a seguir en cada una de las estructuras que conforman el proceso de tratamiento de aguas residuales.

6.1 Operación

La actividad de operación consiste en poner en funcionamiento el sistema de tratamiento evaluando parámetros de diseño y estado de las estructuras.

Inicialmente se debe tener el conocimiento de las características propias del agua a tratar (domesticas, industriales o comerciales) el caudal y los procesos de tratamiento y de las características que debe tener el efluente según las normas vigentes.

Luego de establecidos los parámetros de diseño se inicia con la operación de acuerdo a las estructuras así:

- **Canal de entrada**

En el canal de entrada se ubica el desarenador y la rejilla o cribado y se diseña para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla. A medida que el material grueso se acumula en la rejilla se debe retirar (al menos una vez al día) y realizar su disposición adecuada en los lechos de secado o en su defecto al relleno. De igual forma se hace con la arena proveniente del desarenador.

Se tomara nota de características organolépticas del agua (olor, color etc.) y el caudal mediante la lectura en un vertedero previamente calibrado. Llevar observaciones al cuaderno de seguimiento.

Además de lo anterior se tomara una muestra de agua mensual para determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

- **Tratamiento primario.**

El tratamiento primario en la mayoría de los procesos de tratamiento es la sedimentación primaria, en nuestro caso será el tanque desarenador y separador de material flotante, éste se retirará y enviará al proceso de tratamiento o a los lechos de secado.

- **Tratamiento biológico**

En el tratamiento con UASB + lodos activados se debe tener en cuenta la cantidad y calidad del lodo; por lo cual se debe tener un completo registro de estos parámetros.

Además de lo anterior se debe realizar un registro de microorganismos presentes en el reactor y otros parámetros como Ph., acidez, alcalinidad y temperatura, principalmente la sedimentabilidad tomando 1 litro de lodo activado en una probeta graduada y después de un periodo de 30 minutos establecer la cantidad de lodo sedimentado en porcentaje.

Los controles operativos más usados son:

- Mantener un índice volumétrico de lodos (IVL) inferior a 150 ml.
- Mantener una relación alimento microorganismo (A/M) apropiada
- mantener una edad optima de lodo
- evaluar la calidad del lodo mediante la identificación de microorganismos

- **Equipos electromecánicos.**

Estos deben estar en perfecto funcionamiento automático, se debe revisar permanentemente y que no presenten defecto alguno en su arranque y operación. De igual forma se debe realizar un mantenimiento preventivo de estos, evaluando su capacidad operativa, voltaje de funcionamiento y reposición de piezas, cambio de aceite, etc.

- **Sedimentación secundaria**

Su objetivo principal es la retención de sólidos provenientes del reactor de lodos activados según sea el caso; la descarga de los lodos se efectúa mediante la apertura de válvulas y encendido del equipo electromecánico y conducido al proceso como lodo re circulado y los de exceso a los lechos de secado.

6.2 Costos De Operación Y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento están relacionados con:

- Consumo eléctrico
- Salario a operador y técnico encargado
- Mantenimiento preventivo de equipos
- Reposición de equipos.
- Dotación del operador (guantes, botas, mascarilla, uniforme etc.
- Gastos relacionados con el equipamiento básico como rastrillos, palas, bolsas y carretilla para retiro de lodos
- Consumo de cloro y cal
- Pruebas de laboratorio
- Entre otros.

6.3 Monitoreo

La operación diaria del sistema de tratamiento, el mantenimiento preventivo, la evaluación de caudal de entrada, la toma de muestras para análisis de laboratorio entre otras son las claves para un óptimo funcionamiento del sistema.

Además de las actividades propias que se deben adelantar en cada proceso, El Ph, el caudal y la temperatura del agua residual deben ser monitoreados diariamente; con la secuencia de entrada de aguas residuales a la planta o cuando se presenten caudales de ingreso especiales. Estos parámetros muestran el comportamiento de control de los parámetros fisicoquímicos los cuales deben ser corregidos en caso de anomalías o cambios del agua afluente. Además se realiza seguimiento a la operación de los equipos electromecánicos.

6.4 Plan de contingencia

Para el proceso de mantenimiento o reparación de equipos el diseño contempla operar con una unidad mientras la otra se encuentra fuera de funcionamiento además de la presencia de un equipo de aireación en stand by que se pueda instalar en el caso de que la reparación sea muy prolongada

