Guía Metodológica

Manual de operaciones del biorreactor para determinación de coeficientes cinéticos para agua residual

Facultad Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental

Andrea Vanessa Forero Ramírez

Dirigido por:

Ing. Fabio Eduardo Díaz

Ing. Andrés Felipe Martínez

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

2021

Guía Metodológica

Contenido

Funcionamiento.....3

Recomendaciones iniciales.....5

Materiales y equipo.....6

Parámetros iniciales.....7

Procedimiento.....11

Referencias.....23

Funcionamiento

El sistema consiste en dos fases:

1

Una zona de aireación para establecer el ambiente que usan los microorganismos aeróbicos que asimilan la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual que entra al reactor. La aireación del agua es necesaria para proporcionar oxígeno al afluente que se va a tratar.

2

El segundo compartimiento con el que cuenta el biorreactor es el sedimentador, en el cual pasa el agua por el deflector regulable para realizar el proceso de sedimentación de lodos y así obtener un agua clarificada logrando un alto porcentaje de remoción.

Funcionamiento

El sistema consiste en dos fases:

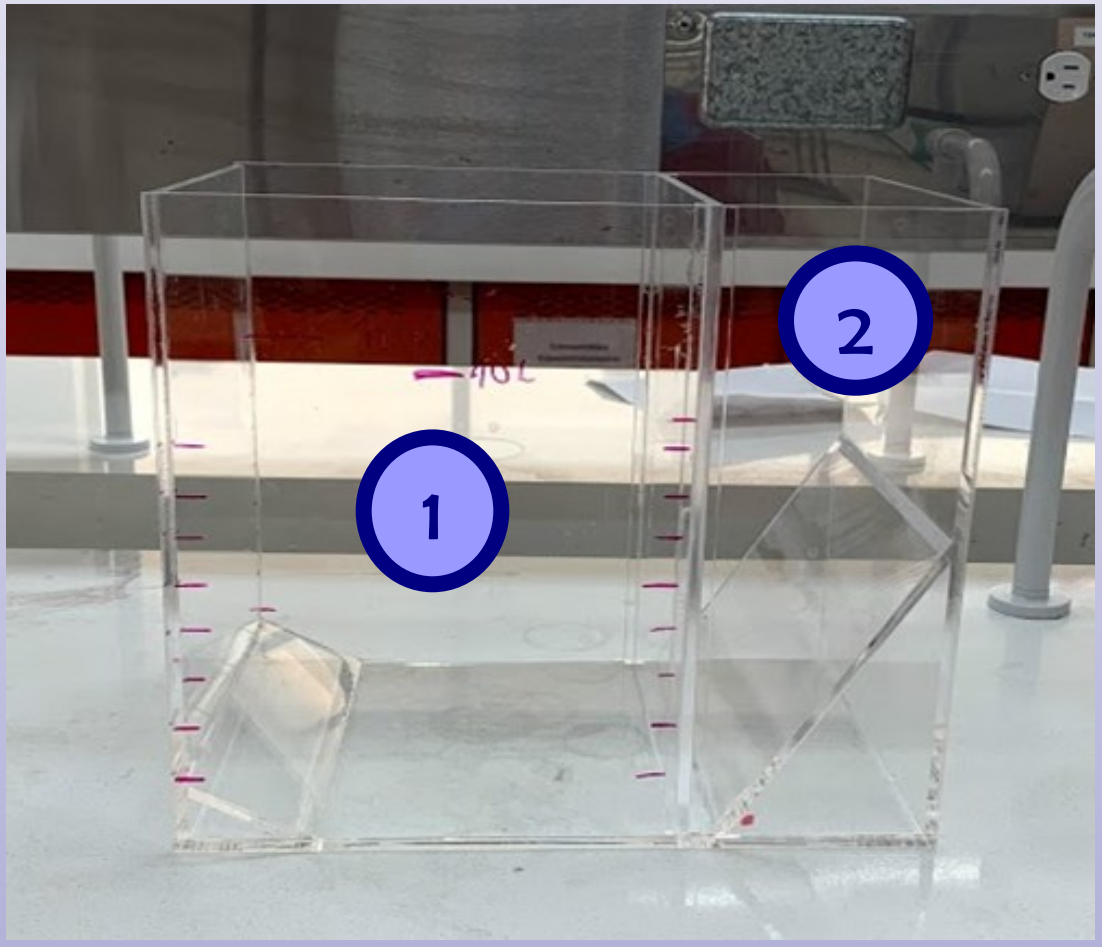


Figura 1. Reactor en acrílico indicando las zonas de aireación y sedimentación

1 Zona de aireación

2 Sedimentador

Recomendaciones iniciales

- Recolectar aproximadamente 20 litros de agua residual para la caracterización y determinación de los coeficientes cinéticos.

- Establecer los caudales que se analizaran teniendo en cuenta la cantidad de carga orgánica con la que se cuenta.

- Realizar la caracterización del agua residual inicial.

- Establecer el tiempo de operación para el funcionamiento del sistema con el caudal determinado. En las pruebas se asignó un tiempo de 1 semana para cada uno de los caudales analizados, la medición de parámetros y análisis del comportamiento de los microorganismos.

Materiales y equipo

- Reactor en acrílico
- Tanque de almacenamiento de agua residual
- Aireadores de burbuja fina
- Mangueras de silicona
- Kit DQO
- Reactivos DBO (KOH e inhibidor de nitrificación)
- Botellas OxiTop DBO5 e incubadora
- Sensor de pH
- Multiparámetro portable
- Solución de glucosa
- Nutrientes
- Caja de filtros de fibra de vidrio
- Espectrofotómetro
- Capsulas de porcelana

Parámetros iniciales

Para determinar los parámetros iniciales de la muestra de agua residual se deben realizar las siguientes pruebas:

DQO

Guía de los métodos normalizados para el análisis de aguas, apartado 5220 D reflujo cerrado, método colorimétrico (E.W. Rice et al., 2017).

Se empleó el método NANOCONTROL DQO 1500 (REF 92529) o Multitest Entrada de Depuradora (REF 925012).



Figura 2. Tubo de test DQO 1500



Figura 3. Termorreactor usado para generar la reacción a 160°c



Figura 4. Espectrofotómetro NANOCOLOR® UV/VIS II para medición de la concentración de DQO

Parámetros iniciales

Para determinar los parámetros iniciales de la muestra de agua residual se deben realizar las siguientes pruebas:

DBO

Método respirométrico, guía de los métodos normalizados para el análisis de aguas en el apartado ASTM 5210 D, OECD 301 F para las mediciones de consumo de oxígeno, DBO5 (E.W. Rice et al., 2017).



Figura 5. Incubadora TS 608/2-i para proceso DBO OxiTop



Figura 6. Lector de medición de DBO

Parámetros iniciales

Para determinar los parámetros iniciales de la muestra de agua residual se deben realizar las siguientes pruebas:

Sólidos suspendidos totales (SST)

Guía de los métodos normalizados para el análisis de aguas en el apartado 2540 D sólidos suspendidos totales secados a 103–105 ° C (E.W. Rice et al., 2017).



Figura 7. Balanza con peso de papel filtro



Figura 8. Bomba de vacío empleada para la separación de los SST de la muestra de agua residual

Parámetros iniciales

Para determinar los parámetros iniciales de la muestra de agua residual se deben realizar las siguientes pruebas:

Sólidos suspendidos volátiles (SSV)

Guía de los métodos normalizados para el análisis de aguas en el apartado 2540 E sólidos fijos y volátiles encendidos a 550 ° C (E.W. Rice et al., 2017).



Figura 9. Mufla para separación de los SSV de los SST A 550°C

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

1 Pruebas hidráulicas de funcionamiento durante dos semanas aproximadamente. En estas pruebas iniciales se pretende alcanzar las condiciones de equilibrio del sistema, es decir que los valores de DQO y DBO sean constantes.

Comprobar la calibración del biorreactor empleando un inoculo sintético de características conocidas.

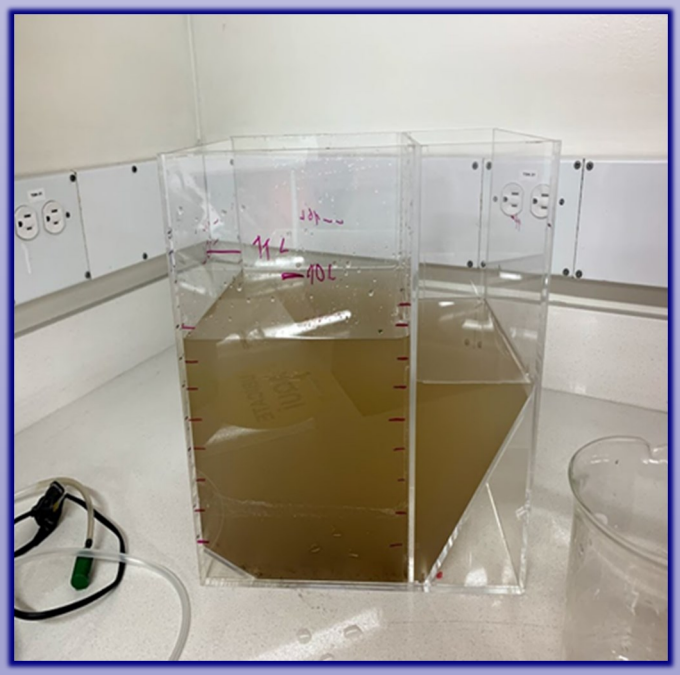


Figura 10. Reactor en pruebas hidráulicas

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

2 Elegir los caudales de análisis. Se cuenta con una bomba peristáltica de laboratorio MINIPULS® 3 Gilson de alto rendimiento y bajo pulso, esta maneja un rango de velocidad de la cabeza entre 0.01 a 48 rpm la cual permite manejar varios flujos con el mismo caudal (Gilson, 2018).



Figura 11. Bomba peristáltica de laboratorio MINIPULS® 3 Gilson

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

3 De acuerdo con el tipo de agua residual y la determinación de la carga orgánica presente se pueden seleccionar la cantidad de difusores de burbuja fina. Para establecer un estimado de la cantidad de aireación suministrada se propone realizar una prueba con una probeta invertida ubicando los difusores dentro de esta y estimando el volumen desocupado de la columna de agua en un tiempo establecido (F).

PRUEBA DE PROBETA INVERTIDA	
Flujo de aire total (ml/s aire)	F
Porcentaje de oxígeno presente en el aire (% O_2)	21%
Flujo de oxígeno en la probeta (ml/s O_2)	F*0,21
Volumen que ocupa un mol de gas (L/mol)	22,4
Peso oxígeno (g/mol O_2)	32
Oxígeno suministrado (mg/s O_2)	=(F*0,21*32)/22,4

Tabla 1. Cálculos prueba de probeta invertida

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

4



Figura 12. Montaje del biorreactor completamente mezclado de lodos activados

Realizar el montaje del sistema llenando el tanque de almacenamiento con un volumen conocido de agua residual de entrada, conectando la manguera de silicona a la zona de aireación. Se conecta otra manguera desde la zona de sedimentación al tanque de recepción de agua residual tratada de salida.

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

5

Calcular el tiempo de retención hidráulica a partir del volumen que mantiene el biorreactor con respecto al flujo de los caudales determinados.

N°	Caudal (l/s)	Volumen (l)	θ = θc (d)
1	Qn	V	(Qn/V)/86400

Tabla 2. Determinación del tiempo de retención hidráulica

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

6 Se pone en marcha el biorreactor. Tres veces por semana medir la DQO de entrada y salida. Realizar la medición de DBO5 del afluente y del efluente correspondiente a cada uno de los caudales de análisis. Medir los SST y SSV de entrada y salida.

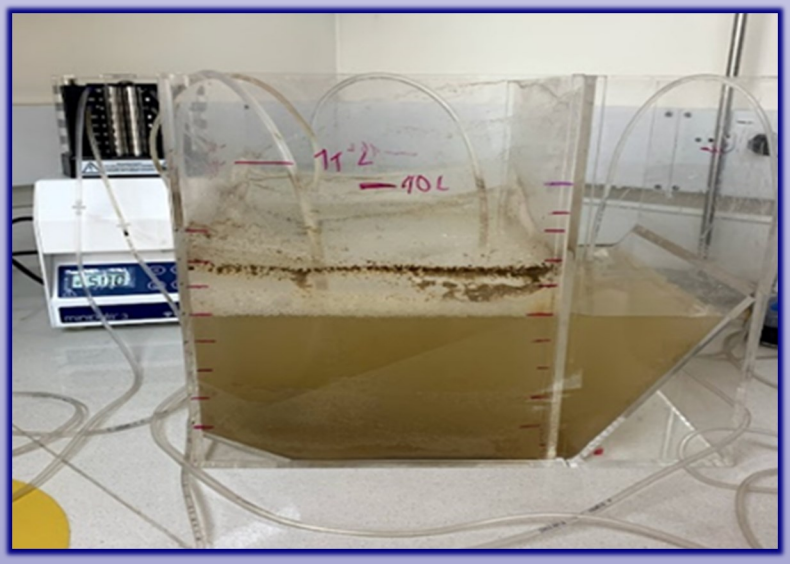


Figura 13. Puesta en marcha del biorreactor

Realizar periódicamente el control del pH, el crecimiento bacteriano optimo depende de la estabilización en el intervalo de pH de 6,5 a 8.

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

7 Organizar los resultados obtenidos de la siguiente manera:

S_0= Concentración de sustrato limitante del crecimiento afluente (mg/L)

S= Concentración de sustrato efluente (mg/L)

θ = θc tiempo de retención hidráulico y celular

X= Concentración de solidos suspendidos volátiles (mg/L)

Estos valores corresponden a la medida de cada uno de los caudales analizados. Se recomienda analizar mínimo 5 caudales distintos.

N°	S_0 mg/L DBO_5	S mg/L DBO_5	$\theta = \theta_c$ d	X mg SSV/L
1	293	17	3,3	371
2	264	19,7	3,1	300

Tabla 3. Datos recolectados de las pruebas de DBO del afluente (So) y efluente (S), tiempo de retención hidráulica (θ) y SSV (X)

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

8 Determinar los porcentajes de remoción de materia orgánica a partir de los parámetros DQO, DBO y SSV medidos del afluente y el efluente.

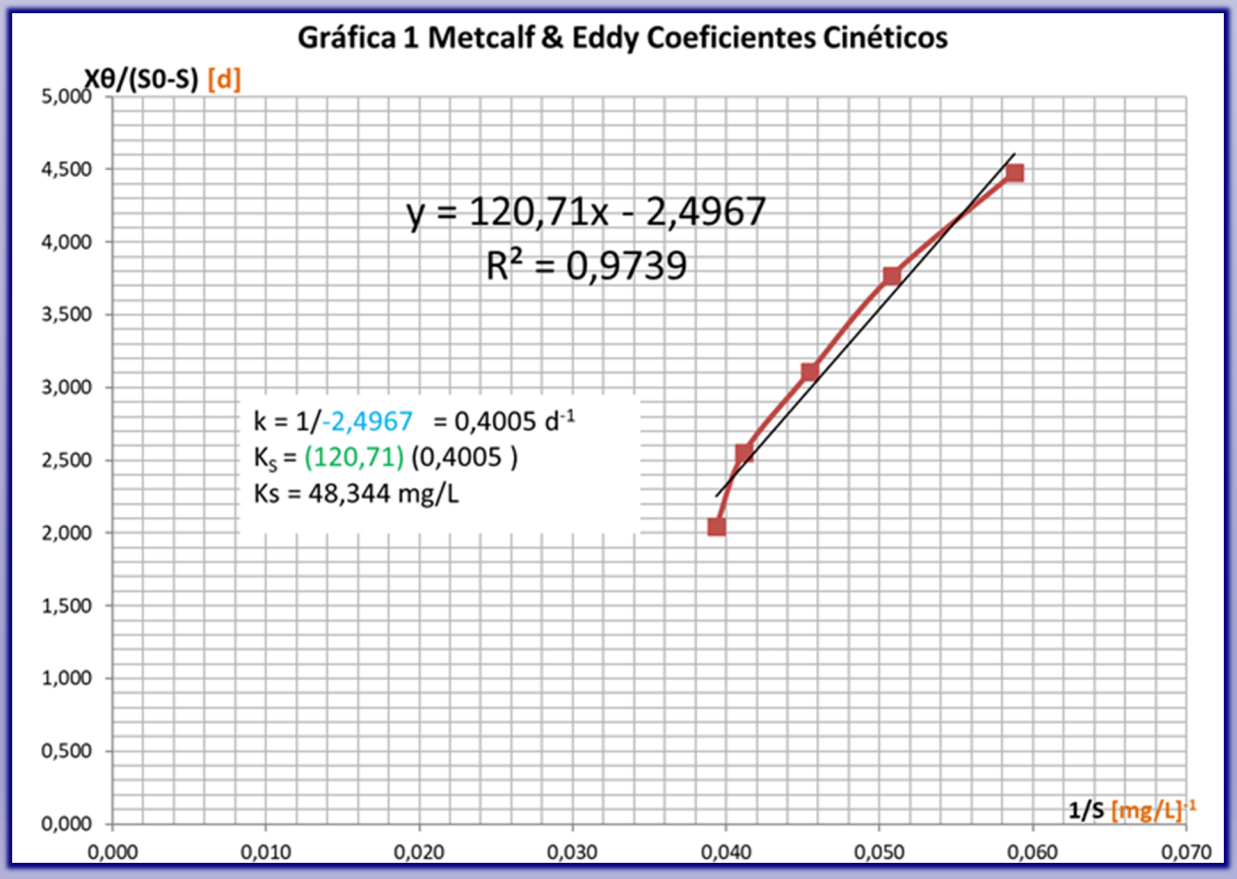
9 A partir de los resultados se realiza la determinación de los coeficientes cinéticos deduciendo las ecuaciones planteadas por Metcalf y Eddy, 2013:

- El coeficiente de velocidad media (Ks)
- La tasa máxima de degradación de sustrato (k)
- El coeficiente de producción de biomasa (Y)
- La velocidad de decaimiento o muerte de microorganismos (Kd).
- La tasa máxima de crecimiento específico (µm)

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

10 Los valores de los coeficientes Ks y k pueden determinarse graficando $\frac{x\theta}{S_0 - S}$ respecto a $\frac{1}{S}$ a partir del método Lineweaver-Burk.



Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

11 Se obtuvo la ecuación lineal:

$$y = m*x + b$$

Para la determinación del coeficiente k (d^{-1}) se aplica la siguiente relación:

$$k = 1/b$$

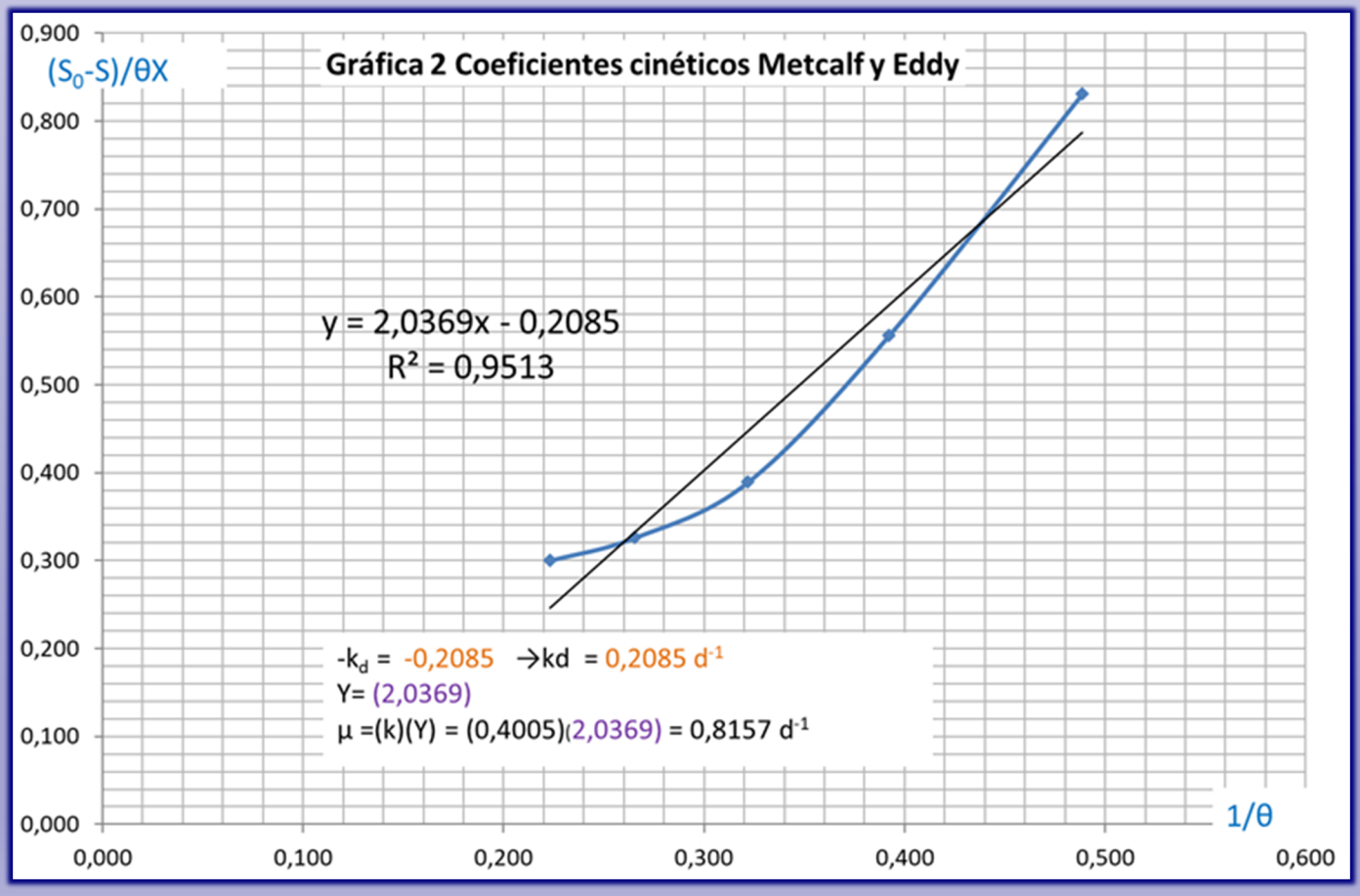
Para la determinación del coeficiente Ks (mg/L) se aplica la siguiente relación:

$$Ks = m * k$$

Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

12 Los valores de Y y kd pueden determinarse utilizando $\frac{1}{\theta}$ respecto a $\frac{S_0 - S}{X\theta}$ a partir del método



Procedimiento

Una vez se cuenta con los parámetros iniciales se inicia con la estabilización del biorreactor.

13 Se obtuvo la ecuación lineal:

$$y = m*x + b$$

Para la determinación del coeficiente Y (mg SSV/mg DBO) se aplica la siguiente relación:

$$Y = m$$

Para la determinación del coeficiente kd (d^{-1}) se aplica la siguiente relación:

$$kd = b$$

Para la determinación del coeficiente µm (d^{-1}) se aplica la siguiente relación:

$$\mu m = k * Y$$

Referencias

[1]J. Quiroga, F. Díaz. S. (2008). Treatment activated sludge at laboratory scale, “Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio,” vol. 7., no. 2.

[2] Metcalf, & Eddy. (2013). Wastewater engineering treatment and resource recovery. (ISBN 1259250938) New York: Mc Graw Hill.

[3] Gilson. (2018). MINIPULS 3 Peristaltic Pump (Drive Unit) with Eight Channel, Standard Flow Head (R8). Recuperado de https://www.gilson.com/default/minipuls-3-pump-drive-unit-with-eight-channel-standard-flow-head-r8.html

[4] E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton. (2017). Standard methods for the examination of wáter and wastewater. 23 Edition American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.