

UNIVERSIDAD DIEGO PORTALES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

MEDIO AMBIENTE II ICI 520

LABORATORIO N° 3

TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

Introducción

Los usos que se le puede dar al agua de lagos, ríos y otras fuentes naturales depende en gran medida de la calidad en que se encuentre el agua

Las actividades tales como la pesca, la natación, paseos en barco, el envío y la eliminación de desechos, presentan requisitos muy diferentes de calidad del agua.

El agua de alta calidad se necesita principalmente para el abastecimiento de agua potable. En muchas partes del mundo, la introducción de contaminantes por parte del hombre, ha degradado gravemente la calidad de agua.

La ingeniería ambiental se ocupa del tratamiento y la calidad del agua, de manera de controlar la contaminación que produce la actividad humana, y de esta forma que el agua no se degrade al grado que no se pueda utilizar.

En el caso de Santiago, se ha tomado conciencia con respecto a los desechos que se vierten al Zanjón de la Aguada y la autoridad ha cerrado la última fuente de residuos industriales líquidos que se vertían a sus aguas, quedando saneado dicho canal, de manera que esta agua se puede utilizar sin problemas para el riego de cultivos en las zonas agrícolas de la ciudad.

Para saber que tanto desecho puede tolerar (el término técnico es asimilar) el cuerpo de agua, se debe saber el tipo de contaminantes que se descargan y la manera en que ellos afectan la calidad de agua. Se debe saber también la calidad del agua que es afectada por factores naturales tal como la herencia mineral de la línea divisoria de las aguas, la geometría del terreno, y del clima de la región.

Un pequeño arroyo que precipita de una montaña tendrá una capacidad muy diferente de asimilar los contaminantes que un río lento o un lago.

Además de hacer el agua segura para el consumo y recreación del ser humano, la ingeniería ambiental se ocupa de la calidad del agua que se utiliza para la protección y la propagación de peces, mariscos y la fauna. Entendiendo el impacto de los contaminantes en la calidad de agua, el ingeniero ambiental puede diseñar apropiadamente las medidas para el tratamiento estos contaminantes a niveles aceptables.

Descripción del problema

En el presente laboratorio se analizara el caso de una pequeña ciudad (A) la cual descarga sus aguas servidas a un río, la Gobernación de la Región ha establecido como criterio un limite de 5 [mg/L] de OD. Existe otra

ciudad (B) que se encuentra 15,5 Km. aguas abajo de la anterior, y próxima al río. En la ciudad B se utiliza el agua del río antes mencionado para regadío, por lo cual se esta cuestionando el limite impuesto por la Gobernación de la Región.

Los datos obtenidos para el estudio están basados en 10 días de caudal bajo que se miden en 7 años, y son los siguientes:

Parámetro	Aguas servidas	Agua del rio
Caudal [m ³ /s]	0,1507	1,08
DBO5 a 16 °C en [mg/L]	128	No hay datos
DBOu (final del rio) [mg/L]	No hay datos	11,40
DO en [mg/L]	1	7,95
Temperatura en °C	16	16
k a 20 °C	0,4375	No hay datos
Velocidad en [m/s]	No hay datos	0,390
Profundidad en [m]	No hay datos	2,80
Coeficiente de actividad ()	No hay datos	0,200

Las actividades a realizar en el laboratorio son:

- Determinar la cantidad de oxígeno disuelto (DO) en las aguas del río en la ciudad B.
- Determinar la cantidad critica de oxígeno disuelto y a que distancia aguas abajo se produce.
- Si la Gobernación Regional establece que las aguas con DBO5 de 30 [mg/L] deberán ser tratadas y la ciudad A esta violando la norma, se determinaran los valores para DO, DO critico y la distancia a la que se produce para DOB5 = 30 [mg/L].
- Determinar el numero de años para que una planta de tratamiento sea inadecuada, si la población de la ciudad A crece un 5% anual, para DBO5 =30 [mg/L]

Objetivos

Básicamente, el objetivo de este laboratorio es analizar la desoxigenación del agua frente a descargas de flujos con materia orgánica. El objetivo se cumplirá a través del estudio de un flujo que atraviesa dos ciudades, de las cuales, una (A) descarga sus aguas residuales y la otra (B) utiliza el caudal del río para regadío; con normas de calidad establecidas.

La realización del laboratorio, estará basada en las ecuaciones fundamentales de Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas residuales:

Como la temperatura es diferente de 20°C, se debe corregir las constantes con la Ecuación de Van't Hoff Arrhenius:

Donde:

kD: constante de desoxigenación en [días⁻¹].

k: constante en [días⁻¹].

v: velocidad del río en [m/s].

H: profundidad en [m].

: coeficiente de actividad.

Donde:

k_R : constante de reaeración en $[\text{días}^{-1}]$.

El tiempo que transcurre entre la ciudad A y la ciudad B es:

Donde:

t : tiempo en $[\text{días}^{-1}]$.

d : distancia entre ciudad A y ciudad B, en $[\text{m}]$.

v : velocidad del flujo en $[\text{m/días}]$.

El déficit inicial de oxígeno, después que el río se mezcla con las aguas residuales es:

Donde:

D_a : déficit inicial de oxígeno en $[\text{mg/L}]$.

DOS: oxígeno disuelto en $[\text{mg/L}]$, este valor es obtenido del apéndice A tabla A.2.

Q_W : caudal de agua residual en $[\text{m}^3/\text{s}]$.

Q_R : caudal de río en $[\text{m}^3/\text{s}]$.

DOW: oxígeno disuelto en aguas residuales en $[\text{mg/L}]$.

DOR: oxígeno disuelto en río en $[\text{mg/L}]$.

El oxígeno final disuelto en las aguas residuales es:

Donde:

L_W : oxígeno final disuelto en las aguas residuales, en $[\text{mg/L}]$.

BOD_t : demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo t , en $[\text{mg/L}]$.

La disolución de oxígeno inicial después de que ocurre la mezcla es:

Donde:

L_a : disolución de oxígeno inicial después de que ocurre la mezcla, en $[\text{mg/L}]$.

L_W : oxígeno final disuelto en las aguas residuales, en $[\text{mg/L}]$.

Q_W : caudal de agua residual en $[\text{m}^3/\text{s}]$.

L_R : oxígeno final disuelto en río, en $[\text{mg/L}]$.

QR: caudal de río en [m³/s].

El déficit de oxígeno en el río después de que ocurre la mezcla es:

Donde:

D: déficit de oxígeno en el río después de que ocurre la mezcla, en [mg/L].

kD: constante de desoxigenación en [días⁻¹].

kR: constante de reaeración en [días⁻¹].

La concentración actual de oxígeno disuelto es: DO = DOs – D

Donde:

DO: concentración actual de oxígeno disuelto en [mg/L].

DOs: oxígeno disuelto en [mg/L], este valor es obtenido del apéndice A tabla A.2.

D: déficit de oxígeno en el río después de que ocurre la mezcla, en [mg/L].

El tiempo crítico, que es cuando se encuentra la menor cantidad de oxígeno disuelto en el agua es:

El déficit crítico de oxígeno es:

La cantidad crítica de oxígeno disuelto es: DOC = DOS – DC

La distancia a la que ocurre lo anterior es: d = tC × v

$$k_d = k + \frac{v}{H} \eta = 0.4375 + \frac{0.390}{2.8} * 0.2 = .46536 [d^{-1}] (20^{\circ}C)$$

$$k_d = 0.46536 * (1.135)^{16-20} = .28042 [d^{-1}] (16^{\circ}C)$$

$$k_d = .28042 [d^{-1}] (16^{\circ}C)$$

Desarrollo

Primero se calcula la constante de desoxigenación para una temperatura de 20°C y luego se corrige para una temperatura de 16°C:

Luego se hace lo mismo para la constante reaeración y se calcula el tiempo que demora al agua en recorrer la distancia de la ciudad A a la ciudad B:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{15.5 * 1000}{.39 * 86400} = .46 [d]$$

$$t = .46 [d]$$

$$D_a = DO_s - \frac{Q_w * DO_w + Q_r * DO_r}{Q_w + Q_r} = 9.95 - \frac{0.1507 * 1 + 1.08 * 7.95}{0.1507 + 1.08} = 2.851 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$D_a = 2.851 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$k = 0.4375 [d^{-1}] (20^\circ C)$$

$$k = 0.4375 * (1.135)^{16-20} = .26363 [d^{-1}] (16^\circ C)$$

$$L_w = \frac{BOD_5}{(1 - e^{-k*5})} = \frac{128}{(1 - e^{-0.2636*5})} = 174.78 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_w = 174.78 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Déficit inicial después de ocurrida la mezcla y la nueva constante a 16°C para calcular el Lw:

Con este nuevo Lw se calcula La

Y el nuevo déficit:

$$L_a = \frac{Q_w * L_w + Q_r * L_r}{Q_w + Q_r} = \frac{0.1507 * 174.8 + 1.08 * 11.4}{0.1507 + 1.08} = 31.408 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_a = 31.408 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Ahora se calcula el tiempo critico para calcular el déficit critico:

Y finalmente la distancia en la que se producirá el nivel mas bajo de oxigeno disuelto

2° Caso para el cual BOD5 = 30 [mg/L]

La Reglamentación vigente de la Gobernación Regional estableció además que aguas con DOB5 de 30 mg/L debían ser tratadas. , diseñar nuevos valores para DO, DOc y calcular a la distancia a la que se produce éste último.

Con el nuevo valor de DOB5 de 30 mg/L se obtiene Lw :

Calculando ahora el déficit,

y por ende tenemos que el oxigeno disuelto en el agua es de :

Con los mismos valores ya obtenidos, se calcula el Tc :

Con el valor de Tc se calcula el nuevo Déficit critico,

Con el resultado anterior se calcula el DOc con el nuevo valor de DOB5 de 30 mg/L se obtiene

Con este resultado es posible obtener la distancia a la que se produce éste último:

Para un valor de DBO5 (30 mg/L), considerando que la población crece a un 5% anual, en cuantos años de tratamientos se hace inadecuada la planta .

Un buen funcionamiento de la planta en este caso se caracteriza por controlar que en la ciudad B la concentración de oxígeno se mantenga en 5 mg/L.

Esto trae como consecuencia que el déficit debe ser de :

$$D = 9.95 - 5 = 4.95$$

En la siguiente tabla se calcularan los valores para cada Qw con su respectivo crecimiento por año de un 5 % ,

Dado los datos anteriores, podemos notar que en el año 25 existe un D igual a 4,94865002 que es igual a al déficit limite.

Conclusiones

Como conclusión acerca del tratamiento y calidad del agua se puede mencionar lo siguiente:

Se pudo hacer un estudio para encontrar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua de un río (lo que se denomina **DO**) el cual riega dos ciudades (A y B), para luego encontrar el **DOc** lo que vendría siendo el valor crítico de **DO** con lo cual se calculo la distancia aguas abajo del río donde se produce el valor crítico de cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Para poder realizar este estudio se tuvo que investigar sobre la calidad del agua en los ríos donde se introdujo conceptos tales como:

- Déficit de oxígeno (**D**)
- Demanda bioquímica de oxígeno (**DBO**)
- Concentración de saturación de oxígeno disuelto (**DOs**)
- Déficit inicial después del mix (**Da**)
- Déficit de oxígeno crítico (**DOc**)
- Tiempo crítico (**tc**)
-

Estos conceptos son importantes para comprender la forma en que se evalúan la cantidad de oxígeno necesaria para que los microbios puedan estabilizar un agua descompuesta bajo condiciones aeróbicas, esto es muy importante hoy en día ya que ayuda a controlar la contaminación en las aguas ya sea de lagos, ríos, etc lugares que son fuente de actividades humanas lo cual puede generar contaminación.

Estos estudios se realizan mediante un test llamado **DBO5** el cual se realiza durante 5 días a 20° grados Celsius. El nivel máximo de **DBO** es fijado por el gobierno por lo cual para poder verter aguas a ríos o otros tipos de afluentes el nivel de **DBO** no debe sobrepasar el nivel máximo, si ocurriera que las aguas están sobre el límite estas debieran ser tratadas para eliminar la contaminación.

Con respecto a la primera parte del laboratorio los resultados obtenidos para un **DBO5** = 128 mg/l se observa una distancia de 80.1 Km. y para un **DBO5** = 30mg/l una distancia de 67.06 km. Por lo cual **DOc** ocurre pasado la ciudad B.

También se hizo un estudio de la vida útil de una planta de tratamientos al producirse un aumento de 5% anual en la cantidad de población con un **DBO5** = 30 mg/l. con lo cual se aprecia que la planta se vuelve inadecuada a los 25 años cuando se ha producido un 125% de crecimiento de la población debido a que el oxígeno disuelto establecido como límite :

$DO_s - DO = 9.95 - 5 = 4.95$ este valor seria el limite.

Referencias Bibliográficas:

- Mott, Robert L., Mecánica de Fluidos Aplicada, 4ta. Edición Prentice Hall.
- Roberson, Cassidy y Chandhry, Hydraulic Engineering, 2nd. Edition John Wiley & Sons Inc.
- M. Davis, Introduction to Environmental Engineering.

– Apuntes curso Ingeniería Ambiental II, 1er semestre 2003, Doctor Víctor Cabrera.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{15.5 * 1000}{.39 * 86400} = .46[d]$$

$$t = .46[d]$$

$$D_a = DO_s - \frac{Q_w * DO_w + Q_r * DO_r}{Q_w + Q_r} = 9.95 - \frac{0.1507 * 1 + 1.08 * 7.95}{0.1507 + 1.08} = 2.851 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$D_a = 2.851 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$k = 0.4375 [d^{-1}] (20^\circ C)$$

$$k = 0.4375 * (1.135)^{16-20} = .26363 [d^{-1}] (16^\circ C)$$

$$L_w = \frac{BOD_5}{(1 - e^{-kt})} = \frac{128}{(1 - e^{-0.2636 * 5})} = 174.78 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_w = 174.78 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_w = \frac{BOD_5}{(1 - e^{-kt})} = \frac{30}{(1 - e^{-0.2636 * 5})} = 40.965 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_w = 40.965 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_a = \frac{Q_w * L_w + Q_r * L_r}{Q_w + Q_r} = \frac{0.1507 * 40.965 + 1.08 * 11.4}{0.1507 + 1.08} = 15.02 \left[\frac{mg}{L} \right]$$

$$L_a = 15.02 \left[\frac{mg}{L} \right]$$