

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 1

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Álgebra lineal

Asignaturas relacionadas del Programa

- Diseño Asistido por Computador
- Estadística y Probabilidad
- Balance de Materia y Energía
- Física Mecánica
- Mecánica de Fluidos
- Hidráulica
- Modelación y Simulación Ambiental
- Análisis Ambiental de Procesos Industriales.

Aplicación / Uso en Programa

Transformaciones lineales y matrices de rotación/escala en CAD 2-D/3-D con el uso de matriz homogénea para mover un modelo topográfico. Vectores de datos, matrices de covarianzas, métodos de mínimos cuadrados para ajustar una recta de calibración en un sensor de calidad del agua. Sistemas lineales simultáneos para balances en procesos con varios ramos para. Resolver las incógnitas de caudal y composición en una planta piloto. Representación matricial de tensores de esfuerzo y gradientes de velocidad para evaluar el esfuerzo cortante en un perfil laminar. Álgebra matricial en Python/MATLAB/Excel para modelos discretizados, como ejemplo el algoritmo de Gauss - Seidel para redes de tuberías. Sistemas lineales en análisis de redes de distribución (EPANET) para resolver presiones en junta de tuberías con matriz de nodo. Álgebra matricial para balances económicos y ambientales multicriterio, usando método de Análisis Input-Output (Leontief) en huella de carbono. Ajustar constantes Monod mediante regresión multivariada.

EJERCICIO

Una planta piloto de tratamiento de aguas residuales recibe un caudal afluente de $Q_0 = 150 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ con una concentración de contaminante

$$C_0 = 300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}.$$

El flujo se divide en tres trenes de proceso:

Tren	Proceso	Eficiencia de remoción	Caudal
1	Coagulación-floculación	70 % (sale 30 %)	Q_c
2	Membrana MBR	90 % (sale 10 %)	Q_m
3	Bypass (sin tratar)	0 % (sale 100 %)	Q_b

Además, por criterios hidráulicos se exige $Q_m = 0.5Q_c$

Los trenes se recombinan y deben entregar un efluente con concentración objetivo $C_e = 116 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Halle el caudal que debe enviarse por cada tren.

SOLUCIÓN

Para ello planteamos el sistema de ecuaciones que permiten hallar Q_c, Q_m, Q_b

Ecuación de balance:

$$Q_c + Q_m + Q_b = 150$$

Ahora calculamos el balance de masa contaminante de cada tren

$$\text{Tren 1: } 0.3Q_c = 0.3(300)Q_c = 90Q_c$$

$$\text{Tren 2: } 0.1Q_m = 0.1(300)Q_m = 30Q_m$$

$$\text{Tren 1: } 1.0C_0Q_b = (300)Q_b = 90Q_b$$

Para calcular el efluente: $C_e Q_0 = 116(150) = 17400$

$$90Q_c + 30Q_m + 300Q_b = 17400$$

Y la restricción hidráulica

$$Q_m = 0.5Q_c$$

El sistema matricial es:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 90 & 30 & 300 \\ -0.5 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_c \\ Q_m \\ Q_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 150 \\ 17400 \\ 0 \end{bmatrix}$$

La solución del sistema la puede realizar por Gauss, Gauss _ Jordan, Matriz inversa, Determinantes

Y obtener los siguientes valores:

$$Q_c = 80 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_m = 0.5Q_c = 40 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_b = 150 - 80 - 40 = 30 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

Resumiendo

Tren	Caudal requerido ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$)
Coagulación Q_c	80
Membrana Q_m	40
Bypass Q_b	30

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Al aplicar un sistema de ecuaciones lineales se determina la distribución óptima de caudales que cumple simultáneamente las restricciones hidráulicas y la meta de calidad del efluente.

Así se evidencia cómo Álgebra Lineal es el lenguaje que permite, tanto modelar sistemas y traducir señales electrónicas en datos de calidad ambiental confiables.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 2

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Cálculo Diferencial

Asignaturas relacionadas del Programa

- Modelación de sistemas ambientales
- Hidráulica
- Mecánica de fluidos
- Cálculo integral
- Cálculo vectorial
- Ecuaciones diferenciales
- Operacional y numérico.

Aplicación / Uso en Programa

Análisis de tasas de cambio en procesos naturales y modelado matemático de sistemas ambientales.

Introduce conceptos de límites, derivadas de funciones de una variable, aplicaciones en optimización, y tasas de cambio; fundamentales para entender procesos ambientales como cambios de concentraciones o crecimiento de poblaciones

EJERCICIO

Derretimiento de un glaciar

Un glaciar de alta montaña pierde volumen debido al aumento de temperatura global. El volumen del glaciar (en metros cúbicos) en función del tiempo t (en años) está dado por la función:

$$V(t) = 5000 - 120t^{1.5}$$

- a) ¿Cuál es la tasa de cambio del volumen del glaciar cuando han pasado 4 años?
b) Interpreta el resultado en el contexto del proceso natural.

SOLUCIÓN

- a) Derivamos la función $V(t)$ respecto al tiempo:

$$\begin{aligned} V'(t) &= \frac{dV}{dt} \\ \frac{dV}{dt} &= -120 \left(\frac{3}{2}\right) t^{0.5} \\ \frac{dV}{dt} &= -180t^{0.5} \end{aligned}$$

Evaluamos en $t = 4$:

$$V'(4) = -360$$

b)

Cuando han pasado 4 años, el volumen del glaciar está disminuyendo a una tasa de 360 m³ por año.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Da cuenta de la interpretación del signo negativo haciendo énfasis en que el volumen está disminuyendo, lo cual refleja un proceso natural de retroceso glaciar causado posiblemente por el calentamiento global. Comprende la derivada como velocidad de cambio para describir procesos naturales y distingue tendencias de pérdida de masa glaciar y sus efectos hidrológicos.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 3

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Cálculo Diferencial

Asignaturas relacionadas del Programa

- Modelación de sistemas ambientales
- Hidráulica
- Mecánica de fluidos
- Cálculo integral
- Cálculo vectorial
- Ecuaciones diferenciales
- Operacional y numérico.

Aplicación / Uso en Programa

Análisis de tasas de cambio en procesos naturales y modelado matemático de sistemas ambientales.

Introduce conceptos de límites, derivadas de funciones de una variable, aplicaciones en optimización, y tasas de cambio; fundamentales para entender procesos ambientales como cambios de concentraciones o crecimiento de poblaciones

EJERCICIO

La producción de biomasa vegetal $B(x)$ (en kilogramos por hectárea) en función de la cantidad de fertilizante aplicado x (en kg/ha) está dada por:

$$B(x) = -2x^2 + 40x + 100, \quad x \in [0, 15]$$

- ¿Qué cantidad de fertilizante debe aplicarse para maximizar la producción de biomasa?
- ¿Cuál es la producción máxima de biomasa?
- ¿Qué interpretación ambiental tiene este resultado?

SOLUCIÓN

- El máximo se alcanza en el vértice de la parábola:

$$x_{max} = \frac{-b}{2a}$$

$$x_{max} = \frac{-40}{2(-2)} = 10$$

- Evaluamos : $B(10) = -200 + 400 + 100 = 300$

- Interpretación ambiental:

La producción máxima de biomasa es de 300 kg/ha cuando se aplican 10 kg/ha de fertilizante. Aplicar más fertilizante reduce la producción y puede dañar el ecosistema por exceso de nutrientes.

Este análisis ayuda a optimizar recursos y minimizar la contaminación ambiental.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Optimiza el uso de insumos agrícolas para minimizar contaminación por nutrientes

Es importante que se tenga en cuenta, la asignatura de cálculo diferencial introduce conceptos de límites, derivadas de funciones de una variable, aplicaciones en optimización, y tasas de cambio fundamentales para entender procesos ambientales como cambios de concentraciones o crecimiento de poblaciones.

Se pueden plantear Prácticas cómo ; "huella hídrica en glaciares andinos" en los estudiantes estiman caudales futuros con derivadas y contrastan con datos del IDEAM.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 4

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Cálculo Integral

Asignaturas relacionadas del Programa

- Transferencia de Contaminantes
- Hidrología, balance de materia y energía
- Física mecánica
- Mecánica de fluidos
- Ecuaciones diferenciales
- Teledetección y SIG
- Hidráulica
- Modelación y Simulación Ambiental
- Tratamiento de Aguas Residuales

Aplicación / Uso en Programa

Integración de flujos másicos y/o energéticos en balances diferenciales, cómo el cálculo de acumulaciones y rendimientos de procesos.
Análisis de energía y movimiento de partículas o sólidos
Diseño de canales, cálculo de pérdida de carga.
Modelado de transporte de contaminantes, reacción - difusión.
Cálculo de volumen de deforestación, balance hídrico espacial.
Dimensionamiento de redes y obras hidráulicas.
Estimación de escorrentía y recarga acuífera.
Simulación de calidad del aire/agua.
Diseño de sedimentadores y tanques de floculación.
Evaluación de impactos y eficiencia de control.
Cálculo de volumen de lagunas, lodos activados.
Elaboración de líneas base y pronóstico de impactos

EJERCICIO

Balance de masa y acumulación de contaminantes

Durante una jornada de 8 h (horas) un tren de electrocoagulación recibe agua residual con un flujo volumétrico variable:

$$Q(t) = 25 + 5t \text{ (L} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}, 0 \leq t \leq 480 \text{ min.}$$

La concentración del contaminante es constante: $C = 120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

- a) Calcule la masa total de contaminante que ingresa al sistema en la jornada.
b) Con una eficiencia de remoción del 85 %, determine la masa retenida en el lodo y la que sale con el efluente.

SOLUCIÓN

- a)
Flujo másico instantáneo: $\dot{m}(t) = Q(t) \cdot C = (25 + 5t) \cdot 120 \text{ mg} \cdot \text{min}^{-1}$.
Masa total acumulada:

$$M = \int_0^{480} m(t) dt$$

$$M = 120 \int_0^{480} (25 + 5t) dt$$

$$M = 120[25t + 2.5t^2]_0^{480}$$

$$= 70\,560\,000 \text{ mg} = 70.56 \text{ kg.}$$

- b)
Distribución de la masa:
• Removida (85 %): $0.85 \cdot M = 59.97 \text{ kg.}$
• En el efluente (15 %): $0.15 \cdot M = 10.59 \text{ kg.}$

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Para la asignatura de tratamiento de Agua se usa para cuantificar acumulaciones y rendimientos mediante integración. Se puede extender este proceso para simular perfiles $Q(t)$ en Python y dimensionar el reactor.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 5

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Cálculo Integral

Asignaturas relacionadas del Programa

- Transferencia de Contaminantes
- Hidrología, balance de materia y energía
- Física mecánica
- Mecánica de fluidos
- Ecuaciones diferenciales
- Teledetección y SIG
- Hidráulica
- Modelación y Simulación Ambiental
- Tratamiento de Aguas Residuales

Aplicación / Uso en Programa

Integración de flujos máscos y/o energéticos en balances diferenciales, cómo el cálculo de acumulaciones y rendimientos de procesos.
Análisis de energía y movimiento de partículas o sólidos
Diseño de canales, cálculo de pérdida de carga.
Modelado de transporte de contaminantes, reacción - difusión.
Cálculo de volumen de deforestación, balance hídrico espacial.
Dimensionamiento de redes y obras hidráulicas.
Estimación de escorrentía y recarga acuífera.
Simulación de calidad del aire/agua.
Diseño de sedimentadores y tanques de floculación.
Evaluación de impactos y eficiencia de control.
Cálculo de volumen de lagunas, lodos activados.
Elaboración de líneas base y pronóstico de impactos

EJERCICIO

Estimación de escorrentía superficial

Para una microcuenca de $A = 2.0 \text{ km}^2$ se obtuvo un hidrograma unitario (q en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, t en horas):

$$q(t) = 40te^{-0.2t}, t \geq 0.$$

- Determine el volumen total de escorrentía V (m^3).
- Expresé V como lámina de agua (mm) sobre la cuenca.
- Si la lluvia neta fue $P = 25 \text{ mm}$, estime la recarga/infiltración.

SOLUCIÓN

- Volumen total:

$$V = \int_0^{\infty} q(t) dt$$

$$V = 40 \int_0^{\infty} (te^{-0.2t}) dt$$

Integramos y evaluamos teniendo en cuenta que $u = t$, $\frac{du}{dt} = 1$, $\frac{dv}{dt} = e^{-0.2t}$,

$$v = \frac{e^{-0.2t}}{-0.2} \text{ así:}$$

$$V = 40(1/0.2^2) = 1000 \text{ m}^3.$$

- Lámina de escorrentía:

$$h = \frac{V}{A}$$

$$h = 1000 \text{ m}^3 / 2 \times 10^6 \text{ m}^2 = 0.0005 \text{ m} = 0.50 \text{ mm}.$$

-

$$\text{Recarga/infiltración: } P - h = 25 \text{ mm} - 0.50 \text{ mm} = 24.5 \text{ mm}.$$

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Desde la asignatura de cálculo integral se da un manejo clave hacia asignaturas cómo Hidroclimatología o Hidráulica en las que convertir flujo variable en volúmenes y láminas útiles para diseño y poder ajustar hidrogramas con datos reales para estimar obras de recarga.

La integral convierte un perfil de caudal no constante en una masa total: exactamente la acumulación que la planta debe gestionar. El resultado permite dimensionar la prensa de lodos y estimar la carga restante que llegará al cuerpo de agua.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 6

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Ecuaciones
Diferenciales

Asignaturas relacionadas del Programa

- Mecánica de Fluidos
- Química
- Calidad del Aire
- Modelación y Simulación Ambiental

Aplicación / Uso en Programa

Ecuación de continuidad, Ecuación diferencial de Bernoulli, perfil de velocidad en conductos, capa límite, modelos lluvia-escurrimiento tipo IUH (EDO lineal) y ecuación de difusión-ola. Transformación de hidrogramas, pronóstico de crecida, ecuaciones de gradiente hidráulico y de energía específica (EDO), pérdida de carga en tuberías, diseño de canales, balance de energía atmosférica (EDO) y ecuaciones primitivas simplificadas, evolución de temperatura del suelo-aire, advección 1-D, transporte de contaminantes en ríos, difusión de calor en suelos, cinética de coagulantes y desinfección (EDO 1.º orden), diseño de tanques de contacto y floculadores, modelos Monod y de crecimiento bacteriano (EDO no lineal), balances completamente mezclados, diseño de lodos activados, lagunas de estabilización, ecuaciones diferenciales espaciales para dispersión, crecimiento logístico para poblaciones, crecimiento logístico para poblaciones, escenarios de carga admisible y restauración.

EJERCICIO

Cinética de desinfección y diseño de tanque de contacto

Una planta de tratamiento de agua potable debe garantizar que el agua salga con un residual de cloro $C(T) = 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

El agua ingresa al tanque con $C_0 = 1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. La cinética de decaimiento del cloro libre se describe con la reacción de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = -kC, \quad k = 0.12 \text{ min}^{-1}.$$

El caudal medio de operación es $Q = 45 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$

- Determine el tiempo de contacto mínimo T necesario para alcanzar el residual deseado.
- Calcule el volumen del tanque (m^3) suponiendo flujo completamente mezclado.
- ¿Cómo cambia el volumen si la temperatura baja y k disminuye a 0.06 min^{-1} ?

SOLUCIÓN

a) Resolución de la EDO de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$

$$\frac{dC}{C} = -k dt$$

Integro:

$$C(t) = C_0 e^{-k t},$$

ahora calculamos tiempo de contacto:

$$0.3 = 1.5 e^{-0.12 T} \Rightarrow T = (1/0.12) \ln(1.5/0.3) \approx 13.4 \text{ min}.$$

b) Volumen del tanque:

$$Q = 45 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} = 2.7 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}, \text{ entonces}$$

$$V = Q \times T \approx 2.7 \times 13.4 \approx 36.2 \text{ m}^3.$$

c) Si $k = 0.06 \text{ min}^{-1}$ entonces

$$T' = \ln(1.5/0.3)/0.06 \approx 26.8 \text{ min},$$

$$\text{Ahora } V' = 2.7 \times 26.8 \approx 72.3 \text{ m}^3.$$

La reducción de la constante de reacción (por menor temperatura) casi duplica el volumen requerido.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

La ecuación diferencial ordinaria de primer orden describe la cinética de desinfección; integrar la ecuación permite dimensionar el tanque para cumplir la norma de residual de cloro.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 7

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Ecuaciones
Diferenciales

Asignaturas relacionadas del Programa

- Mecánica de Fluidos
- Química
- Calidad del Aire y Meteorología
- Modelación y Simulación Ambiental

Aplicación / Uso en Programa

Ecuación de continuidad, Ecuación diferencial de Bernoulli, perfil de velocidad en conductos, capa límite, modelos lluvia-escorrentía tipo IUH (EDO lineal) y ecuación de difusión-ola. Transformación de hidrogramas, pronóstico de crecida, ecuaciones de gradiente hidráulico y de energía específica (EDO), pérdida de carga en tuberías, diseño de canales, balance de energía atmosférica (EDO) y ecuaciones primitivas simplificadas, evolución de temperatura del suelo-aire, advección 1-D, transporte de contaminantes en ríos, difusión de calor en suelos, cinética de coagulantes y desinfección (EDO 1.º orden), diseño de tanques de contacto y floculadores, modelos Monod y de crecimiento bacteriano (EDO no lineal), balances completamente mezclados, diseño de lodos activados, lagunas de estabilización, ecuaciones diferenciales espaciales para dispersión, crecimiento logístico para poblaciones, crecimiento logístico para poblaciones, escenario de carga admisible y restauración.

EJERCICIO

Para una microcuenca, el hidrograma unitario instantáneo (IUH) cumple la EDO lineal:

$$\frac{dQ}{dt} + aQ = bI(t),$$

si $a = 0.25 \text{ h}^{-1}$, $b = 0.6$, donde $Q(t)$ representa el caudal ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e $I(t)$ el exceso de lluvia en ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$).

Durante la tormenta se tiene:

$$I(t) = \begin{cases} 30 t e^{-0.5 t} & \text{para } t \geq 0 \\ 0, & \text{para } t < 0 \end{cases}$$

- Obtenga la expresión de $Q(t)$ asumiendo $Q(0) = 0$.
- Determine el caudal pico y el instante en que ocurre.
- Calcule el volumen total de escorrentía si el área de la cuenca es $A = 1.5 \text{ km}^2$.

SOLUCIÓN

a) Solución por factor integrante:

$$Q(t) = e^{-at} \int_0^t bI(\tau) e^{a\tau} d\tau$$

Sustituyendo datos y resolviendo la integral se obtiene:

$$Q(t) = 18 e^{-(0.25 t)} [-4 t e^{-(0.5 t)} - 16 e^{-(0.5 t)} + 16 e^{-(0.25 t)}].$$

- Caudal pico: derivando $Q(t)$ y haciendo $dQ/dt = 0$ se halla $t_{\text{pico}} \approx 4.0 \text{ h}$.
- $Q_{\text{max}} = Q(4 \text{ h}) \approx 31.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Volumen total de escorrentía:

$$V = \frac{b}{a} \int_0^\infty I(t) dt$$

$$V = \frac{0.6}{0.25} \left(\frac{30}{0.5^2} \right) = 288 \text{ mm}.$$

Convertido a metros: 0.288 m .

$$A = 1.5 \text{ km}^2 = 1.5 \times 10^6 \text{ m}^2 \rightarrow V_{\text{total}} = 0.288 \times 1.5 \times 10^6 \approx 4.32 \times 10^5 \text{ m}^3.$$

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

La ecuación diferencial ordinaria describe el caudal pico y el volumen total de escorrentía.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 8

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Estadística y probabilidad

Asignaturas relacionadas del Programa

- Ecología
- Microbiología Ambiental
- Química Ambiental
- Balance de Materia y Energía
- Potabilización del Agua
- Risk Management and Climate Change

Aplicación / Uso en Programa

Muestreo aleatorio, estimación de densidades, contraste de hipótesis para comparar biodiversidad antes y después de una intervención.

Diseño de experimentos para evaluar la eficacia de distintos desinfectantes.

Calibración lineal / curvas patrón, análisis de regresión para convertir absorbancia en concentración de metales pesados.

Propagación de incertidumbre, ajuste de balances por mínimos cuadrados para reconciliar caudales y composiciones en un proceso continuo.

Estadística de series temporales, distribuciones de frecuencia, para el cálculo del percentil 95 de PM_{2.5} para cumplimiento normativo.

Control estadístico de procesos (gráficas X-barra, R) para verificar turbidez y cloro residual en línea de filtración.

Probabilidad condicional para calcular probabilidad de falla de un dique bajo escenarios de clima futuro.

EJERCICIO

La Concentración horaria de PM_{2.5} (µg m⁻³) durante 12 h en la zona industrial de Tunja:

7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
26.4	31.7	35.1	38.4	34.6	30.2	28.3	27.1	29.8	33.5	37.2	32.4

Tener en cuenta que PM_{2.5} significa: "PM" = Particulate Matter (material particulado).
"2.5" = diámetro máximo de las partículas en micrómetros (una milésima de milímetro).

Con los datos dispuestos en la tabla elabore el informe diario de calidad del aire.

SOLUCIÓN

1. Media:

$$\hat{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\hat{x} = \frac{384.7}{12}$$

$$\hat{x} = 32.1 \mu\text{g m}^{-3}$$

Moda: todos los valores son diferentes no hay Moda

Mediana: organizamos los datos

26.4, 27.1, 28.3, 30.02, 31.7, 32.4, 33.5, 34.6, 35.1, 37.2, 38.4

$$\text{Median} = \frac{31.7 + 32.4}{2} = 32.05$$

2. Varianza y desviación estándar(muestra)

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \hat{x})^2}{n - 1}$$

$$s^2 = 17.6 \mu\text{g}^2 \text{ m}^{-6}, \quad s = 4.20 \mu\text{g m}^{-3}$$

3. Coeficiente de variación

$$Cv = \frac{s}{\hat{x}}$$

$$Cv = \frac{4.2}{32.1}$$

$$Cv = 0.13$$

Cv = 13% variabilidad moderada

4. percentil 95 %:

Posición p=0.95(n+1)=0.95(13)=12.35

Se interpola entre los puestos (#12) y (#13)

P₉₅ = 38.4 µg m⁻³

El percentil 95(38.4 µg m⁻³) excede el límite diario colombiano (37 µg m⁻³) motivo por el cual se debe emitir alerta preventiva.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

El uso de la estadística descriptiva para organizar datos, modelar fenómenos y establecer parámetros que permitan emitir una conclusión sobre la calidad del aire.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Luz Adriana Pabón Cachope

Pág. 9

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Estadística y probabilidad

Asignaturas relacionadas del Programa

- Ecología
- Microbiología Ambiental
- Química Ambiental
- Balance de Materia y Energía
- Potabilización del Agua
- Risk Management and Climate Change

Aplicación / Uso en Programa

Muestreo aleatorio, estimación de densidades, contraste de hipótesis para comparar biodiversidad antes y después de una intervención.

Diseño de experimentos para evaluar la eficacia de distintos desinfectantes.

Calibración lineal / curvas patrón, análisis de regresión para convertir absorbancia en concentración de metales pesados.

Propagación de incertidumbre, ajuste de balances por mínimos cuadrados para reconciliar caudales y composiciones en un proceso continuo.

Estadística de series temporales, distribuciones de frecuencia, para el cálculo del percentil 95 de $PM_{2.5}$ para cumplimiento normativo.

Control estadístico de procesos (gráficas X-barra, R) para verificar turbidez y cloro residual en línea de filtración.

Probabilidad condicional para calcular probabilidad de falla de un dique bajo escenarios de clima futuro.

EJERCICIO

Un ingeniero ambiental estudia la presencia de coliformes fecales en un río cercano a Tunja. Históricamente, el 30% de las muestras tomadas superan el límite permitido. Si se toman 5 muestras aleatorias, calcula:

- La probabilidad de que exactamente 2 muestras estén contaminadas.
- La probabilidad de que al menos 1 muestra esté contaminada.

SOLUCIÓN

Usando la distribución binomial ($n=5$, $p=0.3$)

- Probabilidad de que exactamente 2 estén contaminadas:

$$P(X = 2) = \binom{5}{2} (0.3)^2 (0.7)^3$$

$$P(X = 2) = 10(0.09)(0.343)$$

$$P(X = 2) = 0.3087$$

$$P(X = 2) \rightarrow 30.87\%$$

-

Probabilidad de al menos 1 contaminada:

Es más fácil calcular el complemento (ninguna contaminada):

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0)$$

$$P(X \geq 1) = 1 - (0.7)^5$$

$$P(X \geq 1) = 1 - 0.1681$$

$$P(X \geq 1) = 0.8319$$

$$P(X \geq 1) \rightarrow 83.19\%$$

Se puede concluir que hay un 30.87% de probabilidad de encontrar exactamente 2 muestras contaminadas en 5 intentos.

Es muy probable (83.19%) que al menos una muestra esté contaminada, lo cual refuerza la necesidad de realizar monitoreo constante.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Aplica la probabilidad para predecir riesgos en la calidad del agua (útil en diseño de sistemas de tratamiento).



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Juan Alejandro Rubio Rodríguez

Pág. 10

Paralelo de
Espacio Académico Ciencias Básicas
vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Química Ambiental

Asignaturas relacionadas
del Programa

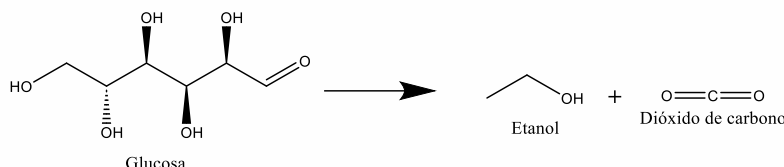
- Ecología
- Microbiología Ambiental
- Manejo y Remediación de Suelos
- Calidad del Aire y Meteorología
- Tratamiento de Aguas Residuales

Aplicación / Uso en Programa

La fermentación de glucosa para producir etanol tiene una aplicación directa en la ingeniería ambiental, especialmente en el tratamiento biológico de aguas residuales. Este tipo de reacción es fundamental para procesos donde se aprovechan microorganismos para transformar compuestos orgánicos contaminantes en productos menos nocivos o incluso útiles, como el etanol. En este contexto, el cálculo estequiométrico permite predecir el rendimiento teórico del proceso, lo cual es esencial para diseñar sistemas de tratamiento eficientes, planificar la operación de reactores biológicos, estimar la producción de subproductos y evaluar el impacto ambiental. Además, este tipo de análisis es clave para optimizar procesos de remediación ambiental, donde se busca maximizar la eliminación de contaminantes orgánicos. Así, este ejercicio no solo refuerza conceptos fundamentales de química general, sino que también conecta directamente con aplicaciones reales en la ingeniería ambiental moderna.

EJERCICIO

Una planta de tratamiento de aguas residuales utiliza un proceso biológico para reducir la carga orgánica del agua. Durante este proceso, la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) presente en el agua residual es fermentada por microorganismos para producir etanol (C_2H_5OH) y dióxido de carbono (CO_2), según la siguiente reacción:



Si se detecta que en un día ingresan 180 kg de glucosa al sistema, ¿cuántos kilogramos de etanol se podrían producir teóricamente en condiciones ideales?

SOLUCIÓN

Balanceo de ecuación



Balanceo por componente:

Para C: $6a = 2b + c$

Para O: $12a = 6b$

Para H: $12a = 6b + 2c$

Se escribe la matriz para hacer la solución del sistema de ecuaciones lineales

$$\begin{pmatrix} 6 & -2 & -1 \\ 12 & -6 & 0 \\ 6 & -1 & -2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \xrightarrow{F_1/6} \begin{pmatrix} 1 & -1/3 & -1/6 \\ 12 & -6 & 0 \\ 6 & -1 & -2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \xrightarrow{F_2 - 12F_1, F_3 - 6F_1} \begin{pmatrix} 1 & -1/3 & -1/6 \\ 0 & -2 & 2 \\ 0 & -1 & -2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \xrightarrow{F_2/(-2)} \begin{pmatrix} 1 & -1/3 & -1/6 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{pmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$$

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Este ejercicio se relaciona directamente con el programa de Ingeniería Ambiental, ya que aborda un proceso biológico utilizado en el tratamiento de aguas residuales, donde microorganismos transforman compuestos orgánicos como la glucosa en productos menos contaminantes. A través del análisis estequiométrico, los estudiantes aplican conceptos fundamentales de química general para comprender y optimizar procesos ambientales reales, fortaleciendo su capacidad para diseñar soluciones sostenibles y eficientes en el manejo de la contaminación.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Juan Alejandro Rubio Rodríguez

Pág. 11

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Química Ambiental

Asignaturas relacionadas del Programa

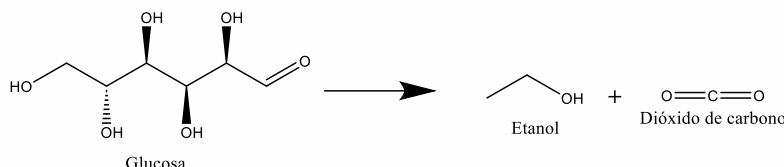
- Ecología
- Microbiología Ambiental
- Manejo y Remediación de Suelos
- Calidad del Aire y Meteorología
- Tratamiento de Aguas Residuales

Aplicación / Uso en Programa

La fermentación de glucosa para producir etanol tiene una aplicación directa en la ingeniería ambiental, especialmente en el tratamiento biológico de aguas residuales. Este tipo de reacción es fundamental para procesos donde se aprovechan microorganismos para transformar compuestos orgánicos contaminantes en productos menos nocivos o incluso útiles, como el etanol. En este contexto, el cálculo estequiométrico permite predecir el rendimiento teórico del proceso, lo cual es esencial para diseñar sistemas de tratamiento eficientes, planificar la operación de reactores biológicos, estimar la producción de subproductos y evaluar el impacto ambiental. Además, este tipo de análisis es clave para optimizar procesos de remediación ambiental, donde se busca maximizar la eliminación de contaminantes orgánicos. Así, este ejercicio no solo refuerza conceptos fundamentales de química general, sino que también conecta directamente con aplicaciones reales en la ingeniería ambiental moderna.

EJERCICIO

Una planta de tratamiento de aguas residuales utiliza un proceso biológico para reducir la carga orgánica del agua. Durante este proceso, la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) presente en el agua residual es fermentada por microorganismos para producir etanol (C_2H_5OH) y dióxido de carbono (CO_2), según la siguiente reacción:



Si se detecta que en un día ingresan 180 kg de glucosa al sistema, ¿cuántos kilogramos de etanol se podrían producir teóricamente en condiciones ideales?

SOLUCIÓN

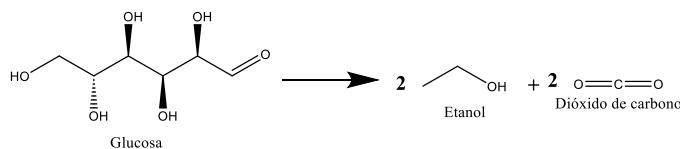
$$\rightarrow F_2 \begin{pmatrix} 1 & -1/3 & -1/6 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} F_3 - 1F_2 \rightarrow F_3 \begin{pmatrix} 1 & -1/3 & -1/6 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} F_1 - \left(-\frac{1}{3}\right)F_2 \rightarrow F_1 \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1/2 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} a - \frac{1}{2}c = 0 \\ b - c = 0 \end{cases}$$

Entonces

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{2}c \\ b &= c \\ c &= c \end{aligned}$$

Por tanto



EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Este ejercicio se relaciona directamente con el programa de Ingeniería Ambiental, ya que aborda un proceso biológico utilizado en el tratamiento de aguas residuales, donde microorganismos transforman compuestos orgánicos como la glucosa en productos menos contaminantes. A través del análisis estequiométrico, los estudiantes aplican conceptos fundamentales de química general para comprender y optimizar procesos ambientales reales, fortaleciendo su capacidad para diseñar soluciones sostenibles y eficientes en el manejo de la contaminación.

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Juan Alejandro Rubio Rodríguez

Pág. 12

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

Química Ambiental

Asignaturas relacionadas del Programa

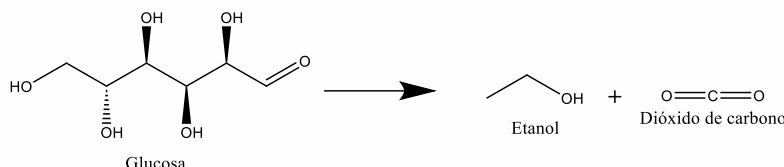
- Ecología
- Microbiología Ambiental
- Manejo y Remediación de Suelos
- Calidad del Aire y Meteorología
- Tratamiento de Aguas Residuales

Aplicación / Uso en Programa

La fermentación de glucosa para producir etanol tiene una aplicación directa en la ingeniería ambiental, especialmente en el tratamiento biológico de aguas residuales. Este tipo de reacción es fundamental para procesos donde se aprovechan microorganismos para transformar compuestos orgánicos contaminantes en productos menos nocivos o incluso útiles, como el etanol. En este contexto, el cálculo estequiométrico permite predecir el rendimiento teórico del proceso, lo cual es esencial para diseñar sistemas de tratamiento eficientes, planificar la operación de reactores biológicos, estimar la producción de subproductos y evaluar el impacto ambiental. Además, este tipo de análisis es clave para optimizar procesos de remediación ambiental, donde se busca maximizar la eliminación de contaminantes orgánicos. Así, este ejercicio no solo refuerza conceptos fundamentales de química general, sino que también conecta directamente con aplicaciones reales en la ingeniería ambiental moderna.

EJERCICIO

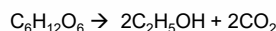
Una planta de tratamiento de aguas residuales utiliza un proceso biológico para reducir la carga orgánica del agua. Durante este proceso, la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) presente en el agua residual es fermentada por microorganismos para producir etanol (C_2H_5OH) y dióxido de carbono (CO_2), según la siguiente reacción:



Si se detecta que en un día ingresan 180 kg de glucosa al sistema, ¿cuántos kilogramos de etanol se podrían producir teóricamente en condiciones ideales?

SOLUCIÓN

Ó



Por lo tanto, se podrían producir teóricamente 92 kg de etanol a partir de 180 kg de glucosa.

1. Primero, calculamos los moles de glucosa:

$$\begin{aligned} \text{Masa molar de la glucosa } (C_6H_{12}O_6) &= 180 \text{ g/mol} \\ \text{Masa de glucosa} &= 180 \text{ kg} = 180,000 \text{ g} \\ \text{Moles de glucosa} &= 180,000 \text{ g} / 180 \text{ g/mol} \\ &= 1,000 \text{ mol} \end{aligned}$$

2. Según la ecuación química balanceada, 1 mol de glucosa produce 2 moles de etanol.

$$\text{Moles de etanol} = 1,000 \text{ mol} \times 2 = 2,000 \text{ mol}$$

3. Calculamos la masa de etanol producida:

$$\begin{aligned} \text{Masa molar del etanol } (C_2H_5OH) &= 46 \text{ g/mol} \\ \text{Masa de etanol} &= 2,000 \text{ mol} \times 46 \text{ g/mol} \\ &= 92,000 \text{ g} = 92 \text{ kg} \end{aligned}$$

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

Este ejercicio se relaciona directamente con el programa de Ingeniería Ambiental, ya que aborda un proceso biológico utilizado en el tratamiento de aguas residuales, donde microorganismos transforman compuestos orgánicos como la glucosa en productos menos contaminantes. A través del análisis estequiométrico, los estudiantes aplican conceptos fundamentales de química general para comprender y optimizar procesos ambientales reales, fortaleciendo su capacidad para diseñar soluciones sostenibles y eficientes en el manejo de la contaminación.



GUÍA PARA ESTUDIANTES

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Magda Patricia Rojas Sarmiento

Pág. 13

**Paralelo de
Espacio Académico Ciencias Básicas
vs. Asignaturas del Programa**

Materia Ciencias Básicas

FISICA MECÁNICA

**Asignaturas relacionadas
del Programa**

- Hidráulica.
- Mecánica de fluidos.

Aplicación / Uso en Programa

La Física Mecánica proporciona herramientas esenciales para comprender y modelar fenómenos naturales y sistemas de control de la contaminación. Capacita al estudiante para analizar el flujo en cuerpos de agua, redes de distribución o sistemas de tratamiento, aplicando principios de hidrodinámica e hidrostática cruciales para el diseño de plantas potabilizadoras, redes de alcantarillado o proyectos de recuperación de ríos. Además, permite entender el transporte y la dispersión de contaminantes en el aire (mecánica de fluidos en gases) y el agua, vital para el modelado de la calidad ambiental y la evaluación de impactos, lo que da origen al diseño de equipos y procesos de tratamiento donde la mecánica de sólidos y fluidos asegura la eficiencia y el correcto funcionamiento. Finalmente, la comprensión de fuerzas y estabilidad estructural, permite la construcción segura de infraestructura como estaciones de monitoreo, diques de contención o plataformas de energía renovable, consolidando a la mecánica como una disciplina transversal y estratégica para la sostenibilidad.

EJERCICIO

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) debe descargar el efluente tratado (agua limpia) a un cuerpo de agua receptor (río). Para ello, se propone utilizar un canal abierto rectangular. El ingeniero ambiental debe asegurar que el canal pueda manejar el caudal máximo de descarga y que la velocidad del agua sea adecuada para evitar erosión excesiva y sedimentación, teniendo en cuenta: Caudal máximo de diseño (Q): 0.5 m³/s, Pendiente del canal (S): 0.001 (es decir, 1 metro de caída por cada 1000 metros de longitud), Coeficiente de rugosidad de Manning (n): 0.015 (para concreto liso), Ancho del canal (b): 1.2 m. Calcular la profundidad normal del flujo (y) en el canal. Calcular la velocidad del flujo (V) en el canal para el caudal de diseño y Determinar si la velocidad es adecuada (normalmente, para evitar erosión en concreto y sedimentación, se busca una velocidad entre 0.6 m/s y 1.5 m/s).

SOLUCIÓN

Para resolver este problema, utilizaremos la Ecuación de Manning, que es fundamental en la hidráulica de canales abiertos y se deriva de principios de mecánica de fluidos para flujos uniformes:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Área Mojada (A): $A = b \cdot y = 1.2y \text{ (m}^2\text{)}$

Perímetro Mojado (Pm): $Pm = b + 2y = 1.2 + 2y \text{ (m)}$

Radio Hidráulico (Rh): $Rh = \frac{A}{Pm} = \frac{1.2y}{1.2 + 2y} \text{ (m)}$

-Sustituir los valores conocidos y las expresiones de A y Rh en la Ecuación de Manning.

Tenemos: $Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.015$, $S = 0.001$

$$0.5 = \frac{1}{0.015} \times (1.2y) \times \left(\frac{1.2y}{1.2 + 2y}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.001)^{\frac{1}{2}}$$

Simplificando los términos constantes: $0.0151 \approx 66.67 (0.001)^{\frac{1}{2}} = 0.001 \approx 0.03162$

$$\text{Entonces: } 0.5 = 66.67 \times (1.2y) \times \left(\frac{1.2y}{1.2 + 2y}\right)^{\frac{2}{3}} \times 0.03162$$

$0.5 = 2.53 \times y \times \left(\frac{1.2 + 2y}{1.2y}\right)^{\frac{2}{3}}$ (Ecuación no lineal, se reordena y se aplica método de prueba y error dando como resultado $y = 0.48 \text{ m}$).

Calcular la velocidad del flujo (V).

$$Q = A \times V \Rightarrow V = \frac{Q}{A} \quad A = 1.2 \times 0.48 = 0.576 \text{ m}^2 \quad V = \frac{0.576 \text{ m}^2 \times 0.5 \text{ m}^3/\text{s}}{0.576 \text{ m}^2} \approx 0.868 \text{ m/s} \approx 0.87 \text{ m/s}$$

El rango de velocidad adecuado para evitar erosión y sedimentación en canales de concreto suele ser entre 0.6 m/s y 1.5 m/s.

Dado que $0.6 \text{ m/s} < 0.87 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$, la velocidad calculada es adecuada.

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

La Ecuación de Manning, es fundamental para el diseño y análisis de sistemas de transporte de fluidos en canales abiertos. Su importancia radica en permitir la cuantificación precisa del caudal en función de la geometría del canal, su rugosidad y la pendiente, posibilitando así el dimensionamiento eficiente de infraestructura crítica como redes de drenaje pluvial, canales de riego, o la descarga de efluentes tratados desde plantas de tratamiento. En esencia, la Ecuación de Manning empodera al ingeniero ambiental para diseñar soluciones hidráulicas sostenibles, optimizar el uso del agua y proteger los ecosistemas acuáticos, haciendo de la física mecánica un pilar insustituible en la gestión ambiental.



FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Docente: Magda Patricia Rojas Sarmiento

Pág. 14

Paralelo de Espacio Académico Ciencias Básicas vs. Asignaturas del Programa

Materia Ciencias Básicas

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Asignaturas relacionadas del Programa

- Hidráulica.
- Mecánica de fluidos.
- Tratamiento de aguas residuales.

Aplicación / Uso en Programa

La asignatura de Balance de Materia y Energía, provee los principios cuantitativos esenciales para analizar, diseñar y optimizar procesos relacionados con la gestión ambiental. Su estudio permite a los estudiantes comprender cómo se conserva la masa y la energía a través de sistemas, desde la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales o potabilizadoras hasta la evaluación de la eficiencia energética en procesos industriales, lo cual es crítico para reducir impactos. Argumenta la capacidad de determinar flujos de contaminantes, calcular rendimientos de reacciones químicas en biorreactores o estimar las emisiones de gases, dotando al ingeniero de las herramientas para proponer soluciones eficientes y sostenibles. Además, desarrolla un pensamiento sistémico y analítico, para modelar fenómenos complejos como el ciclo de nutrientes en ecosistemas o la distribución de calor en vertederos. El dominio de esta materia permite evaluar la viabilidad de proyectos, optimizar el uso de recursos y diseñar tecnologías limpias emergentes en el siglo XXI.

EJERCICIO

Un sedimentador primario es una unidad crucial en una planta de tratamiento de aguas residuales, donde se remueven los sólidos suspendidos más pesados por gravedad antes de los tratamientos biológicos. Teniendo en cuenta: el caudal de agua residual de entrada (Q_{entrada}): 5,000 m³/día, concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la entrada: 200 mg/L, eficiencia de remoción de SST del sedimentador: 60%, la concentración de sólidos en el lodo (purga) del sedimentador: 3% (es decir, 30,000 mg/L o 30 kg/m³). Calcular la masa de SST removida por día. Calcular la concentración de SST en el efluente del sedimentador y Calcular el caudal de lodo (purga) generado por día.

SOLUCIÓN

Calcular la masa de SST que entra al sedimentador por día:

Masa de SST entrada = Caudal de entrada $\times$ Concentración de SST de entrada
Masa de SST entrada = 5000m³ /día $\times$ 200mg/L $\times$ 1Kg /10⁶ mg $\times$ 1000L / 1 m³
Masa de SST entrada = 1,000 kg SST/día

Calcular la masa de SST removida por día:

Masa de SST removida = Masa de SST entrada $\times$ Eficiencia de remoción
Masa de SST removida = 1000Kg SST /día $\times$ 0.60 = 600 Kg SST /día

Calcular la concentración de SST en el efluente del sedimentador:

Masa de SST que sale en el efluente = Masa de SST entrada - Masa de SST removida
Masa de SST que sale = 1,000 kg/día - 600 kg/día = 400 kg SST/día
Caudal de efluente (Q_{salida}) = Caudal de entrada - Caudal de lodo
Concentración de SST en efluente = Caudal de efluente Masa de SST que sale
Concentración de SST en efluente = 5,000 m³/día $\times$ 400 kg SST/día = 0.08 kg SST/m³ = 0.08 kg SST / 1000 L = 80 mg SST/L

Calcular el caudal de lodo (purga) generado por día:

Sabemos que la masa de SST removida (600 kg/día) es la masa de sólidos que se concentra en el lodo. La concentración de sólidos en el lodo es 3%, lo que significa 30,000 mg SST/L o 30 kg SST/m³.
Caudal de lodo = Concentración de sólidos en el lodo Masa de SST removida
Caudal de lodo = 30 kg SST/m $\times$ 3600 kg SST/día = 20 m³ /día

EXPLICACIÓN - RELACIÓN CONTEXTO EJERCICIO CON EL PROGRAMA

La conservación de masa asegura que toda la materia que entra a un proceso debe salir de alguna forma (convertida o no), permitiendo cuantificar los flujos de contaminantes, subproductos y productos deseados. Sin este principio fundamental, sería imposible realizar balances precisos, determinar el tamaño de los equipos o predecir las concentraciones en las corrientes de salida, lo que llevaría a diseños ineficaces o incluso peligrosos. La eficiencia de remoción es la métrica esencial para verificar el cumplimiento de normativas de descarga, optimizar las condiciones operativas para maximizar el rendimiento, minimizar los costos y seleccionar la tecnología más adecuada para un desafío específico.

