



Con este equipo se pretende estudiar y visualizar en régimen continuo, el fenómeno natural denominado sedimentación, por el cual las partículas que son más densas que el fluido que las contiene y en el que están dispersas, caen por acción de la gravedad depositándose en el fondo del recipiente.

La sedimentación se utiliza para clarificar todo tipo de aguas, disminuyendo la turbidez de las mismas. En función de las características de la suspensión (mezcla heterogénea formada por partículas sólidas dispersas en un fluido), las partículas van a sedimentar de diferentes formas dependiendo de la densidad de las mismas, de su concentración en la solución, y de la densidad y viscosidad del fluido en el que se encuentran dispersas.

El tanque de sedimentación cuenta con un depósito inferior de mezcla en el que se prepara una suspensión añadiendo el aditivo cuya sedimentación queremos estudiar. Además, el depósito de mezcla, cuenta con un sistema de agitación para evitar la sedimentación de la suspensión.

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

4.0.- MÉTODO

- Rotamos el espazo en funcionamiento tal y como se especifica en el "Manual del usuario".
- Con el tanque de sedimentación y el depósito de mezcla lleno de agua y con la bomba en marcha y la válvula de recirculación completamente abierta, añadimos, espolvoreándolo sobre el agua, la cantidad de aditivo que consideremos necesaria para la suspensión que queremos estudiar por la tranquilidad que hay en la parte superior del depósito de mezcla. De esta forma extraemos que el aditivo sedimente en el fondo del depósito.



- Establecemos un caudal de agua con suspensión procedente del depósito inferior, para ello elevamos el depósito de altura constante hasta una altura H determinada, el caudal en litros por hora lo calculamos utilizando la siguiente expresión:

$$Q(\text{lt/h}) = 9.21 \cdot \sqrt[3]{V(\text{ml})}$$


32

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

- El retámetro vertical nos indica el caudal de agua limpia que llega al tanque de sedimentación, utilizamos la válvula de regulación de agua limpia para ajustarlo. Es aconsejable regular la válvula de la zona de la red general tal y como se explica en el manual de usuario.



- El caudal total que llega al tanque de sedimentación es la suma del de agua limpia (retámetro) y el de agua sucia (depósito de altura constante), en función de datos, tendremos un tiempo de proceso, que es el tiempo teórico que tarda cada partícula en atravesar el tanque de sedimentación. Lo obtenemos como la relación entre el volumen del tanque de sedimentación y el caudal total. Sabemos que el volumen del tanque de sedimentación es de 80 litros, por lo que tenemos que:

$$t = \frac{V}{Q}$$

- Establecimos el caudal de agua limpia y el de agua sucia, tomamos una muestra de agua a la entrada del depósito utilizando la válvula manual tal y como se muestra en la figura.



33

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

- Llenamos el cono Inhoff hasta la marca que indica 3 litros y esperamos a que sedimente.
- Una vez que se haya producido la sedimentación, llenamos en la escala graduada del cono el volumen de sedimento obteniendo la concentración de la mezcla en mililitros por litro (ml/l).



- Esperamos que transcurra el tiempo de proceso calculado previamente en función del caudal, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente tomamos una muestra de un litro del agua clarificada a la salida, vertiéndola en el otro cono Inhoff y esperando a que sedimente para obtener la concentración a la salida.



- Estudiamos el proceso de sedimentación continua que se produce en el tanque observando:

34

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

En nuestra caso la sedimentación se realiza en régimen continuo, ya que no contamos con un volumen determinado de suspensión sino con un caudal de entrada de suspensión y de salida de agua clarificada.

La sedimentación de partículas discretas por caída libre, está sujeta a las leyes de la mecánica de fluidos, de tal forma que las partículas esféricas dispersas en la suspensión las podemos someter a esferas. Las fuerzas que actúan sobre cada una de estas partículas son la fuerza de la gravedad, el empuje del líquido debido a la diferencia de posiciones entre la cara superior y la inferior (Arquimedes) y la fuerza de arrastre que aparece cuando la partícula empieza a caer. La siguiente ecuación establece el equilibrio de fuerzas para cada partícula:

$$W = F + E \quad (1)$$

Donde:
 W: es el peso propio de la partícula.
 E: la fuerza de empuje.
 F: el empuje del líquido sobre la partícula.
 La expresión de la fuerza de arrastre es la siguiente:

$$F = C_d \cdot \rho_l \cdot \frac{A}{2} \cdot v^2 \quad (2)$$

Donde:
 C_d es el coeficiente de arrastre que depende del número de Reynolds.
 A es el área transversal de la partícula/esfera, con lo que $A = \pi \cdot r^2$
 ρ_l es la densidad del líquido.
 Sabemos que el peso es igual a

$$W = \rho_s \cdot v \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (3)$$

9

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Y el empuje

$$E = \rho_l \cdot v \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (4)$$

Con lo que sustituyendo en (1) tenemos:

$$\rho_s \cdot v \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \rho_l \cdot v \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 + C_d \cdot \pi r^2 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_l \quad (5)$$

Reordenando la ecuación:

$$\frac{2}{3} \pi r^3 (\rho_s - \rho_l) = C_d \cdot \pi r^2 \cdot v^2 \quad (6)$$

Despejando la velocidad

$$v = \sqrt{\frac{4 \pi r^3 (\rho_s - \rho_l)}{3 C_d \rho_l}} = \sqrt{\frac{4 \pi r^3 (\rho_s - \rho_l)}{3 C_d \rho_l}} \quad (7)$$

Observamos que la velocidad de sedimentación depende del diámetro y de la densidad de la esfera/partícula, de la densidad del líquido y de un coeficiente de arrastre que a su vez depende del número de Reynolds.

Sabemos que para una esfera

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho_l}{\mu} \quad (8)$$

10

DIKOIN
TA 02.2 - TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

El coeficiente de arrastre se determina experimentalmente, siendo algunos de los valores obtenidos los siguientes:

$$Re > 2 \times 10^5 \Rightarrow C_d = 0.4 \quad (9)$$

$$0.5 < Re < 2 \times 10^5 \Rightarrow C_d = \frac{24}{Re} \cdot \frac{3}{16} = 0.54 \quad (10)$$

$$Re < 0.5 \Rightarrow C_d = \frac{24}{Re} \quad (11)$$

Consideramos que la mayor parte de las partículas sedimentan en régimen laminar, es decir con $Re < 0.5$.

Sustituimos (8) en (11) y tenemos:

$$C_d = \frac{24 \mu}{Re} \quad (12)$$

Sustituyendo (12) en (7):

$$v = \sqrt{\frac{4 \pi r^3 (\rho_s - \rho_l)}{3 \times 24 \mu \rho_l}} \Rightarrow v = \frac{\rho_l (\rho_s - \rho_l) r}{18 \mu} \quad (13)$$

Por lo que la velocidad de sedimentación para partículas discretas en caída libre y régimen laminar depende del diámetro, de la densidad de la partícula y de la densidad y viscosidad del líquido.

También podemos observar el proceso de coagulación y posterior floculación en una determinada suspensión.

El proceso de coagulación-floculación es uno de los más utilizados para eliminar partículas de pequeño tamaño que producen turbidez en el agua. Es necesario el añadido de productos químicos que provocan la alteración del estado físico de los sólidos disueltos y de los que están en suspensión para que precipiten y sean eliminados por sedimentación. Esta alteración del estado físico se produce debido a la interacción de las diferentes partículas presentes en el líquido.

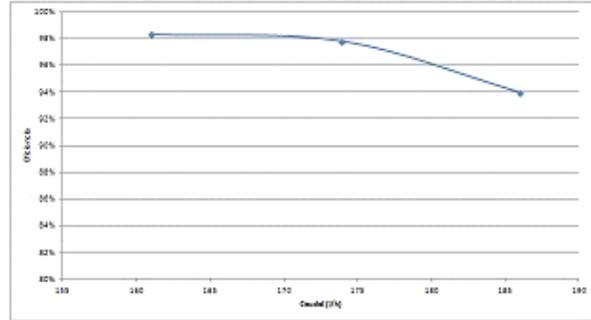
11

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

4.3.3- LECTURAS Y RESULTADOS

Concentración inicial = 22 (ml/l)

Pto	Caudal total (l/h)	Tiempo de proceso (min)	Concentración final (ml/l)	Eficiencia (%)
1	161	30	0.4	98.3%
2	174	28	0.3	97.8%
3	188	26	1.2	94.8%



PRACTICAS REALIZABLES

- Estudio del principio básico de separación de sólidos en suspensiones mediante tanques de sedimentación.
- Visualizar y estudiar el proceso de sedimentación en régimen continuo en un tanque de sedimentación.
- Determinación de la eficiencia del proceso de sedimentación para:
 - diferentes concentraciones de sólidos.
 - distintos caudales.
 - distintas posiciones de la placa deflectora.
 - distintas profundidades de la placa deflectora.
- Visualización y estudio de las líneas de corriente para:
 - diferentes concentraciones de sólidos.
 - distintos caudales.
 - distintas posiciones de la placa deflectora.
 - distintas profundidades de la placa deflectora.

DATOS TECNICOS

- Tanque de sedimentación:
 - Material de construcción: Metacrilato transparente.
 - Capacidad aproximada: 80l.
 - Dimensiones: 1000 x 400 x 200 mm.
- Depósito de suspensión:
 - Material de construcción: Fibra de vidrio.
 - Capacidad aproximada: 120l.
 - Sistema de mezclado en continuo.
- Otras características:
 - Estructura de aluminio anodizado.
 - Control de caudal mediante sistema de control de presión.
 - Bomba de recirculación. H= 20+160 m; Q= 21+10l/h; P= 0,75 kw. Especial para funcionamiento con aguas sucias.
 - 2x Conos Imhoff, capacidad 1 l. Incluye escobilla de limpieza.
 - 1x Vasos de precipitado 1 l.
 - 1x Jarra de precipitado 2l.
 - Sistema de adición de tinta para mejor visualización del fenómeno.
 - Se incluye pala para vertido de material de suspensión al depósito.

REQUERIMIENTOS

- Alimentación eléctrica: 230V/50Hz.
- Toma de agua corriente.
- Se requiere carbonato cálcico para la realización de las prácticas.