

CALIBRACION DE UN SENSOR DE TURBIEDAD EN UN REACTOR

Ebrecht, Luis^{1*} y Wolfenson, Alex¹

¹ Estudiantes de Ingeniería en Recursos Hídricos. Practicantes de investigación.

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - Ciudad Universitaria, Ruta Nacional n° 168, Santa Fe, Argentina.

*fedeebrecht@gmail.com

Área temática: Ingeniería

Sub-área: Recursos Hídricos

Palabras Clave: Turbiedad, Reactor, Calibración

INTRODUCCION

En el campo de la mecánica del transporte de sedimentos fluviales se hace necesario a menudo conocer la interacción fluido-sólido, es por ello que los experimentos de laboratorio son útiles pues permiten medir bajo condiciones específicas y controladas esa interacción. En el marco del proyecto CAI+D 2011, se propone analizar la relación entre un trazador fluorescente (Amino-rodamina G) con los sedimentos finos floculados del río Salado. El avance de este estudio se realizará mediante una serie de ensayos de laboratorio, utilizando para ello un reactor cilíndrico de sección circular, con un rotor en la parte inferior, especialmente diseñado para hacer mediciones en flujos turbulentos, de acuerdo a Nagata (1975). Estos ensayos requieren la concreción de distintas actividades previas, tales como la determinación del campo de velocidades, para diferentes revoluciones (*rpm*) del rotor (Lanza y Zenclussen, 2015). Otra cuestión a resolver es la medición de distintas variables (concentraciones del trazador y de los sedimentos, turbiedad, entre otras) mediante la utilización de una sonda multiparamétrica YSI 6600 (2009).

La turbiedad es una medida de los sólidos suspendidos en agua. Para su medición la sonda utiliza un sensor o turbidímetro que se basa en el principio de refracción; en su funcionamiento emite un haz de luz desde un diodo, el cual al incidir sobre las partículas cambia su dirección e intensidad. Este cambio es detectado por un fotodetector que transmite la lectura al *software* Ecowatch, propio de la sonda, el que mediante un algoritmo convierte dichos valores en unidades de turbidez nefelométricas (NTU).

El sensor requiere ser calibrado antes de realizar las mediciones correspondientes. Para ello se usa un estándar de turbiedad, en este caso el reactivo es formazina (4000 NTU), sugerido por el fabricante de la sonda. Este patrón de turbiedad permite, a partir de distintas diluciones preestablecidas, obtener valores de NTU conocidos.

OBJETIVO

Calibrar el sensor de turbiedad para el rango 0-340 NTU, teniendo en cuenta valores observados de turbiedad en el río Salado, en estudios anteriores.

Proyecto CAI+D 2011: "Transporte de sedimentos finos en ambientes fluviales. Análisis, mediciones, floculación y simulación numérica". Director: Alfredo Trento.

Prácticas de Investigación: Director: Alfredo Trento - Co-Directores: Alvarez Ana M. y Palman Lucas.

METODOLOGIA

Se realizó el montaje del equipamiento como se describe a continuación. El reactor consiste en un tubo cilíndrico de acrílico transparente de 0.40 cm de espesor, 19.5 cm diámetro (D) y 39.5 cm de altura (H) que se apoya sobre una base de acrílico de 31 cm de diámetro. Se utilizó un bastidor de acero inoxidable para colocar la sonda en forma vertical en el reactor (**Figura 1**), conectada a una computadora que contiene el *software* propio del instrumento. El sensor de turbiedad se ubicó a 2 cm de la pared del reactor y a 15 cm del fondo, ya que en ese punto se cuenta con valores medidos de velocidades tangencial y radial con equipo FlowTracker (Lanza, 2016).

Se llenó el reactor con 5.9 L de agua destilada y desde el software se seleccionó la opción de calibración con 3 concentraciones de formazina. Los valores preestablecidos de turbiedad fueron: 0 NTU (agua destilada), 73.2 y 341 NTU, obtenidos adicionando formazina al volumen de agua contenido en el reactor. Para el cálculo del volumen de solución patrón a incorporar, se utilizó la siguiente **Ecuación 1**, de balance de masa:

$$C_f V_f = C_1 V_1 + C_2 V_2 \quad (1)$$

Donde C_f : es la concentración final, V_f : el volumen final, C_1 : es la concentración inicial, V_1 : es el volumen inicial, C_2 : es la concentración del estándar de turbiedad y V_2 : es el volumen del estándar de turbiedad.

Se ejecutó la calibración para una velocidad del rotor 100 *rpm* y posteriormente, para verificar se realizaron diluciones de la solución final con agua destilada obteniendo los siguientes valores: 260, 141, 130.9, 122.7, 110.2 NTU. Se registraron los valores medidos para intervalos de 3' con mediciones cada 5" en un archivo para su posterior tratamiento en gabinete, donde también se calcularon los estadísticos muestrales (media, desvío estándar y coeficiente de variación).

Por último, como experiencia adicional se realizó un análisis de la incidencia de la velocidad angular (ω) sobre las mediciones del sensor. Para ello se variaron las *rpm* a: 0, 100, 150 y 200, manteniendo el resto de las variables constantes.



Figura 1: Reactor de acrílico con sonda multiparamétrica sobre bastidor. Introducción de formazina

RESULTADOS

Se realizó el procesamiento de los registros de los valores medidos, eliminando los correspondientes al paso de la escobilla del sensor (que se usa para limpieza) y al momento de la incorporación de formazina. En la **Figura 2** se muestran los 3 registros de turbiedad teóricos obtenidos durante la verificación y los medidos. Se observa que los valores medidos presentan diferencias respecto a los teóricos en hasta un 1.1% (tener en cuenta que la sensibilidad del sensores de 0.1 NTU y la precisión es de $\pm 2\%$ de la lectura).

La recta de calibración y los valores medidos para la verificación se grafican en la **Figura 3**. La turbiedad registrada para $rpm = 0$ no se considera representativa del ensayo de calibración.

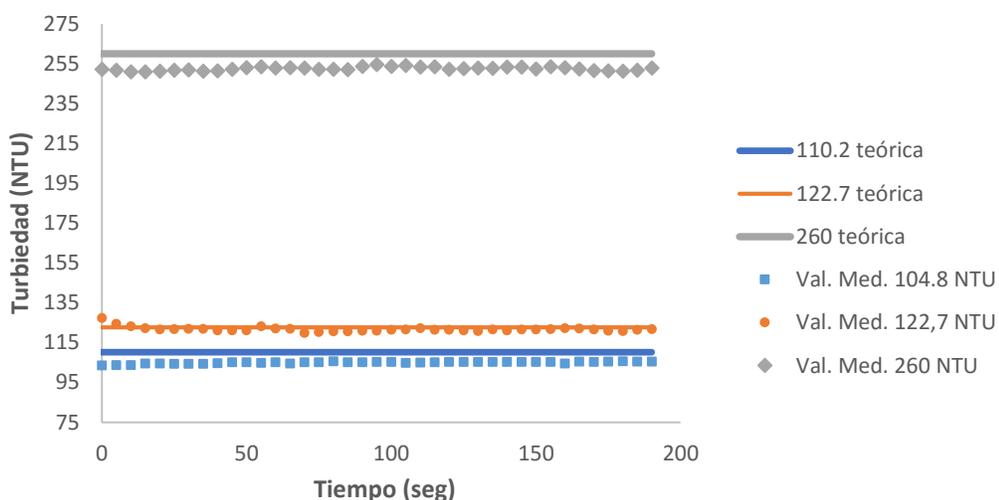


Figura 2: Registros de turbiedad.

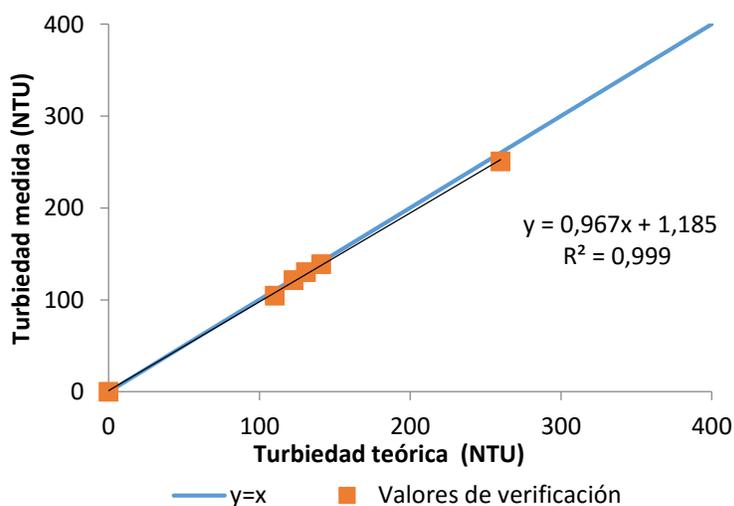


Figura 3: Relación entre turbiedad medida vs teórica. Recta de calibración y R^2

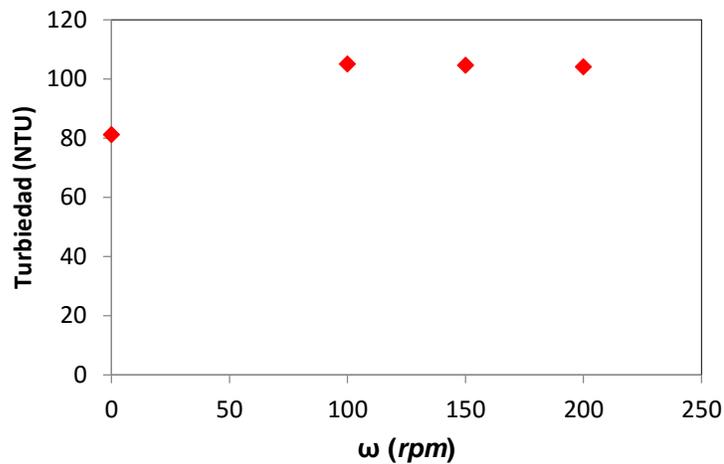


Figura 4: Relación turbiedad – ω

Los estadísticos calculados para los siguientes valores teóricos se muestran en la **Tabla N°1:**

Estadístico / Valores teóricos propuestos	130.9	122.7	110.2	260.0
Media (NTU)	130.4	121.8	104.8	252.6
Desvío estándar (NTU)	1.40	1.13	0.64	0.91
Coef. Variación (%)	1.1	0.9	0.6	0.4
N° de lecturas	20	51	120	39

Tabla N°1: Análisis estadístico de las muestras para distintos valores de turbiedad

CONCLUSIONES

Se logró calibrar el sensor de turbiedad aceptablemente.

Se ajustó una curva de calibración con resultados muy satisfactorios ($R^2= 0.999$).

Se determinó que las lecturas de turbiedad se mantienen en valores estables para valores de *rpm* relativamente altos.

BIBLIOGRAFIA

Lanza V., 2016. Determinación del campo de velocidades en un reactor. XX Encuentro de Jóvenes Investigadores, Santa Fe.

Lanza V., Zenclussen C., 2015. Ensayos con un reactor y mediciones de velocidad. XIX Encuentro de Jóvenes Investigadores, Santa Fe.

Nagata S., 1975. Mixing: principles and aplicaciones, Halsted Press Wiley, Chichester.

YSI 6600 User Manual, 2009. Ultimo acceso 15/09/2016, en: <https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Manuals/069300-YSI-6-Series-Manual-RevJ.pdf>.