

## RELACIÓN TURBIEDAD - RPM EN REACTOR CON SEDIMENTOS DEL RÍO SALADO

**Elián Stürtz Schultheisz<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Adscripto a Investigación

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

Directora: Alvarez, Ana M. T. Codirector: Palman, Lucas

\*[eliansturtz@hotmail.com.ar](mailto:eliansturtz@hotmail.com.ar)

Área: Ingeniería

### INTRODUCCIÓN

La turbiedad (T) es una expresión de las propiedades ópticas del agua que provoca la dispersión y absorción de la luz en el seno de la misma. Dicha variable resulta importante cuando se estudian procesos de transporte de sedimentos en un río, pues mantiene una relación lineal con la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST). Es por ello, que esta última puede ser determinada a través de la medición de T, que es sencilla y brinda información precisa si se cuenta con el equipamiento adecuado.

La turbiedad se ve afectada, entre otras cosas, por el tamaño y cantidad de las partículas suspendidas. Esto debe tenerse en cuenta cuando los sedimentos contienen porcentajes relevantes de arcillas y limos finos, como en el Río Salado, ya que los finos con propiedades cohesivas flocculan naturalmente debido a la turbulencia del escurrimiento, pudiendo alcanzar hasta centenas de micrones de tamaño característico, Mehta (1989).

La utilización de un reactor de mezcla completa para el estudio de transporte de sedimentos permite realizar ensayos de laboratorio para obtener mediciones de variables, como la turbiedad, para condiciones de tensiones de corte medias semejantes a las determinadas en el río Salado y con mayor facilidad que las registradas en trabajos de campo. Existe una relación directa entre las *rpm* y la turbulencia del flujo, esto es, al aumentar la velocidad angular ( $\omega$ ) en reactor y, por consiguiente, las tensiones de corte promedio, mayor cantidad de partículas quedan suspendidas aumentando así la turbiedad en el agua.

El reactor es de sección circular, con un rotor en la parte inferior, y fue diseñado, de acuerdo a los criterios de Nagata (1975), para hacer mediciones en flujos turbulentos. En este reactor se realizó un estudio del campo de velocidades a distintas *rpm*, resultados presentados por Lanza et al. (2017), que permitió cumplir satisfactoriamente la primera etapa del plan de trabajo para comprender el complejo fenómeno de la dispersión de constituyentes asociados a sedimentos finos flocculados, en un reactor.

### OBJETIVOS

Determinar la relación entre *rpm* y T para distintas SST.

Título del proyecto: CAI+D 2016: Estudio sedimentológico, geológico e hidráulico del transporte y sedimentación de la carga en suspensión en ambientes fluviales de llanura, PIC 50420150100048LI Año convocatoria: 2016 Organismo financiador: Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe) Directora: Kröhling, Daniela, Co-Director: Trento, Alfredo
---

## METODOLOGÍA



**Figura 1-**Reactor de mezcla completa y sonda YSI

El equipo que se utilizó, ver **Figura 1**, es un reactor de mezcla completa que 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). El mismo cuenta con dos orificios, ambos ubicados en la parte inferior: uno permite evacuar el contenido a través una válvula y otro sirve para acoplar el motor con dos paletas de acero. Estas paletas de 10 [cm] de longitud (d), por medio de un convertidor compacto de compensación automática, generan una velocidad angular que puede ser regulada a fin de lograr las condiciones hidrodinámicas deseadas. Se utilizó también un bastidor de acero inoxidable para colocar, en forma vertical en el reactor, una sonda multiparamétrica YSI 6600 (YSI, 2009), ubicada a una distancia de 15 [cm] del fondo (Z) y una posición radial de 7.75 [cm] del centro (r). Esta ubicación de medición fue determinada por Lanza et al. (2017) por considerarla representativa del escenario de estudio. Dicha sonda cuenta con sensores ópticos de turbiedad y rodamina, además de sensores de temperatura y profundidad, entre otros.

Se realizaron 4 ensayos en el reactor todos con 6 litros de agua destilada y cantidades conocidas de sedimentos provenientes del río Salado (Santa Fe). Los mismos se caracterizan por tener el 97% de finos (diámetros < 62.5 [ $\mu\text{m}$ ]), de los cuales: 11% son arcillas (diámetro < 2 [ $\mu\text{m}$ ]) y 85% limos, a su vez, 65% de los limos son finos (diámetro entre 2 – 20 [ $\mu\text{m}$ ]). Esta presencia mayoritaria de sedimentos con diámetro menor a 20 [ $\mu\text{m}$ ] indica un grado alto de cohesión entre los mismos, Mehta & McAnally (2007). La mediana de la distribución granulométrica de los sedimentos utilizados es  $d_{50} = 11.6$  [ $\mu\text{m}$ ], fue obtenida con un difractor Malvern Mastersizer (2000). Se trabajó con SST= 50, 150, 300 y 600 [mg/l], cuyos sedimentos fueron pesados con una balanza analítica (Metler Toledo Modelo AB240-5/FACT) del laboratorio de Limnología Física (INALI - CONICET, Santa Fe).

La velocidad angular de las paletas del reactor se dispuso en 100, 125, 150, 175 y 200 *rpm*, de manera de que las tensiones de corte medias dentro del reactor fueran similares a las determinadas en el Río Salado por Trento & Alvares (2011).

Para cada SST, se hizo variar  $\omega$  primero en forma creciente y luego en forma decreciente. Asimismo, para cada *rpm* y luego de esperar 4 [min] con el fin de que se estabilicen las condiciones hidrodinámicas (conclusión obtenida en trabajos anteriores) fueron medidos los valores de turbiedad con la sonda YSI durante un período de 4 [min] obteniendo un registro cada 5 [s]. Estos valores luego fueron promediados con el fin de realizar tablas comparativas y gráficos de turbiedad (en NTU) en función de las *rpm* para cada SST.

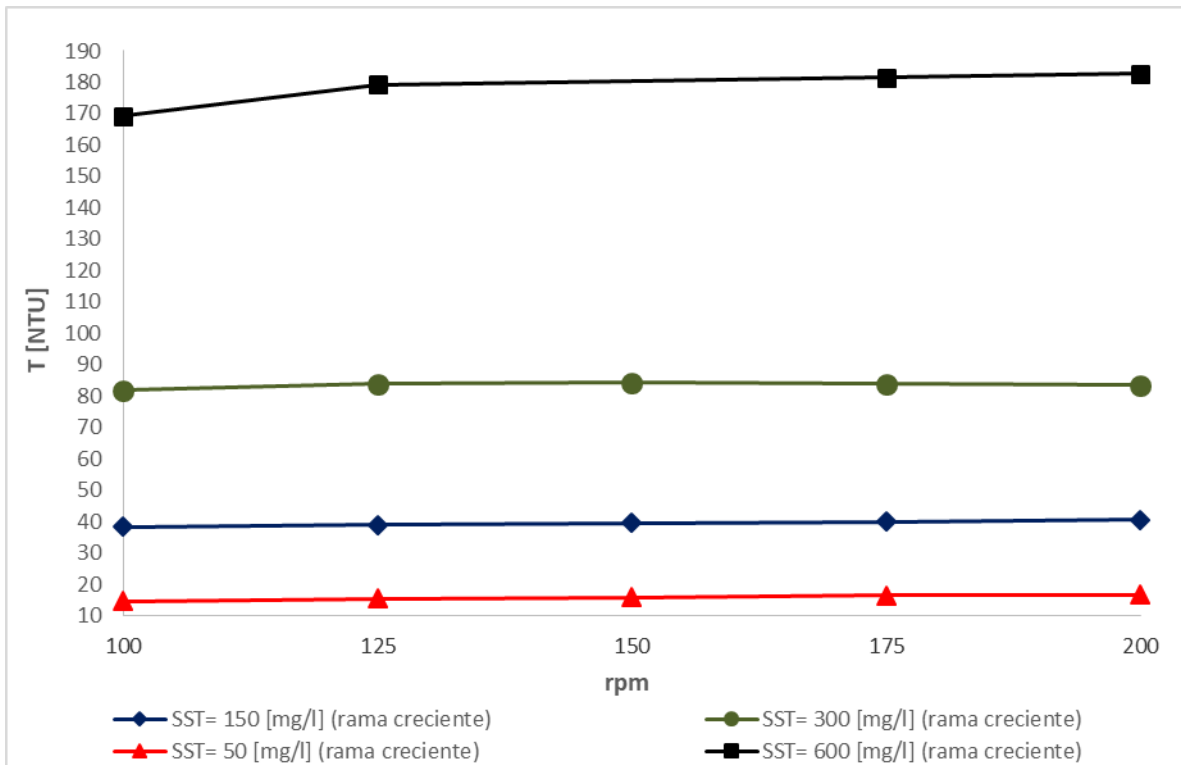
## RESULTADOS

En la **Tabla 1** se presentan los resultados de medición de turbiedad para las distintas *rpm* (de la rama creciente) y para SST= 300 [mg/l].

**Tabla 1**-Turbiedad para los registros de la rama creciente (abreviados) de *rpm* con SST= 300 [mg/l]

	SST = 300 [mg/l]				
	100 <i>rpm</i>	125 <i>rpm</i>	150 <i>rpm</i>	175 <i>rpm</i>	200 <i>rpm</i>
	T [NTU]	T [NTU]	T [NTU]	T [NTU]	T [NTU]
	82.8	83.9	83.7	85.0	84.2
	82.9	84.1	83.9	84.8	84.0
	82.7	83.8	84.4	84.7	83.9
	83.0	84.0	84.2	84.5	83.3
	82.9	83.9	84.7	84.2	83.1
	82.3	84.4	84.4	83.6	83.6
	82.8	84.0	84.2	83.3	83.5
	82.5	84.4	84.0	83.8	83.8
	82.8...	83.9...	84.3...	84.0...	83.2...
Media	81.9	83.9	84.2	83.9	83.4
Desvío	0.8	0.4	0.4	0.5	0.3

En la **Figura 2** se muestran los gráficos de *rpm* vs T obtenidos para la rama creciente y las distintas SST.



**Figura 2-** *rpm* vs Turbiedad para distintas SST (rama creciente)

En la **Tabla 2** se exhibe el rango de valores medios que adopta T para cada concentración

**Tabla 2**-Rango de valores medios de T para cada SST

SST [mg/l]	Rango [NTU]
50	1.93
150	2.28
300	2.33
600	13.63

Los resultados muestran que para mayores SST los valores de T también son mayores. Además, se observa que en general, para cada SST, un aumento de *rpm* se ve reflejado en un leve aumento de T. Por último, puede notarse que para mayores SST el rango de valores que adquiere la turbiedad también es mayor.

## CONCLUSIONES

- A mayor SST los valores de T son mayores.
- Para mayores *rpm* la turbiedad aumenta levemente para todas las SST, excepto para SST= 300 [mg/l] donde los valores de T se mantienen constantes teniendo en cuenta la desviación estándar de las muestras.
- A mayor SST el rango de valores de T es mayor.

**Agradecimientos:** al laboratorio de Limnología Física (INALI, CONICET) y al de Química y Ambiente (FICH–UNL) por disponer de la balanza, los elementos de filtrado y de las instalaciones correspondientes.

## BIBLIOGRAFÍA

**Lanza V., Palman L. y Trento A.**, 2017. Medición del campo de velocidades 2D en un reactor. IV Simposio sobre Métodos Experimentales en Hidráulica. Ezeiza, Bs.As., Argentina.

**Malvern Mastersizer**, 2000. Sequoia Scientific Inc., LISST-25X Suspended Sediment Sensor. Operating Manual, Sequoia Sci Inc, Bellevue (WA), 2008, p. 31.

**Mehta, A. & McAnally, W.**, 2007, Fine-grained sediment transport. In: Sedimentation Engineering Processes, Measurements, Modeling, and Practice (M. Garcia, ed.), ASCE, EWRI, USA, pp. 253–306.

**Mehta, A.**, 1989. On estuarine cohesive sediment behavior. *Journal of Geophysical Research*, 94(C10), 14303–14314.

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

**Trento A. & Alvarez A.**, 2001. A numerical model for the transport of chromium and fine sediments, *Environmental Modeling and Assessment*, 16, 6, 551-564. doi: 10.1007/s10666-011-9263-5.

**YSI**, 2009, YSI 6600 User Manual, en: <http://www.ysi.com/media/pdfs/E52-6600V2.pdf>