



DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORTE EN UN FLUJO DE CANAL ABIERTO DE BAJA PENDIENTE

Ángel Mendoza González¹; Ariosto Aguilar Chávez²

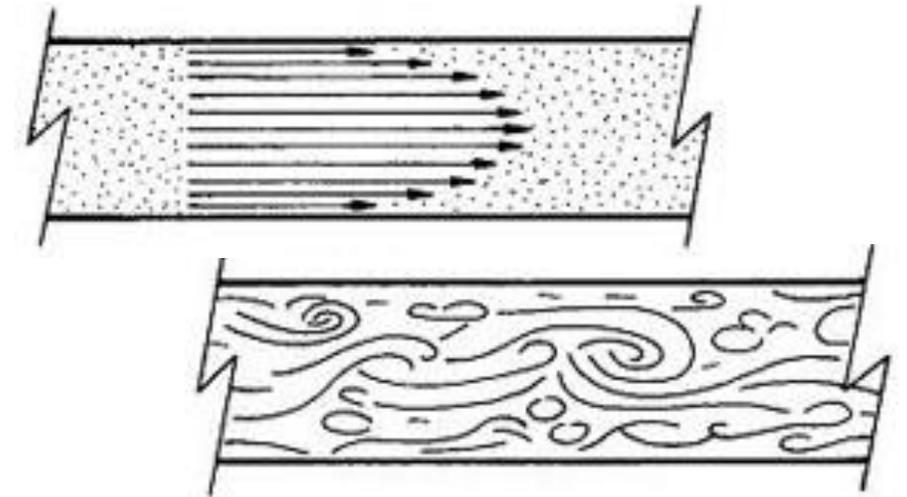
¹ Posgrado en Ingeniería Civil/Hidráulica, UNAM; Paseo Cuauhnáhuac 8532, 62550 Jiutepec, Morelos, México.

² Subcoordinador de Posgrado. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Paseo Cuauhnáhuac 8532, 62550 Jiutepec, Morelos, México.

II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016
08 al 10 de septiembre del 2016
Chapingo, México

INTRODUCCIÓN

- Los flujos se clasifican como laminares y turbulentos, siendo estos últimos los que se ven mayormente presentes en la naturaleza y las estructuras hechas por el hombre.
- Un tema muy importante en hidráulica y mecánica de fluidos, es la formación de estructuras turbulentas. Para una investigación a detalle de estas, se requiere una evaluación precisa de la velocidad de corte U_* .



DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORTE

- La velocidad de corte puede ser determinada por varios métodos, siendo algunos de ellos los siguientes (Nezu & Nakagawa, 1993):

- 1.- $U_* = \sqrt{gR_hS}$

- 2.- $U^+ = \frac{1}{\kappa} \ln y^+ + A$ $U^+ = U_m/U_*$; $y^+ = U_*y/\nu$

- 3.- Esfuerzos de Reynolds $-\overline{uy}(y)$

- 4.- $U^+ = y^+$

- 5.- Mediante una medición directa con un tubo Preston.

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD MEDIA

$U^+ = y^+$	$\rightarrow 0 \leq y^+ < 5$	Subcapa laminar o viscosa
$U^+ = 5 \ln y^+ - 3.05$	$\rightarrow 5 \leq y^+ < 30$	Capa de amortiguamiento
$U^+ = \frac{1}{k} \ln y^+ + 5.5$	$\rightarrow 30 \leq y^+$	Capa turbulenta

1. $\kappa = 0.41$ y $A = 5.0$ en la capa limite por Coles (1968)
2. $\kappa = 0.41$ y $A = 5.17$ en flujos de canales cerrados por Dean (1978)
3. $\kappa = 0.41$ y $A = 5.2$ en capa limite por Brederode & Bradshaw (1974)
4. $\kappa = 0.41$ y $A = 5.29$ en flujos de canales abiertos por Nezu & Rodi (1986)

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD MEDIA

- $\frac{U}{U_*} = \frac{1}{0.41} \ln \frac{yU_*}{\nu} + 5.29$ (Nezu & Rodi, 1986)

Solución de la ecuación implícita de la velocidad de corte:

- $U_{*i} = \frac{U_{mi}}{\frac{1}{0.41} \ln \frac{U_{*i} y_i}{\nu} + 5.29}$

- $U_* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{*i}$

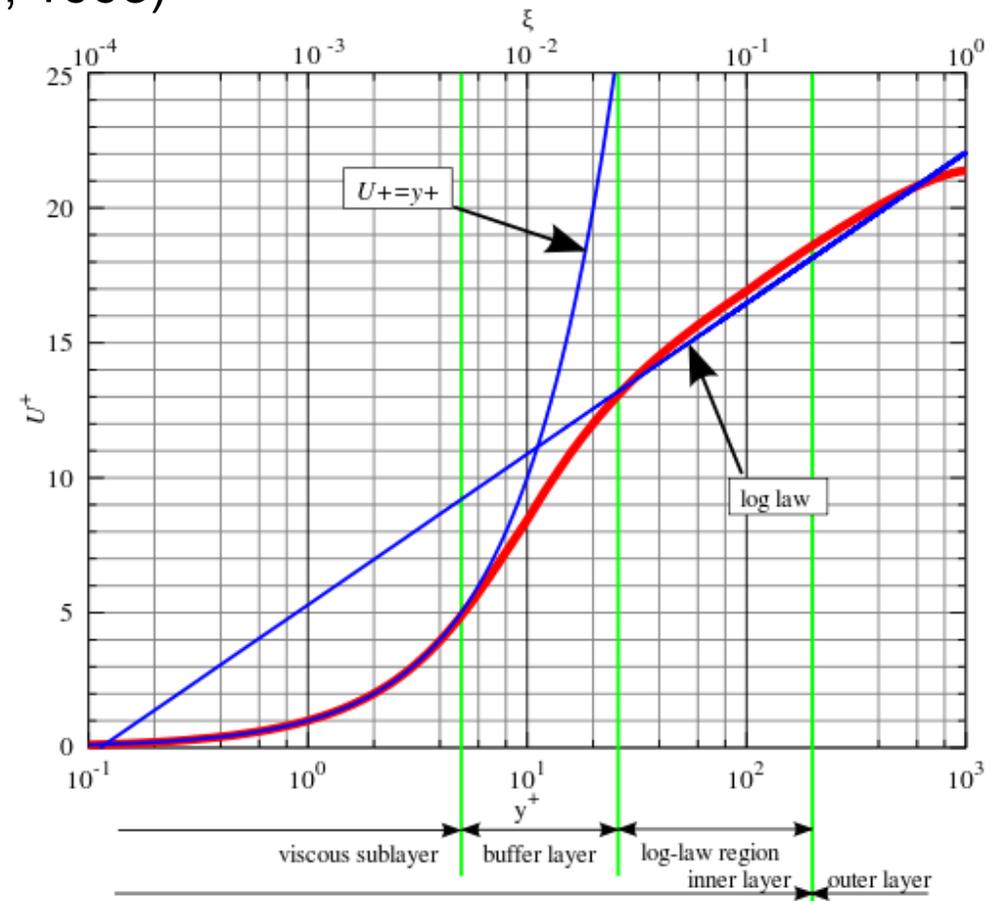
DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD MEDIA

- $\frac{dU^+}{dy^+} = \frac{2(1-\xi)}{1+\sqrt{1+4l^{+2}(1-\xi)}} \quad (\text{van Driest, 1956 ; Nezu, 1993})$

- $\xi = \frac{y}{h}$

- Modelo de longitud de mezcla:

- $l^+ = \frac{U_* l}{\nu} \quad l = \kappa y \cdot \Gamma \quad \Gamma = 1 - \exp\left(-\frac{y^+}{B}\right)$



EQUIPO EXPERIMENTAL

- Canal de pendiente variable (0.245 m de ancho, 5 m de longitud)
- Vertedor triangular (Norma ISO 1438:2008)
- Bomba de 10 hp
- Tren de remolque
- Dispositivo ADV (Vectrino Profiler)



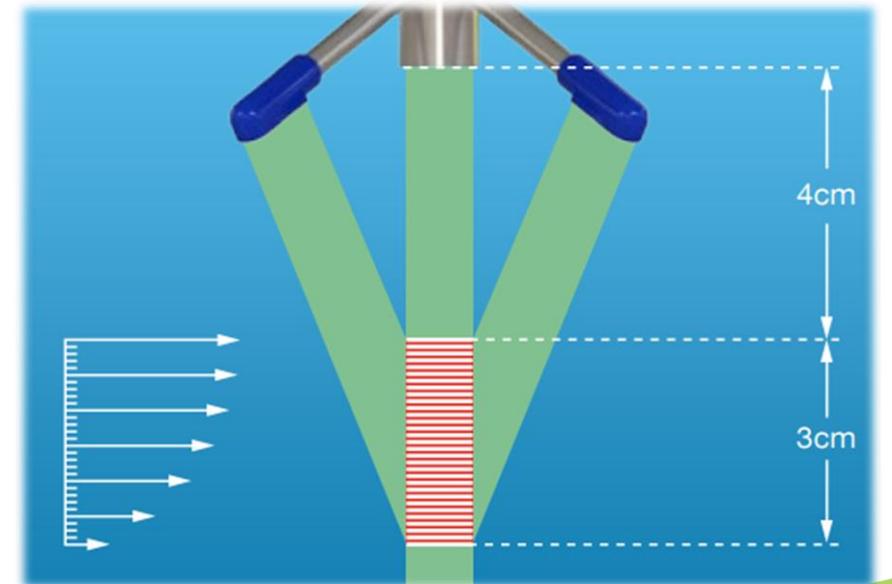
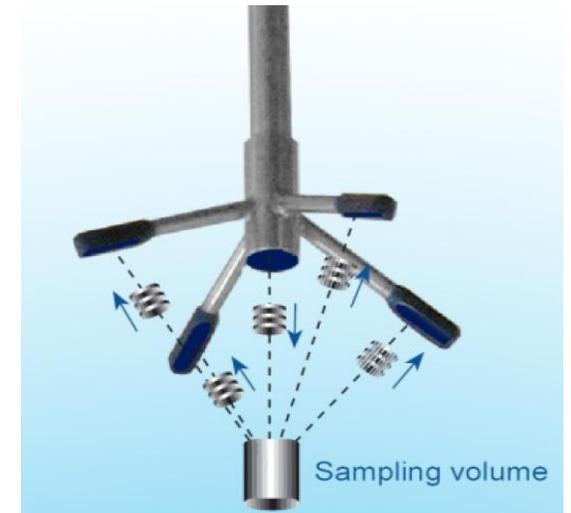
EQUIPO EXPERIMENTAL

Dispositivo ADV (Vectrino Profiler):

Características:

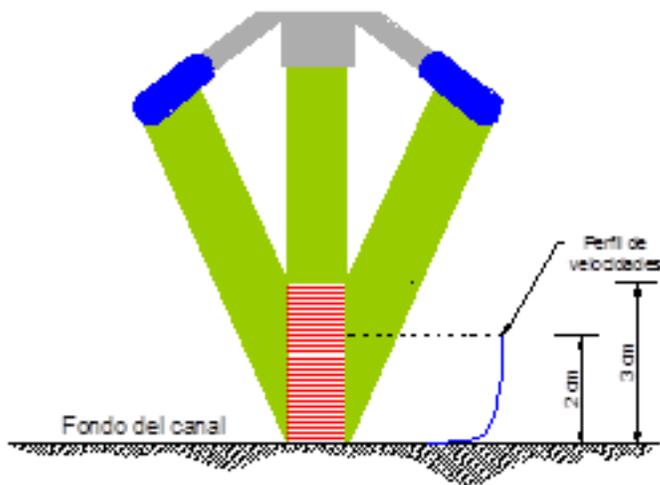
- Frecuencia de muestreo: 1-100 Hz
- Rango de medición de velocidad: 0.1 m/s – 3.0 m/s
- Precisión: ± 0.5 % del valor medido

- Perfilador: hasta 30 mm (31 celdas de medición)
- Ubicación: 40 a 70 mm
- Tamaño de celda: 1, 2, 3 o 4 mm



PRUEBAS

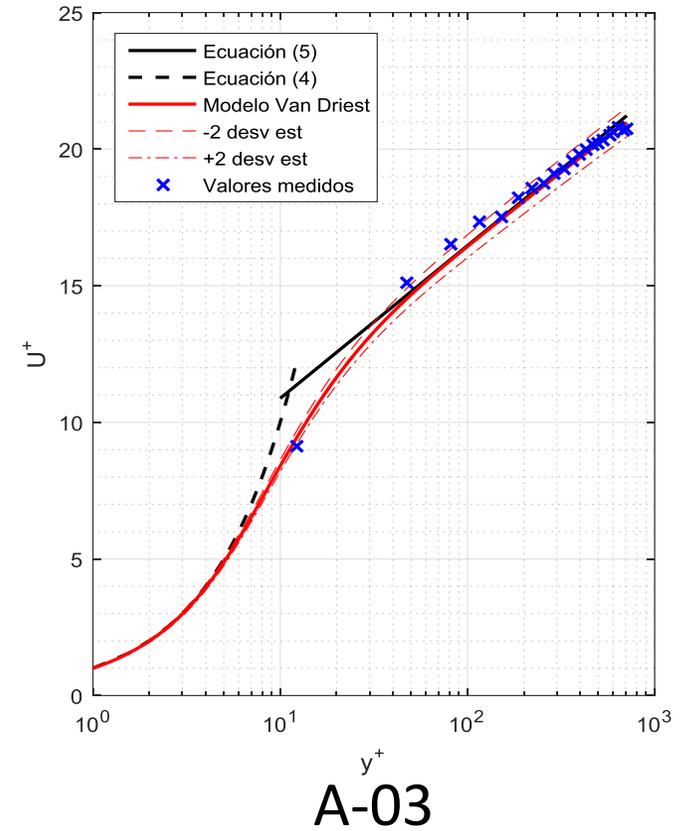
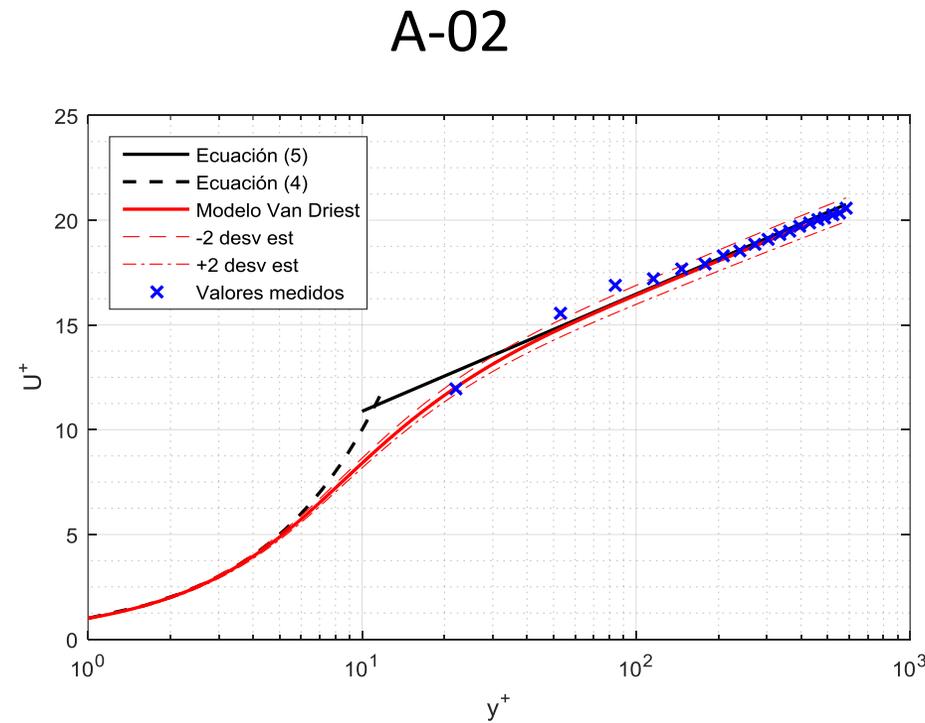
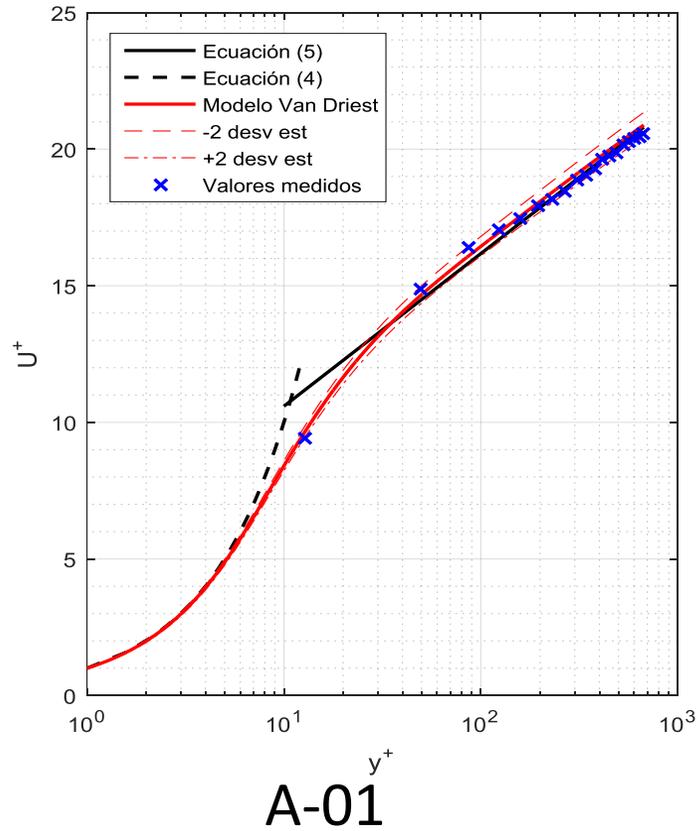
Caso	Pendiente S	Tirante del flujo h (cm)	Relación de aspecto b/h	Velocidad media U_m (cm/s)	Velocidad de corte U_* (cm/s)	Numero de Froude F	Numero de Reynolds R	Caudal (l/s)
A-01	0.00106	11.7	2.09	70.88	3.66	0.66	42417.79	20.3
A-02	0.00106	10.7	2.28	65.96	3.48	0.64	37673.67	17.3
A-03	0.00106	9.3	2.63	68.44	3.12	0.72	36180.60	15.6



Frecuencia de muestreo: 10 Hz
 Volumen de control: 20 mm
 Tiempo de muestreo: 20 segundos

RESULTADOS

Perfiles adimensionales





CONCLUSIONES

- Los valores utilizados de la constante de von Karman $\kappa = 0.41$ y la constante integral $A = 5.29$ de la ley logarítmica son precisas para el caso de flujos en canales abiertos de baja pendiente y de fondo liso.
- La determinación de la velocidad de corte mediante el análisis estadístico de la distribución de velocidad media resulta precisa, debido a la cantidad de puntos medidos en la zona turbulenta.



BIBLIOGRAFÍA

- C. Christodoulou, G. (2014). Equivalent Roughness of Submerged Obstacles in Open-Channel Flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140, 226-230.
- Iehisa, N. (1977). *Turbulent Structure in Open-Channel Flows*. Japan: Department of Civil Engineering.
- ISO 1438:2008. (2008). *Hydrometry - Open channel flow measurement using thin-plate weirs*.
- Nezu, I., & Nakagawa, H. (1993). *Turbulence in open-channel flows*. IAHR/AIRH Monograph.
- Panton, R. (2005). *Incompressible flow (3a edición ed.)*. Nueva York: John Wiley & Sons Onc.
- Tominaga, A., & Nezu, I. (1992). Velocity Profiles in Steep Open-Channel Flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118, 73-90.
- Van Driest, E. (1956). On Turbulent Flow Near a Wall. *Journal of the Aeronautical Sciences*, Vol. 23(No. 11), 1007-1011.
- W. Knight, D., D. Demetriou, J., & E. Hamed, M. (1984). Boundary Shear in Smooth Rectangular Channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110(No. 4), 405-422.
- Yang, S.-Q. (2005). Interactions of boundary shear stress, secondary currents and velocity. *Fluid Dynamics Research*, 121-136.