



CURSO: MECÁNICA DE FLUIDOS II

UNIDAD III

Medición del flujo en canales abiertos, métodos de aforo.

SEMANA 13

TEMAS :

- Medición del flujo en canales abiertos.
- Métodos de aforo.

Docente: Ing. David Requena Machuca

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com



Introducción

El tipo de fuente de abastecimiento influye directamente en las alternativas tecnológicas viables. El rendimiento de la fuente de abastecimiento puede condicionar el nivel de servicio a brindar. La operación y el mantenimiento de la alternativa seleccionada deben estar de acuerdo a la capacidad de gestión de los beneficiarios del proyecto, a costos compatibles con su perfil socio económico.

PRECIPITACIONES (CICLO DEL AGUA)

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser:

1.-subterráneas:

manantiales,
nacimiento;

2.-superficiales:

lagos,
ríos, canales, etc.; y

3.-pluviales:

aguas de
lluvia.





FUENTES SUPERFICIALES

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros.

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características físico químicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido en caso que no atiendan a los requerimientos de calidad para consumo humano.

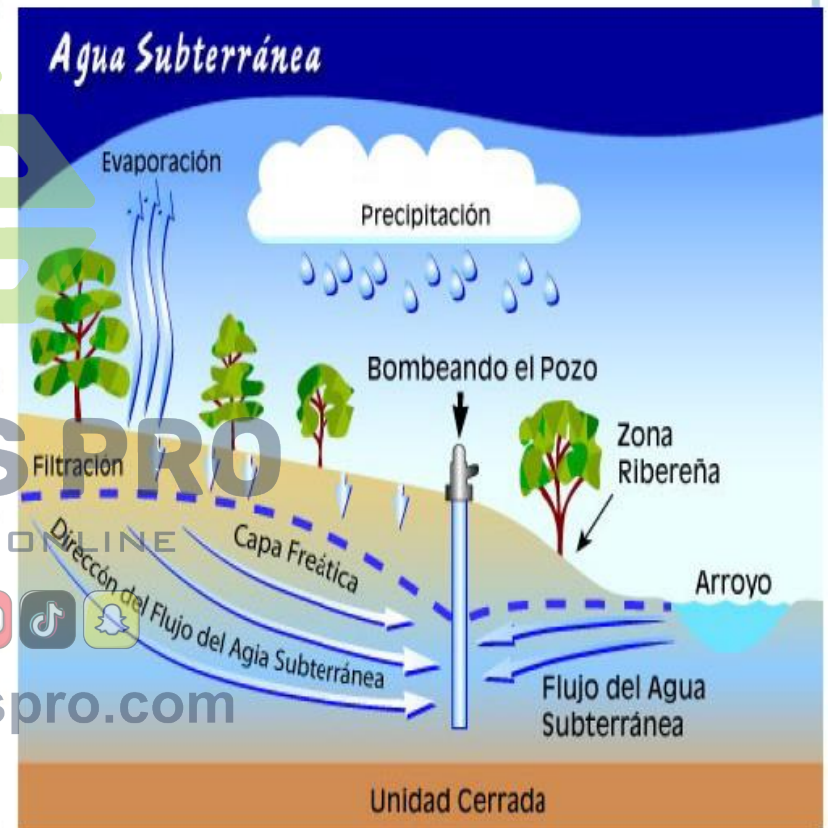




FUENTES SUBTERRÁNEAS

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes.



13.2.- AFORO DE FUENTES

¿QUE ES AFORAR?

Aforar es medir un caudal. En Hidrología superficial puede ser necesario medir desde pequeños caudales (unos pocos litros /seg.) hasta grandes ríos con caudales de centenares o miles de $m^3/seg.$ Distinguimos dos tipos de aforos:

Distinguimos dos tipos de aforo:

- **Aforos Directos:** Con algún aparato o procedimiento realiza la medición de forma directamente el caudal.
- **Aforos indirectos:** Medimos en el nivel de agua en el cauce, y partir del nivel se estima el caudal.

GENIOS PRO

EDUCATION ONLINE



www.geniospro.com

Medición Directa

- 1) Aforos con molinete
- 2) Método volumétrico
- 3) Aforos químicos
- 4) Aforos con trazadores radioactivos
- 5) Aforos con flotadores.



GENIOS PRO

EDUCACION ONLINE

Medición Indirecta

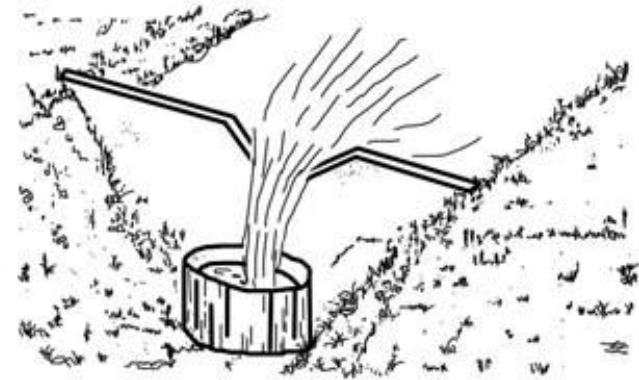
- 1) Aforos con tubería
- 2) Estaciones limnimétricas/limnigráficas
- 3) Vertederos
- 4) Estaciones por resalto
- 5) Presas y centrales hidroeléctricas



www.geniospro.com

METODO DEL VERTEDERO

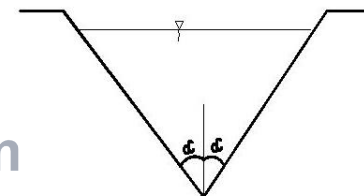
Aforo con vertedero es otro método de medición de caudal, útil en caudales pequeños.



Se interrumpe el flujo del agua en la canaleta y se produce una depresión del nivel, se mide el tamaño de la lámina de agua y su altura. El agua cae por un vertedero durante cierto tiempo, se mide la altura de la lámina y se calcula la cantidad de agua que se vertió en ese tiempo.

VERTEDERO DE PARED DELGADA

3.- Vertedero Triangular



$$Q = 1.45 \operatorname{tg} \alpha H^{2.48}$$

$$\text{Si: } \alpha = 45^\circ \rightarrow Q = 1.45 H^{2.48} \text{ m}^3/\text{s}$$

METODO VOLUMÉTRICO

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en lts/seg.

$Q = V/t$ Donde $Q =$ caudal
 $V =$ volumen
 $t =$ tiempo



MEDICIÓN DE CAUDAL (AFORO)

Método Volumétrico

Dicho método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal (l/s).

$$Q = V/t$$

$Q =$ Caudal en l/s.

$V =$ Volumen del recipiente en litros.

$t =$ Tiempo promedio en seg.



Se recomienda realizar un mínimo de 5 pruebas.

Método del flotador

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente, donde se registra el tiempo que tarda un flotador en recorrer una distancia conocida, determinando la sección de la corriente se obtiene el caudal.

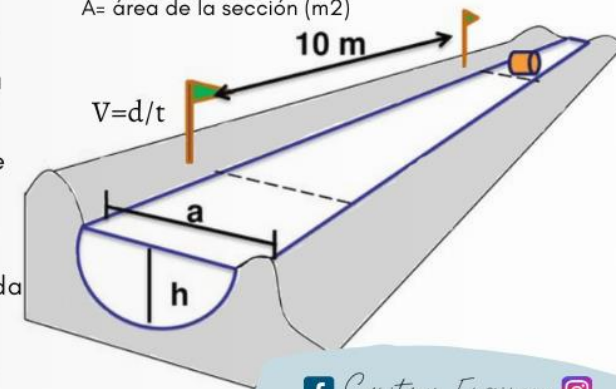
La velocidad media es igual a la velocidad encontrada, multiplicada por un factor que depende de la rugosidad de las paredes de la corriente.

$$Q = V \times A$$

$Q =$ Caudal (m^3/s)

$V =$ velocidad superficial en (m/s)

$A =$ área de la sección (m^2)

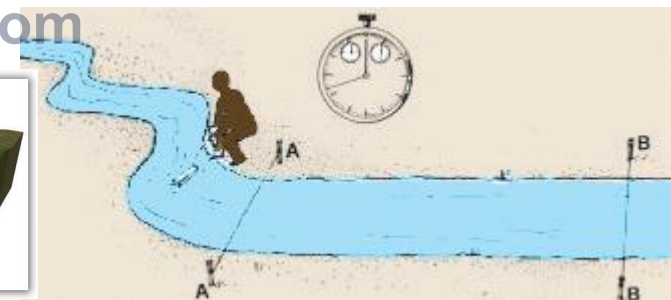
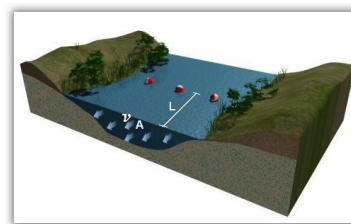
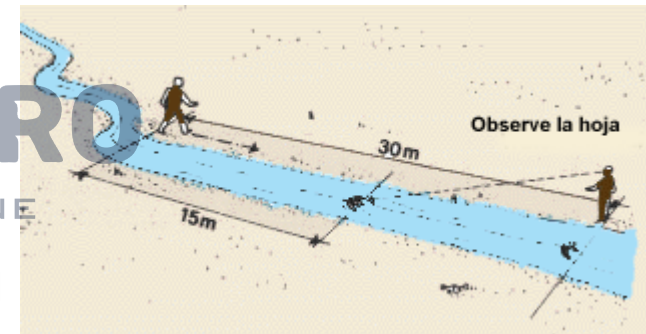
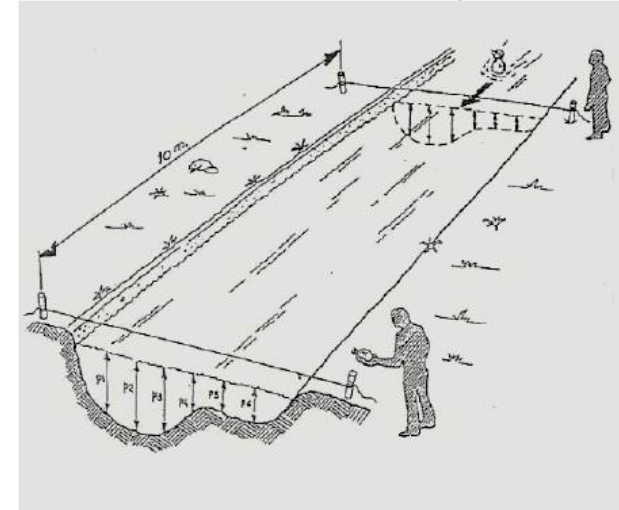


f Sanitary Engineer i

METODO DEL FLOTADOR

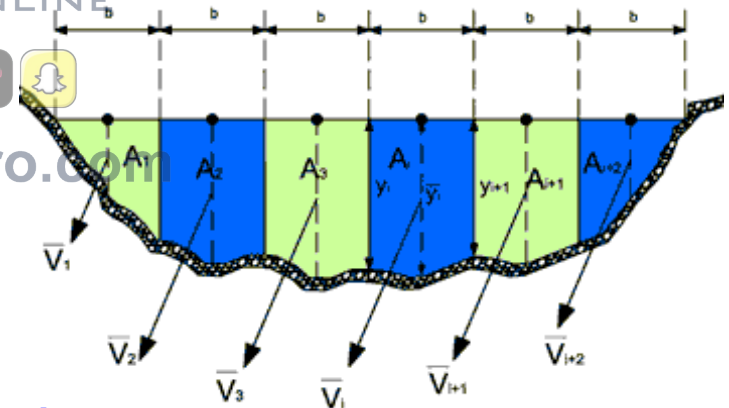
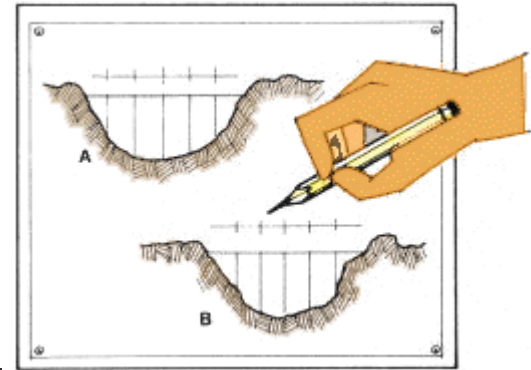
Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

Se toma un trecho de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9



AFORO CON MOLINETE

Debido a las variaciones de la velocidad del escurrimiento dentro de la sección elegida y a los efectos de facilitar las operaciones en el campo, para la determinación del gasto necesitamos dividir dicha sección en varias subsecciones. El criterio más generalizado para establecer el ancho de cada subsección (o la cantidad de verticales donde medir velocidades), es considerar dentro de cada subsección, como máximo, una variación del gasto del 10 % con respecto al total.

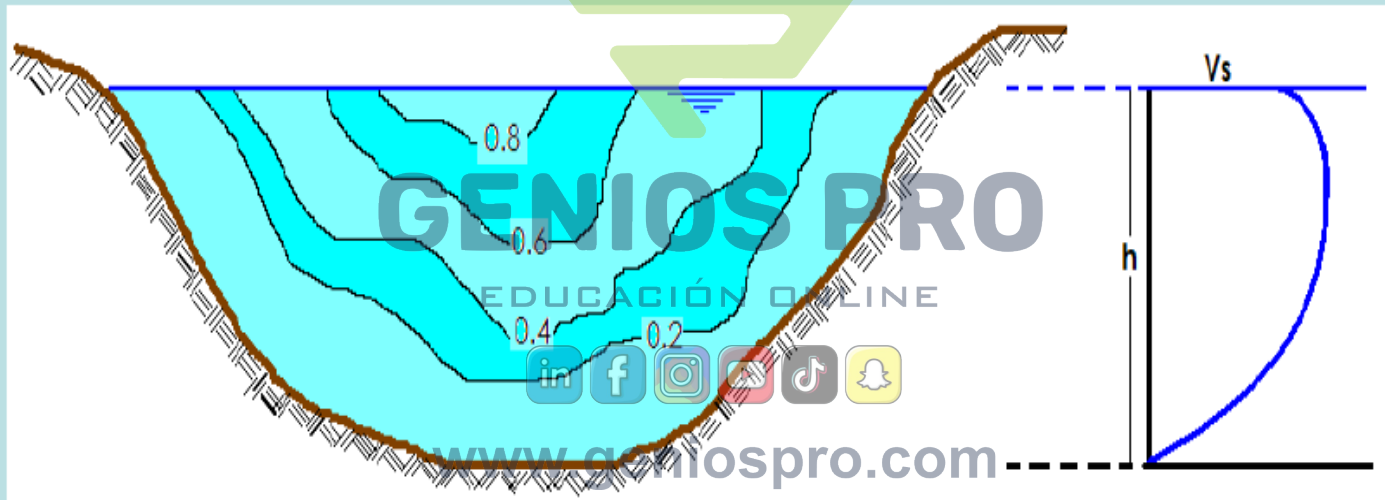


Sección transversal de un punto de aforo.

2. Calcular la velocidad

Calcular la velocidad puntual

La velocidad en una sección de una corriente varía tanto transversalmente como con la profundidad, como se muestra en la Figura 6.17.



Las velocidades, se miden en distintos puntos en una vertical; la cantidad de puntos, depende de las profundidades del cauce y del tamaño del correntómetro.

3. Cálculo del área en una sección

Para calcular el área en cualquiera de las secciones, hacer lo siguiente:

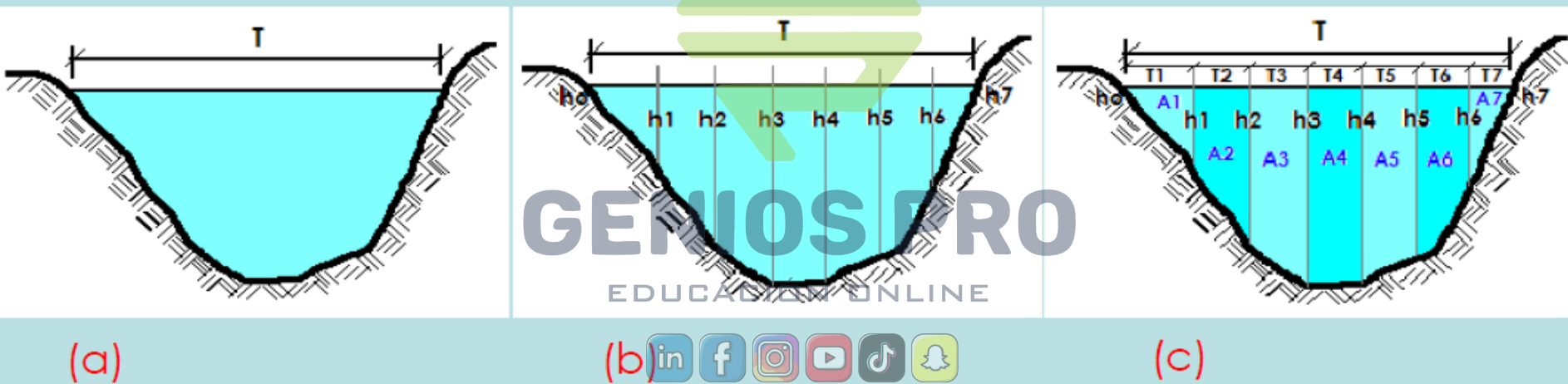


Figura 6.5. Cálculo del área en una sección

Correntómetro

El correntómetro o corrientímetro es un instrumento apto a medir la velocidad de corrientes en el mar, en los ríos, arroyos, estuarios, puertos, modelos físicos en laboratorio, etc..



GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com



Correntómetro OTT con varilla graduada para aforo con vadeo



Correntómetro OTT con lastre de 25 Kg winche para aforo por suspensión

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com



Aforos por Suspensión



Aforos por Vadeo

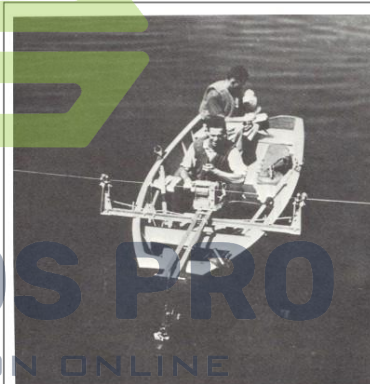
GENIOS PRO
EDUCACIÓN EN LINEA
www.geniospro.com



Medición de velocidades



Aforo desde un bote



Aforo desde un puente



GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE



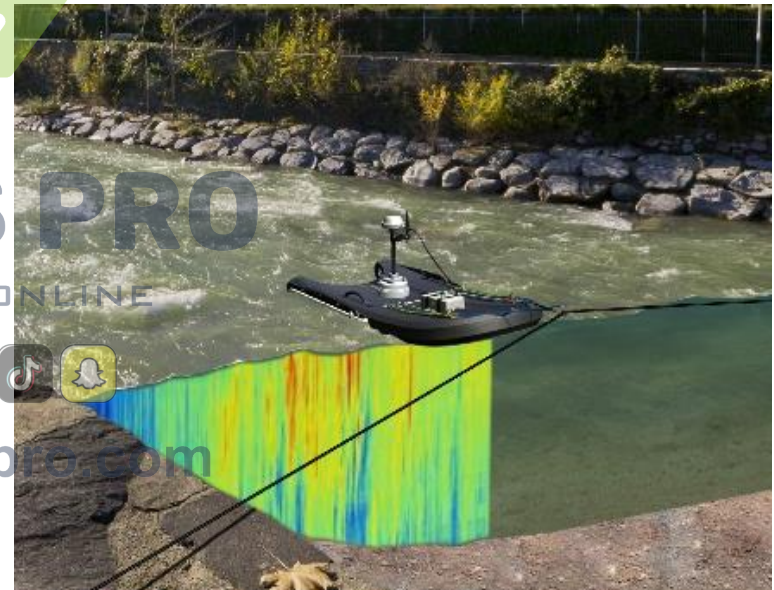
www.geniospro.com

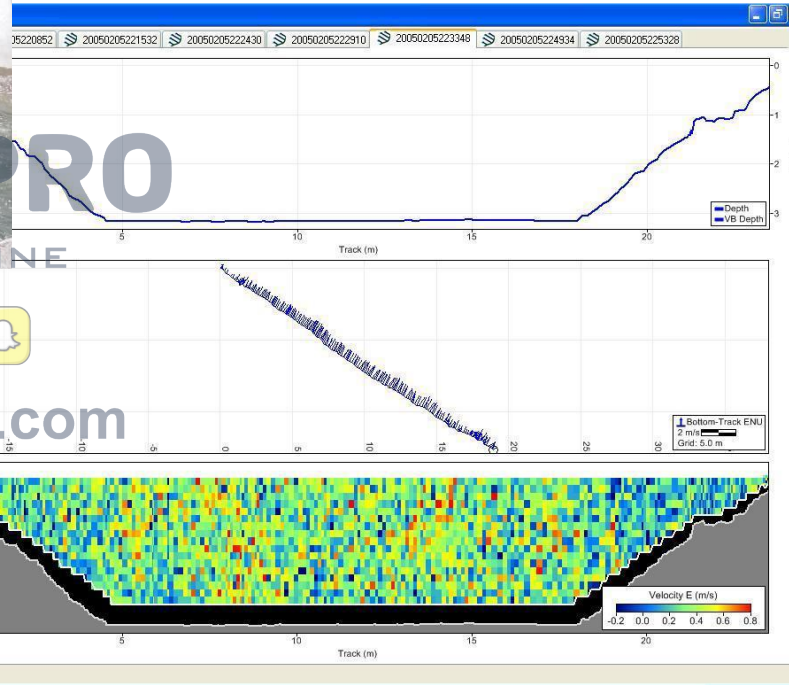
METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES ACÚSTICOS

MÉTODO "ÁREA-VELOCIDAD"

RIVER SURVEYOR M9 (MARCA SONTEK)

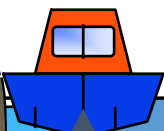
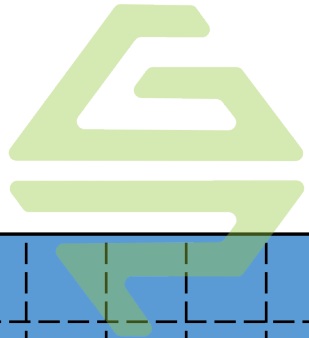
- Es un Perfilador acústico de velocidad basado en el efecto Doppler (ADP) diseñado para medir gastos en ríos y canales.
- El River Surveyor M9 cuenta con componentes modulares e intercambiables.
- El RiverSurveyor puede configurarse y operarse desde una Laptop con una antena de radio o desde un teléfono celular con Blue Tooth.





www.geniospro.com

Distance = 3m



Depth

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

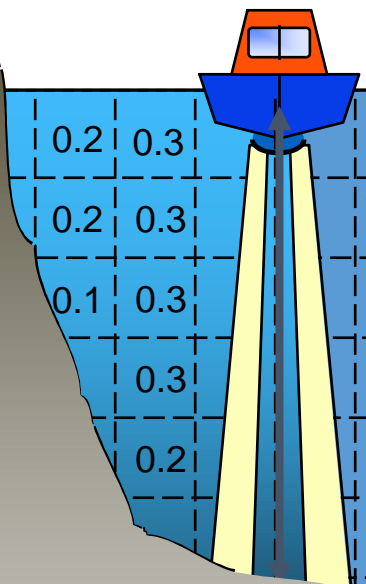
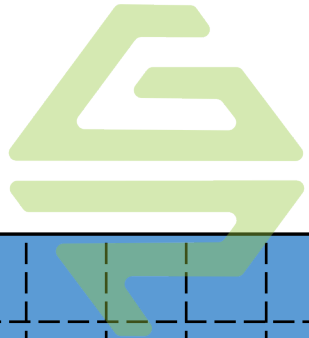


www.geniospro.com

$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Distance = 9m



0.2 0.3
0.2 0.3
0.1 0.3
0.3
0.2

Depth

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

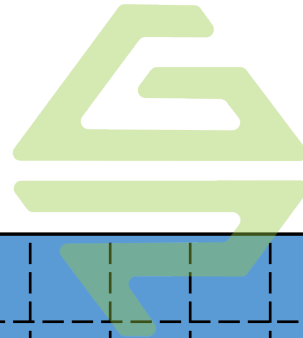


www.geniospro.com

$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 4.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 5.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Distance = 15m



Depth

GENIOS PRO

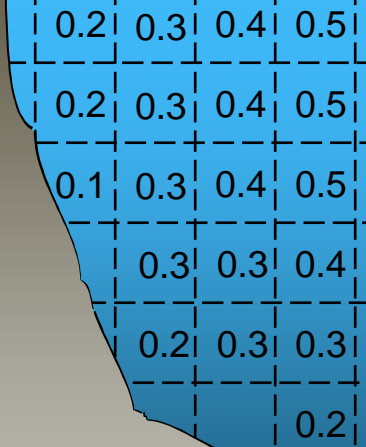
EDUCACIÓN ONLINE



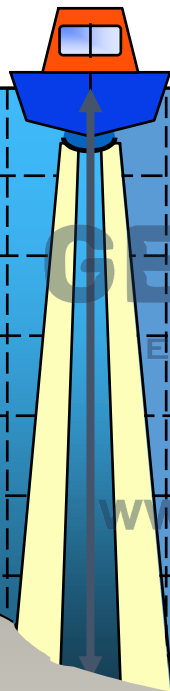
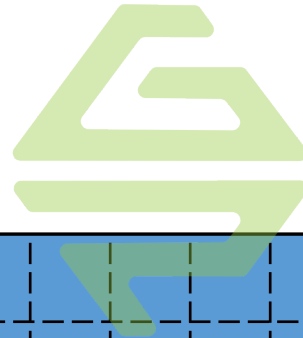
www.geniospro.com

$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 12.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

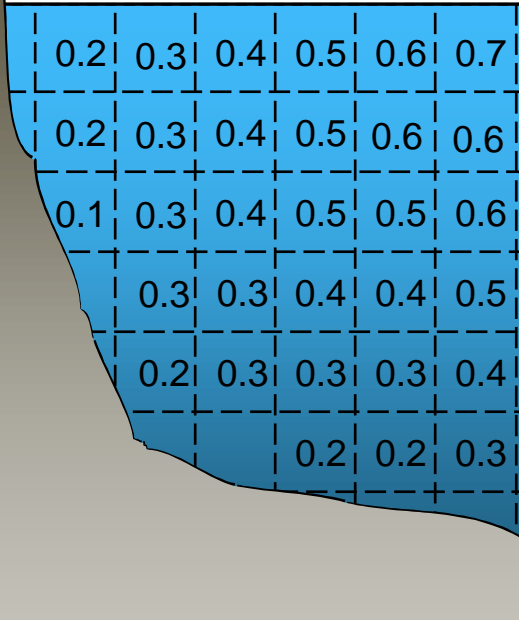
$$\Sigma Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$$



Distance = 21m



Depth



GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

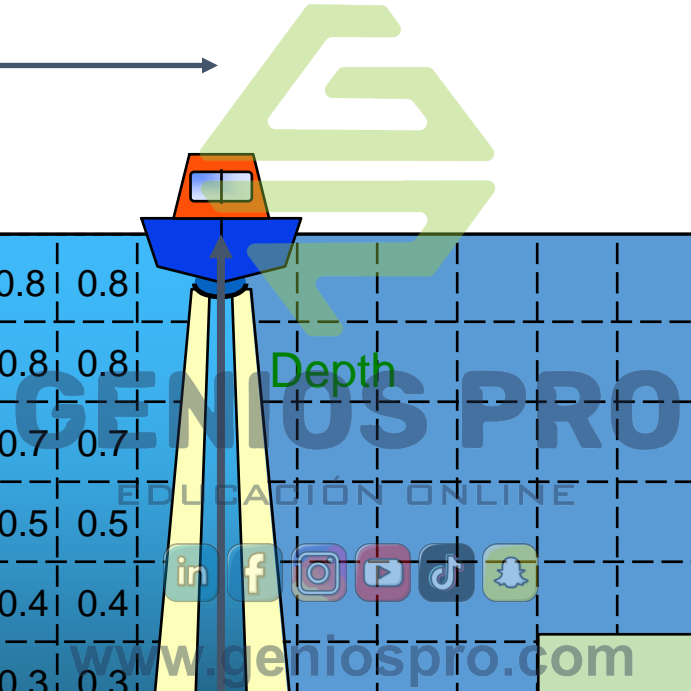
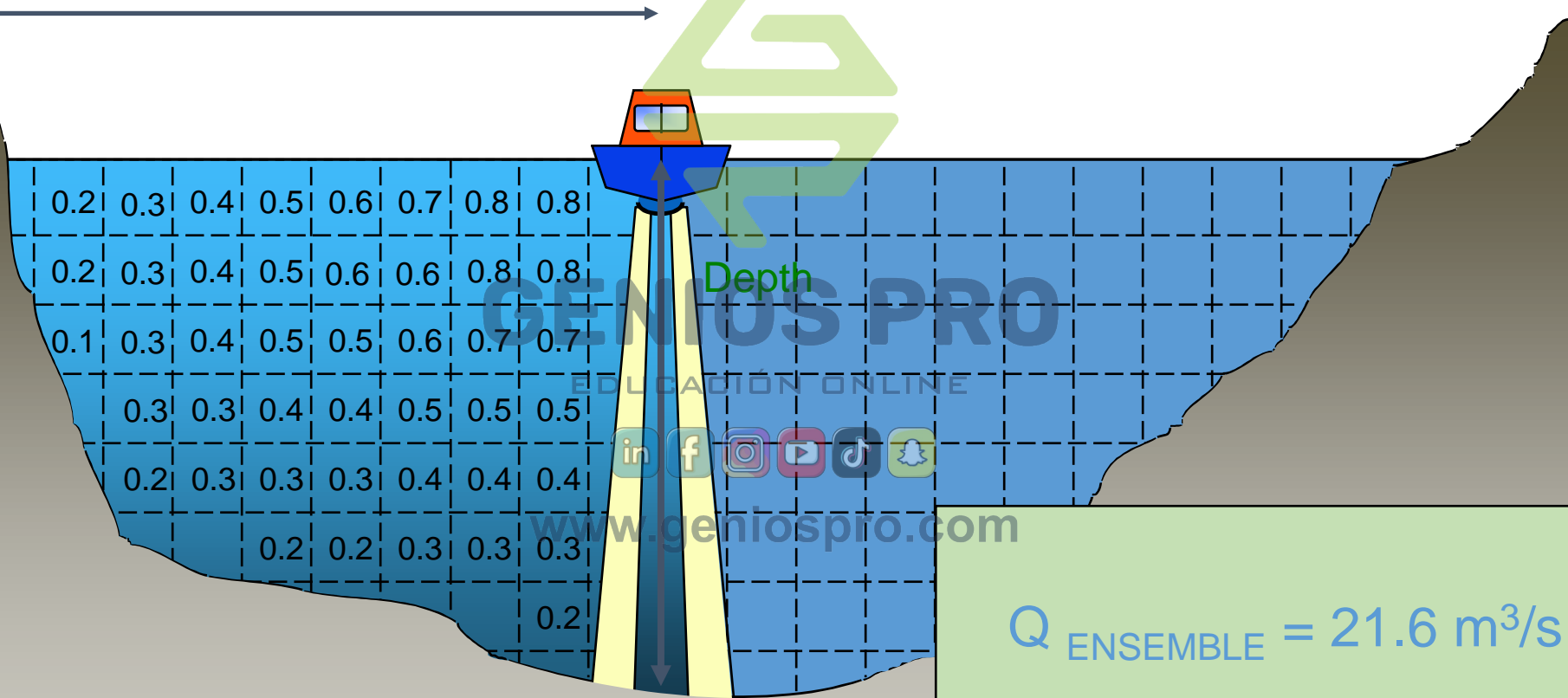


www.geniospro.com

$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 17.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 35.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

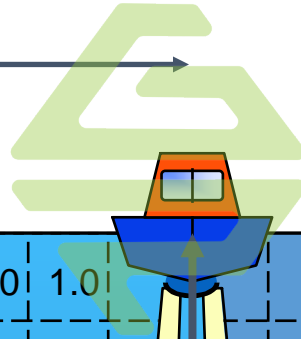
Distance = 27m



$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 21.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 56.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Distance = 33m



Depth

0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0
0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9
0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	
0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	
	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	
		0.2	0.2	0.2					

GENIOS PRO

EDUCATION ONLINE

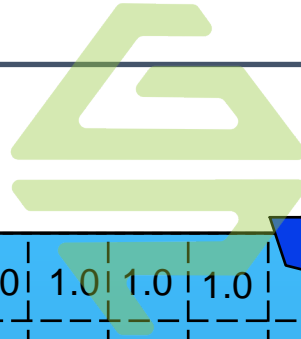


www.geniospro.com

$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 28.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 84.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Distance = 39m



Depth

0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9
0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

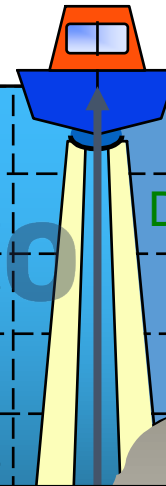
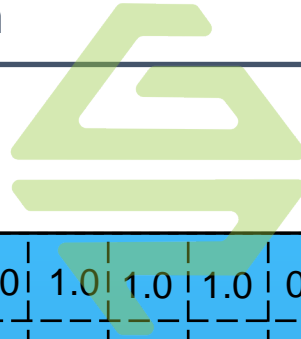
$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 28.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 113.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

www.geniospro.com



Distance = 45m



Depth

0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8
0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7
0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5
0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

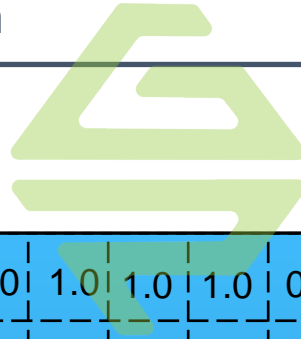
$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 23.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 136.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

www.geniospro.com



Distance = 51m



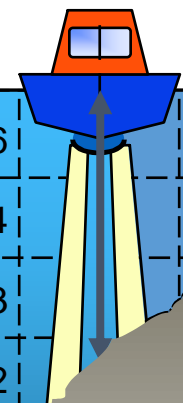
GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com

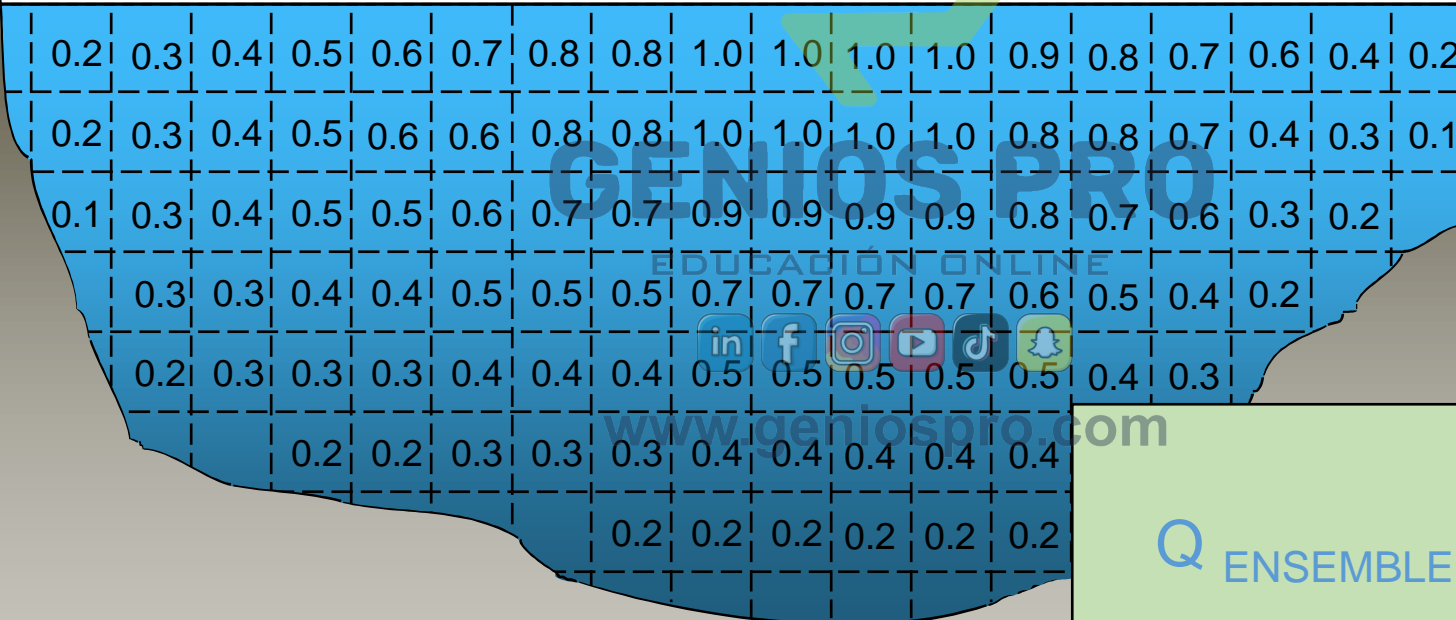
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.7	0.4
0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.3
0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2
0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	
	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			
		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2				



$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 13.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

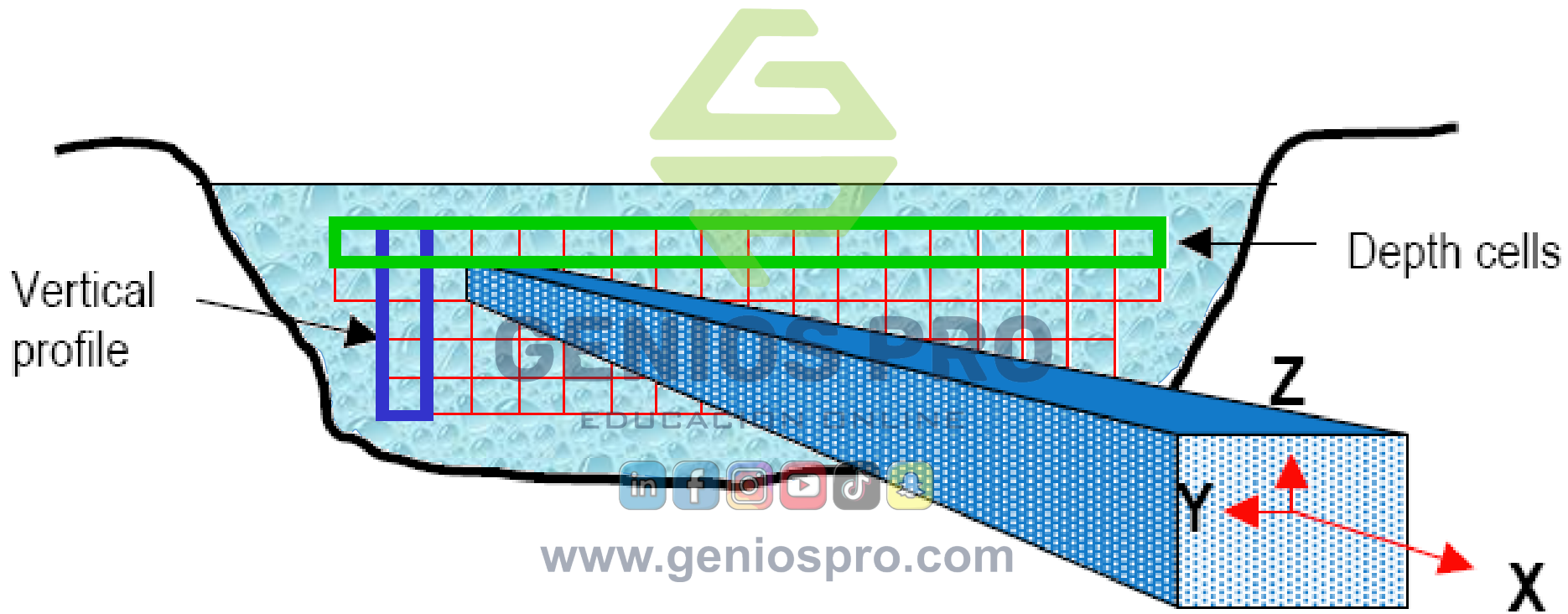
$$\Sigma Q = 149.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

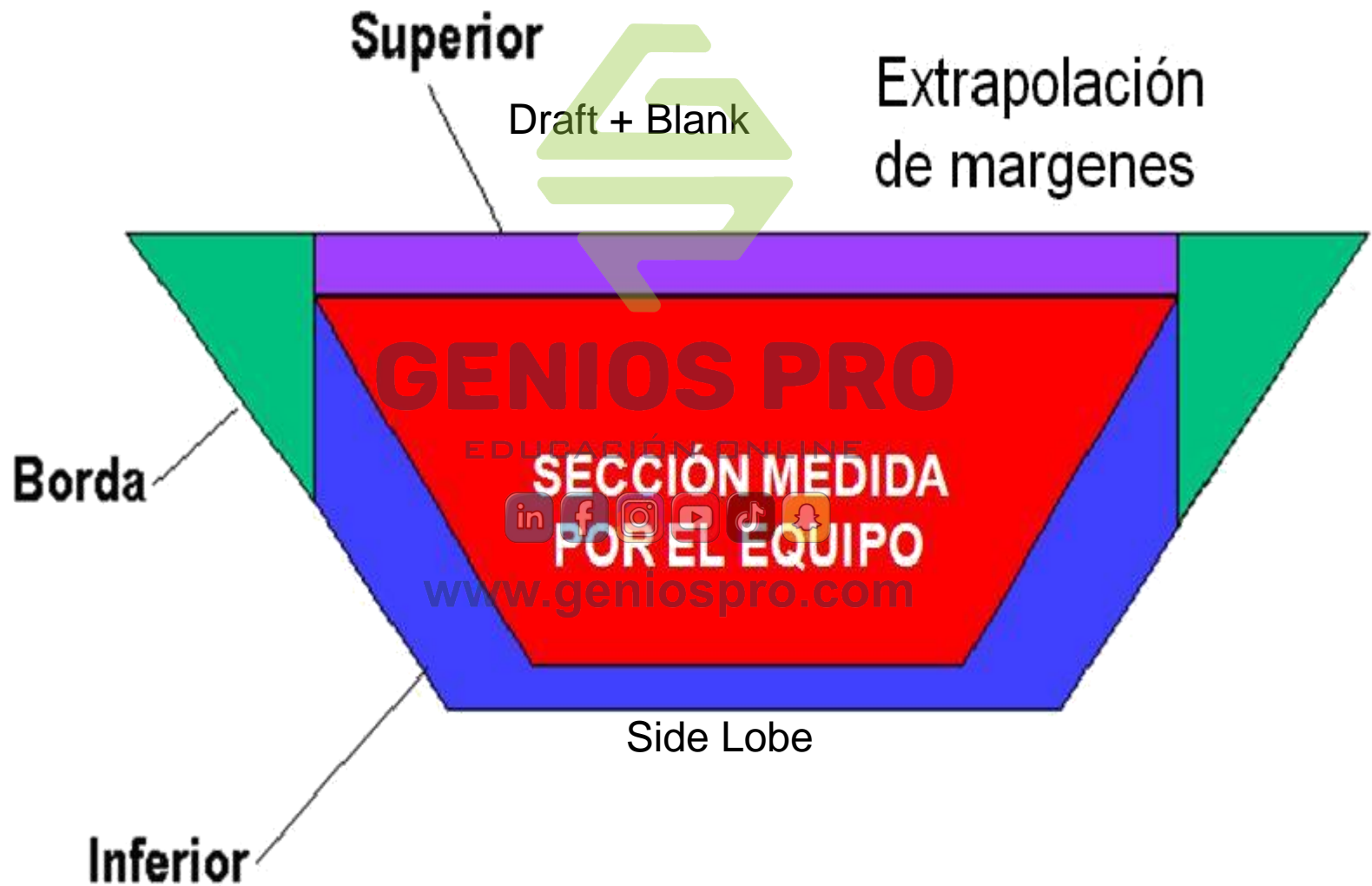
Distance = 57m



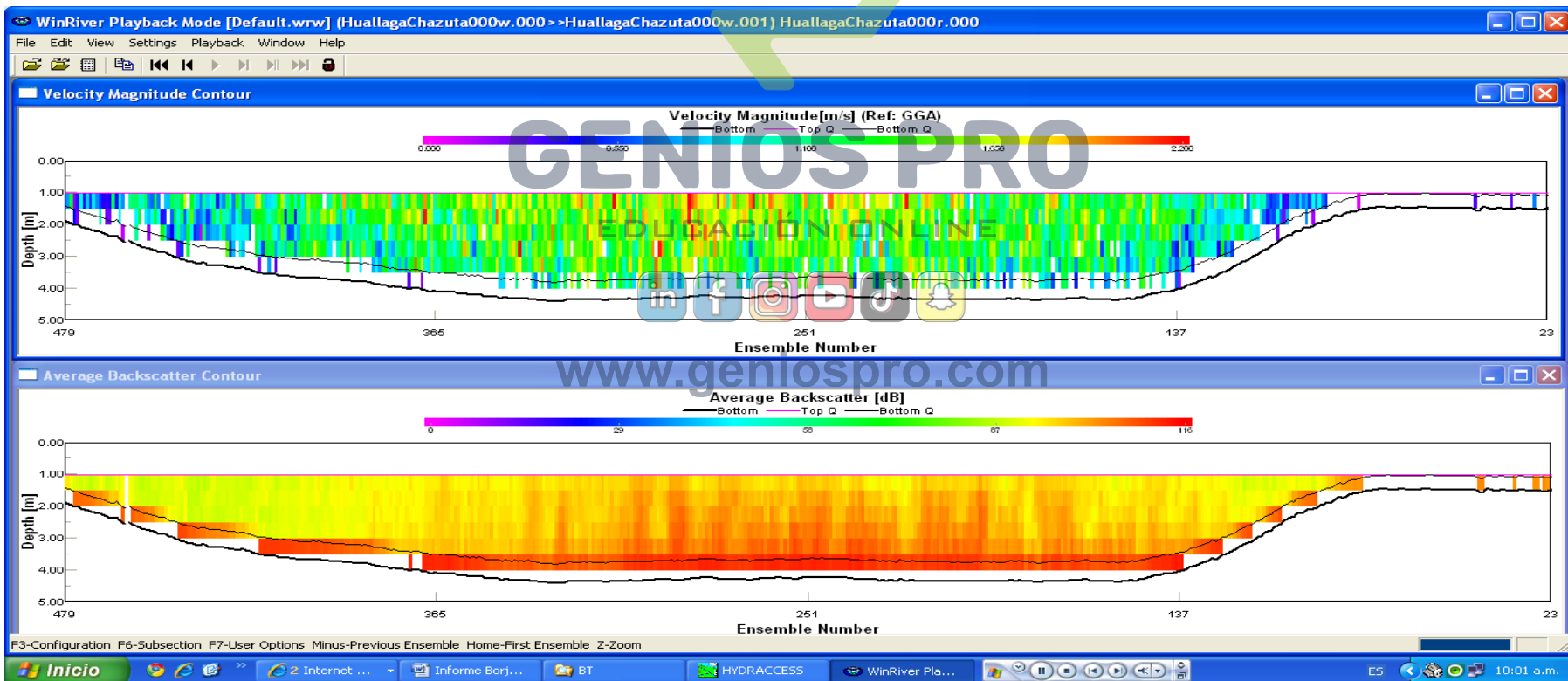
$$Q_{\text{ENSEMBLE}} = 3.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Sigma Q = 153 \text{ m}^3/\text{s}$$

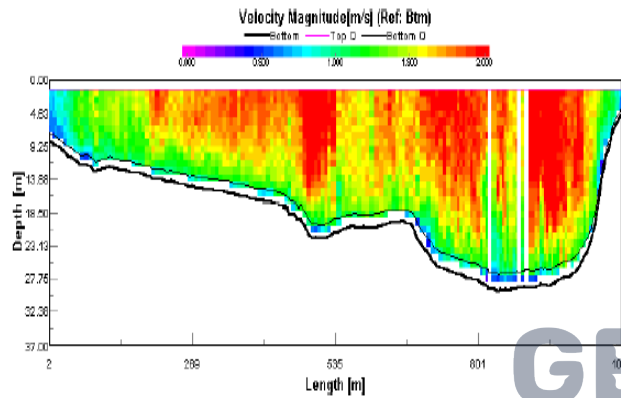




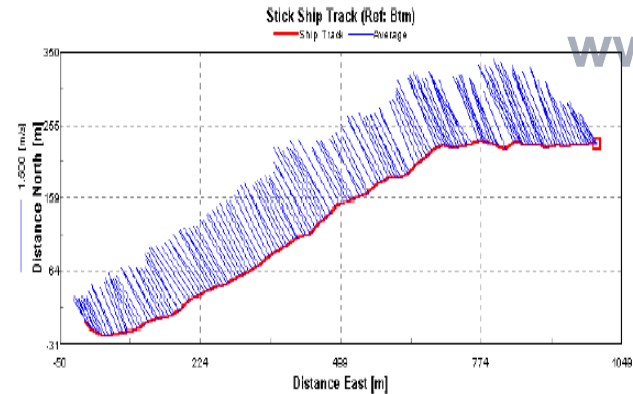
De los análisis de los gráficos de intensidades mostrados en la parte baja, nos permite analizar zonas de mayor absorción del sonido la misma que nos dará una mejor idea sobre la distribución de la concentración de sedimentos en la sección hidráulica.



- Perfil del trayecto de la sección y distribución de velocidades :



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



GENIOS PRO

EDUCACIÓN EN LÍNEA

Fecha	Unid.	15/05/2003			Prom.	Std.Dev	Std/Avg	18/05/2003					Prom.	Std.Dev	Std/Avg
TAMSHI n°		000	002	004				006	007	008	009	010			
He	[cm]	707	707	707				710	710	710	710	710			
Total Q	[m³/s]	32048	33423	32938	32602	725.22	0.02	33665	34178	32066	33562	33306	33355	787.35	0.02
Superf. Tot.	[m²]	20638	21746	20322	20919	739.2	0.04	21014	20227	24446	20057	20129	21174	1868.9	0.09
Ancho	[m]	1057	1087	1039	1061	24.38	0.02	1082	1008	1212	1003	1005	1062	90.05	0.08
Q/Superf.	[m/s]	1.549	1.537	1.591	1.559	0.028	0.02	1.602	1.69	1.312	1.673	1.655	1.586	0.157	0.1
Corriente vel.	[m/s]	1.638	1.645	1.625	1.636	0.01	0.01	1.716	1.752	1.709	1.737	1.732	1.729	0.017	0.01
Q Esq.	[m³/s]	65	91	199	118	71.04	0.6	86	67	108	77	175	103	43.07	0.42
Q Sup.	[m³/s]	2535	2605	2536	2559	39.73	0.02	2761	2720	2534	3162	3197	2875	291.33	0.1
Q Med.	[m³/s]	26889	28076	27009	27325	653.32	0.02	27155	27924	25523	26101	25413	26423	1086.47	0.04
Q Fondo	[m³/s]	2465	2617	2545	2542	75.85	0.03	3552	3256	3682	4143	4445	3816	475.5	0.12
Q Der.	[m³/s]	94	34	46	58	31.7	0.55	111	212	219	78	76	139	71.06	0.51
Vel. Bote	[m/s]	2.356	1.82	2.55	2.242	0.378	0.17	1.47	1.989	1.443	1.975	2.024	1.78	0.296	0.17
Rumbo Prom.	[°]	250.07	256.47	241.65				223.42	236.36	94.16	232.54	232.67			
Corriente Dir.	[°]	330.32	328.94	328.8				327.86	329.16	328.72	328.02	327.93			
Inicio		15:42:36	16:06:26	16:38:31				12:37:02	13:12:55	13:21:44	14:27:35	14:55:42			
Fin		15:49:49	16:16:04	16:45:00				12:49:21	13:21:05	13:35:40	14:35:52	15:03:40			
Duración	[s]	432.88	578.48	388.69				738.85	490.93	836.24	496.77	478.08			
Orilla ini		Right	Right	Right				Right	Right	Left	Right	Right			
Dist. Esq.	[m]	25	25	40				30	15	25	15	30			
Dist. Der.	[m]	25	25	20				20	30	30	20	20			
Velocidad	Ref.	ADCP	ADCP	ADCP				ADCP	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP			
Profundidad	Ref.	ADCP	ADCP	ADCP				ADCP	ADCP	ADCP	ADCP	ADCP			

www.geniospro.com



Resumen de Medida de Caudal

Fecha de medida: viernes, 5 de febrero de 2016

Informacion de la Estacion			Informacion de la Medida		
Estacion	1		Equipo	River	
Estacion N°	Ichu		Plataforma	Bote	
Localización	Disparate		Medida N°	1	
Informacion de Sistema		Configuracion del Sistema		Unidades	
Tipo de sistema	RS-M9	Profund Transductor (m)	0,05	Distancia	m
Numero de serie	5257	Salinidad (ppt)	0,0	Velocidad	m/s
Versión de Firmware	3.90	Declin. magnetica (grados)	0,0	Area	m ²
Versión de Software	3.8			Caudal	m ³ /s
				Temperatura	grados C
Ajustes del Cálculo de caudal			Resultados del Cálculo de Caudal		
Ref. del Track	Bottom-Track	Metodo de cálculo del margen izquierdo	Margen pendiente	Ancho (m)	19,672
Ref. de profundidad	Haz Vertical	Metodo de cálculo del margen derecho	Margen pendiente	Area (m ²)	9,712
Sistema coordinadas	ENU	Ajuste al modelo superior	Ajuste potencia	Velocidad promedio (m/s)	0,609
		Ajsute al modelo de fondo	Ajuste potencia	Q Total (m ³ /s)	5,916
				Profundidad máxima medida	0,832
				Velocidad máxima medida	1,773

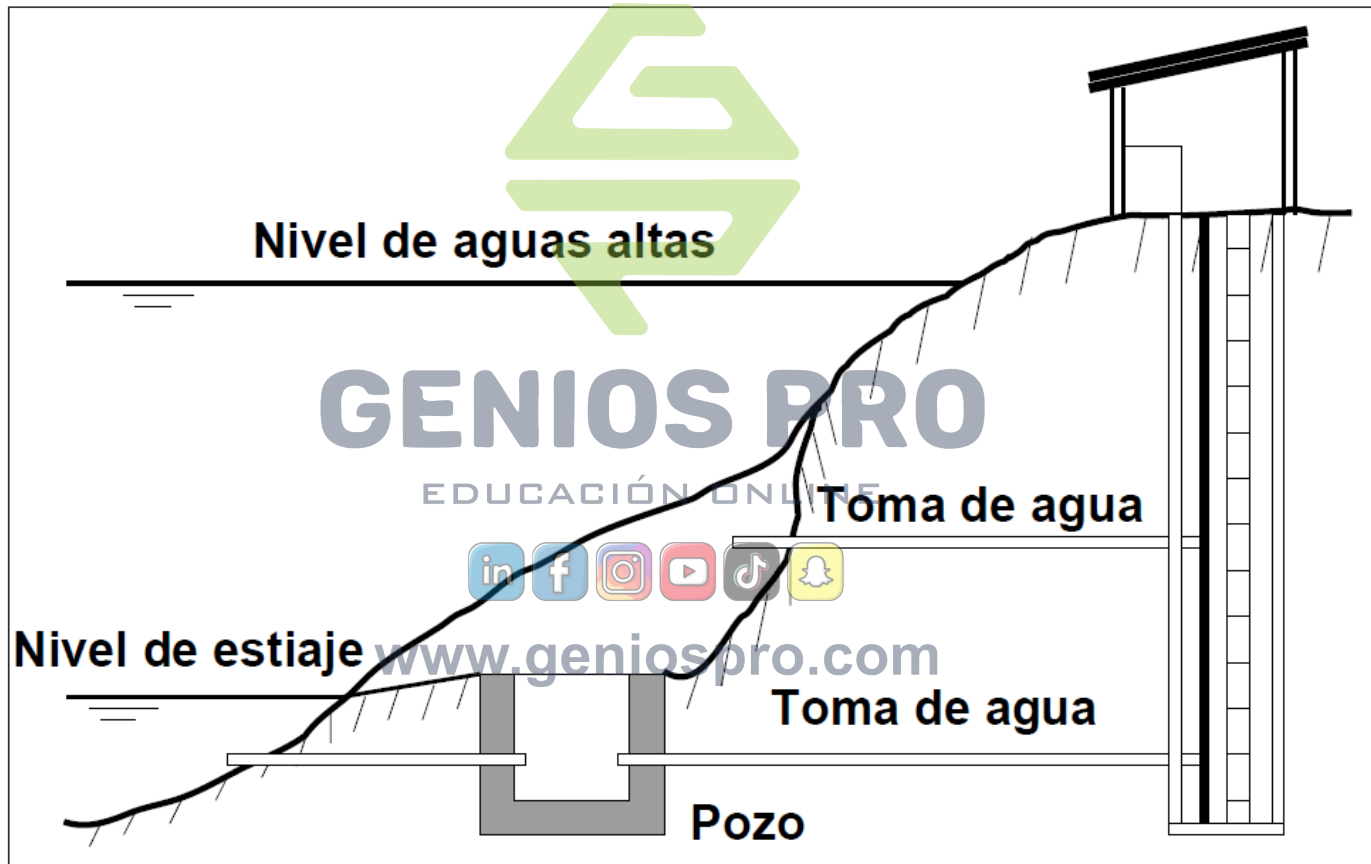
GENIOS PRO

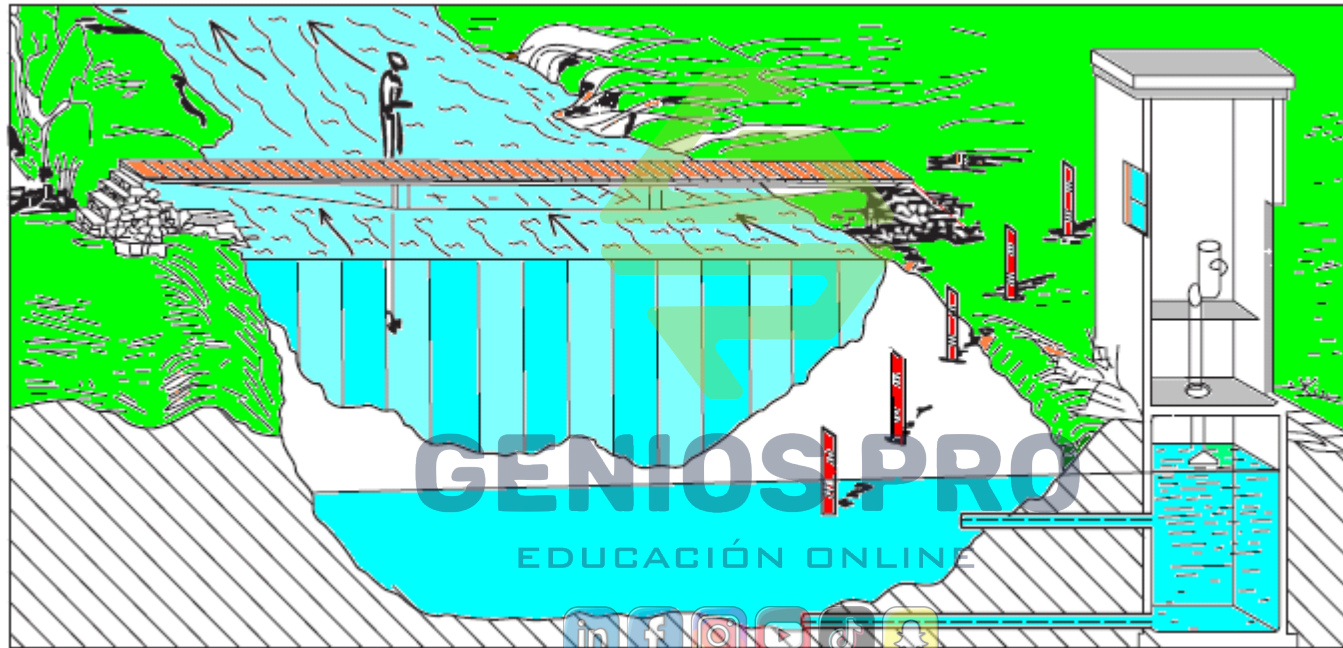
EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com

Medición Indirecta: Estaciones limnimétricas





GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com

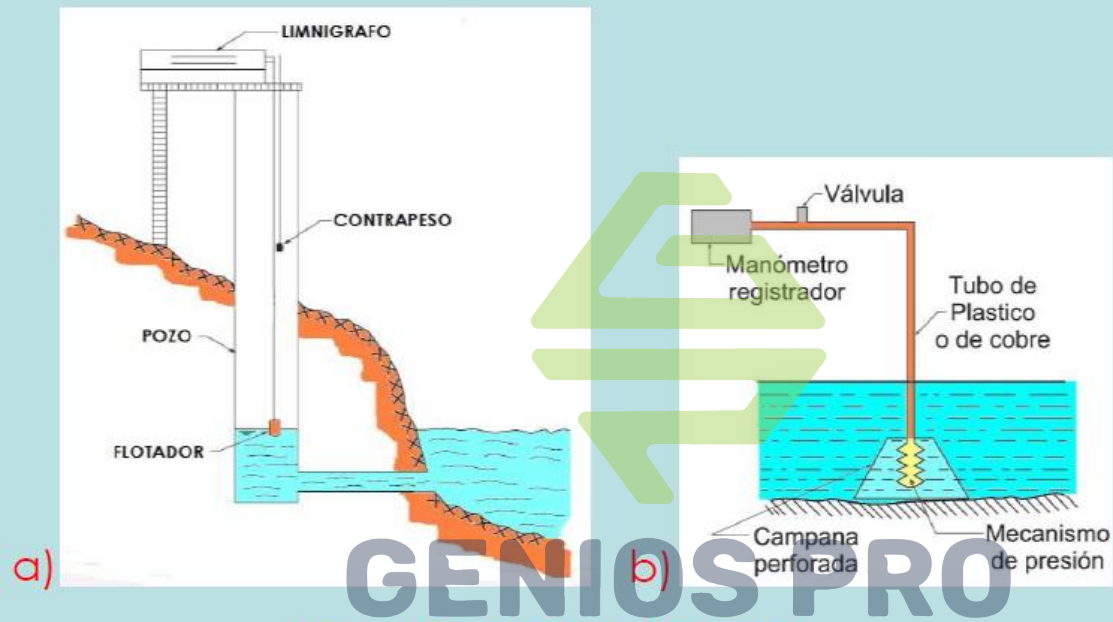
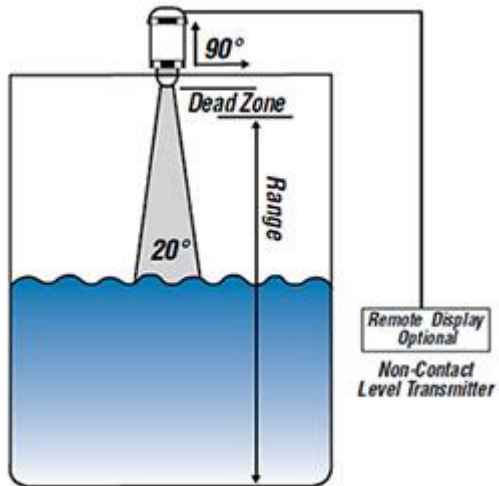


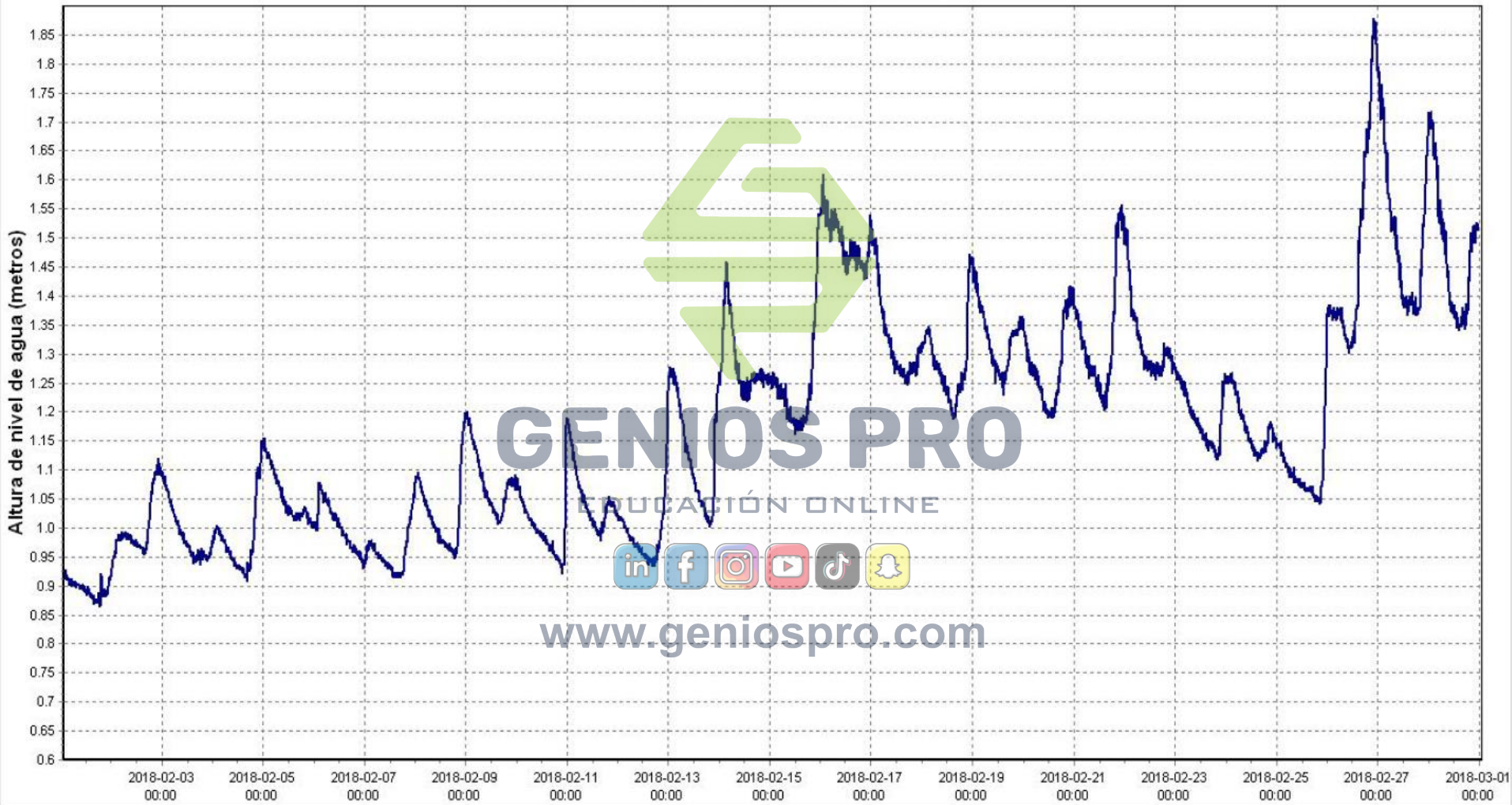
Figura 6.32. Tipos de limnigrafos

En el caso de los *limnigrafos de presión* (Figura 6.32b) las fluctuaciones del nivel del agua ejercen variaciones de presión sobre diversos mecanismos instalados en el fondo del cauce, según el modelo del aparato, esas variaciones son transmitidas a un manómetro comunicado con el tambor del limnigrafo en el que se registran gráficamente. Este tipo de aparatos no requieren pozo amortiguador y se emplean en ríos con orillas muy tendidas.

Toda instalación de limnigrafo exige una instalación de limnómetro para referencia.



NIVEL DE AGUA DEL RÍO ICHU - FEBRERO 2018





...GRACIAS GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com