

# **RÁPIDAS**

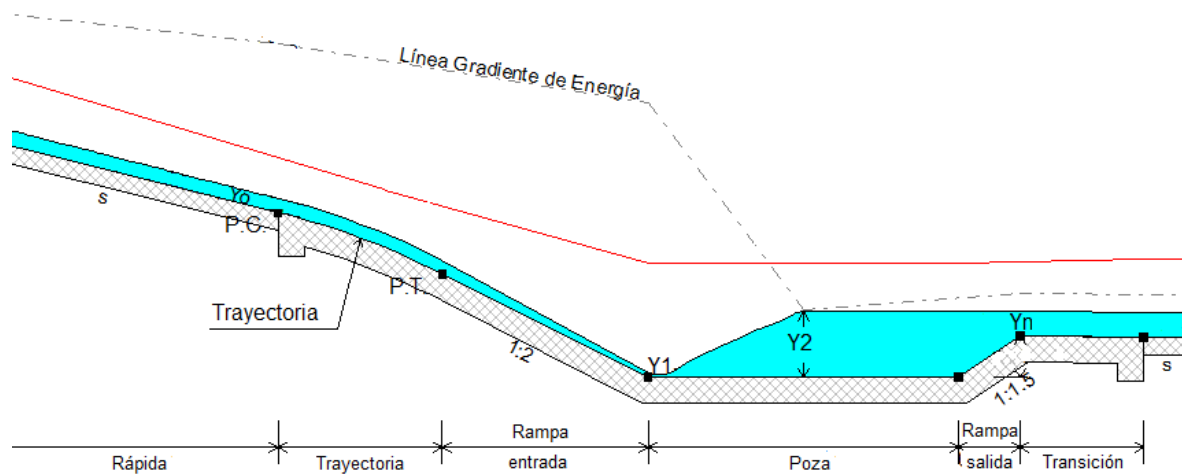
Versión 1.0 – Noviembre 2010

## **SOFTWARE PARA EL DISEÑO HIDRAULICO DE ESTRUCTURAS DE DISIPACION DE ENERGIA EN CANALES**

**Por:**

**Walter Raúl Huatuco López**

Whuatuco@hotmail.com



## **MANUAL DEL USUARIO**

2010

## **CONTENIDO**

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	03
II. INSTALACION Y REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA	04
III. PANTALLA DE INICIO DE SESIÓN	05
IV. DESCRIPCION DE LOS MÓDULOS	05
V. MÓDULO: RÁPIDA	06
5.1 Descripción de Menús	
VI. MÓDULO: CAIDA INCLINADA	18
6.1 Descripción de Menús	
VII. MÓDULO: CAIDA VERTICAL	28
7.1 Descripción de Menús	
VIII. MÓDULO: CANAL	36
IX. EJEMPLOS DESARROLLADOS CON EL SOFTWARE	38

## **I. INTRODUCCIÓN.-**

**RÁPIDAS** Versión 1.0, es un software para el diseño hidráulico de estructuras de disipación de energía en los canales de riego, se considera a las Rápidas, Caídas Inclinadas y Caídas Verticales.

El diseño hidráulico de las estructuras de disipación de energía en el caso de las rápidas y caídas inclinadas se realiza mediante métodos numéricos para la solución de las ecuaciones no lineales, por el método de Newton Raphson.

En el diseño se utilizan tanques amortiguadores generalizados desarrollados por la United States Bureau of Reclamation y Tanque tipo SAF, para la disipación de energía.

El programa informático realiza el cálculo hidráulico, el dimensionamiento de la estructura de disipación de energía, la verificación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales, verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida, muestra resultados gráficamente y en tablas. Asimismo los datos ingresados por el usuario y resultados se pueden guardar en un archivo que generará el programa y tiene la capacidad de exportar los datos gráficos al AutoCAD 2010.

El software ha sido probado, verificado y comparado con los resultados de los ejercicios y ejemplos propuestos en diferentes libros y manuales que se presentan en la bibliografía, para validar los resultados obtenidos con el uso del software, los cuales se anexan al final del presente documento.

El programa está disponible en una versión 32-bit y es compatible con Windows XP, Windows Vista y Windows 7.

El Autor

## **II. INSTALACION Y REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA**

### **Requisitos del software:**

- El software RÁPIDAS Versión 1.0, es compatible con los sistemas operativos de 32-bit Windows XP, Windows Vista y Windows 7,
- Se requiere tener instalado en el sistema la aplicación del AutoCAD 2010 para la exportación de los resultados gráficos.

### **Requisitos de Hardware:**

- Requerimiento mínimo: PC con Pentium IV, 1Gb RAM, monitor VGA y una impresora si el usuario desea obtener reportes impresos.

### **Instalación del Software**

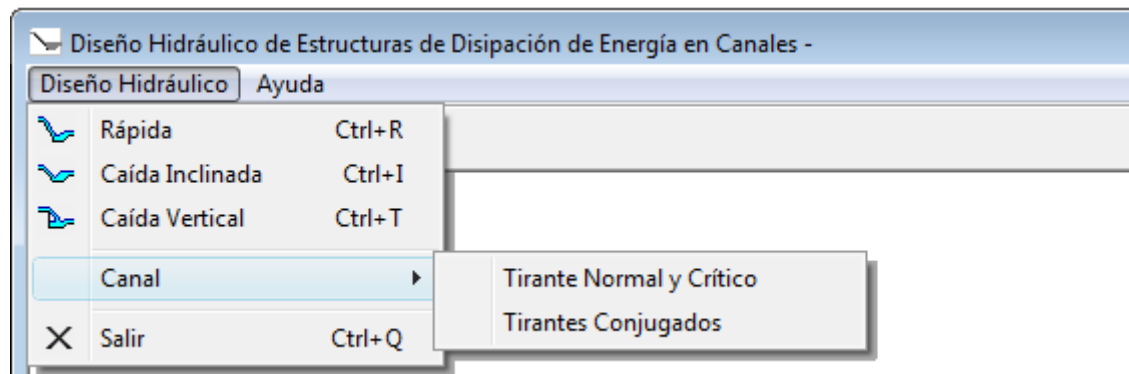
Desde el CD-ROM, la instalación empieza automáticamente en la mayoría de las computadoras cuando en el CD-ROM se inserta el software. Si la instalación no empieza automáticamente, con el INSTALL.EXE el programa localizará en el CD-ROM el índice de la raíz, ó usando el SETUP.EXE.

Una vez completada la instalación, se puede empezar haciendo doble clic el ícono de **RÁPIDAS**, localizado en el grupo de programas.

### III. PANTALLA DE INICIO DE SESION.-



### IV. DESCRIPCION DE LOS MODULOS.-



#### Usando el programa- Una apreciación global:

El uso del programa es relativamente sencillo. Después de empezar el programa se puede acceder del **Menú Diseño Hidráulico** a los módulos para el diseño de **Rápidas, Caídas Inclínadas y Caídas Verticales**. En cada Módulo se puede abrir del Menú del Archivo un archivo de una estructura existente, o crear un nuevo diseño, usando Archivo/ o el comando Nuevo.

## V. MODULO: RÁPIDA

**Rápida - Coylanto.rap**

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 836

Elev. inicio de la rápida: 2586.41 m

Elev. inicio 2do tramo(m):

Elev. inicio 3er tramo(m):

Elev. inicio de trayectoria(m): 2577.70

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 23.5 % de ahogamiento del resalto

k= 23.46% ; Y2=h+Yw

Caudal (Q): 0.100 m³/s

Transición entrada - Sección control

Canal de la rápida

Poza/Tanque

Trans. salida / Aguas Abajo

Ingresar datos canal de la rápida:

Número de tramos: 1

Ancho de base(b): 0.3 m

Talud(Z): 0 m/m

Rugosidad(n): 0.014

Pendiente tramo 1(S1): 0.134 m/m

Pendiente tramo 2(S2): m/m

Pendiente tramo 3(S3): m/m

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 0.40 m, Talud(Z): 0, Rugosidad(n): 0.014, Pendiente(S): 0.001 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 0.40 m, Talud(Z): 0, Rugosidad(n): 0.014, Pendiente(S): 0.01 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 0.6 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Cerrar


Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	4.5 < Fr < 15	Factible	Fr= 10.297; Y1= 0.03 m
USBR - I	2.5 <= Fr < 4.5	No Factible	Fr > 4.5
USBR - II	Fr >= 4.5 y V < 15.24	Factible	F= 10.297; V= 5.576
USBR - III	Fr >= 4.5 y V > 15.24	No Factible	V < 15.24
TANQUE SAF	1.7 <= Fr <= 17	Factible	Fr= 10.297
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

Ancho canal rápida(b): 0.305

En esta ventana del Módulo Rápida, se ingresan las dimensiones y la geometría de la estructura de la Rápida considerando las características de los canales aguas arriba y aguas abajo de la rápida.

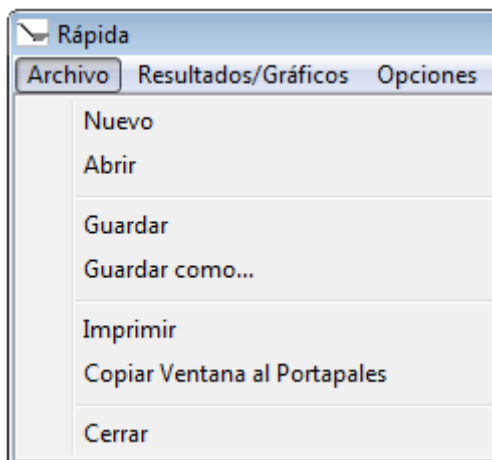
Pueden editarse las dimensiones de la elevación de la estructura a través del dibujo del perfil del fondo que se encuentra a mitad de la pantalla, asimismo fijar el número de tramos que tiene el canal de la rápida e ingresar las pendientes de cada tramo.

En la parte inferior se muestra un cuadro de color amarillo que permite seleccionar al usuario el tipo de tanque amortiguador a utilizarse para la estructura de disipación de energía, haciendo Clic sobre el mismo.

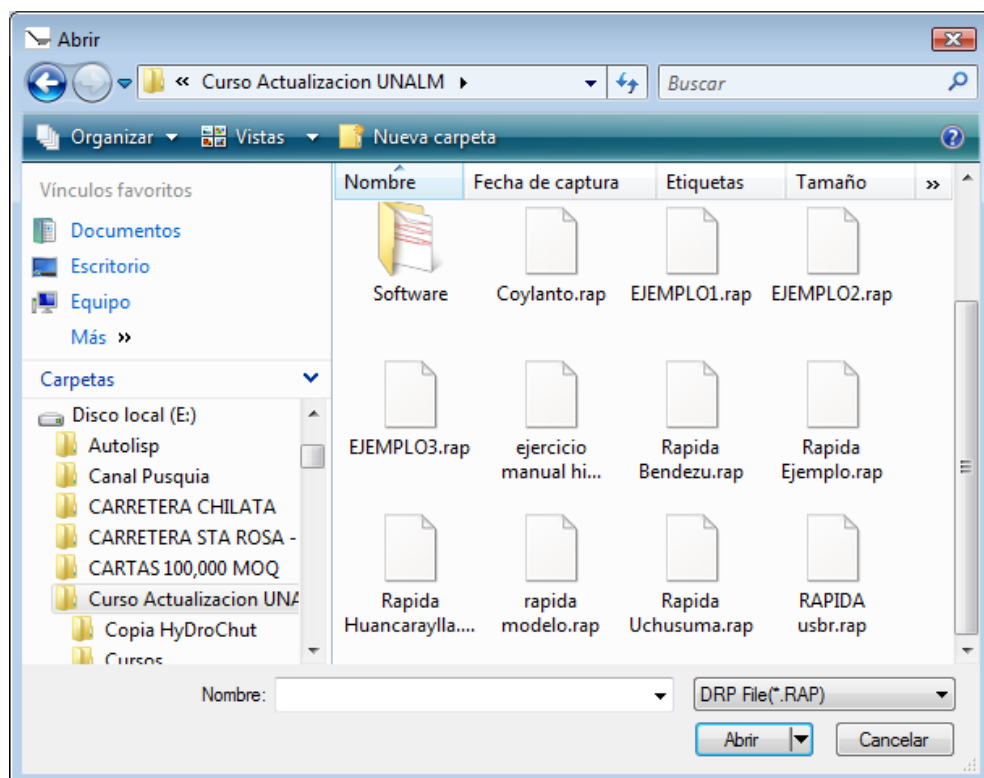
Este esquema permanece abierto siempre que el diseño de la Rápida esté en la memoria, si es cerrado, puede ser reabierto a través de la barra de herramientas  ó del Menú principal **Diseño Hidráulico**, Submenú **Rápidas**.

## Descripción de Menús

### Menú Archivo:



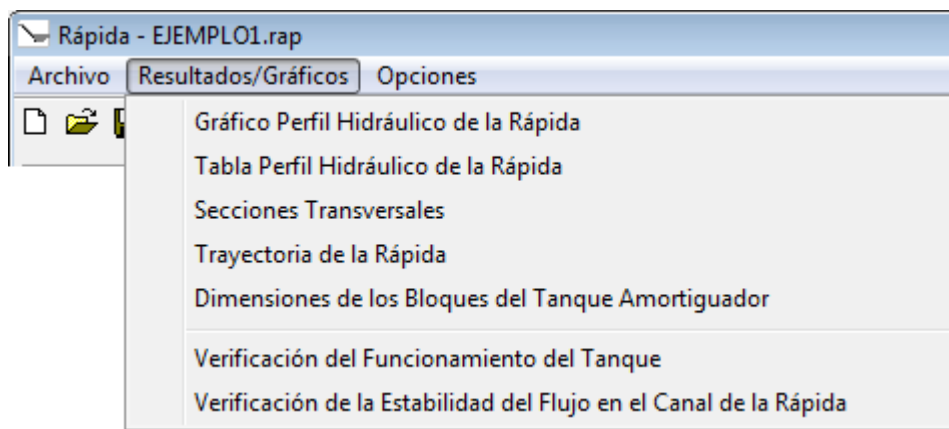
- **Nuevo.-** Limpia los cuadros de entrada de datos para crear un nuevo diseño de una rápida.
- **Abrir.-** Abre un archivo de una rápida existente (\*.RAP file)



- **Guardar.-** Guarda o almacena en memoria la rápida actual que se diseña un archivo de extensión \*.RAP. Si éste es un nueva rápida, usted colocará un nombre al archivo. Si esto es una rápida existente, el archivo se guardará bajo su nombre actual.

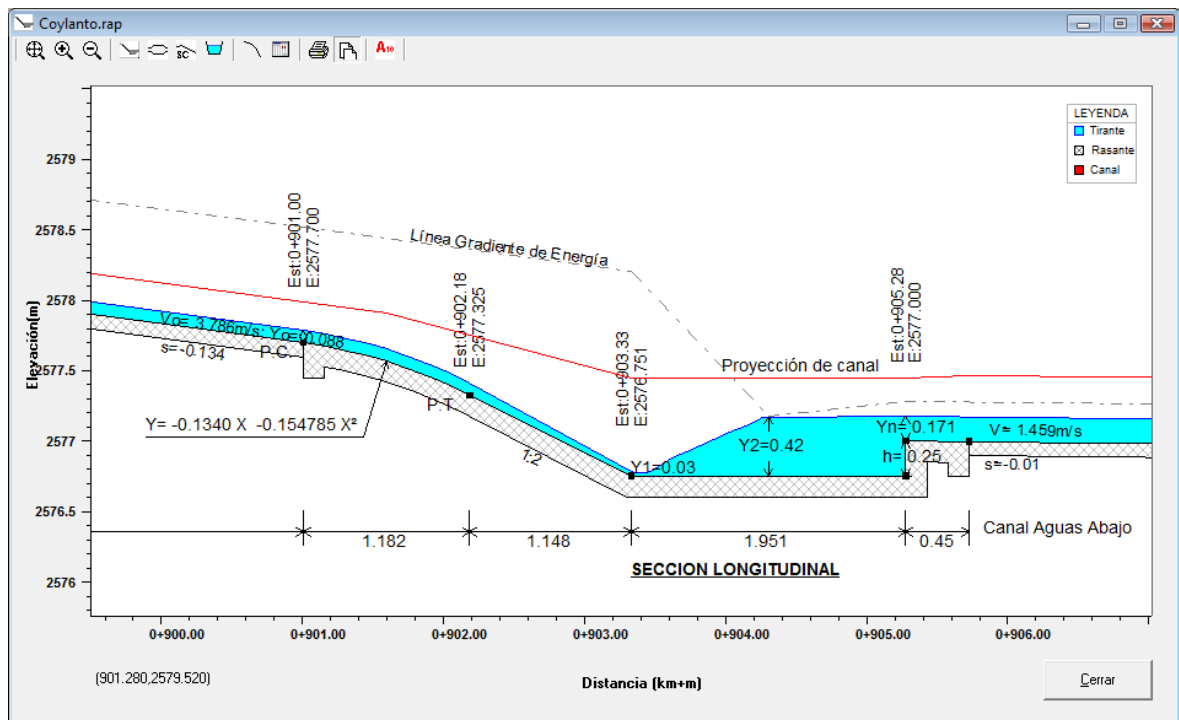
- **Guardar como....-** Guarda o almacena el diseño de la rápida actual a un \*.RAP file. Permite al usuario dar un nombre al diseño de la rápida que está tratando.
- **Imprimir.-** Imprime la pantalla actual en forma de imagen directamente en la Impresora Windows System.
- **Copiar ventana al portapapeles.-** Copia una imagen de la ventana activa en el portapapeles de Windows. Una vez en el portapapeles, la imagen puede pegarse en algún documento de acuerdo a su aplicación.
- **Cerrar.-** Cierra el archivo de la rápida actual que se diseña y sale del Módulo Rápida, sin salir del programa.

#### **Menú Resultados/Gráficos:**















- **Gráfico Perfil Hidráulico de la Rápida.-** Muestra el resultado gráfico del diseño de la Rápida en Planta y perfil longitudinal.





Ventana del resultado gráfico de la Rápida

Descripción de la barra de herramientas de la ventana del resultado gráfico:

-  Muestra todo el dibujo
-  Zoom aumenta
-  Zoom disminuye
-  Muestra el perfil de la poza de disipación
-  Muestra la planta de la poza de disipación
-  Muestra las secciones transversales de la estructura
-  Muestra la sección de control de la rápida
-  Muestra el gráfico y el cuadro de coordenadas de la trayectoria de la rápida
-  Muestra tabularmente el perfil hidráulico de la rápida
-  Imprime la pantalla actual en forma de imagen directamente en la Impresora Windows System.
-  Copia una imagen de la ventana activa en el portapapeles de Windows.
-  Exporta el dibujo gráfico al AutoCAD 2010. Para exportar el dibujo previamente debe ejecutarse la Aplicación del AutoCAD 2010.

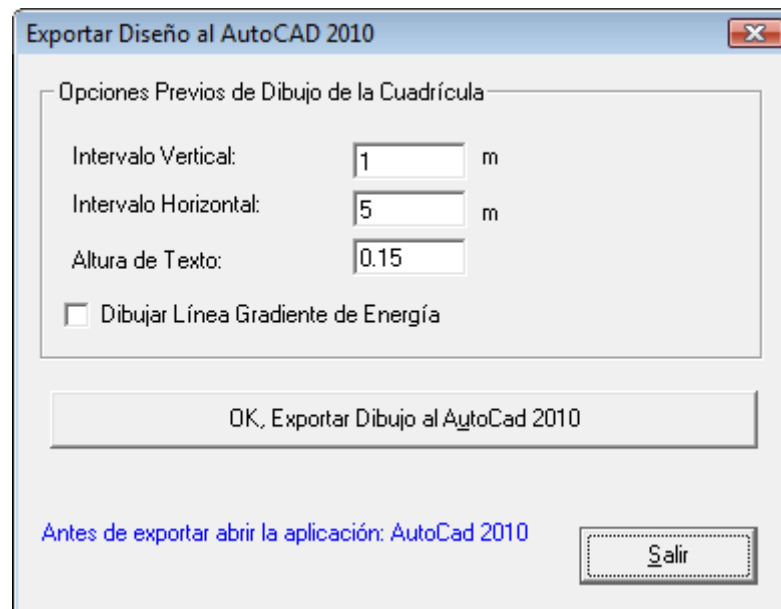
Opciones de la ventana para exportar al AutoCAD2010:

Intervalo Vertical: indica el intervalo vertical en que serán mostrados los valores de las elevaciones en la cuadrícula.

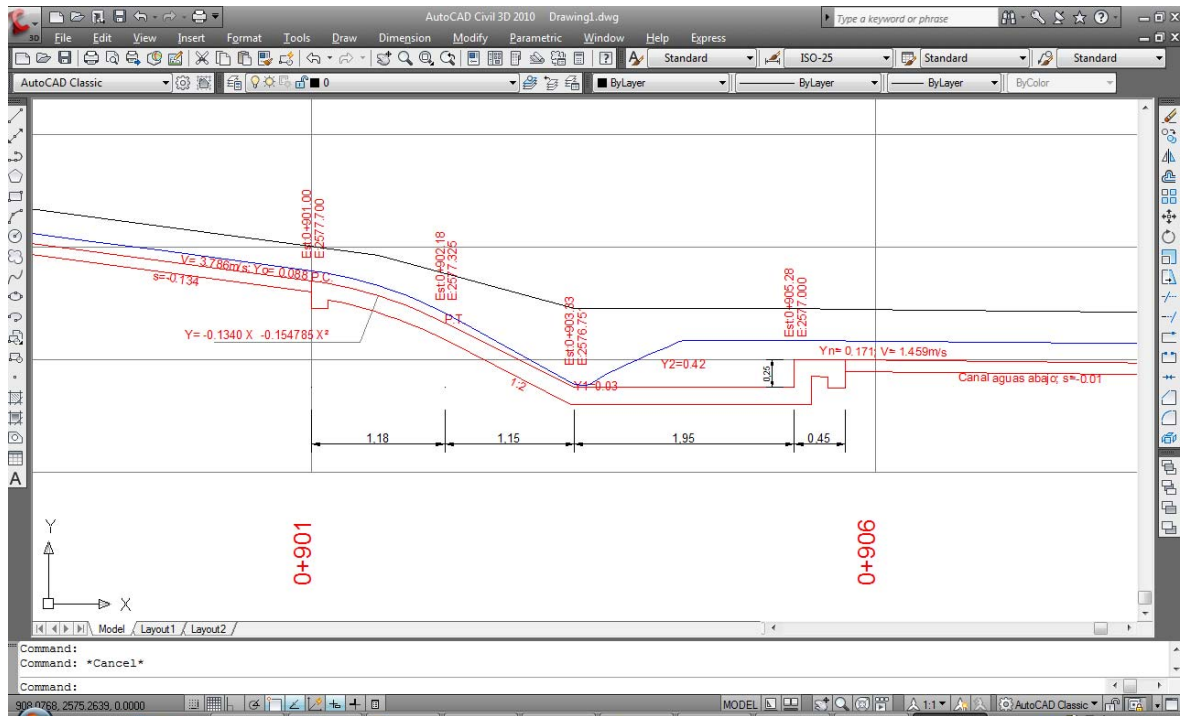
Intervalo Horizontal: indica el intervalo horizontal en que serán mostrados los valores de las progresivas en la cuadrícula.

Altura de Texto: indica la altura del texto de las elevaciones y las progresivas que serán dibujados en la el AutoCAD.

Opción Dibujar Línea Gradiente de Energía: Permite agregar la Línea Gradiente de Energía en el dibujo.



Cuadro de diálogo para exportar dibujo gráfico al AutoCAD 2010.



Resultado del diseño de la Rápida en el AutoCAD 2010

- **Tabla Perfil Hidráulico de la Rápida.-** Abre la tabla que muestra las elevaciones de la superficie de agua, velocidades, incremento del tirante por la aireación calculado por el método del HEC-RAS (Manual de Referencia de Hidráulica del HEC-RAS [10]), en toda la sección longitudinal de la rápida.

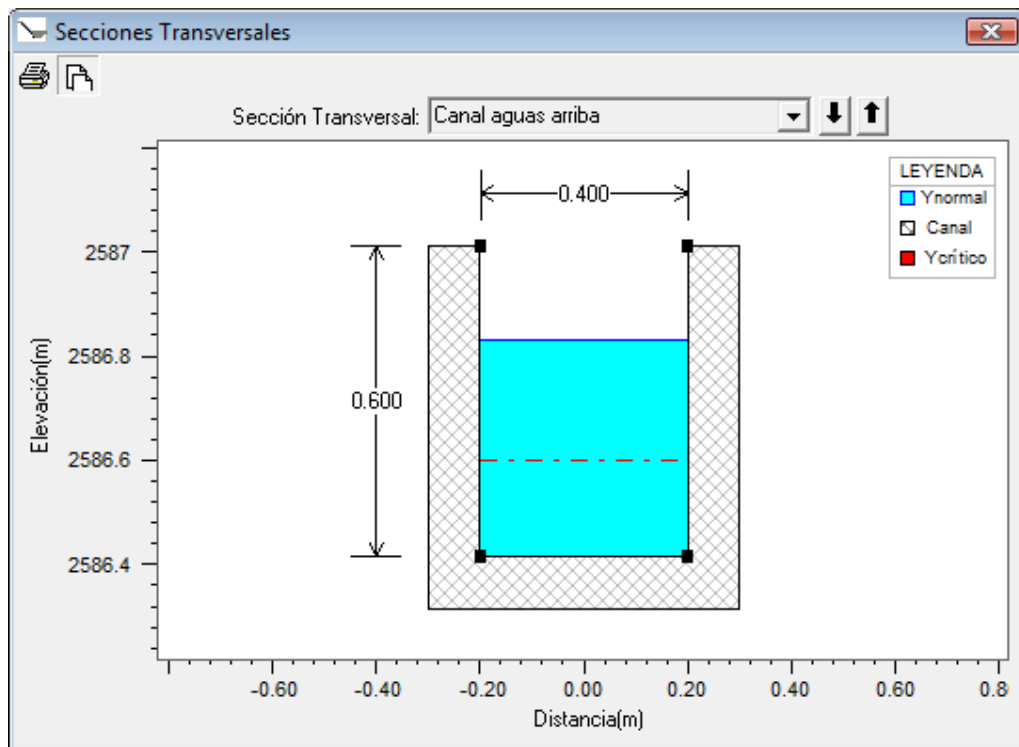
Perfil Hidráulico de la Rápida						
ESTACION ( Km+m )	ELEVACION ( msnm )	VELOCIDAD ( m/seg )	ELEVACION ENERGIA ( msnm )	TIRANTE ( m )	TIRANTE* ( m )	DESCRIPCION
		0.5957		0.4197	0.4197	Canal Aguas Arriba
0+836.00	2586.41	1.4843	2586.7468	0.2246	0.2246	Inicio de la Rápida
0+836.65	2586.323	2.2913	2586.736	0.1455	0.1482	
0+839.90	2585.887	3.256	2586.53	0.1024	0.1131	
0+843.15	2585.451	3.5768	2586.197	0.0932	0.1061	
0+846.40	2585.015	3.7021	2585.804	0.09	0.1037	
0+849.65	2584.58	3.7523	2585.386	0.0888	0.1028	
0+852.90	2584.144	3.7726	2584.958	0.0884	0.1025	
0+856.15	2583.708	3.7808	2584.525	0.0882	0.1024	
0+859.40	2583.272	3.7842	2584.09	0.0881	0.1023	
0+862.65	2582.836	3.7855	2583.655	0.0881	0.1023	
0+865.90	2582.401	3.786	2583.219	0.088	0.1023	
0+869.15	2581.965	3.7863	2582.783	0.088	0.1023	
0+872.40	2581.529	3.7864	2582.348	0.088	0.1023	
0+875.65	2581.093	3.7864	2581.912	0.088	0.1023	
0+878.90	2580.657	3.7864	2581.476	0.088	0.1023	
0+882.15	2580.222	3.7864	2581.041	0.088	0.1023	
0+885.40	2579.786	3.7864	2580.605	0.088	0.1023	
0+888.65	2579.35	3.7864	2580.169	0.088	0.1023	
0+891.90	2578.914	3.7864	2579.733	0.088	0.1023	
0+895.15	2578.479	3.7864	2579.297	0.088	0.1023	
0+898.40	2578.043	3.7864	2578.862	0.088	0.1023	
0+901.00	2577.7	3.7864	2578.5187	0.088	0.1023	Inicio de la Trayectoria
0+903.33	2576.751	5.5757	2578.3654	0.0299	0.0299	Inicio del Resalto
0+905.28	2576.751	0.3964	2577.1792	0.4202	0.4202	Final del Resalto
0+905.28	2577	1.4587	2577.2798	0.1714	0.1714	Canal Aguas Abajo

TIRANTE\*: Tirante con ingreso de aire

Cerrar

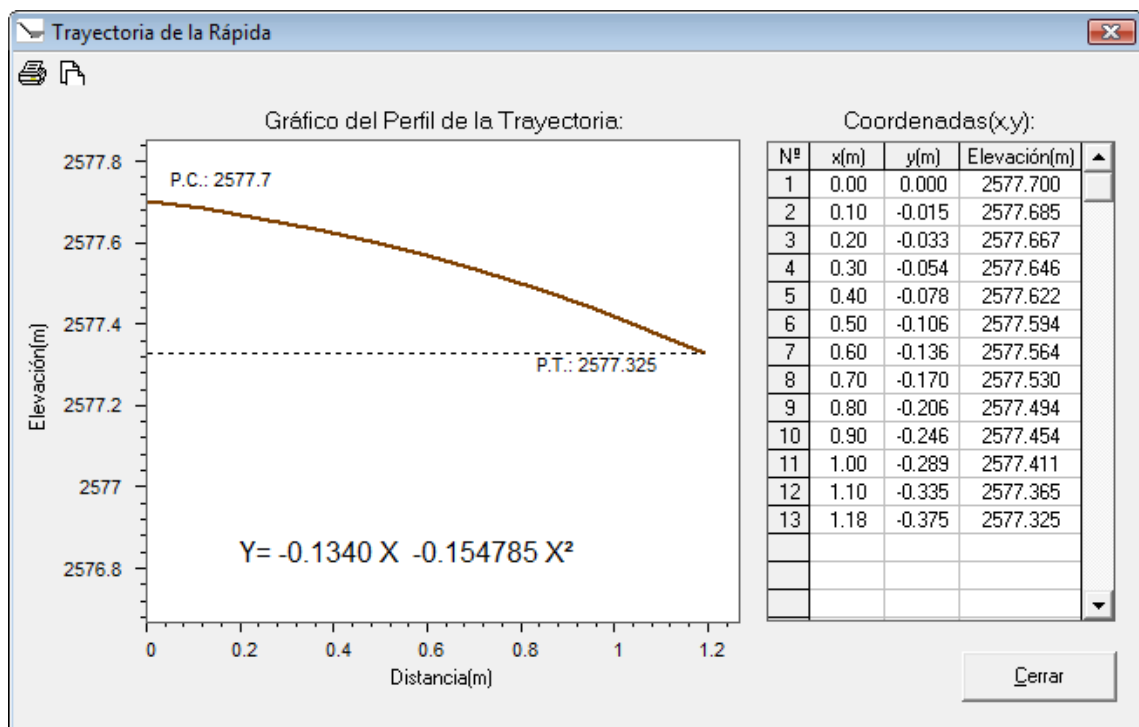
Cuadro de resultados de perfil hidráulico de la rápida

- **Secciones Transversales.-** Muestra las secciones transversales del canal aguas arriba, sección de control, canal de la rápida, poza y canal aguas abajo.



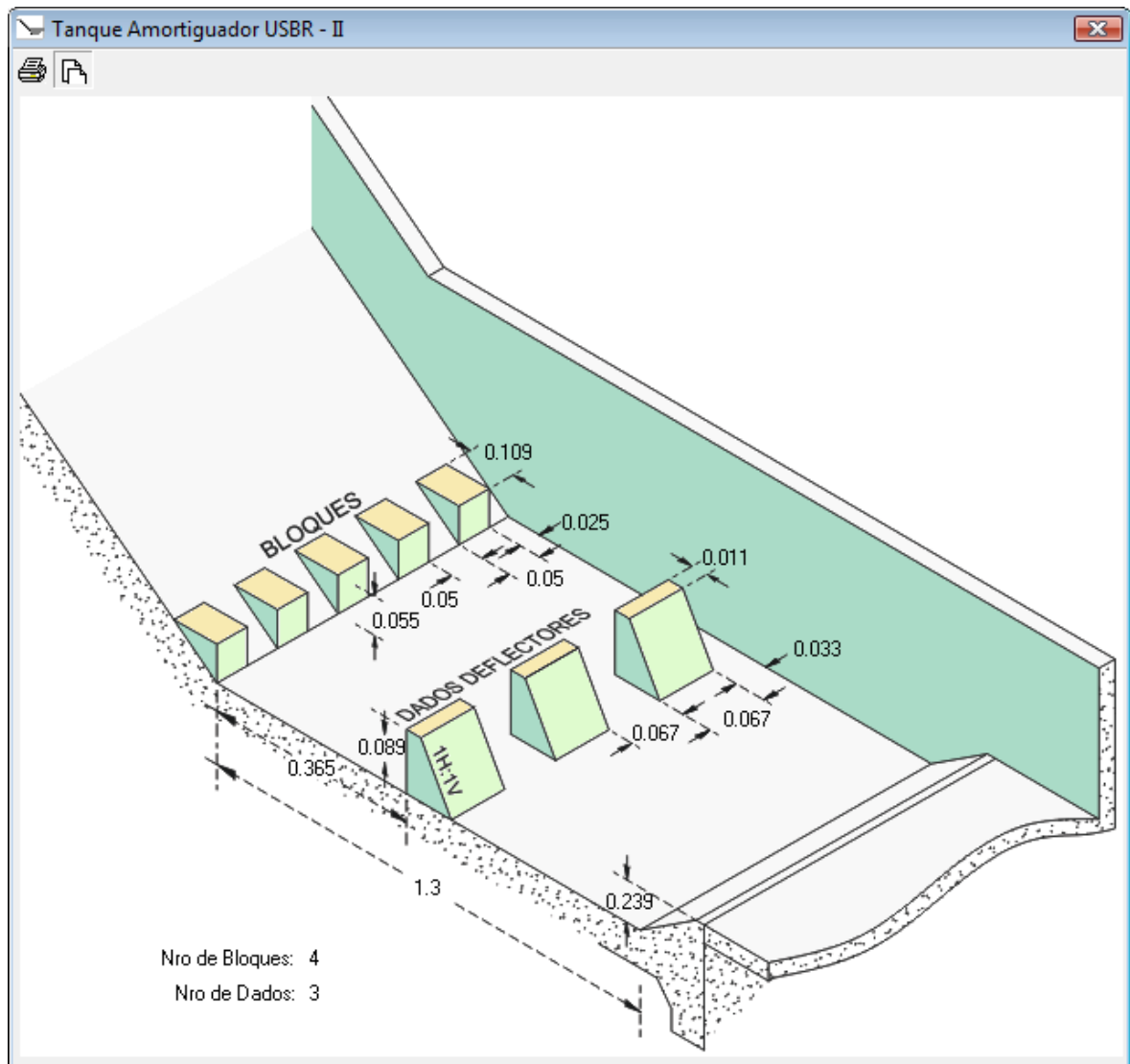
Cuadro de diálogo para mostrar las secciones transversales

- **Trayectoria de la Rápida.-** Muestra la ecuación, las coordenadas (X, Y), el P.C. (Punto comienzo), P.T. (Punto término) y el gráfico de la trayectoria de la rápida.



Cuadro de resultados muestra el Perfil de la Trayectoria

- **Dimensiones de los Bloques del Tanque Amortiguador.-** Muestra las dimensiones de los bloques de impacto provistos en el tanque amortiguador. Está disponible solo para aquellos tanques que disponen de bloques de impacto: Tanques amortiguadores tipo USBR I, II, III y Tanque tipo SAF.



Cuadro de resultados del dimensionamiento de los bloques de impacto en el Tanque amortiguador.

- **Verificación del funcionamiento del Tanque.-** Las revisiones de la operación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales inferiores al caudal ( $Q$ ) de diseño: ( $0.1Q$ ,  $0.2Q$ , ...,  $Q$ ), se compara los niveles de energía a la salida del tanque amortiguador con el nivel de energía del canal aguas abajo, indicando además advertencia o mensajes de error relacionados al cálculo de la evaluación del tanque.

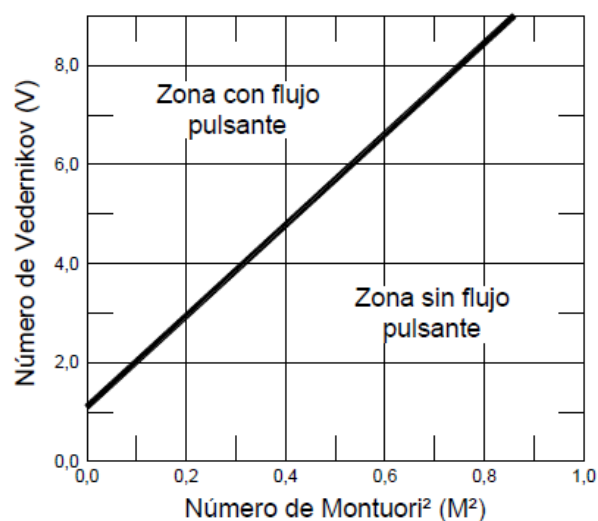
Estas revisiones se realizan con las dimensiones ya fijadas de la estructura de la Rápida, haciendo que fluyan diferentes caudales sobre ella.

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M <sup>3</sup> /S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p[agua]	(M)	Newton/p[agua]	(M)	(M)	(M)	
1	0.100	0.03	0.0570	0.420	0.0570	1.9490	2577.1790	2577.2800	OK
2	0.090	0.027	0.0510	0.399	0.0510	1.8600	2577.1570	2577.2610	OK
3	0.080	0.025	0.0440	0.368	0.0440	1.7170	2577.1260	2577.2420	OK
4	0.070	0.022	0.0380	0.344	0.0380	1.6120	2577.1010	2577.2210	OK
5	0.060	0.019	0.0320	0.318	0.0320	1.4960	2577.0740	2577.2000	OK
6	0.050	0.016	0.0270	0.290	0.0270	1.3680	2577.0450	2577.1780	OK
7	0.040	0.013	0.0210	0.258	0.0210	1.2230	2577.0120	2577.1530	OK
8	0.030	0.01	0.0150	0.221	0.0150	1.0540	2576.9740	2577.1270	OK
9	0.020	0.007	0.0100	0.176	0.0100	0.8470	2576.9290	2577.0960	OK
10	0.010	0.004	0.0040	0.117	0.0040	0.5650	2576.8690	2577.0610	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cuadro de resultado de evaluación de la operación del taque o poza de disipación.

- **Verificación de la Estabilidad del Flujo en el Canal de la Rápida.-** Las revisiones de la formación de ondas a lo largo del canal de la rápida se realizan utilizando los Números de Vedernikov y de Montuori con el procedimiento sugerido por el USBR (1974) [1] y mediante el uso del gráfico mostrado abajo, para caudales 0.2Q, 0.5Q y Q, donde Q es el caudal de diseño de la estructura.



Criterio para flujo estable (sin ondas)

Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida									
ESTACION (Km+m)	Q=0.1(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=0.05(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=0.02(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN
	Nv	M		Nv	M		Nv	M	
0+836.00									
0+836.65	0.6539	4.8466	Flujo Estable	0.9521	3.6288	Flujo Estable	1.435	2.4523	Flujo Estable
0+839.90	1.2895	3.4076	Flujo Estable	1.7839	2.2154	Flujo Estable	2.2417	1.0713	Flujo Estable
0+843.15	1.5414	2.0101	Flujo Estable	1.9798	1.2147	Flujo Estable	2.2859	0.5683	Flujo Estable
0+846.40	1.6452	1.3451	Flujo Estable	2.0262	0.7997	Flujo Estable	2.2886	0.3826	Flujo Estable
0+849.65	1.6878	0.9875	Flujo Estable	2.0374	0.5891	Flujo Estable	2.2889	0.2882	Flujo Estable
0+852.90	1.7054	0.7723	Flujo Estable	2.0402	0.4649	Flujo Estable	2.2891	0.2312	Flujo Estable
0+856.15	1.7126	0.6314	Flujo Estable	2.041	0.3837	Flujo Estable	2.2892	0.193	Flujo Estable
0+859.40	1.7157	0.533	Flujo Estable	2.0413	0.3266	Flujo Estable	2.2892	0.1656	Flujo Estable
0+862.65	1.717	0.4608	Flujo Estable	2.0415	0.2843	Flujo Estable	2.2893	0.145	Flujo Estable
0+865.90	1.7177	0.4056	Flujo Estable	2.0416	0.2516	Flujo Estable	2.2893	0.129	Flujo Estable
0+869.15	1.718	0.3622	Flujo Estable	2.0417	0.2257	Flujo Estable	2.2893	0.1162	Flujo Inestable y Pulsátil
0+872.40	1.7182	0.3272	Flujo Estable	2.0418	0.2047	Flujo Estable	2.2894	0.1057	Flujo Inestable y Pulsátil
0+875.65	1.7183	0.2984	Flujo Estable	2.0418	0.1872	Flujo Estable	2.2894	0.0969	Flujo Inestable y Pulsátil
0+878.90	1.7184	0.2742	Flujo Estable	2.0419	0.1725	Flujo Estable	2.2894	0.0895	Flujo Inestable y Pulsátil
0+882.15	1.7186	0.2536	Flujo Estable	2.0419	0.1599	Flujo Estable	2.2894	0.0831	Flujo Inestable y Pulsátil
0+885.40	1.7185	0.2359	Flujo Estable	2.042	0.149	Flujo Estable	2.2894	0.0776	Flujo Inestable y Pulsátil
0+888.65	1.7186	0.2206	Flujo Estable	2.042	0.1395	Flujo Estable	2.2895	0.0727	Flujo Inestable y Pulsátil
0+891.90	1.7186	0.2071	Flujo Estable	2.042	0.1312	Flujo Estable	2.2895	0.0685	Flujo Inestable y Pulsátil
0+895.15	1.7186	0.1951	Flujo Estable	2.0421	0.1238	Flujo Estable	2.2895	0.0647	Flujo Inestable y Pulsátil
0+898.40	1.7187	0.1845	Flujo Estable	2.0421	0.1172	Flujo Estable	2.2895	0.0613	Flujo Inestable y Pulsátil
0+901.00	1.7187	0.1769	Flujo Estable	2.0421	0.1124	Flujo Estable	2.2895	0.0589	Flujo Inestable y Pulsátil

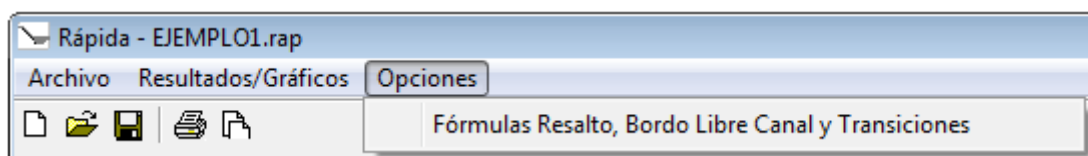
Nv: Número de Vedernikov  
M: Número de Montouri

Cerrar

Cuadro de diálogo de evaluación de la estabilidad del flujo en el canal de la Rápida.

### Menú Opciones:

El Menú de Opciones ofrece el acceso necesario al usuario a la pantalla para modificar la longitud del resalto, bordos libres en el canal y ángulo en las transiciones.



- **Bordo Libre, Transición y Tanque Amortiguador.-** Abre una cuadro de dialogo que permite la entrada de los bordos libre del canal, definir el ángulo en las transiciones modificar parámetros en la fórmula del resalto y asimismo fijar límites mínimos de la altura de los bloques de impacto en la poza.



Bordo Libre - Transición- Tanque Amortiguador

Bordo Libre y Transición | Tanque Amortiguador

Bordo libre:

En canal aguas arriba: 0.20 m

En canal rápida: 0.30 m

En poza de disipación: 0.30 m

En canal aguas abajo: 0.20 m

Fórmula transición de entrada y salida:

Longitud de Transición=  $\frac{T_1 - T_2}{2 \text{Tg } \varnothing^\circ}$  ;  $\varnothing =$  12.5 °

Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para modificar bordos libres del canal y el ángulo de las transiciones.

Bordo Libre - Transición- Tanque Amortiguador

Bordo Libre y Transición Tanque Amortiguador

Longitud de Tanque ó Poza (LB)

LB= K (Y2 - Y1); K=  Tanque Rectangular Sin Obstáculos

LB= K (Y2); K=  Tanque USBR - 1

LB= K (Y2); K=  Tanque USBR - 2

LB= K (Y2); K=  Tanque USBR - 3

LB= 4.5 (Y2)/F<sup>0.76</sup> Tanque SAF

LB= K (Y2 - Y1); K=  Tanque Trapezoidal Sin Obstáculos

Tahud Z	0	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
K	5	7.9	9.2	10.6	12.6	15.0

Valores predeterminados

Bloques u Obstáculos

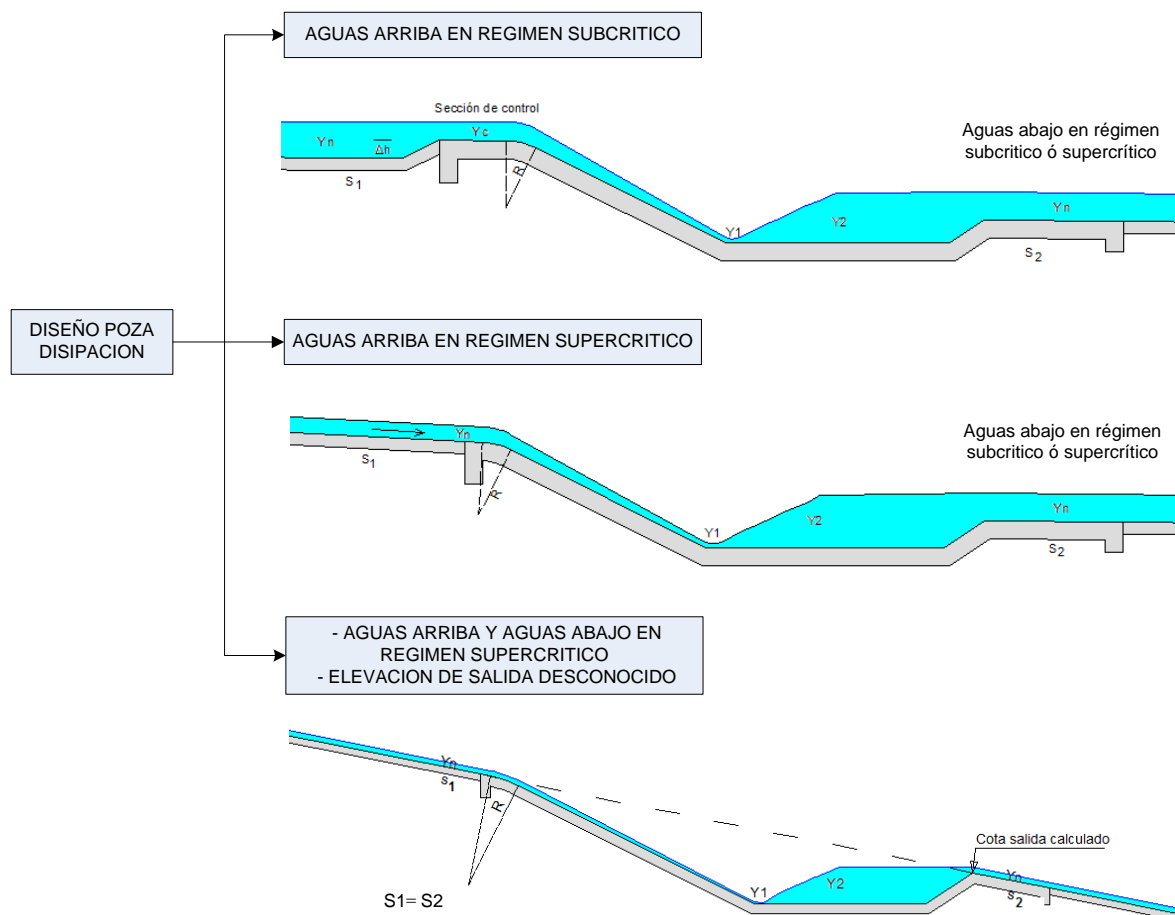
☐ Limitar altura mínima de Bloques en:  m

Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para modificar constante en la fórmula del resalto y la opción de limitar la altura de los bloques de impacto en la poza

## VI. MODULO: CAIDA INCLINADA

En el Módulo de Caída Inclínada se puede realizar diseños de poza de disipación en canales abiertos en diferentes situaciones como se muestra en el diagrama siguiente:



Caída Inclínada - Caída inclinada canal calvario.drp

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 700

Elev. Inicio de Caída(m): 2587.08

Caudal (Q): 0.20 m³/s

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 35 % de ahogamiento del resalto

k= 33.43% ,Y2=h+Yw

Elev. Salida(m): 2586.429

Δh

R

1

2

Talud

E2

k% · E2

Ew

Y2

1

1.5

Talud

h

Yw

Aguas Arriba Trans. entrada Sección control Poza/Tanque Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 0.5 m Talud(Z): 0 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.0051 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 0.5 m Talud(Z): 0 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.01 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 1 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Sección de control:

Sobre elevación(Δh): 0.15 m

Cerrar


Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	Factible	$Fr = 7.039; Y1 = 0.043 \text{ m}$
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	$Fr > 4.5$
USBR - II	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V < 15.24 \text{ m/s}$	Factible	$Fr = 7.039; V = 4.598 \text{ m/s}$
USBR - III	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V > 15.24 \text{ m/s}$	No Factible	$V < 15.24 \text{ m/s}$
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr \leq 17 \text{ y } Q < 3 \text{ m}^3/\text{s}$	Factible	$F = 7.039$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

Ancho de Poza estimado (B): 0.815

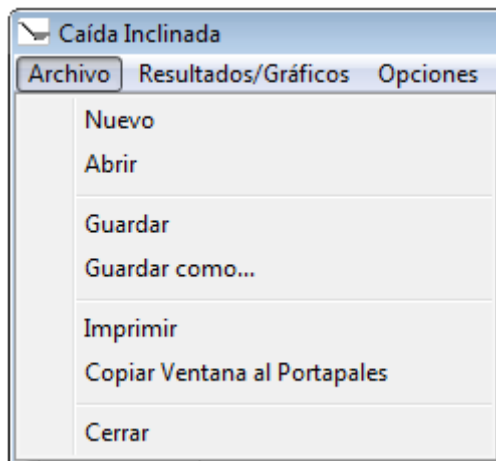
En esta ventana de diálogo del Módulo Caída Inclinada, se ingresa las dimensiones y la geometría de la estructura de la Caída Inclinada considerando las características de los canales aguas arriba y aguas abajo de la caída.

Pueden editarse el desnivel o las elevaciones de la estructura a través de un dibujo del perfil del fondo que se encuentra a mitad de la pantalla.

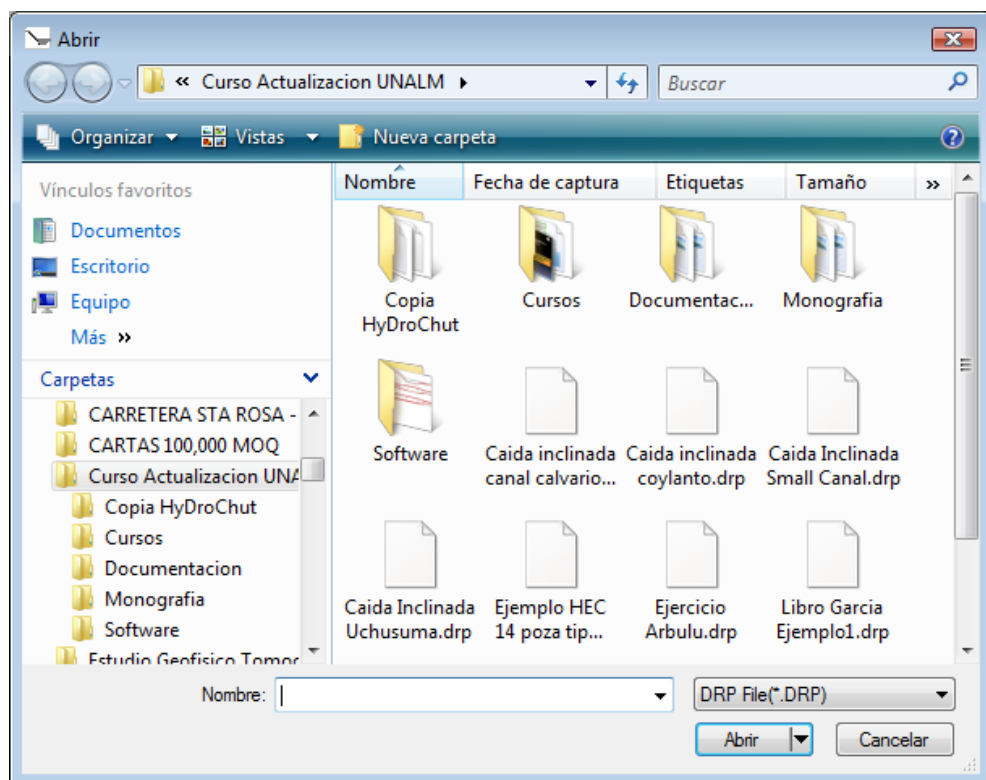
En la parte inferior se muestra un cuadro de color amarillo que permite seleccionar al usuario el tipo de tanque amortiguador a utilizarse para la estructura de disipación de energía, haciendo Clic sobre el mismo.

Este esquema permanece abierto siempre que el diseño de la Caída Inclinada esté en la memoria, si es cerrado, puede ser reabierto a través de la barra de herramientas  ó del Menú Principal **Diseño Hidráulico**, Submenú **Caída Inclinada**.

## Menú Archivo:



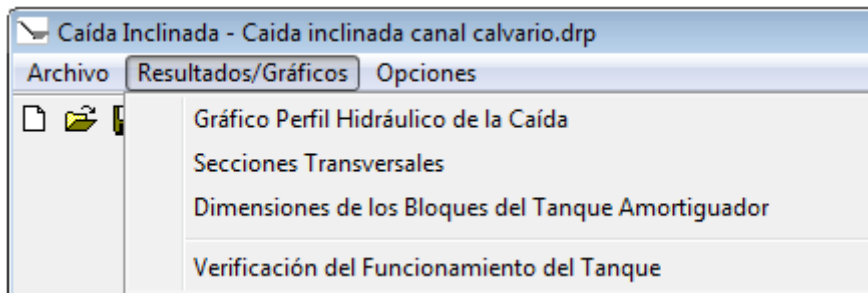
- **Nuevo.-** Limpia los cuadros de entrada de datos para crear un nuevo diseño de una Caída Inclinada.
- **Abrir.-** Abre un archivo de una Caída Inclinada existente (\* .DRP file)



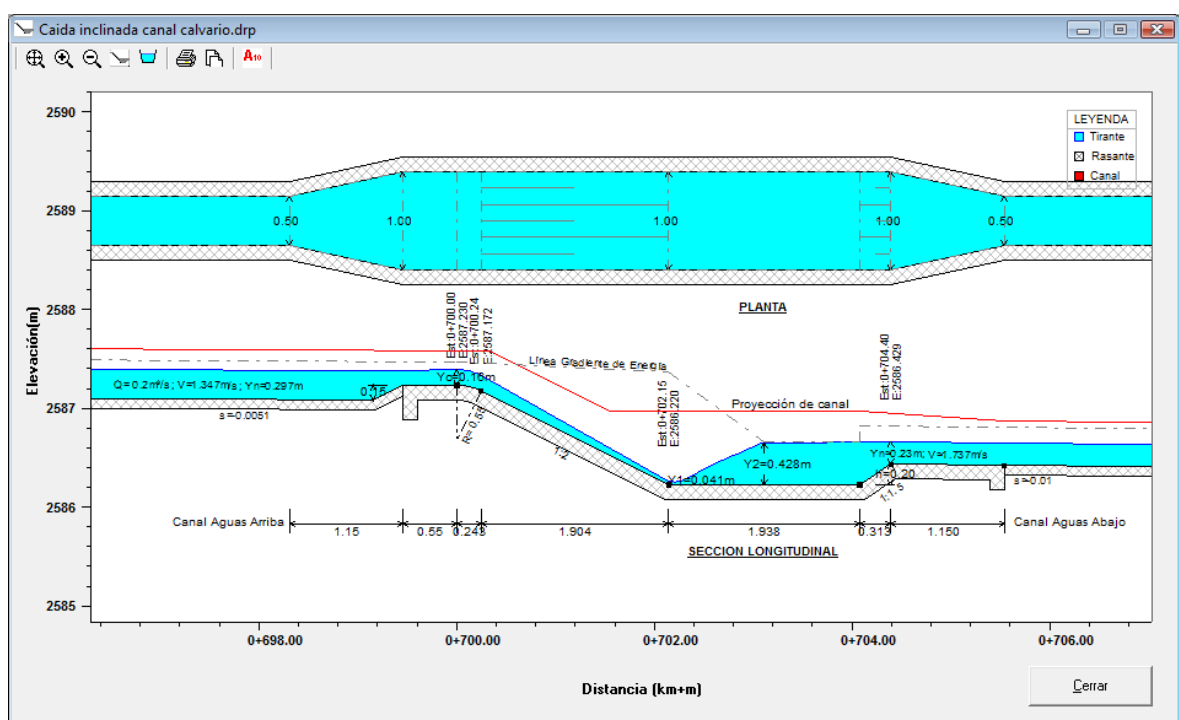
- **Guardar.-** Guarda o almacena en memoria la Caída Inclinada actual que se diseña un archivo de extensión \*.DRP. Si éste es un nueva Caída Inclinada, usted colocará un nombre al archivo. Si esto es una Caída Inclinada existente, el archivo se guardará bajo su nombre actual.

- **Guardar como....-** Guarda o almacena el diseño de la Caída Inclinada actual a un \*.DRP file. Permite al usuario dar un nombre al diseño de la Caída Inclinada que está tratando.
- **Imprimir.-** Imprime la pantalla actual en forma de imagen directamente en la Impresora Windows System.
- **Copiar ventana al portapapeles.-** Copia una imagen de la ventana activa en el portapapeles de Windows. Una vez en el portapapeles, la imagen puede pegarse en algún documento de acuerdo a su aplicación.
- **Cerrar.-** Cierra el archivo de la Caída Inclinada actual que se diseña y sale del Módulo Caída Inclinada, sin salir del programa.

### Menú Resultados/Gráficos:











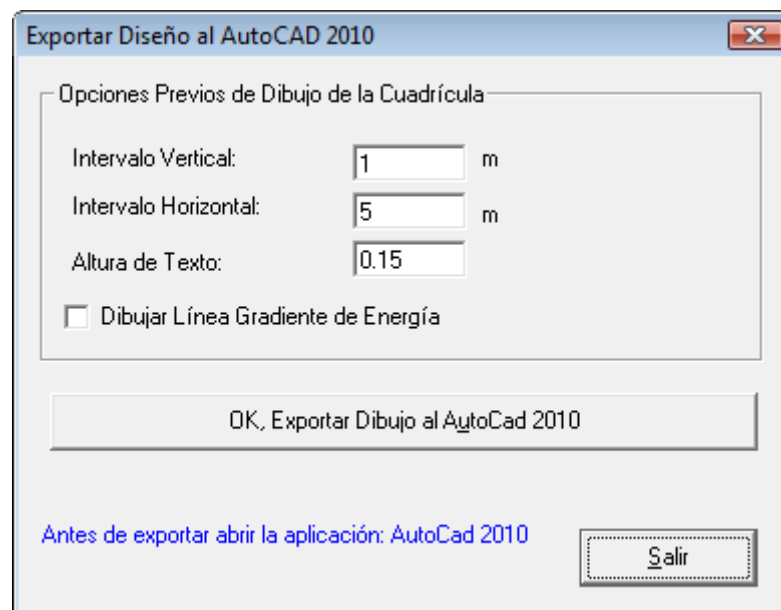
- **Gráfico Perfil Hidráulico de la Caída Inclinada.-** Muestra el resultado del diseño de la Caída Inclinada en Planta y la Sección longitudinal en forma gráfica.



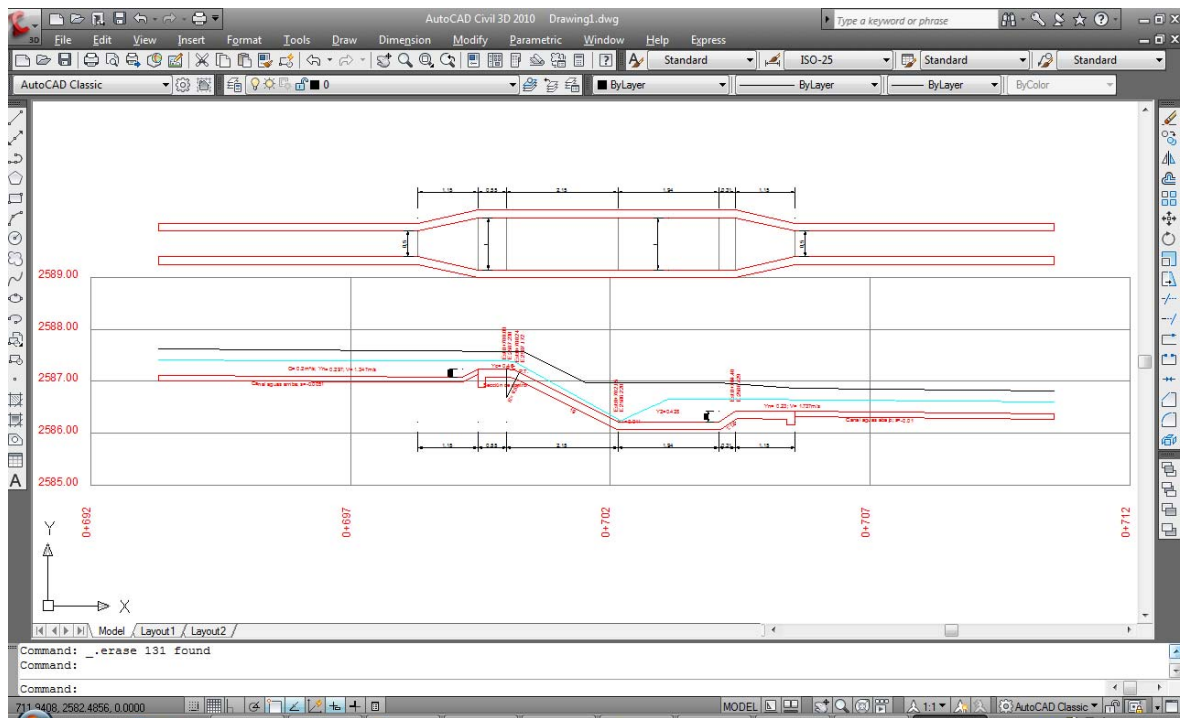
## Ventana del resultado gráfico

Descripción de la barra de herramientas de la ventana del resultado gráfico:

-  Muestra todo el dibujo
-  Zoom aumenta
-  Zoom disminuye
-  Muestra el perfil de la poza de disipación
-  Muestra las secciones transversales de la estructura
-  Imprime la pantalla actual en forma de imagen directamente en la Impresora Windows System.
-  Copia una imagen de la ventana activa en el portapapeles de Windows.
-  Exporta el dibujo gráfico al AutoCAD 2010. Para exportar el dibujo previamente debe ejecutarse la Aplicación del AutoCAD 2010.

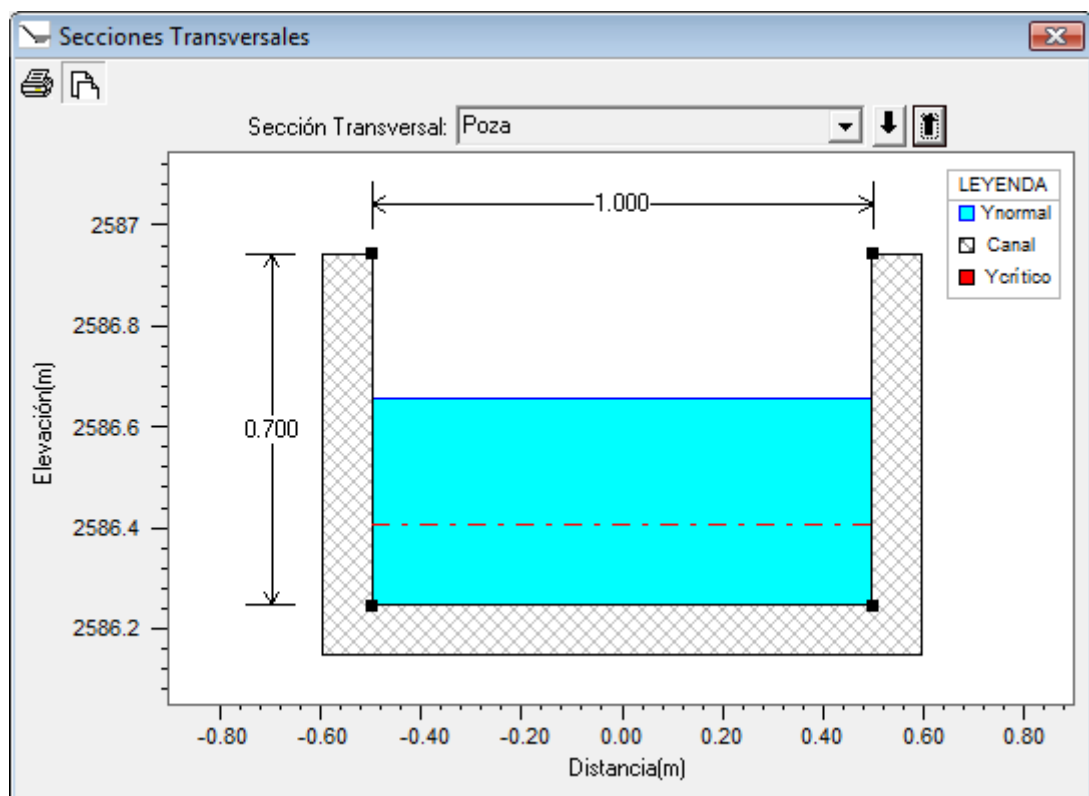


Cuadro de diálogo para exportar dibujo gráfico al AutoCAD 2010.



Resultado del diseño de la Caída Inclinada en el AutoCAD 2010

- **Secciones Transversales.-** Muestra las secciones transversales del canal aguas arriba, sección de control, canal de la rápida, poza y canal aguas abajo.



Cuadro de diálogo para mostrar las secciones transversales



- **Dimensiones de los Bloques del Tanque Amortiguador.-** Muestra las dimensiones de los bloques de impacto provistos en el tanque amortiguador. Está disponible solo para aquellos tanques que disponen de bloques de impacto: Tanques amortiguadores tipo USBR I, II, III y Tanque tipo SAF.
- **Verificación del funcionamiento del Tanque.-** Las revisiones de la operación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales inferiores al caudal (Q) de diseño: (0.1Q, 0.2Q,...,Q), compara los niveles de energía a la salida del tanque amortiguador con el nivel de energía del canal aguas abajo, indicando además advertencia o mensajes de error relacionados al cálculo de la evaluación del tanque.

Estas revisiones se realizan con las dimensiones ya fijadas de la estructura de la Caída Inclinada, haciendo que fluyan diferentes caudales sobre ella.

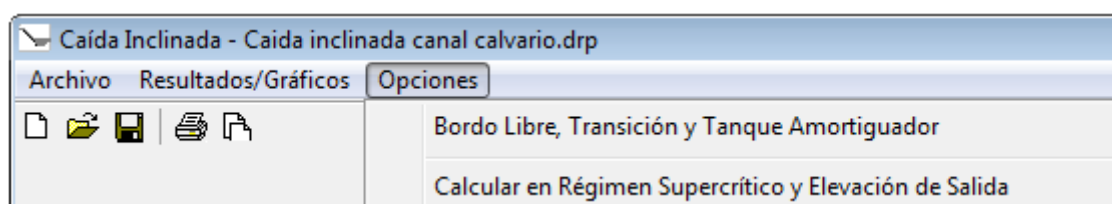
Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
	(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	(M)	
1	0.200	0.043	0.0960	0.415	0.0960	1.8580	2586.6670	2586.8130	OK
2	0.180	0.039	0.0850	0.393	0.0850	1.7680	2586.6440	2586.7880	OK
3	0.160	0.035	0.0750	0.369	0.0750	1.6700	2586.6200	2586.7610	OK
4	0.140	0.031	0.0650	0.344	0.0650	1.5640	2586.5930	2586.7330	OK
5	0.120	0.027	0.0550	0.317	0.0550	1.4480	2586.5650	2586.7040	OK
6	0.100	0.022	0.0470	0.294	0.0470	1.3580	2586.5410	2586.6730	OK
7	0.080	0.018	0.0360	0.260	0.0360	1.2120	2586.5060	2586.6400	OK
8	0.060	0.014	0.0260	0.222	0.0260	1.0400	2586.4670	2586.6030	OK
9	0.040	0.009	0.0180	0.186	0.0180	0.8850	2586.4290	2586.5620	OK
10	0.020	0.005	0.0080	0.125	0.0080	0.6010	2586.3680	2586.5130	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Cuadro de resultado de evaluación de la operación del taque o poza de disipación.

### Menú Opciones:



- **Bordo Libre, Transición y Tanque Amortiguador.-** Abre una cuadro de dialogo que permite la entrada de los bordos libre del canal, definir el ángulo en las transiciones modificar parámetros en la fórmula del resalto y asimismo fijar límites mínimos de la altura de los bloques de impacto en la poza.

**Bordo Libre - Transición- Tanque Amortiguador**

**Bordo Libre y Transición** | Tanque Amortiguador

Bordo libre:

En canal aguas arriba: 0.20 m

En canal de rampa: 0.30 m

En poza de disipación: 0.30 m

En canal aguas abajo: 0.20 m

Fórmula transición de entrada y salida:

Longitud de Transición=  $\frac{T_1 - T_2}{2Tg \varnothing^\circ}$  ;  $\varnothing = 12.5^\circ$

Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para modificar constante en la fórmula del resalto y la opción de limitar la altura de los bloques de impacto en la poza

**Bordo Libre - Transición- Tanque Amortiguador**

Bordo Libre y Transición **Tanque Amortiguador**

Longitud de Tanque ó Poza (LB)

LB =  $K(Y_2 - Y_1)$ ; K =  Tanque Rectangular Sin Obstáculos

LB =  $K(Y_2)$ ; K =  Tanque USBR - 1

LB =  $K(Y_2)$ ; K =  Tanque USBR - 2

LB =  $K(Y_2)$ ; K =  Tanque USBR - 3

LB =  $4.5(Y_2)/F^{0.76}$  Tanque SAF

LB =  $K(Y_2 - Y_1)$ ; K =  Tanque Trapezoidal Sin Obstáculos

Tahud Z	0	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
K	5	7.9	9.2	10.6	12.6	15.0

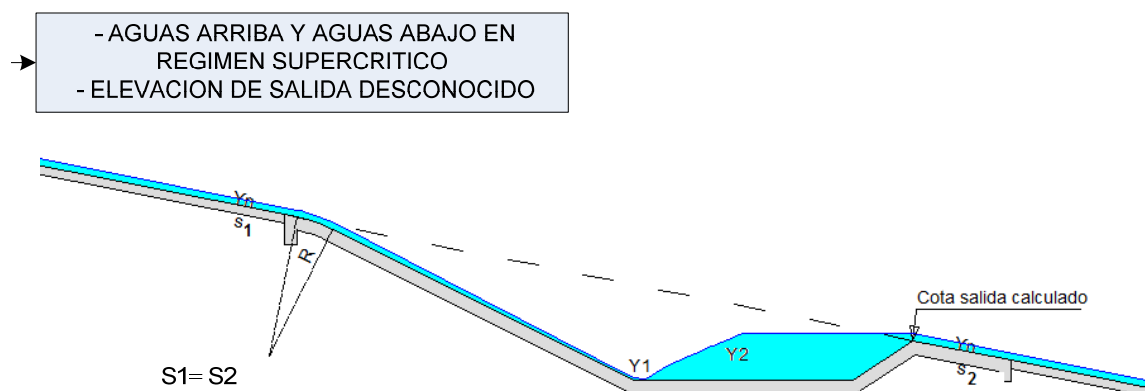
Valores predeterminados

Bloques u Obstáculos

☐ Limitar altura mínima de Bloques en:  m

Cuadro de diálogo para modificar los bordos libres del canal y el ángulo de las transiciones.

- **Calcular en Régimen Supercrítico y Elevación de Salida.-** Esta opción permite realizar diseños de poza de disipación en tramos empinados de fuerte pendiente uniforme. El método para el cálculo hidráulico está basado en la bibliografía del HEC-14 [9].



**Caída Inclinada**

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Caudal (Q):  m³/s

Progresiva(m):

Elev. Inicio de Caída(m):

E2: Nivel de energía al final de resalto  
 Ew: Nivel de energía aguas abajo  
 k=  % de ahogamiento del resalto  
 k= 32.46% , Y2=h+Yw

Talud 1:

Talud 2:

Elev. Salida(m):

h:

So:

Yw:

Aguas Arriba Poza/Tanque Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b):  m Talud(Z):  Rugosidad(n):  Pendiente(So):  m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b):  m Talud(Z):  Rugosidad(n):  Pendiente(So):  m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B):  m

Talud(Z):

OK

Cancelar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$		
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$		
USBR - II	$Fr \geq 4.5$ y $V < 15.24$ m/s		
USBR - III	$Fr \geq 4.5$ y $V > 15.24$ m/s		
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr \leq 17$ y $Q < 3$ m³/s		
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL			

Cuadro de diálogo del ingreso de datos para el diseño de una poza de disipación en régimen supercrítico.

## VII. MODULO: CAIDA VERTICAL

Este módulo permite diseñar caídas verticales de hasta una altura máxima de 4.6 m, según recomendación, utilizando las fórmulas empíricas existentes en la bibliografía [9]. Se puede diseñar caídas verticales sin obstáculos para pequeñas alturas y caídas verticales con obstáculos para alturas menores de 4.6 m.

Caída Vertical - Ejemplo3.drpv

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Caudal (Q): 0.08 m³/s

Progresiva(m): 100

Elev. Inicio de Caída(m): 2501.50

Elev. Salida(m): 2500

☒ Caída Vertical Sin Obstáculos

☐ Caída Vertical Con Obstáculos

Y<sub>n</sub> Y<sub>c</sub> Y<sub>p</sub> Y<sub>1</sub> Y<sub>2</sub> Y<sub>w</sub>

ΔZ

Ld Lr

Aguas Arriba Trans. entrada Sección control Poza/Tanque Talud Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 0.5 m Talud(Z): 0 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(S): 0.005 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 0.5 m Talud(Z): 0 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(S): 0.005 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho poza(B): 0.60 m

Sección de control:


Sobre elevación(Δh): -0.03 m

OK Cancelar

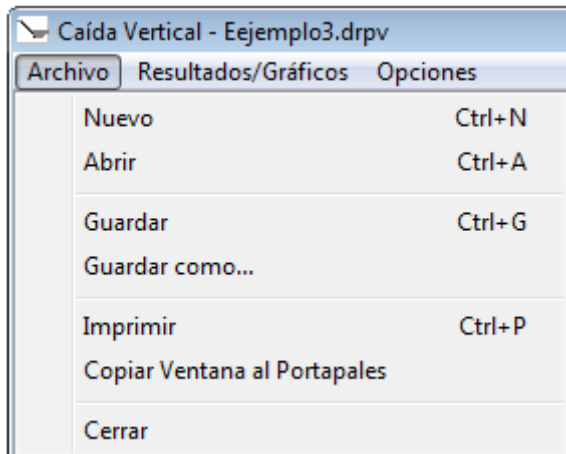
Ancho de poza calculado(B): 0.567

En esta ventana del Módulo de caída vertical, se ingresa las dimensiones y la geometría de la estructura de la caída vertical considerando las características de los canales aguas arriba y aguas abajo de la caída, el usuario tiene la opción de seleccionar el tipo de Caída Vertical Sin Obstáculos ó Con Obstáculos.

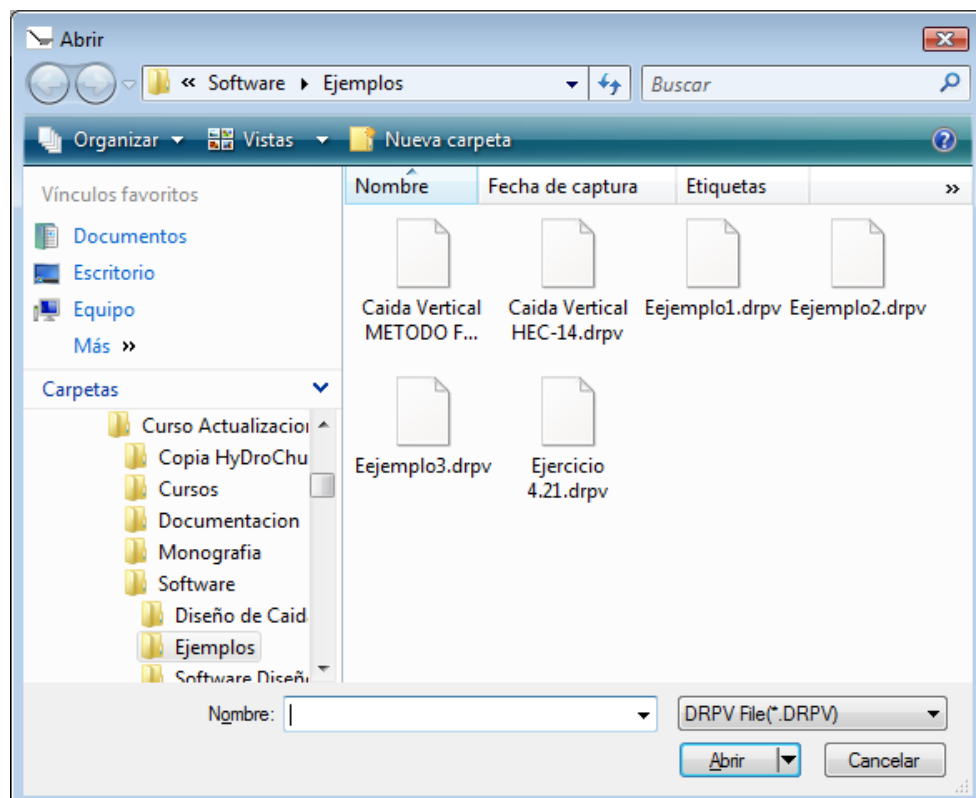
Pueden editarse el desnivel o las elevaciones de la estructura a través de un dibujo del perfil del fondo que se encuentra a mitad de la pantalla.

Este esquema permanece abierto siempre que el diseño de la Caída Vertical esté en la memoria, si es cerrado, puede ser reabierto a través de la barra de herramientas  ó del Menú Principal **Diseño Hidráulico**, Submenú **Caída Vertical**.

### Menú Archivo:

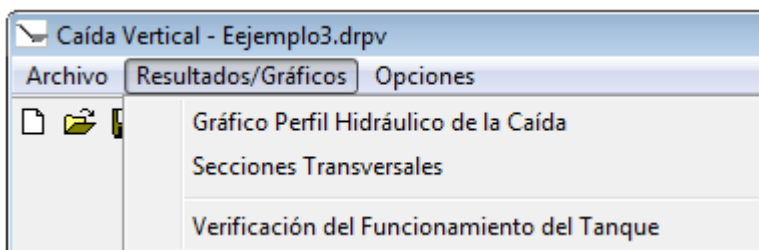


- **Nuevo.-** Limpia los cuadros de entrada de datos para crear un nuevo diseño de una Caída Vertical.
- **Abrir.-** Abre un archivo de una Caída Vertical existente (\* .DRPV file)



- **Guardar.-** Guarda o almacena en memoria la Caída Vertical actual que se diseña un archivo de extensión \*.DRPV. Si éste es un nueva Caída Vertical, usted colocará un nombre al archivo. Si esto es una Caída Vertical existente, el archivo se guardará bajo su nombre actual.
- **Guardar como....-** Guarda o almacena el diseño de la Caída Vertical actual a un \*.DRPV file. Permite al usuario dar un nombre al diseño de la Caída Vertical que está tratando.
- **Imprimir.-** Imprime la pantalla actual en forma de imagen directamente en la Impresora Windows System.
- **Copiar ventana al portapapeles.-** Copia una imagen de la ventana activa en el portapapeles de Windows. Una vez en el portapapeles, la imagen puede pegarse en algún documento de acuerdo a su aplicación.
- **Cerrar.-** Cierra el archivo de la Caída Vertical actual que se diseña y sale del Módulo Caída Vertical, sin salir del programa.

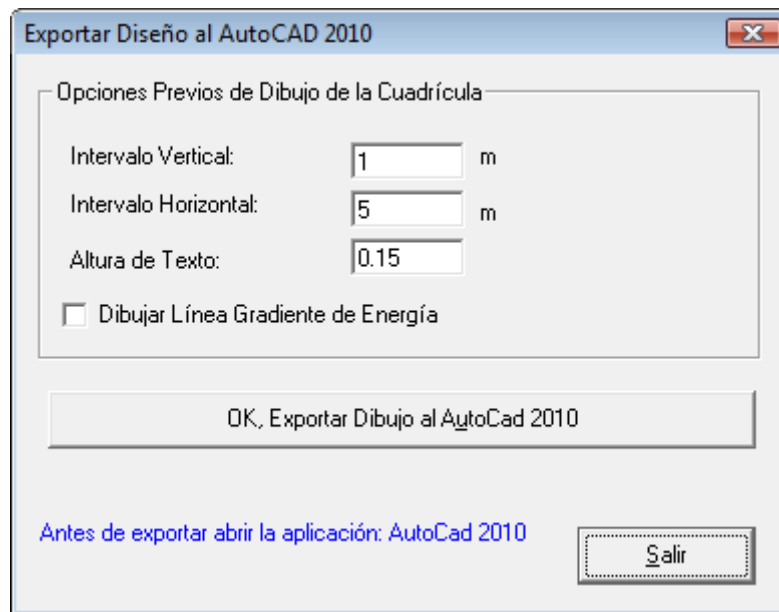
#### Menú Resultados/Gráficos:



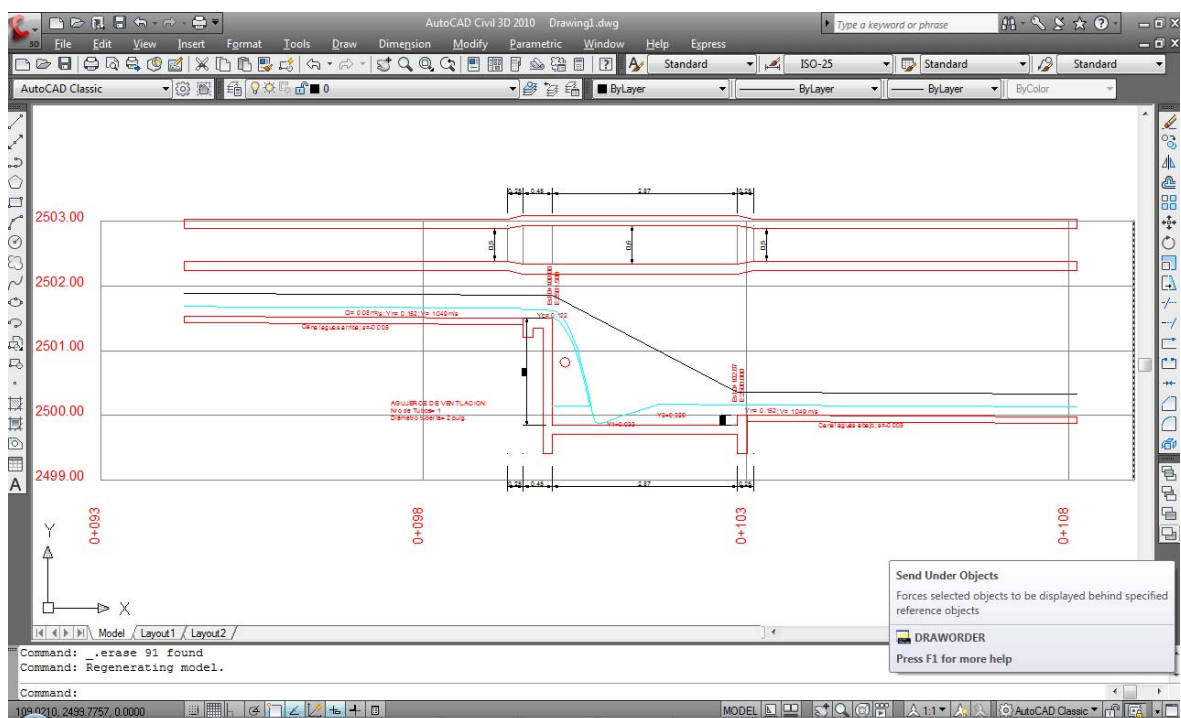
- **Gráfico Perfil Hidráulico de la Caída Vertical.-** Muestra el resultado del diseño de la Caída Vertical en Planta y la Sección longitudinal en forma gráfica.





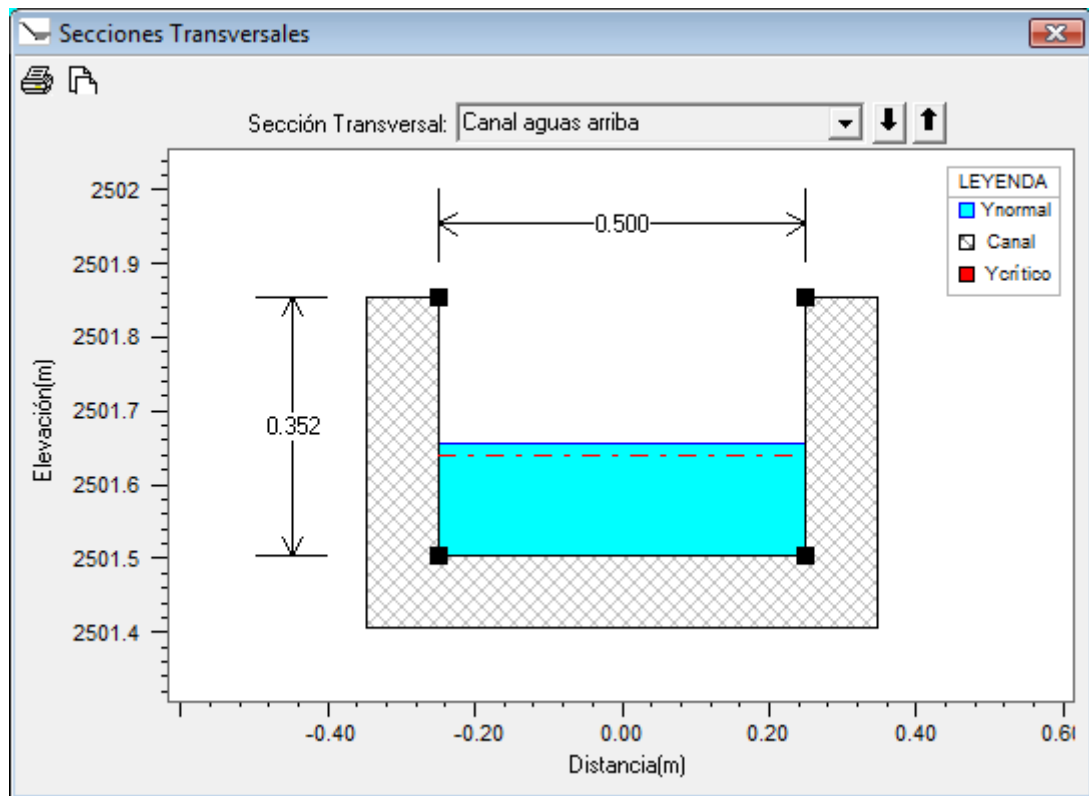


Cuadro de diálogo para exportar dibujo gráfico al AutoCAD 2010.



Resultado del diseño de la Caída Vertical en el AutoCAD 2010

- **Secciones Transversales.-** Muestra las secciones transversales del canal aguas arriba, sección de control, canal de la rápida, poza y canal aguas abajo.



- **Verificación del funcionamiento del Tanque.-** Las revisiones de la operación del funcionamiento del tanque amortiguador para diferentes caudales inferiores al caudal ( $Q$ ) de diseño: ( $0.1Q, 0.2Q, \dots, Q$ ), compara los niveles de energía a la salida del tanque amortiguador con el nivel de energía del canal aguas abajo, indicando además advertencia o mensajes de error relacionados al cálculo de la evaluación del tanque.

Estas revisiones se realizan con las dimensiones ya fijadas de la estructura de la Caída Vertical, haciendo que fluyan diferentes caudales sobre ella.

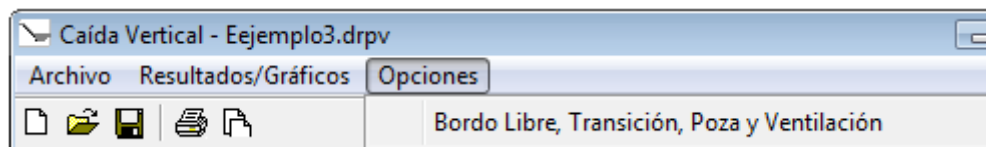
Verificación del Funcionamiento de la Poza									
N°	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE POZA	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	0.080	0.032	0.0340	0.332	0.0360	2.9290	2500.1900	2500.2090	OK
2	0.072	0.029	0.0300	0.314	0.0320	2.7740	2500.1710	2500.1940	OK
3	0.064	0.027	0.0260	0.294	0.0280	2.6100	2500.1510	2500.1790	OK
4	0.056	0.024	0.0230	0.274	0.0240	2.4350	2500.1300	2500.1640	OK
5	0.048	0.021	0.0190	0.252	0.0210	2.2480	2500.1070	2500.1480	OK
6	0.040	0.018	0.0150	0.228	0.0170	2.0440	2500.0830	2500.1310	OK
7	0.032	0.015	0.0120	0.202	0.0130	1.8190	2500.0560	2500.1130	OK
8	0.024	0.012	0.0090	0.173	0.0100	1.5650	2500.0260	2500.0930	OK
9	0.016	0.008	0.0050	0.139	0.0060	1.2650	2499.9910	2500.0710	OK
10	0.008	0.005	0.0020	0.096	0.0030	0.8770	2499.9470	2500.0450	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Cuadro de resultado de evaluación de la operación del taque o poza de disipación.

### Menú Opciones:



- **Bordo Libre, Transición, Poza y Ventilación.-** Abre una cuadro de dialogo que permite la entrada de los bordos libre del canal, definir el ángulo en las transiciones, modificar parámetros en la fórmula del resalto y definir el tipo de aireación de la napa de agua en la caída vertical.

Bordo Libre y Transición - Poza - Ventilación

Bordo Libre y Transición | Poza | Ventilación

Bordo libre:

En canal aguas arriba: 0.20 m

En canal aguas abajo: 0.20 m

Fórmula transición de entrada y salida:

Longitud de Transición =  $\frac{T_1 - T_2}{2T_g \theta^\circ}$ ;  $\theta = 12.5^\circ$

Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para modificar bordos libres y ángulo de la transición.

Bordo Libre y Transición - Poza - Ventilación

Bordo Libre y Transición | Poza | Ventilación

Longitud de Tanque ó Poza (LB)

LB = K (Y2 - Y1); K = 6.9 Tanque Rectangular Sin Obstáculos

Bloques u Obstáculos

☐ Limitar altura mínima de Bloques en: 0.20 m

Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para modificar constante en la fórmula del resalto y la opción de limitar la altura de los bloques de impacto en la poza

Bordo Libre - Transición - Poza - Ventilación

Bordo Libre y Transición | Poza | **Ventilación**

Aireación de la caída vertical:

☐ Contracción Lateral: 0.20 m

☒ Agujeros de Ventilación:

Tubería de PVC

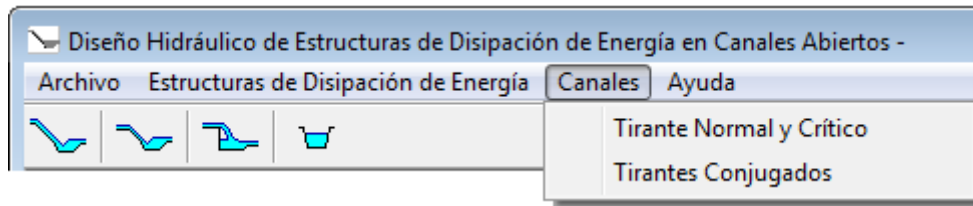
Long. Tubería: 2 m

Diámetro de Tubería: 2 Pulg.

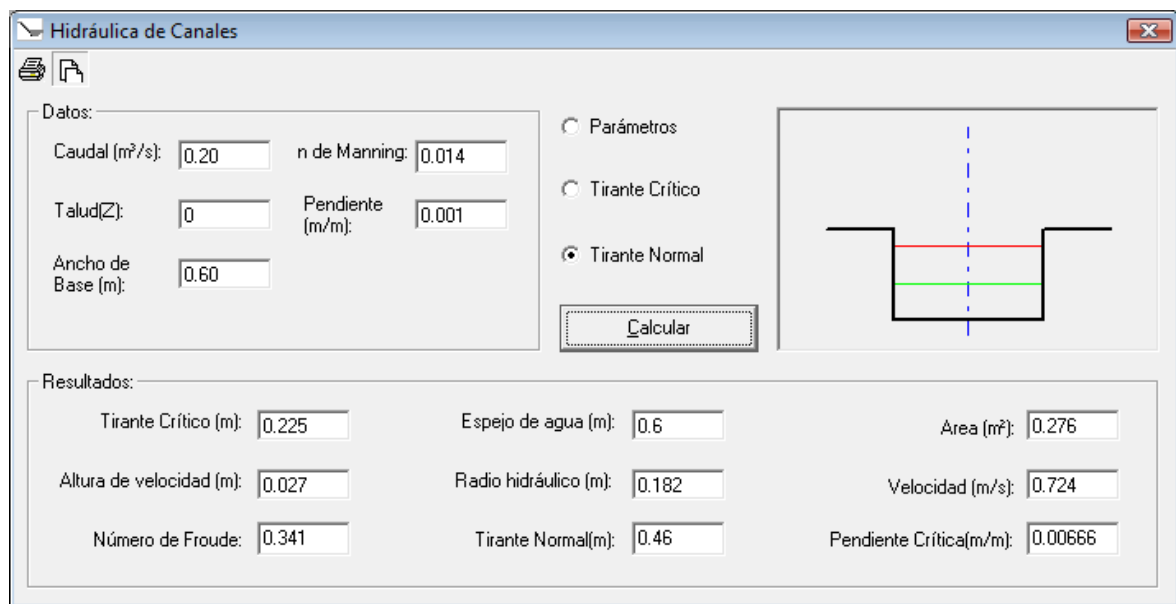
Aceptar Cancelar

Cuadro de diálogo para definir el tipo de aireación o ventilación de la napa en la caída vertical.

## VIII. MODULO: CANAL



### Submenú: Tirante Normal y Crítico



**Datos:**

Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ):	0.20	n de Manning:	0.014
Talud(Z):	0	Pendiente (m/m):	0.001
Ancho de Base (m):	0.60		

☐ Parámetros  
☐ Tirante Crítico  
☒ Tirante Normal

**Resultados:**

Tirante Crítico (m):	0.225	Espejo de agua (m):	0.6	Area ( $\text{m}^2$ ):	0.276
Altura de velocidad (m):	0.027	Radio hidráulico (m):	0.182	Velocidad (m/s):	0.724
Número de Froude:	0.341	Tirante Normal(m):	0.46	Pendiente Crítica(m/m):	0.00666

Cuadro de diálogo para el cálculo del tirante normal, tirante crítico y parámetros del canal como herramienta opcional. También se puede tener acceso desde la barra de herramientas



o del Menú Principal **Canal**, Submenú **Tirante Normal y Crítico**.

## Submenú: Tirantes Conjugados

**Tirantes Conjugados**

Datos:

Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ):

Talud, Z(H:V):

Ancho de base (m):

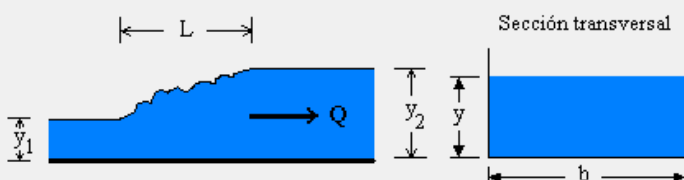
Tirante aguas arriba,  $y_1$ :

Resultados:

Tirante aguas abajo,  $y_2$ (m):  Pérdida de energía, E(m):  Eficiencia del resalto, E<sub>f</sub>(%):

Relación,  $y_2/y_1$ :  Número de Froude, F1:  Velocidad aguas arriba, V1(m/s):

Longitud del salto, L(m):  Número de Froude, F2:  Velocidad aguas abajo, V2(m/s):



Cuadro de diálogo para el cálculo del tirante conjugado mayor del resalto hidráulico como herramienta opcional.

## IX. EJEMPLOS REALIZADOS CON EL USO DEL SOFTWARE: RÁPIDAS

### Versión 1.0

En los siguientes ejemplos se muestran el diseño de rápidas y caídas propuestos en diversos libros, monografías y manuales, mediante el uso del software **RÁPIDAS**, con el objetivo de validar los resultados.

**EJEMPLO Nro 01.** Diseño de una rápida propuesto en el libro: Design of Small Canal Structures[1], Pág. 110.

Diseñar una rápida para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:

Caudal "Q":	0.99	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	1.83	m
Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.025	
Pendiente "s":	0.00035	m/m

Aguas abajo:

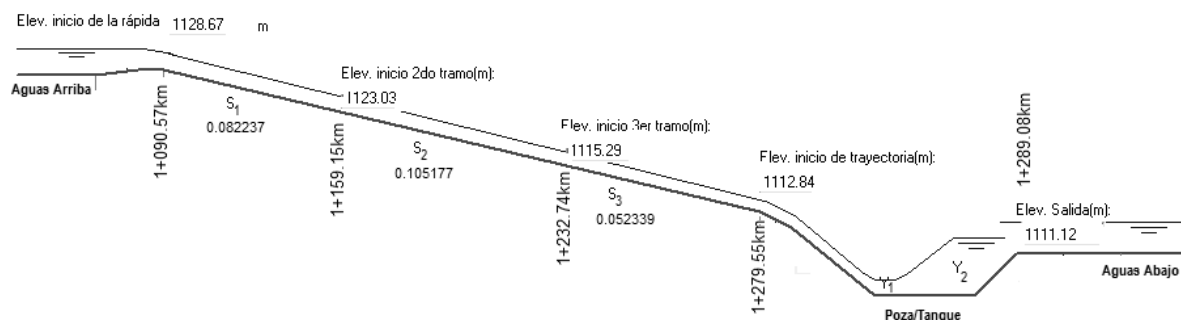
Caudal "Q":	0.99	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	1.83	m
Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.02	
Pendiente "s":	0.00035	m/m

Canal de rápida:

Ancho "b":	0.91	m
Talud "Z":	0	
Rugosidad "n":	0.01	
Pendiente "s1":	0.082237	m/m
Pendiente "s2":	0.105177	m/m
Pendiente "s3":	0.052339	m/m

Poza de disipación:

Ancho "b":	1.52	m
Talud "Z":	0	



Perfil longitudinal del canal.



## Solución:

E:\Curso Actualizacion UNALM\RAPIDA usbr.rap

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 1090.57

Elev. inicio de la rápida: 1128.67 m

Caudal (Q): 0.99 m<sup>3</sup>/s

Elev. inicio 2do tramo(m): 1123.03

Elev. inicio 3er tramo(m): 1115.29

Elev. inicio de trayectoria(m): 1112.84

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 0 % de ahogamiento del resalto

Trayectoria

Talud

Poza/Tanque

Trans. salida

Aguas Abajo

Ingresar datos canal de la rápida:

Número de tramos: 3

Ancho de base(b): 0.91 m

Talud(Z): 0 m/m

Rugosidad(n): 0.01

Pendiente tramo 1(S1): 0.082237 m/m

Pendiente tramo 2(S2): 0.105177 m/m

Pendiente tramo 3(S3): 0.052339 m/m

Sección de control:

Sobre elevación(Δh): 0.004 m

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba:

Ancho de base(b): 1.83 m

Talud(Z): 1.5

Rugosidad(n): 0.025

Pendiente(S): 0.00035 m/m

Aguas abajo:

Ancho de base(b): 1.83 m

Talud(Z): 1.5

Rugosidad(n): 0.02

Pendiente(S): 0.00035 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 1.524 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

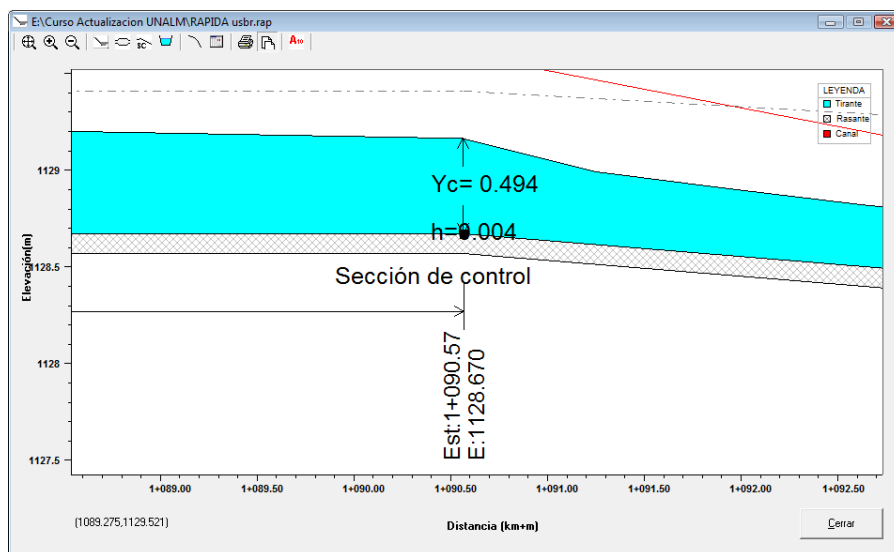
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	Factible	$Fr = 9.876$ ; $Y_1 = 0.076$ m
USBR - I	$2.5 <= Fr < 4.5$	No Factible	$Fr > 4.5$
USBR - II	$Fr >= 4.5$ y $V < 15.24$	Factible	$F = 9.876$ ; $V = 8.534$
USBR - III	$Fr >= 4.5$ y $V > 15.24$	No Factible	$V < 15.24$
TANQUE SAF	$1.7 <= Fr <= 17$	Factible	$Fr = 9.876$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

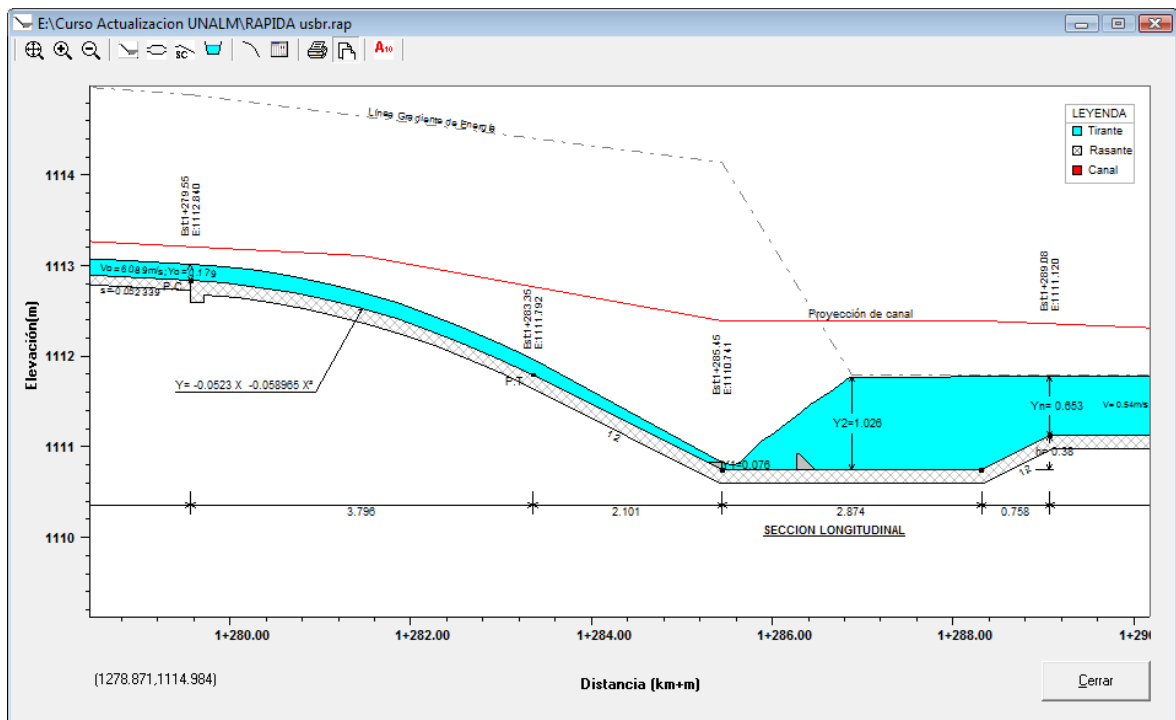
Ancho de Poza estimado (b): 1.683

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador USBR tipo II

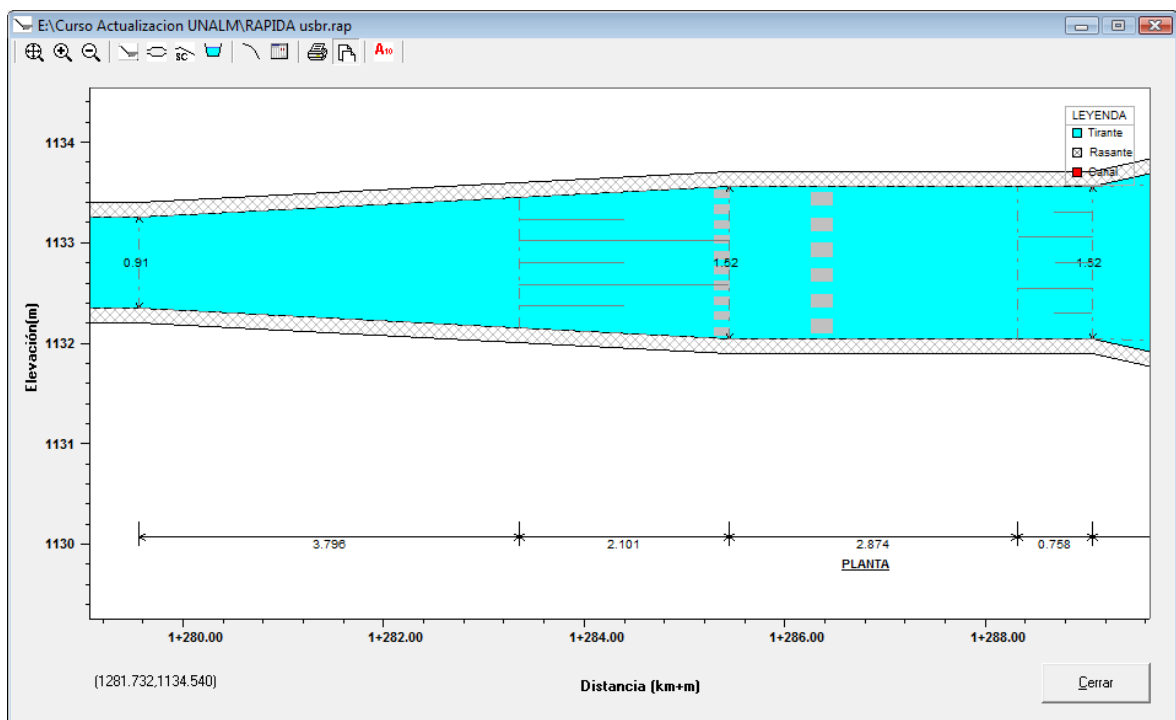
## Resultados con el uso del software:



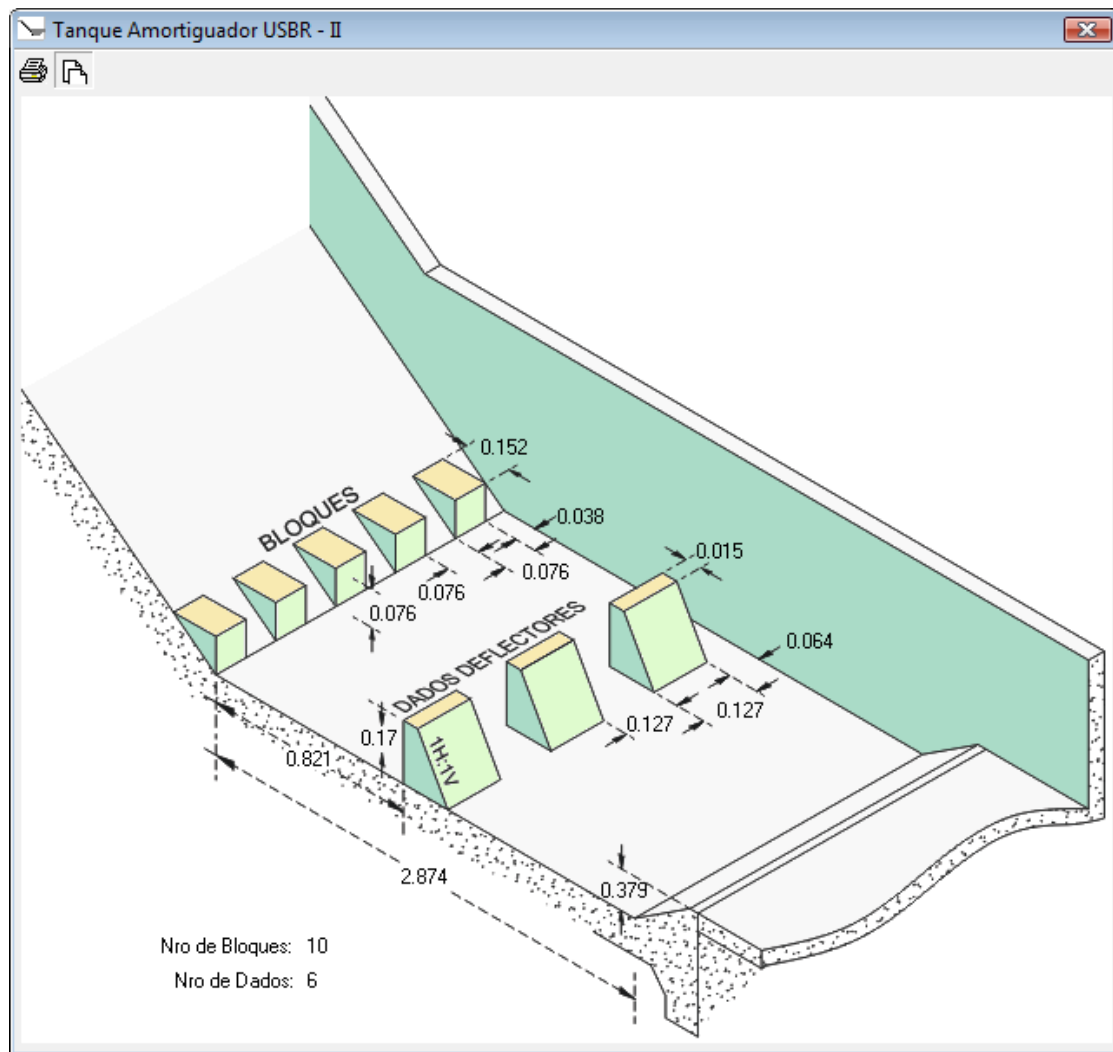
Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



Planta poza de disipación

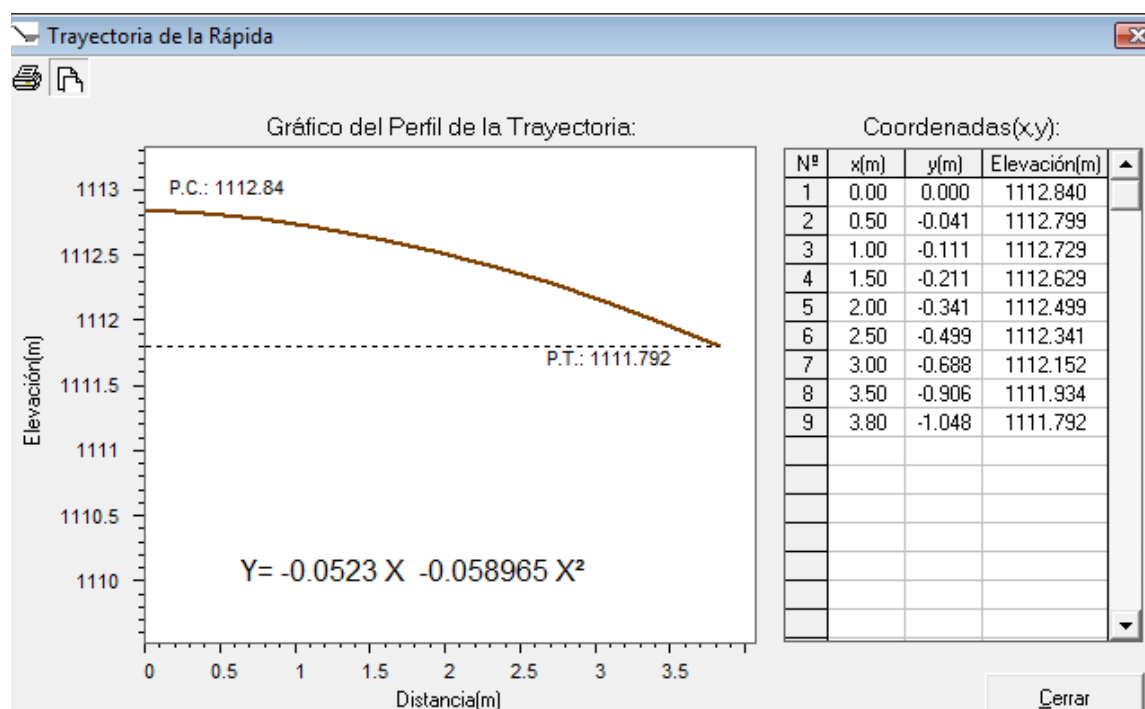


Dimensiones de los bloques de impacto en el tanque amortiguador Tipo II

ESTACION ( Km+m )	ELEVACION ( msnm )	VELOCIDAD ( m/seg )	ELEVACION ENERGIA ( msnm )	TIRANTE ( m )	TIRANTE* ( m )	DESCRIPCION
		0.4594		0.7349	0.7349	Canal Aguas Arriba
1+090.57	1128.67	2.2017	1129.4112	0.4941	0.4941	Inicio de la Rápida
1+091.26	1128.614	2.8475	1129.409	0.3821	0.3821	
1+101.54	1127.768	4.8989	1129.213	0.2221	0.2464	
1+111.83	1126.922	5.7586	1128.801	0.1889	0.2215	
1+122.12	1126.076	6.2306	1128.229	0.1746	0.2115	
1+132.41	1125.23	6.4996	1127.55	0.1674	0.2066	
1+142.69	1124.384	6.6545	1126.804	0.1635	0.2041	
1+152.98	1123.538	6.7442	1126.018	0.1613	0.2027	
1+163.57	1122.566	6.9642	1125.194	0.1562	0.1995	
1+174.61	1121.405	7.1927	1124.193	0.1513	0.1965	
1+185.64	1120.244	7.3135	1123.119	0.1488	0.195	
1+196.68	1119.083	7.3775	1122.005	0.1475	0.1942	
1+207.72	1117.922	7.4115	1120.869	0.1468	0.1938	
1+218.76	1116.761	7.4295	1119.721	0.1464	0.1936	
1+229.80	1115.6	7.439	1118.567	0.1462	0.1935	
1+237.89	1115.02	7.1447	1117.774	0.1523	0.1971	
1+244.91	1114.652	6.8048	1117.172	0.1599	0.2018	
1+251.94	1114.284	6.5582	1116.642	0.1659	0.2057	
1+258.96	1113.916	6.3789	1116.161	0.1705	0.2087	
1+265.98	1113.548	6.2485	1115.712	0.1741	0.2112	
1+273.00	1113.18	6.1537	1115.287	0.1768	0.213	
1+279.55	1112.84	6.0887	1114.9082	0.1787	0.2143	Inicio de la Trayectoria
1+285.45	1110.74	8.5339	1114.5276	0.0762	0.0762	Inicio del Resalto
1+288.33	1110.74	0.6342	1111.7877	1.0277	1.0277	Final del Resalto
1+289.09	1111.12	0.5398	1111.7877	0.6529	0.6529	Canal Aguas Abajo

TIRANTE\*: Tirante con ingreso de aire

### Perfil hidráulico de la rápida



### Trayectoria de la rápida

**Verificación del Funcionamiento de la Poza**

	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
1	0.990	0.076	0.8670	1.027	0.8670	2.8750	1111.7880	1111.7880	--
2	0.891	0.07	0.7620	0.963	0.7620	2.6970	1111.7230	1111.7510	OK
3	0.792	0.063	0.6690	0.904	0.6690	2.5310	1111.6620	1111.7120	OK
4	0.693	0.056	0.5760	0.840	0.5760	2.3520	1111.5960	1111.6710	OK
5	0.594	0.05	0.4740	0.762	0.4740	2.1350	1111.5170	1111.6260	OK
6	0.495	0.042	0.3920	0.695	0.3920	1.9460	1111.4470	1111.5770	OK
7	0.396	0.035	0.3010	0.610	0.3010	1.7080	1111.3600	1111.5240	OK
8	0.297	0.027	0.2190	0.522	0.2190	1.4620	1111.2700	1111.4630	OK
9	0.198	0.019	0.1380	0.416	0.1380	1.1650	1111.1620	1111.3920	OK
10	0.099	0.01	0.0660	0.288	0.0660	0.8070	1111.0320	1111.3020	OK

EL DISEÑO NO ES ACEPTABLE.

Para Q=0.990, La energía al final del resalto es mayor que aguas abajo, resalto barrido!!

SE RECOMIENDA INCREMENTAR EL % DE AHOGAMIENTO DEL RESALTO

Cerrar

### Verificación de la operación de la poza

**Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida**

ESTACION	Q=0.99(M³/S)		TIPO DE	Q=0.495(M³/S)		TIPO DE	Q=0.198(M³/S)		TIPO DE
(Km+m)	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN
1+090.57									
1+091.26	0.533	131.087	Flujo Estable	0.7186	91.0482	Flujo Estable	1.0052	53.6809	Flujo Estable
1+101.54	1.4871	12.0945	Flujo Estable	2.0746	7.1414	Flujo Estable	2.7607	3.0401	Flujo Estable
1+111.83	1.9931	5.504	Flujo Estable	2.6057	3.0522	Flujo Estable	3.0518	1.2538	Flujo Estable
1+122.12	2.2944	3.3383	Flujo Estable	2.828	1.805	Flujo Estable	3.1001	0.7549	Flujo Estable
1+132.41	2.4733	2.3114	Flujo Estable	2.9196	1.2418	Flujo Estable	3.1083	0.5351	Flujo Estable
1+142.69	2.5788	1.7311	Flujo Estable	2.9571	0.9336	Flujo Estable	3.1098	0.4138	Flujo Estable
1+152.98	2.6406	1.3666	Flujo Estable	2.9724	0.7434	Flujo Estable	3.1102	0.3372	Flujo Estable
1+163.57	2.7942	1.1731	Flujo Estable	3.158	0.6575	Flujo Estable	3.3893	0.3141	Flujo Estable
1+174.61	2.9573	1.0118	Flujo Estable	3.3179	0.5724	Flujo Estable	3.502	0.2712	Flujo Estable
1+185.64	3.045	0.8678	Flujo Estable	3.3742	0.491	Flujo Estable	3.5157	0.2318	Flujo Inestable y Pulsátil
1+196.68	3.0921	0.7505	Flujo Estable	3.3941	0.4254	Flujo Estable	3.5176	0.2017	Flujo Inestable y Pulsátil
1+207.72	3.1173	0.6569	Flujo Estable	3.4012	0.3738	Flujo Estable	3.5181	0.1785	Flujo Inestable y Pulsátil
1+218.76	3.1308	0.5821	Flujo Estable	3.4038	0.333	Flujo Estable	3.5184	0.1601	Flujo Inestable y Pulsátil
1+229.80	3.1381	0.5216	Flujo Estable	3.4049	0.3001	Flujo Estable	3.5186	0.1451	Flujo Inestable y Pulsátil
1+237.89	2.9245	0.4484	Flujo Estable	3.0684	0.2485	Flujo Estable	2.9701	0.1108	Flujo Inestable y Pulsátil
1+244.91	2.6848	0.3868	Flujo Estable	2.7559	0.2096	Flujo Estable	2.6424	0.0926	Flujo Inestable y Pulsátil
1+251.94	2.5155	0.3443	Flujo Estable	2.5779	0.1869	Flujo Estable	2.5324	0.0854	Flujo Inestable y Pulsátil
1+258.96	2.3951	0.3139	Flujo Estable	2.475	0.1727	Flujo Estable	2.4947	0.0816	Flujo Inestable y Pulsátil
1+265.98	2.3088	0.2913	Flujo Estable	2.4151	0.1631	Flujo Estable	2.4817	0.079	Flujo Inestable y Pulsátil
1+273.00	2.2468	0.274	Flujo Estable	2.38	0.1561	Flujo Estable	2.4772	0.0769	Flujo Inestable y Pulsátil
1+279.55	2.2047	0.2613	Flujo Estable	2.3605	0.151	Flujo Estable	2.4756	0.0752	Flujo Inestable y Pulsátil

Nv: Número de Vedemikov  
M: Número de Montouri

Cerrar

### Verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida

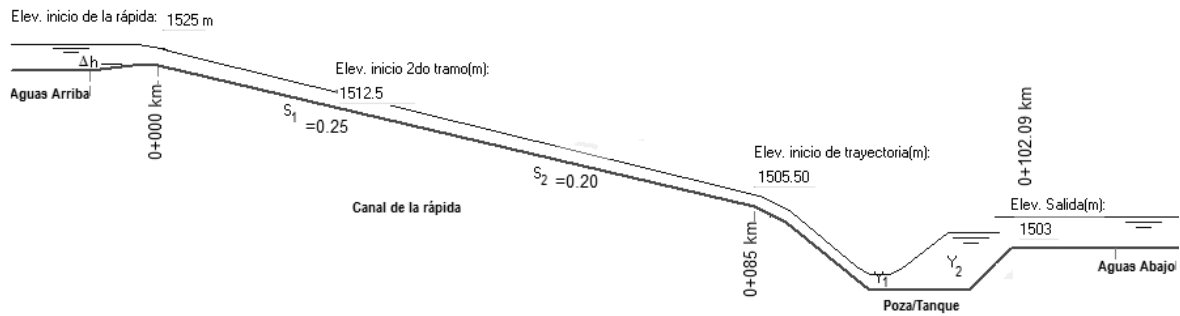
### Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control (Yc):	0.49	0.494	
Tirante al final del canal de la rápida (yo):	0.18	0.1787	
Longitud de la Trayectoria(Xo):	3.66	3.80	
Tirante conjugado menor(Y1):	0.08	0.0762	
Tirante conjugado mayor(Y2):	1.01	1.0277	
Longitud de la Poza (Lp):	4.27	2.878	En el libro existe error de selección tipo de tanque
Profundidad de la Poza:	0.68	0.38	
Cota de fondo de la Poza:	1110.44	1110.74	
Número de Vedernikov (Nv) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	2.34	2.3605	
Número de Montouri (M) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	0.148	0.151	

**EJEMPLO Nro 02.** Diseño de una rápida propuesto en el libro: Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte [7], Pág. 205, ejercicio 4.25.

Diseñar una rápida para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	2.0	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	2.0	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	1	m	Ancho "b":	1	m
Talud "Z":	1.5		Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.020		Rugosidad "n":	0.020	
Pendiente "s":	0.001	m/m	Pendiente "s":	0.001	m/m
Canal de rápida:			Poza de disipación:		
Ancho "b":	1	m	Ancho "b":	1.0	m
Talud "Z":	1.5		Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.015				
Pendiente "s1":	0.25	m/m			
Pendiente "s2":	0.20	m/m			



Perfil longitudinal del canal.

## Solución:

E:\Curso Actualizacion UNALM\Rapida Ejemplo.rap

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 0

Elev. inicio de la rápida: 1525 m

Caudal (Q): 2 m³/s

Elev. inicio 2do tramo(m): 1512.5

Elev. inicio 3er tramo(m):

Elev. inicio de trayectoria(m): 1505.50

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 40 % de ahogamiento del resalto

k= 2.71% ; Y2=h+Yw

Trayectoria

Talud

Poza/Tanque

Trans. salida: Aguas Abajo

Ingresar datos canal de la rápida:

Número de tramos: 2

Ancho de base(b): 1 m

Talud(Z): 1.5 m/m

Rugosidad(n): 0.015

Pendiente tramo 1(S1): 0.25 m/m

Pendiente tramo 2(S2): 0.20 m/m

Pendiente tramo 3(S3):

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 1 m, Talud(Z): 1.5, Rugosidad(n): 0.020, Pendiente(S): 0.001 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 1 m, Talud(Z): 1.5, Rugosidad(n): 0.020, Pendiente(S): 0.001 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 1 m

Talud(Z): 1.5

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

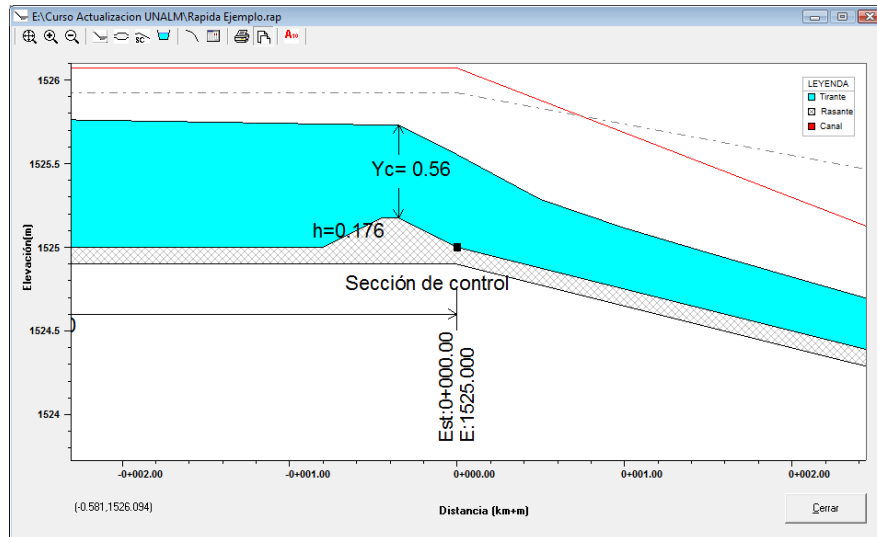
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - II	$Fr \geq 4.5$ y $V < 15.24$	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - III	$Fr \geq 4.5$ y $V > 15.24$	No Factible	Tanque Trapezoidal
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr \leq 17$	No Factible	Tanque Trapezoidal
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		Factible	Long. Tanque= $6(Y2-Y1)$

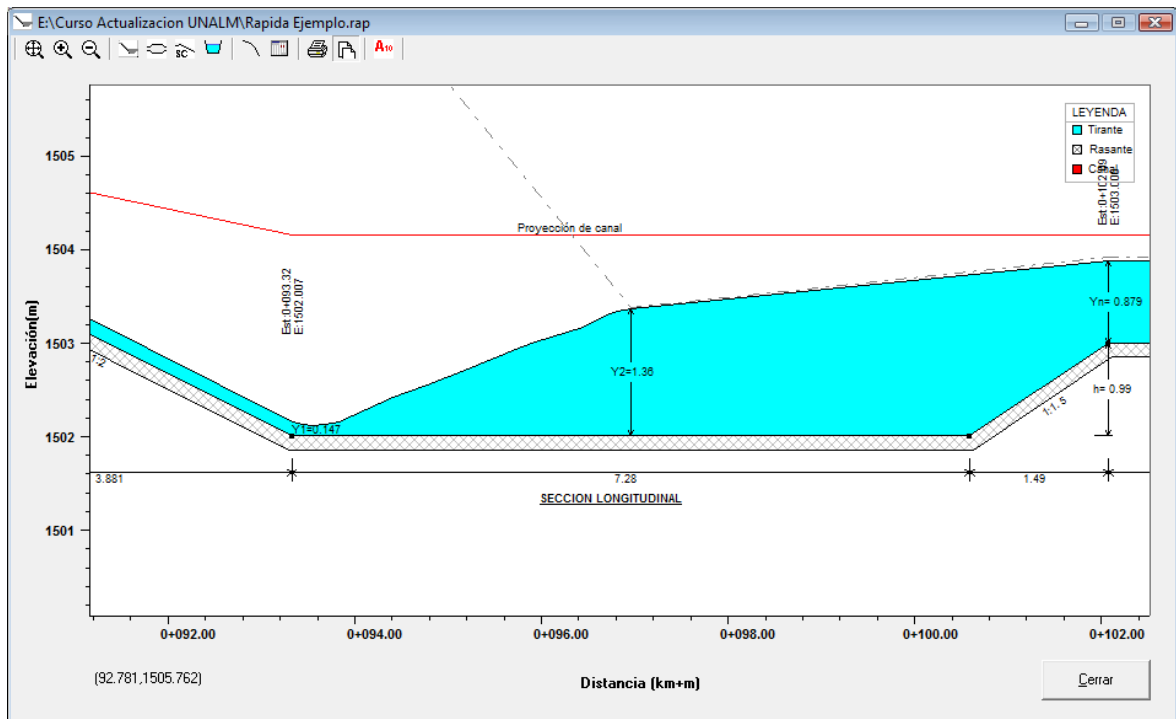
0 < Z2 < 2

Ingreso de datos, cálculo y selección de tipo de poza trapezoidal

## Resultados con el uso del software:



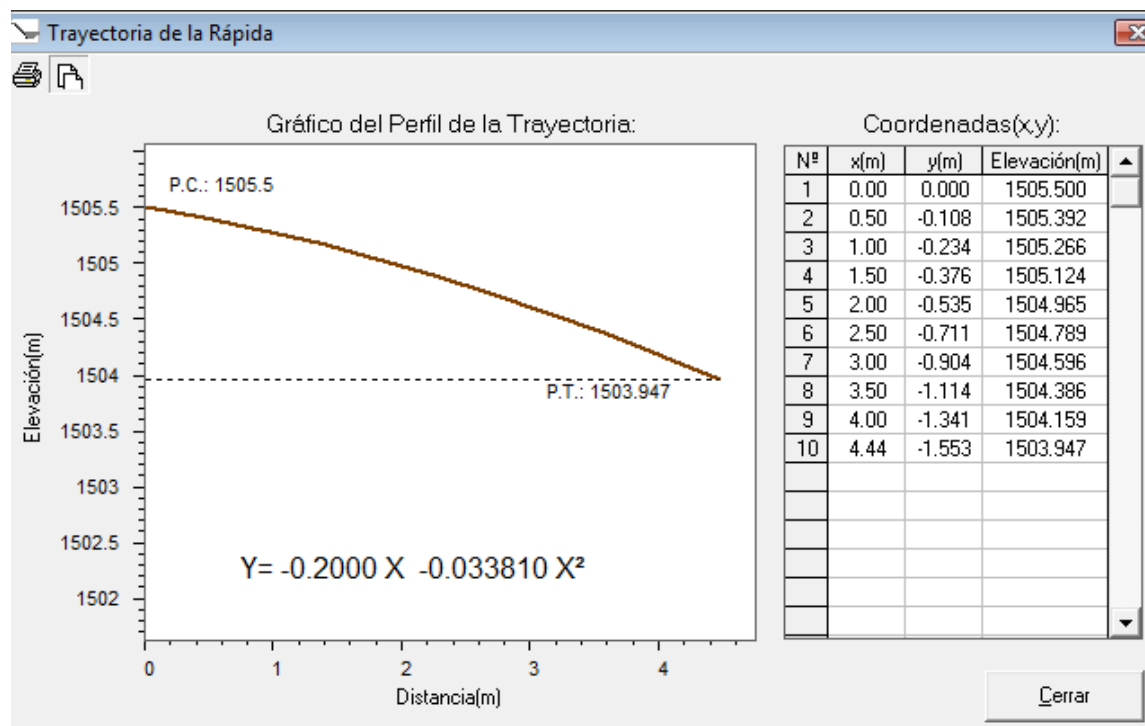
Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación







Trayectoria de la rápida

Verificación del Funcionamiento de la Poza

	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	2.000	0.147	2.2850	1.361	2.2850	7.2840	1503.3800	1503.9280	OK
2	1.800	0.136	2.0280	1.299	2.0280	6.9810	1503.3180	1503.8830	OK
3	1.600	0.125	1.7670	1.232	1.7670	6.6390	1503.2490	1503.8340	OK
4	1.400	0.113	1.5190	1.161	1.5190	6.2880	1503.1780	1503.7820	OK
5	1.200	0.101	1.2680	1.081	1.2680	5.8800	1503.0970	1503.7250	OK
6	1.000	0.087	1.0410	1.000	1.0410	5.4770	1503.0150	1503.6620	OK
7	0.800	0.073	0.8080	0.904	0.8080	4.9850	1502.9180	1503.5920	OK
8	0.600	0.058	0.5840	0.792	0.5840	4.4060	1502.8050	1503.5110	OK
9	0.400	0.041	0.3760	0.661	0.3760	3.7220	1502.6730	1503.4140	OK
10	0.200	0.022	0.1800	0.485	0.1800	2.7790	1502.4950	1503.2840	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Verificación de la operación de la poza

Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida									
ESTACION (Km+m)	Q=2(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=1(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=0.4(M <sup>3</sup> /S)		TIPO DE REGIMEN
	Nv	M		Nv	M		Nv	M	
0+000.00									
0+000.50	3.4312	5.4985	Flujo Estable	2.6333	4.508	Flujo Estable	2.2099	3.458	Flujo Estable
0+005.50	5.2878	8.4818	Flujo Estable	4.6843	5.7958	Flujo Estable	4.4933	3.0003	Flujo Estable
0+010.50	6.2457	5.4912	Flujo Estable	5.5655	3.2844	Flujo Estable	5.0399	1.4749	Flujo Estable
0+015.50	6.8301	3.6645	Flujo Estable	5.9891	2.0844	Flujo Estable	5.1758	0.9165	Flujo Estable
0+020.50	7.1974	2.6312	Flujo Estable	6.1948	1.4689	Flujo Estable	5.2118	0.6539	Flujo Estable
0+025.50	7.4303	2.0027	Flujo Estable	6.2953	1.1134	Flujo Estable	5.2231	0.5061	Flujo Estable
0+030.50	7.5787	1.5928	Flujo Estable	6.3453	0.8884	Flujo Estable	5.2279	0.4124	Flujo Inestable y Pulsátil
0+035.50	7.6736	1.3098	Flujo Estable	6.3709	0.7358	Flujo Estable	5.2306	0.3479	Flujo Inestable y Pulsátil
0+040.50	7.7348	1.1057	Flujo Estable	6.3846	0.6266	Flujo Estable	5.2325	0.3008	Flujo Inestable y Pulsátil
0+045.50	7.7745	0.953	Flujo Estable	6.3924	0.5451	Flujo Inestable y Pulsátil	5.2339	0.265	Flujo Inestable y Pulsátil
0+050.35	7.8246	0.8478	Flujo Estable	6.4338	0.4908	Flujo Inestable y Pulsátil	5.2976	0.2429	Flujo Inestable y Pulsátil
0+053.85	7.6903	0.7509	Flujo Estable	6.2342	0.4296	Flujo Inestable y Pulsátil	4.9944	0.2065	Flujo Inestable y Pulsátil
0+057.35	7.5916	0.6779	Flujo Inestable y Pulsátil	6.1123	0.3878	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8775	0.1875	Flujo Inestable y Pulsátil
0+060.85	7.5188	0.6208	Flujo Inestable y Pulsátil	6.0375	0.3573	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8318	0.1751	Flujo Inestable y Pulsátil
0+064.35	7.4652	0.5749	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9916	0.3335	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8135	0.1656	Flujo Inestable y Pulsátil
0+067.85	7.4257	0.5369	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9633	0.3142	Flujo Inestable y Pulsátil	4.806	0.1576	Flujo Inestable y Pulsátil
0+071.35	7.3966	0.5048	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9458	0.2978	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8028	0.1506	Flujo Inestable y Pulsátil
0+074.85	7.3751	0.4772	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9349	0.2835	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8012	0.1442	Flujo Inestable y Pulsátil
0+078.35	7.3593	0.4531	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9282	0.2709	Flujo Inestable y Pulsátil	4.8002	0.1383	Flujo Inestable y Pulsátil
0+081.85	7.3477	0.4317	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9239	0.2595	Flujo Inestable y Pulsátil	4.7996	0.133	Flujo Inestable y Pulsátil
0+085.00	7.3399	0.4143	Flujo Inestable y Pulsátil	5.9215	0.2501	Flujo Inestable y Pulsátil	4.7992	0.1284	Flujo Inestable y Pulsátil

Nv: Número de Vedernikov  
M: Número de Montouri

Cerrar

## Verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida

### Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control (Yc):	0.56	0.5598	
Tirante al final del canal de la rápida (yo):	0.1893	0.1901	
Longitud de la Trayectoria(Xo):	4.47	4.44	
Tirante conjugado menor(Y1):	0.145	0.1471	
Tirante conjugado mayor(Y2):	1.373	1.3604	
Longitud de la Poza (Lp):	7.368	7.28	
Profundidad de la Poza:	1.01	0.99	
Cota de fondo de la Poza:	1501.99	1502.007	
Número de Vedernikov (Nv) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	No calcula	5.9215	
Número de Montouri (M) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	No calcula	0.2501	

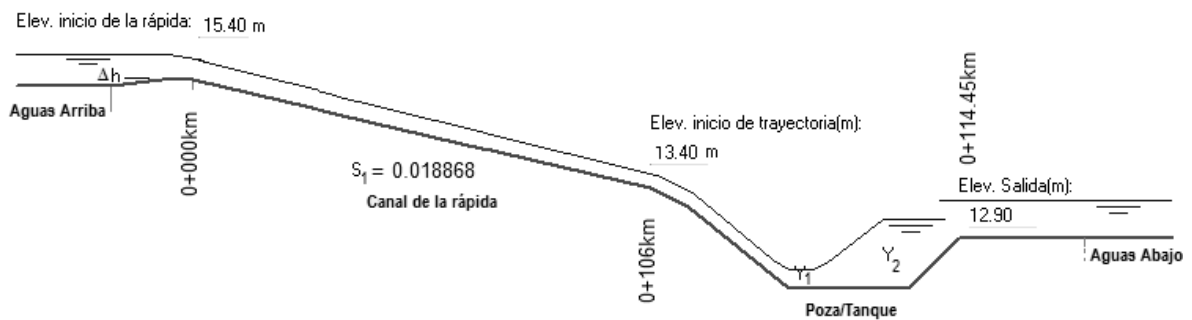
**EJEMPLO Nro 03.** Diseño de una rápida propuesto en el libro: Diseño de Estructuras Hidráulicas [13], Pág. 55 y resuelto en el Manual de Diseño Hidráulico de Rápidas - UNALM.

Diseñar una rápida para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes (propuestos en el Manual):

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	0.35	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	0.35	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	0.75	m	Ancho "b":	0.75	m
Talud "Z":	1		Talud "Z":	1	
Rugosidad "n":	0.025		Rugosidad "n":	0.025	
Pendiente "s":	0.0005	m/m	Pendiente "s":	0.0005	m/m

Canal de rápida:			Poza de disipación:		
Ancho "b":	0.40	m	Ancho "b":	0.40	m
Talud "Z":	0		Talud "Z":	0	
Rugosidad "n":	0.015				
Pendiente "s1":	0.018868	m/m			



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**

E:\Curso Actualizacion UNALM\ejercicio manual hidraulica UNALM.rap

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 0

Elev. inicio de la rápida: 15.40 m

Caudal (Q): 0.35 m³/s

Elev. inicio 2do tramo(m):

Elev. inicio 3er tramo(m):

Elev. inicio de trayectoria(m): 13.40

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 0 % de ahogamiento del resalto

Trayectoria

Talud

Poza/Tanque

Talud

Trans. salida

Agua Abajo

Canal de la rápida

Transición entrada - Sección control

Ingresar datos canal de la rápida:

Número de tramos: 1

Ancho de base(b): 0.4 m

Talud(Z): 0 m/m

Rugosidad(n): 0.015

Pendiente tramo 1(S1): 0.0188679 m/m

Pendiente tramo 2(S2): m/m

Pendiente tramo 3(S3): m/m

Ingresar datos de canal:

Agua arriba: Agua abajo:

Ancho de base(b): 0.75 m 0.75 m

Talud(Z): 1 1

Rugosidad(n): 0.025 0.025

Pendiente(S): 0.0005 m/m 0.0005 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 0.4 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	No Factible	$Fr < 4.5$
USBR - I	$2.5 < Fr < 4.5$	Factible	$Fr = 3.484$ ; se recomienda elevar el Número de Froude
USBR - II	$Fr > 4.5$ y $V < 15.24$	No Factible	$Fr < 4.5$
USBR - III	$Fr > 4.5$ y $V > 15.24$	No Factible	$Fr < 4.5$
TANQUE SAF	$1.7 < Fr < 17$	Factible	$Fr = 3.484$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

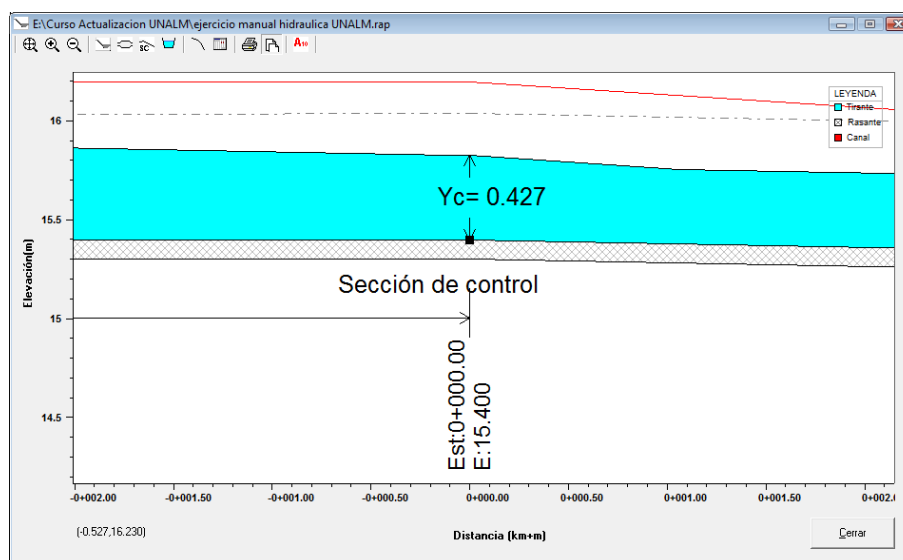
Sección de control:

Sobre elevación( $\Delta h$ ): -0.029 m

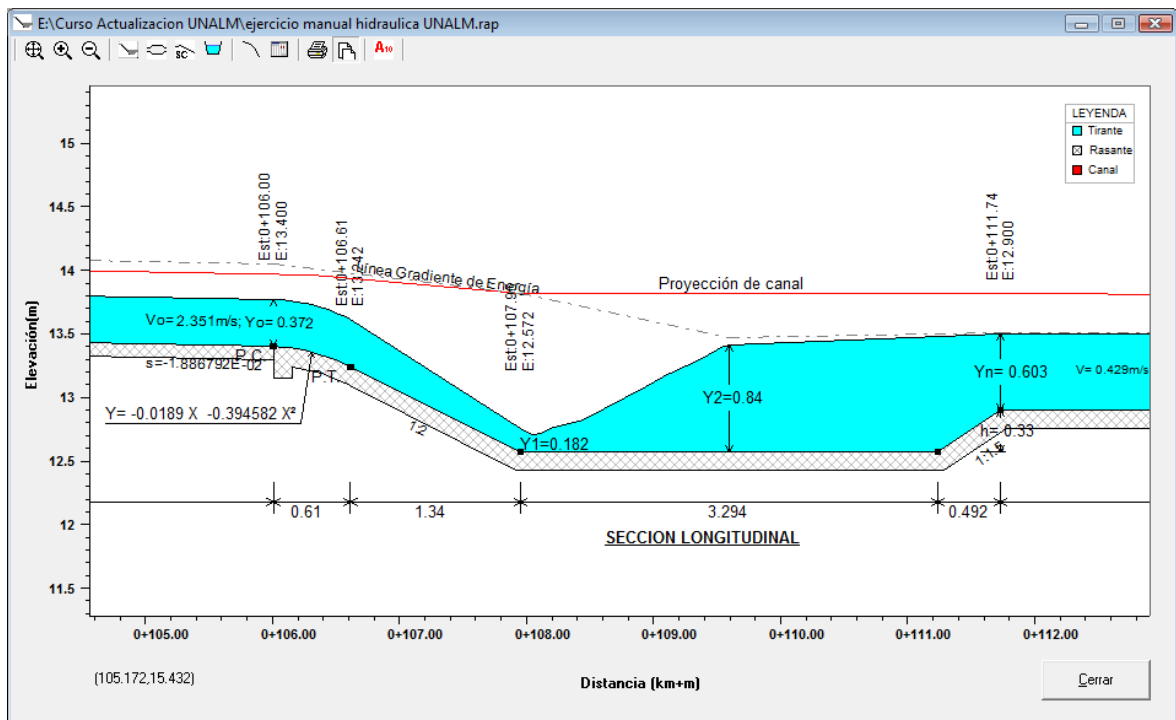
Ancho de Poza estimado (b): 1.062

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador

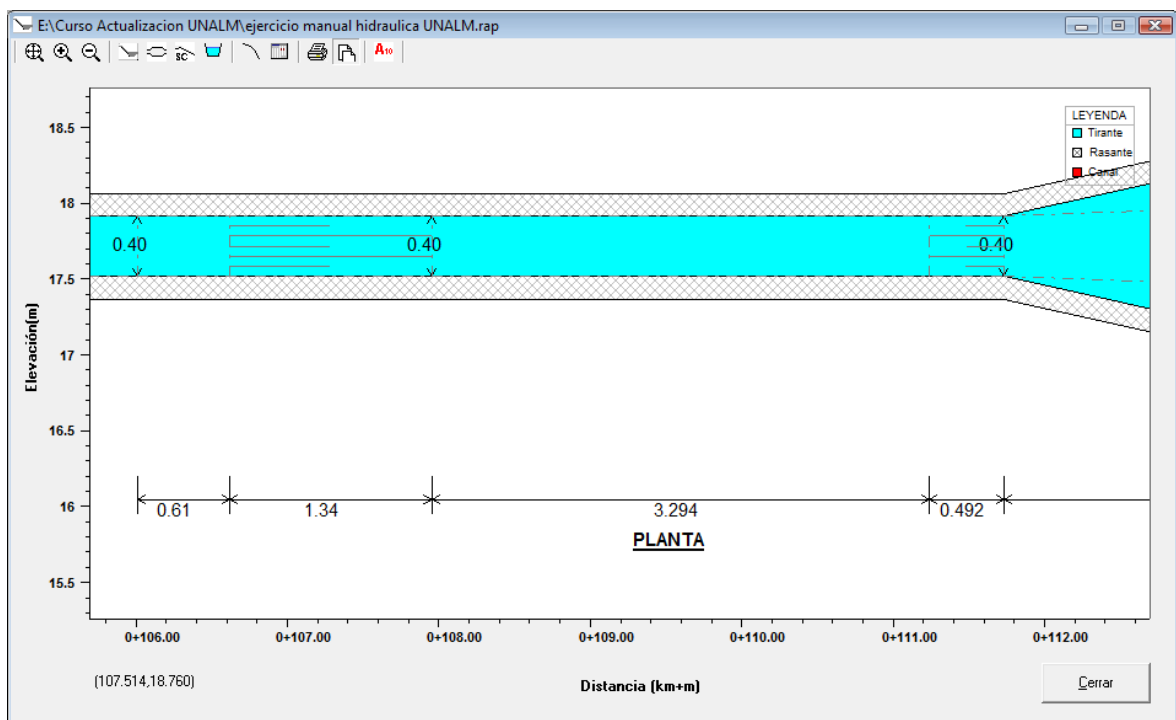
Resultados con el uso del software:



Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



Planta de la poza de disipación



Verificación del Funcionamiento de la Poza

	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	0.350	0.182	0.1780	0.840	0.1780	3.2880	13.4670	13.5120	OK
2	0.315	0.165	0.1590	0.797	0.1590	3.1590	13.4180	13.4800	OK
3	0.280	0.148	0.1390	0.751	0.1390	3.0150	13.3670	13.4460	OK
4	0.245	0.131	0.1200	0.701	0.1200	2.8520	13.3120	13.4090	OK
5	0.210	0.114	0.1010	0.647	0.1010	2.6670	13.2530	13.3690	OK
6	0.175	0.096	0.0830	0.591	0.0830	2.4770	13.1910	13.3250	OK
7	0.140	0.078	0.0650	0.528	0.0650	2.2510	13.1220	13.2770	OK
8	0.105	0.06	0.0480	0.455	0.0480	1.9740	13.0440	13.2210	OK
9	0.070	0.041	0.0310	0.370	0.0310	1.6460	12.9540	13.1560	OK
10	0.035	0.021	0.0150	0.262	0.0150	1.2070	12.8400	13.0720	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

### Verificación de la operación de la poza

Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida

ESTACION	Q=0.35(M³/S)	TIPO DE		Q=0.175(M³/S)	TIPO DE		Q=0.07(M³/S)	TIPO DE	
( Km+m )	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN
0+000.00									
0+001.06	0.2782	56.7059	Flujo Estable	0.3971	43.3259	Flujo Estable	0.5838	26.5336	Flujo Estable
0+006.36	0.2845	5.1894	Flujo Estable	0.434	4.0163	Flujo Estable	0.6399	2.4404	Flujo Estable
0+011.66	0.2861	2.7127	Flujo Estable	0.4423	2.0787	Flujo Estable	0.6463	1.2533	Flujo Estable
0+016.96	0.2866	1.8333	Flujo Estable	0.4444	1.3936	Flujo Estable	0.6472	0.8393	Flujo Estable
0+022.26	0.2867	1.3837	Flujo Estable	0.445	1.0461	Flujo Estable	0.6473	0.6305	Flujo Estable
0+027.56	0.2867	1.111	Flujo Estable	0.4452	0.8368	Flujo Estable	0.6473	0.5048	Flujo Estable
0+032.86	0.2867	0.9281	Flujo Estable	0.4452	0.6971	Flujo Estable	0.6473	0.4209	Flujo Estable
0+038.16	0.2867	0.7968	Flujo Estable	0.4452	0.5974	Flujo Estable	0.6473	0.3609	Flujo Estable
0+043.46	0.2867	0.6981	Flujo Estable	0.4452	0.5226	Flujo Estable	0.6473	0.3159	Flujo Estable
0+048.76	0.2867	0.6212	Flujo Estable	0.4452	0.4645	Flujo Estable	0.6473	0.2808	Flujo Estable
0+054.06	0.2867	0.5595	Flujo Estable	0.4452	0.418	Flujo Estable	0.6473	0.2528	Flujo Estable
0+059.36	0.2867	0.5089	Flujo Estable	0.4452	0.3799	Flujo Estable	0.6473	0.2299	Flujo Estable
0+064.66	0.2867	0.4668	Flujo Estable	0.4452	0.3483	Flujo Estable	0.6473	0.2107	Flujo Estable
0+069.96	0.2867	0.4311	Flujo Estable	0.4452	0.3214	Flujo Estable	0.6473	0.1945	Flujo Estable
0+075.26	0.2867	0.4004	Flujo Estable	0.4452	0.2985	Flujo Estable	0.6473	0.1807	Flujo Estable
0+080.56	0.2867	0.3739	Flujo Estable	0.4452	0.2786	Flujo Estable	0.6473	0.1686	Flujo Estable
0+085.86	0.2867	0.3506	Flujo Estable	0.4452	0.2611	Flujo Estable	0.6473	0.1581	Flujo Estable
0+091.16	0.2867	0.3301	Flujo Estable	0.4452	0.2458	Flujo Estable	0.6473	0.1488	Flujo Estable
0+096.46	0.2867	0.3118	Flujo Estable	0.4452	0.2321	Flujo Estable	0.6473	0.1405	Flujo Estable
0+101.76	0.2867	0.2955	Flujo Estable	0.4452	0.2199	Flujo Estable	0.6473	0.1332	Flujo Estable
0+106.00	0.2867	0.2836	Flujo Estable	0.4452	0.211	Flujo Estable	0.6473	0.1278	Flujo Estable

Nv: Número de Vedemikov  
M: Número de Montouri

Cerrar

### Verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida



Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el manual	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control ( $Y_c$ ):	0.427	0.427	
Tirante al final del canal de la rápida ( $y_o$ ):	0.3711	0.3722	
Longitud de la Trayectoria( $X_o$ ):	0.57	0.61	
Tirante conjugado menor( $Y_1$ ):	0.16	0.1817	
Tirante conjugado mayor( $Y_2$ ):	0.9109	0.8405	
Longitud de la Poza ( $L_p$ ):	3.75	3.294	
Profundidad de la Poza:	0.35	0.33	
Cota de fondo de la Poza:	12.55	12.572	
Número de Vedernikov ( $N_v$ ) ( $Q=0,5Q_d$ )	No calcula	0.4452	
Número de Montouri ( $M$ ) ( $Q=0,5Q_d$ )	No calcula	0.211	

Observación:

El ancho de la poza de disipación propuesto en el Manual de Diseño Hidráulico de Rápidas – UNALM, es muy angosto debe aumentarse para incrementar el valor del Número de Froude mayor a 4.5 para tener un resalto hidráulico estable, cambiar ancho de poza  $B=1.00$ , con el cual se consigue.

**EJEMPLO Nro 04.** Diseño de una rápida propuesto en la Monografía Técnica –UNMSM [13].

Diseñar una rápida para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	0.30	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	0.30	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	0.60	m	Ancho "b":	0.60	m
Talud "Z":	0		Talud "Z":	0	
Rugosidad "n":	0.014		Rugosidad "n":	0.025	
Pendiente "s":	0.0061	m/m	Pendiente "s":	0.012	m/m
Canal de rápida:			Poza de disipación:		
Ancho "b":	0.30	m	Ancho "b":	0.30	m
Talud "Z":	0		Talud "Z":	0	
Rugosidad "n":	0.01				
Pendiente "s1":	0.09325	m/m			



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**

E:\Curso Actualizacion UNALM\Rapida Bendezu.rap

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 0

Elev. inicio de la rápida: 3601.58 m

Caudal (Q): 0.3 m³/s

Elev. inicio 2do tramo(m):

Elev. inicio 3er tramo(m):

Elev. inicio de trayectoria(m): 3597.85

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 40 % de ahogamiento del resalto

k= 4.31% ;  $Y_2 = h + Y_w$

Trayectoria

Talud

Poza/Tanque

Talud

Trans. salida: Aguas Abajo

Ingresar datos canal de la rápida:

Número de tramos: 1

Ancho de base(b): 0.3 m

Talud(Z): 0 m/m

Rugosidad(n): 0.01

Pendiente tramo 1(S1): 0.09325 m/m

Pendiente tramo 2(S2): m/m

Pendiente tramo 3(S3): m/m

Sección de control:

Sobre elevación( $\Delta h$ ): -0.258 m

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba:

Ancho de base(b): 0.6 m

Talud(Z): 0

Rugosidad(n): 0.014

Pendiente(S): 0.0061 m/m

Aguas abajo:

Ancho de base(b): 0.6 m

Talud(Z): 0

Rugosidad(n): 0.025

Pendiente(S): 0.012 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 0.3 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

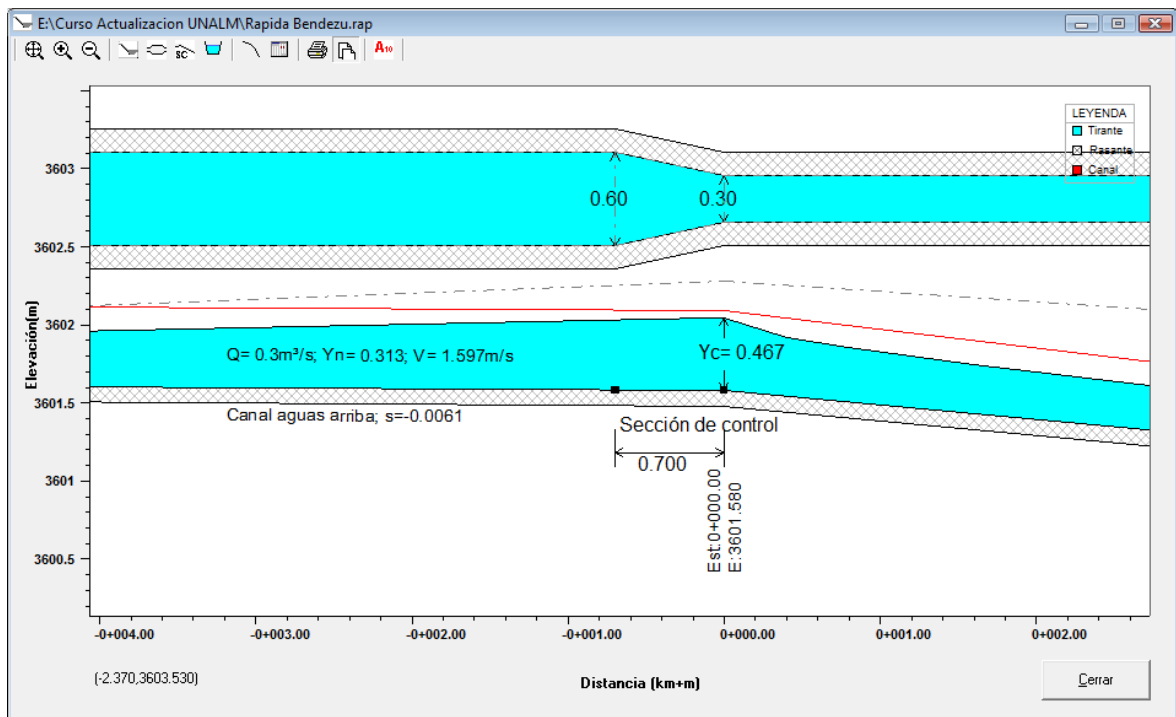
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	Factible	$Fr = 6.14; Y_1 = 0.139 \text{ m}$
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	$Fr > 4.5$
USBR - II	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V < 15.24$	Factible	$F = 6.14; V = 7.178$
USBR - III	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V > 15.24$	No Factible	$V < 15.24$
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr < 17$	Factible	$Fr = 6.14$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

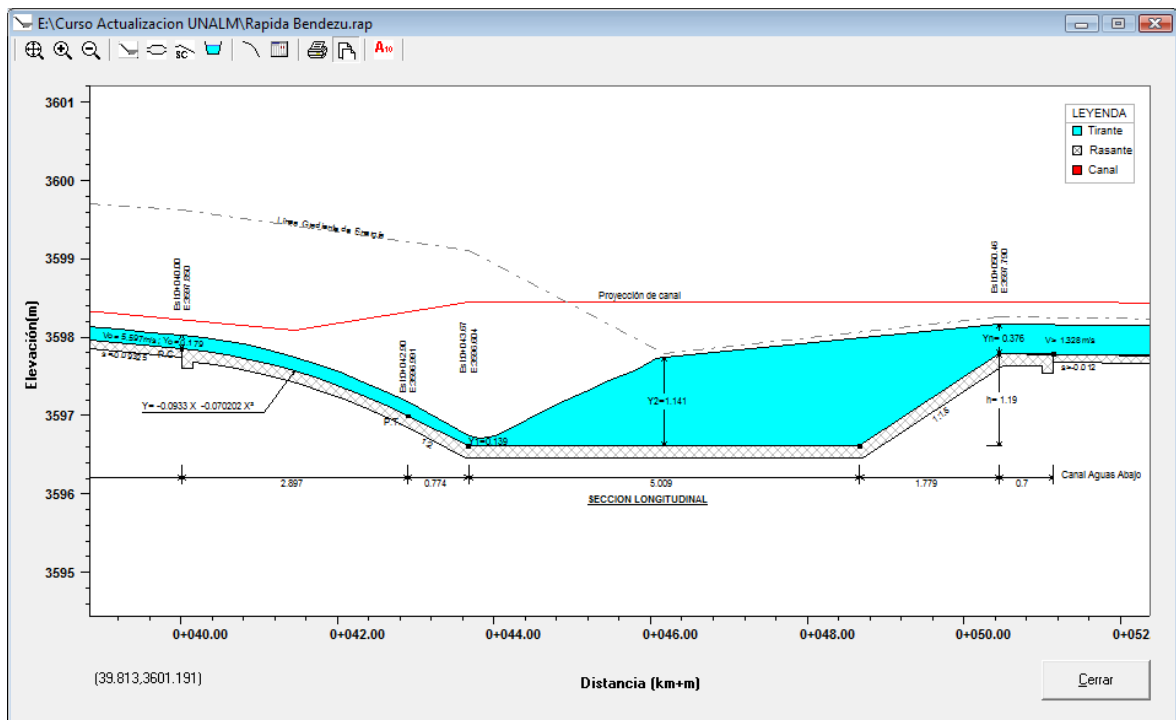
1.5  $\leq Z_1 \leq 2$

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador

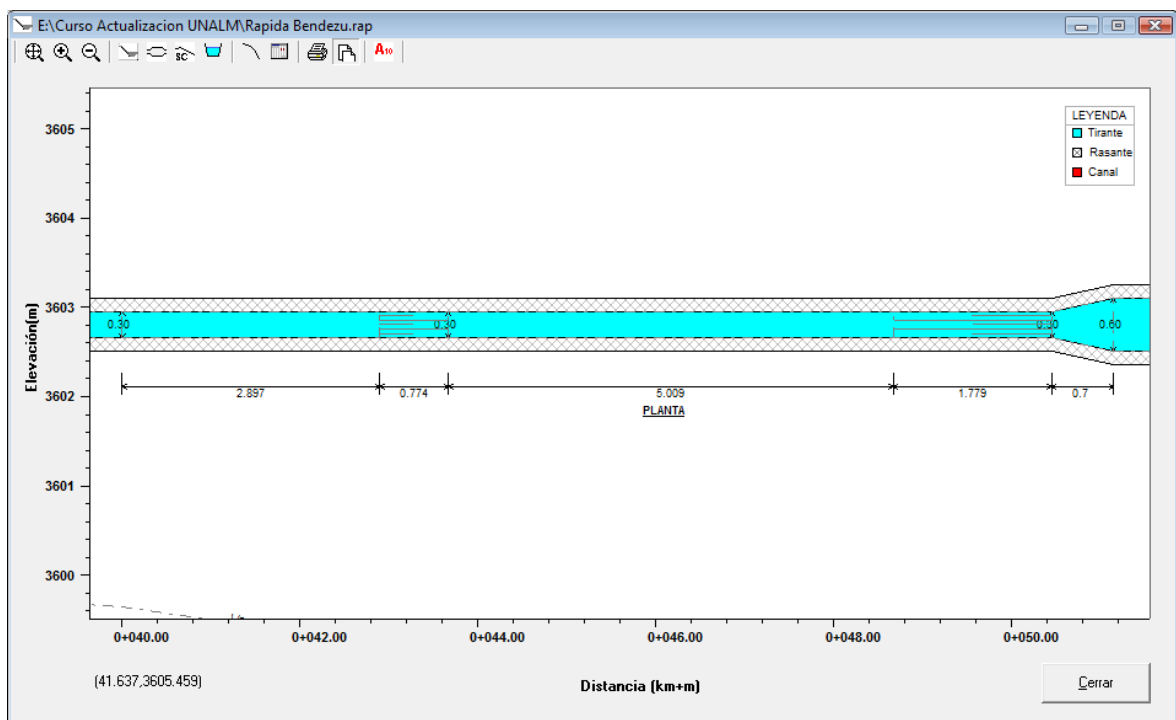
## Resultados con el uso del software:



Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



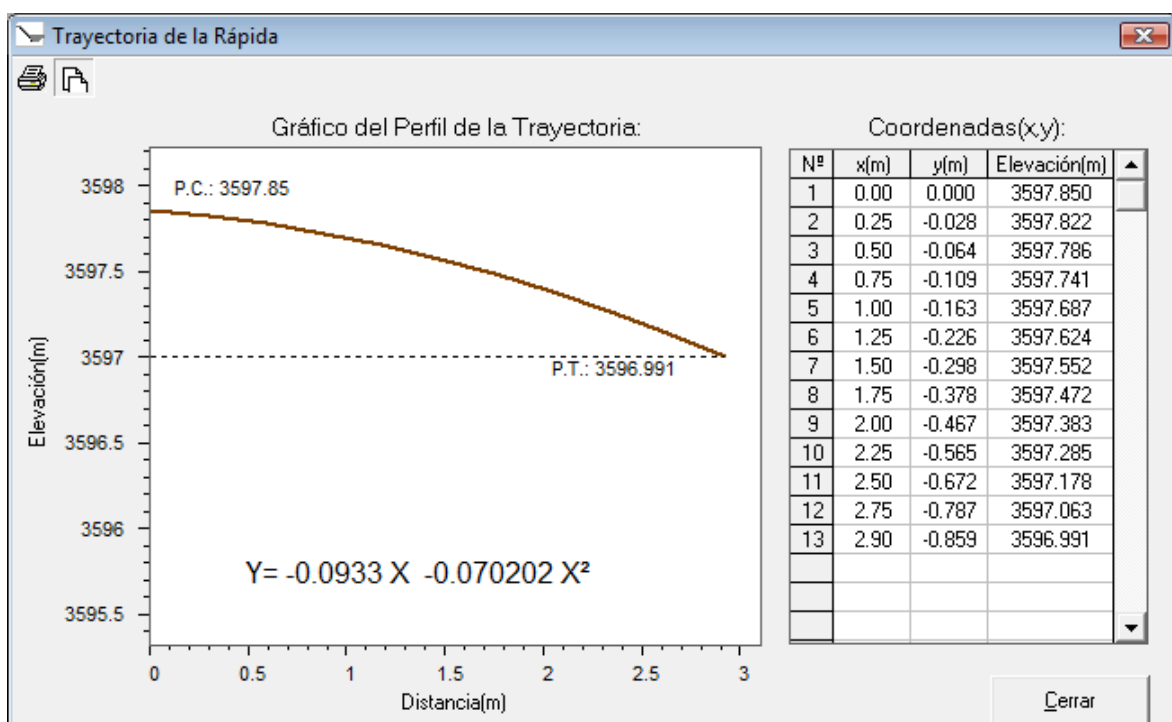
Planta de la poza de disipación

ESTACION	ELEVACION	VELOCIDAD	ELEVACION ENERGIA	TIRANTE	TIRANTE*	DESCRIPCION
( Km+m )	( msnm )	( m/seg )	( msnm )	( m )	( m )	
		1.5972		0.313	0.313	Canal Aguas Arriba
0+000.00	3601.58	2.1407	3602.2808	0.4671	0.4671	Inicio de la Rápida
0+000.40	3601.543	2.6497	3602.278	0.3774	0.3774	
0+002.40	3601.356	3.3949	3602.238	0.2946	0.3014	
0+004.40	3601.169	3.8315	3602.178	0.261	0.2736	
0+006.40	3600.982	4.1539	3602.103	0.2407	0.2572	
0+008.40	3600.796	4.4074	3602.013	0.2269	0.2462	
0+010.40	3600.609	4.6124	3601.91	0.2168	0.2382	
0+012.40	3600.422	4.7811	3601.796	0.2092	0.2323	
0+014.40	3600.235	4.9213	3601.673	0.2032	0.2277	
0+016.40	3600.049	5.0387	3601.541	0.1985	0.2241	
0+018.40	3599.862	5.1375	3601.402	0.1946	0.2212	
0+020.40	3599.675	5.2209	3601.256	0.1915	0.2189	
0+022.40	3599.488	5.2915	3601.104	0.189	0.217	
0+024.40	3599.302	5.3514	3600.948	0.1869	0.2155	
0+026.40	3599.115	5.4023	3600.787	0.1851	0.2142	
0+028.40	3598.928	5.4456	3600.623	0.1836	0.2131	
0+030.40	3598.741	5.4825	3600.456	0.1824	0.2122	
0+032.40	3598.554	5.5139	3600.285	0.1814	0.2114	
0+034.40	3598.368	5.5407	3600.113	0.1805	0.2108	
0+036.40	3598.181	5.5636	3599.938	0.1797	0.2103	
0+038.40	3597.994	5.5832	3599.762	0.1791	0.2098	
0+040.00	3597.85	5.5967	3599.6253	0.1787	0.2095	Inicio de la Trayectoria
0+043.67	3596.604	7.1777	3599.3691	0.1395	0.1395	Inicio del Resalto
0+048.68	3596.604	0.876	3597.7842	1.1413	1.1413	Final del Resalto
0+050.46	3597.79	1.3285	3598.2564	0.3764	0.3764	Canal Aguas Abajo

TIRANTE\*: Tirante con ingreso de aire

Cerrar

### Perfil hidráulico de la rápida



## Trayectoria de la rápida

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
	(M3/S)	(M)	Newton/b(agua)	(M)	Newton/b(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	0.300	0.139	0.2230	1.144	0.2230	5.0230	3597.7860	3598.2560	OK
2	0.270	0.127	0.1970	1.079	0.1970	4.7580	3597.7180	3598.2230	OK
3	0.240	0.115	0.1720	1.009	0.1720	4.4710	3597.6450	3598.1880	OK
4	0.210	0.102	0.1480	0.940	0.1480	4.1900	3597.5720	3598.1530	OK
5	0.180	0.089	0.1250	0.865	0.1250	3.8780	3597.4930	3598.1160	OK
6	0.150	0.076	0.1010	0.782	0.1010	3.5290	3597.4060	3598.0780	OK
7	0.120	0.063	0.0780	0.689	0.0780	3.1290	3597.3100	3598.0370	OK
8	0.090	0.049	0.0570	0.588	0.0570	2.6950	3597.2050	3597.9930	OK
9	0.060	0.034	0.0360	0.473	0.0360	2.1950	3597.0860	3597.9450	OK
10	0.030	0.018	0.0170	0.328	0.0170	1.5480	3596.9360	3597.8880	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

## Verificación de la operación de la poza

Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida									
ESTACION	Q=0.3(M³/S)		TIPO DE	Q=0.15(M³/S)		TIPO DE	Q=0.06(M³/S)		TIPO DE
(Km+m)	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN	Nv	M	REGIMEN
0+000.00									
0+000.40	0.2611	263.0744	Flujo Estable	0.3976	207.7872	Flujo Estable	0.6498	132.397	Flujo Estable
0+002.40	0.4493	27.4995	Flujo Estable	0.7368	21.6573	Flujo Estable	1.2856	13.2455	Flujo Estable
0+004.40	0.5827	14.6379	Flujo Estable	0.9691	11.1789	Flujo Estable	1.6648	6.4404	Flujo Estable
0+006.40	0.6919	9.8824	Flujo Estable	1.1491	7.3486	Flujo Estable	1.911	4.0426	Flujo Estable
0+008.40	0.784	7.3898	Flujo Estable	1.2914	5.3722	Flujo Estable	2.0722	2.859	Flujo Estable
0+010.40	0.8625	5.8542	Flujo Estable	1.4045	4.1753	Flujo Estable	2.1775	2.1699	Flujo Estable
0+012.40	0.9297	4.8148	Flujo Estable	1.4946	3.3788	Flujo Estable	2.246	1.727	Flujo Estable
0+014.40	0.9873	4.0662	Flujo Estable	1.5664	2.8146	Flujo Estable	2.2906	1.4226	Flujo Estable
0+016.40	1.0368	3.5027	Flujo Estable	1.6234	2.3967	Flujo Estable	2.3195	1.203	Flujo Estable
0+018.40	1.0794	3.0644	Flujo Estable	1.6687	2.0765	Flujo Estable	2.3382	1.0385	Flujo Estable
0+020.40	1.1159	2.7147	Flujo Estable	1.7047	1.8247	Flujo Estable	2.3503	0.9114	Flujo Estable
0+022.40	1.1472	2.4297	Flujo Estable	1.7333	1.6222	Flujo Estable	2.3582	0.8107	Flujo Estable
0+024.40	1.1742	2.1937	Flujo Estable	1.7559	1.4566	Flujo Estable	2.3633	0.7294	Flujo Estable
0+026.40	1.1973	1.9953	Flujo Estable	1.7739	1.319	Flujo Estable	2.3667	0.6624	Flujo Estable
0+028.40	1.2171	1.8267	Flujo Estable	1.7881	1.2033	Flujo Estable	2.3689	0.6064	Flujo Estable
0+030.40	1.2341	1.6818	Flujo Estable	1.7994	1.1049	Flujo Estable	2.3703	0.559	Flujo Estable
0+032.40	1.2487	1.5562	Flujo Estable	1.8083	1.0203	Flujo Estable	2.3712	0.5184	Flujo Estable
0+034.40	1.2612	1.4465	Flujo Estable	1.8154	0.947	Flujo Estable	2.3719	0.4832	Flujo Estable
0+036.40	1.272	1.3499	Flujo Estable	1.821	0.8829	Flujo Estable	2.3723	0.4525	Flujo Estable
0+038.40	1.2812	1.2643	Flujo Estable	1.8255	0.8265	Flujo Estable	2.3726	0.4254	Flujo Estable
0+040.00	1.2876	1.2051	Flujo Estable	1.8284	0.7876	Flujo Estable	2.3728	0.4066	Flujo Estable

Nv: Número de Vedernikov  
M: Número de Montouri

Cerrar

## Verificación de la formación de ondas en el canal de la rápida

Resumen y comparación de resultados:

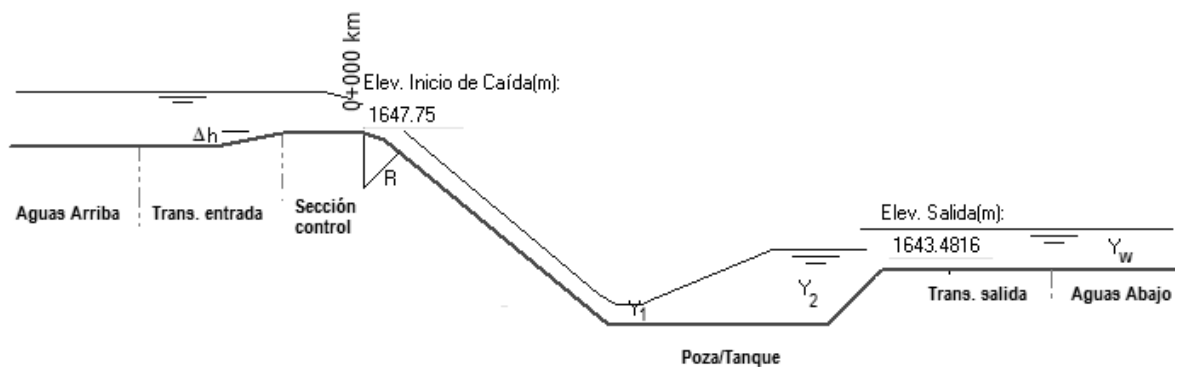
Variables	Calculado en la monografía	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control (Yc):	0.4671	0.4671	
Tirante al final del canal de la rápida (yo):	0.1821	0.1787	
Longitud de la Trayectoria(Xo):	2.63	2.90	
Tirante conjugado menor(Y1):	0.146	0.1395	
Tirante conjugado mayor(Y2):	1.109	1.1413	
Longitud de la Poza (Lp):	4.81	5.000	
Profundidad de la Poza:	1.13	1.19	
Cota de fondo de la Poza:	3597.66	3596.604	
Número de Vedernikov (Nv) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	No calcula	1.8284	
Número de Montouri (M) (Q=0,5Q <sub>d</sub> )	No calcula	0.7876	

**EJEMPLO Nro 05.** Diseño de una Caída Inclínada propuesto en el libro: Design of Small Canal Structures[1], Pág. 62.

Diseñar una caída inclinada para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	1.41584	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	1.41584	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	1.524	m	Ancho "b":	1.524	m
Talud "Z":	1.5		Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.025		Rugosidad "n":	0.025	
Pendiente "s":	0.0005	m/m	Pendiente "s":	0.0005	m/m

Poza de disipación:		
Ancho "b":	1.9812	m
Talud "Z":	0	



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**



Caída Inclínada - Caída Inclínada Small Canal.drp

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 0

Elev. Inicio de Caída(m): 1647.75

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 0 % de ahogamiento del resalto

Caudal (Q): 1.41584 m³/s

Δh

R

1

2

Talud

E2

k% E2

Ew

Elev. Salida(m): 1643.4816

Y2

1

1.5

Talud

h

Yw

Aguas Arriba Trans. entrada Sección control Poza/Tanque Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 1.524 m Talud(Z): 1.5 Rugosidad(n): 0.025 Pendiente(So): 0.0005 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 1.524 m Talud(Z): 1.5 Rugosidad(n): 0.025 Pendiente(So): 0.0005 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 1.9812 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Sección de control:

Sobre elevación(Δh): 0.32 m

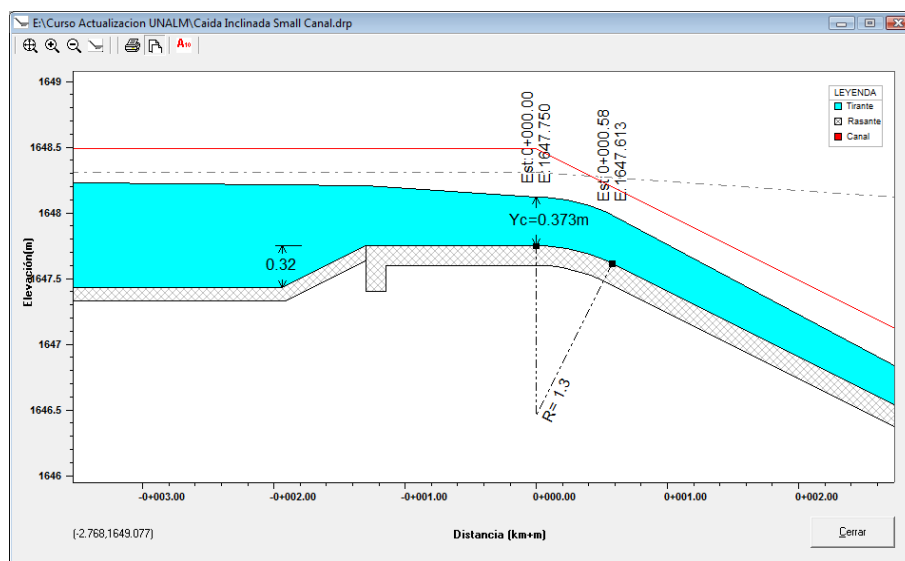
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	Factible	$Fr = 11.57; Y_1 = 0.073 \text{ m}$
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	$Fr > 4.5$
USBR - II	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V < 15.24 \text{ m/s}$	Factible	$Fr = 11.57; V = 9.791 \text{ m/s}$
USBR - III	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V > 15.24 \text{ m/s}$	No Factible	$V < 15.24 \text{ m/s}$
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr < 17 \text{ y } Q < 3 \text{ m}^3/\text{s}$	Factible	$F = 11.57$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

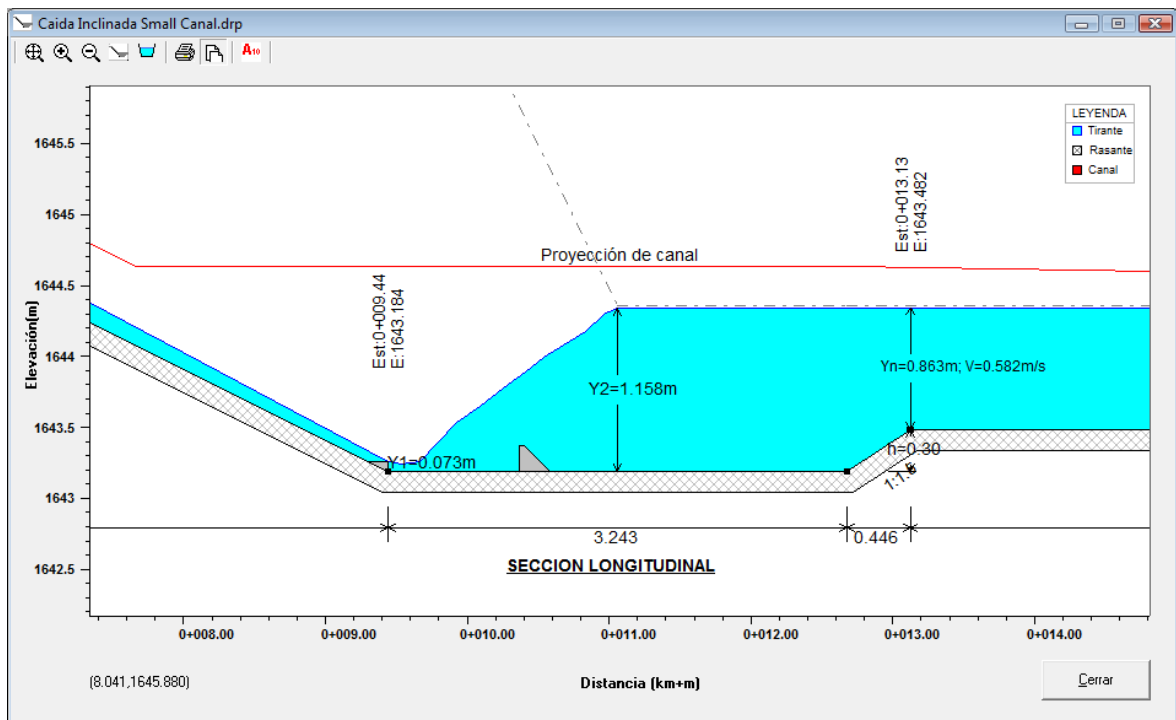
1.5 ≤ Z1 ≤ 2

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador USBR tipo II

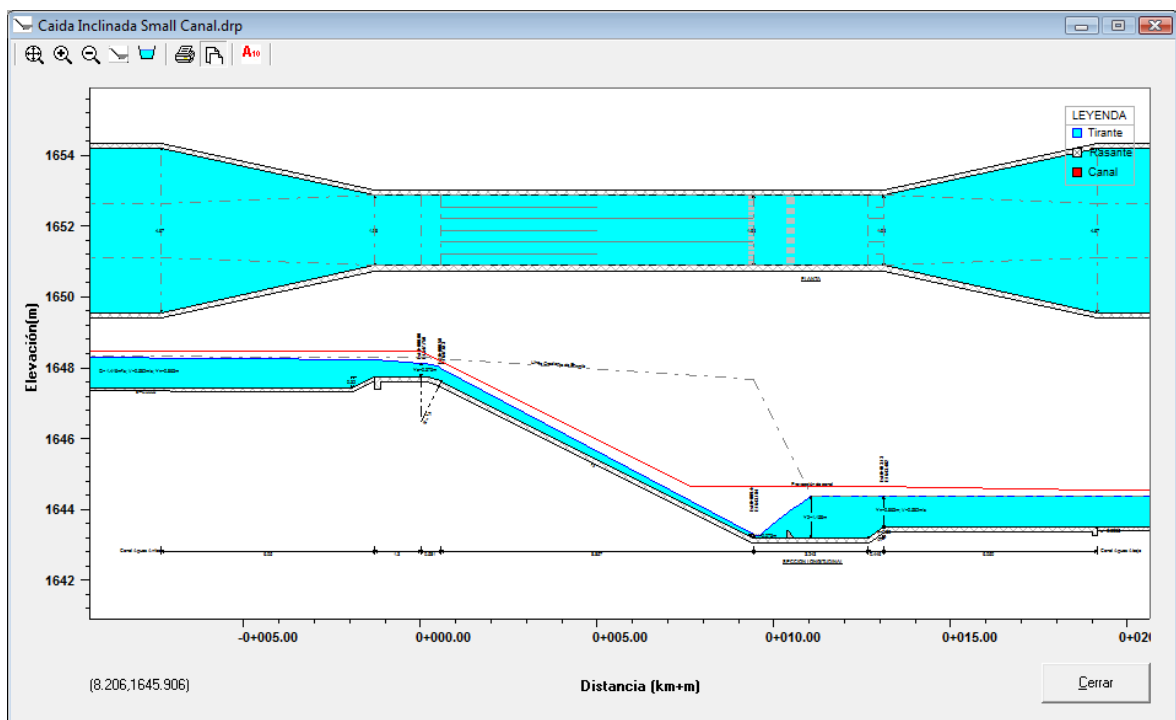
Resultados con el uso del software:



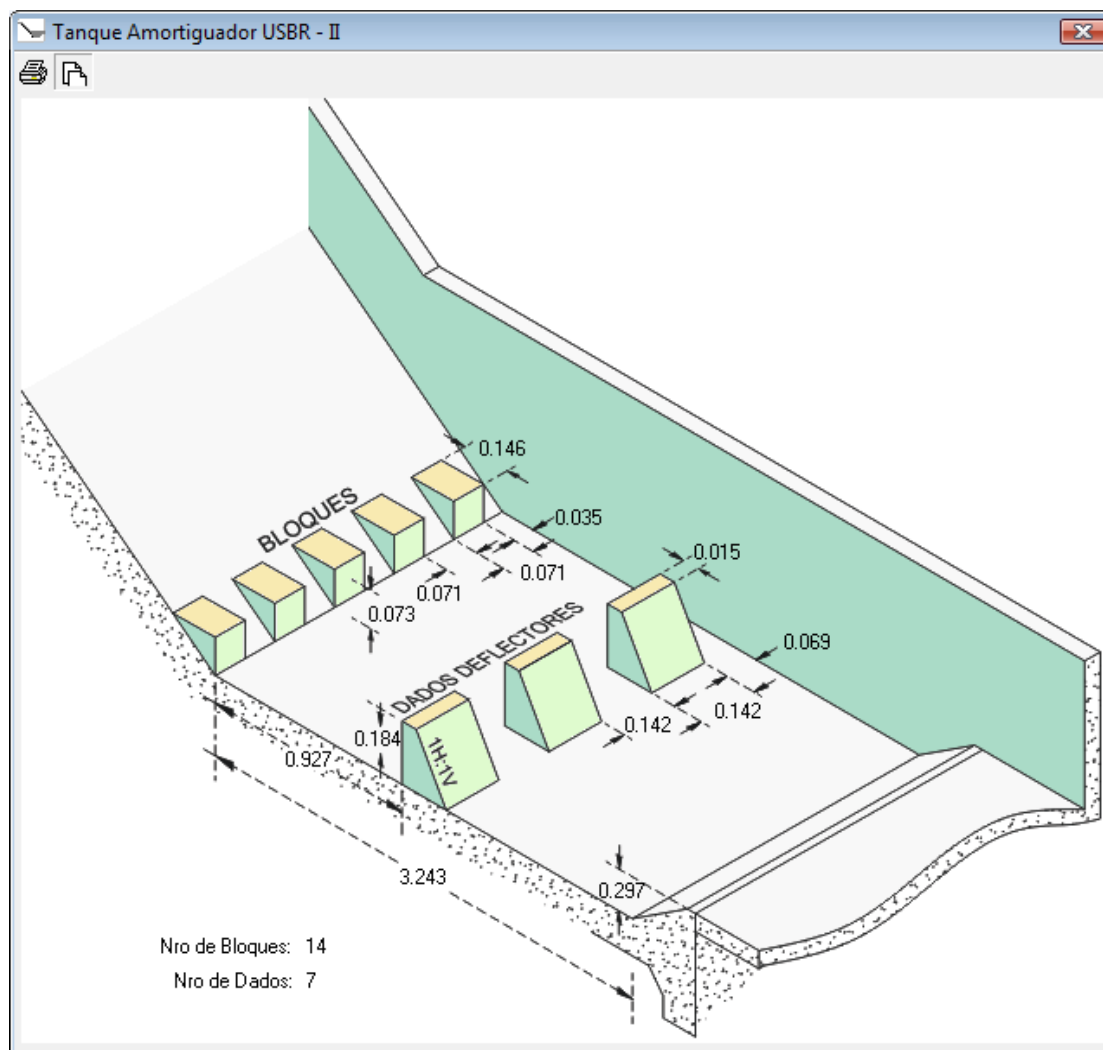
Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



Planta y sección longitudinal de la caída inclinada



Dimensiones de los bloques de impacto en el tanque amortiguador USBR Tipo II

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1 (M)	1 Newton/p[agua]	Y2 (M)	2 Newton/p[agua]	DE RESALTO (M)	EN POZA (M)	AGUAS ABAJO (M)	DE LA POZA
1	1.416	0.073	1.4180	1.158	1.4180	3.2430	1644.3490	1644.3620	OK
2	1.274	0.066	1.2700	1.098	1.2700	3.0740	1644.2870	1644.3160	OK
3	1.133	0.059	1.1220	1.034	1.1220	2.8940	1644.2210	1644.2680	OK
4	0.991	0.052	0.9750	0.965	0.9750	2.7020	1644.1500	1644.2150	OK
5	0.850	0.044	0.8460	0.901	0.8460	2.5230	1644.0850	1644.1590	OK
6	0.708	0.037	0.6980	0.820	0.6980	2.2970	1644.0020	1644.0970	OK
7	0.566	0.03	0.5510	0.730	0.5510	2.0450	1643.9100	1644.0280	OK
8	0.425	0.022	0.4220	0.642	0.4220	1.7970	1643.8190	1643.9500	OK
9	0.283	0.015	0.2750	0.519	0.2750	1.4550	1643.6950	1643.8560	OK
10	0.142	0.008	0.1290	0.357	0.1290	0.9990	1643.5310	1643.7350	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Verificación de la operación de la poza

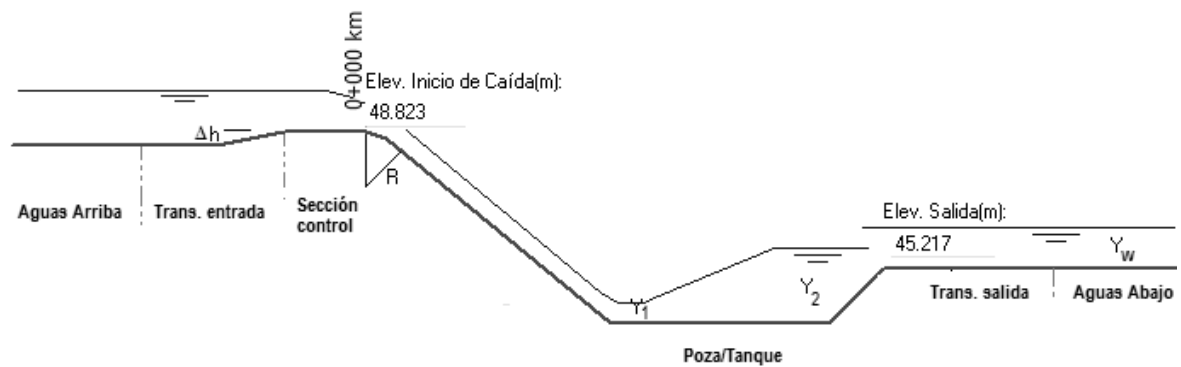
Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control ( $Y_c$ ):	0.3718	0.373	
Sobre elevación ( $\Delta h$ ) en la sección de control:	-	0.32	
Tirante conjugado menor ( $Y_1$ ):	0.0682	0.073	
Tirante conjugado mayor ( $Y_2$ ):	1.194	1.158	
Longitud de la Poza ( $L_p$ ):	4.876	3.243	En el libro existe error de selección tipo de tanque
Profundidad de la Poza:	0.457	0.31	
Cota de fondo de la Poza:	1110.44	1643.172	

**EJEMPLO Nro 06.** Diseño de una Caída Inclineda propuesto en el libro: Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte [7], Pág. 181, ejercicio 4.22.

Diseñar una caída inclinada de sección rectangular para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	17.00	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	17.00	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	3.4	m	Ancho "b":	2.0	m
Talud "Z":	0		Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.014		Rugosidad "n":	0.014	
Pendiente "s":	0.0017	m/m	Pendiente "s":	0.0011	m/m
Poza de disipación:					
Ancho "b":	5.0	m			
Talud "Z":	0				



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**

Caída Inclínada - Libro García Ejemplo1.drp

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 100

Elev. Inicio de Caída(m): 48.823

E2: Nivel de energía al final de resalto

Ew: Nivel de energía aguas abajo

k= 3 % de ahogamiento del resalto

k= 6.49% ,Y2=h+Yw

Caudal (Q): 17 m³/s

Δh

Aguas Arriba Trans. entrada Sección control

Talud 1 2

Poza/Tanque

Elev. Salida(m): 45.217

Yw

Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 3.4 m Talud(Z): 0 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.0017 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 2 m Talud(Z): 1.5 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.0011 m/m

Ingresar datos de la poza de disipación:

Ancho Tanque(B): 5 m

Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Sección de control:

Sobre elevación(Δh): 0.634 m

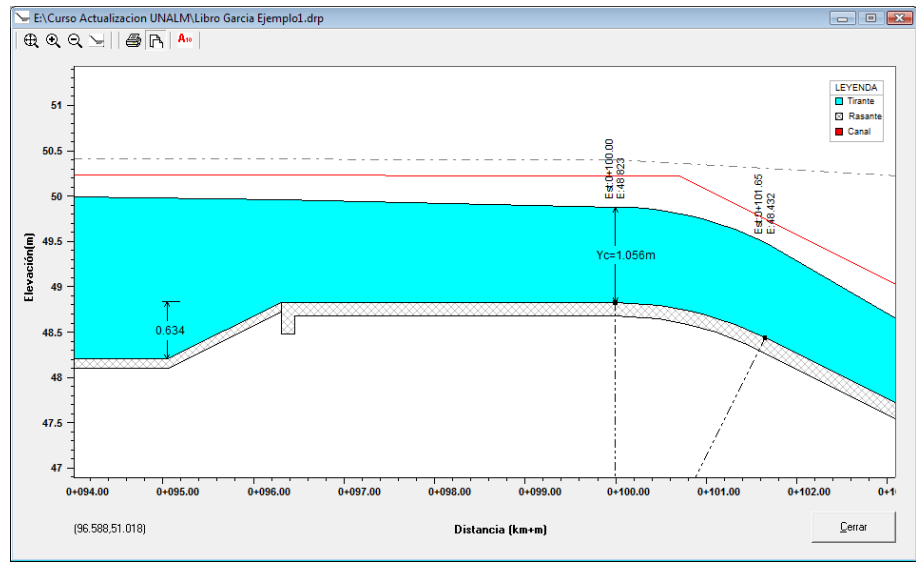
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	4.5 < Fr < 15	Factible	Fr= 5.976; Y1= 0.321 m
USBR - I	2.5 <= Fr < 4.5	No Factible	Fr > 4.5
USBR - II	Fr >= 4.5 y V < 15.24 m/s	Factible	Fr= 5.976; V= 10.6 m/s
USBR - III	Fr >= 4.5 y V > 15.24 m/s	No Factible	V < 15.24 m/s
TANQUE SAF	1.7 <= Fr <= 17 y Q < 3 m³/s	No Factible	Q > 3.0 m³/s
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

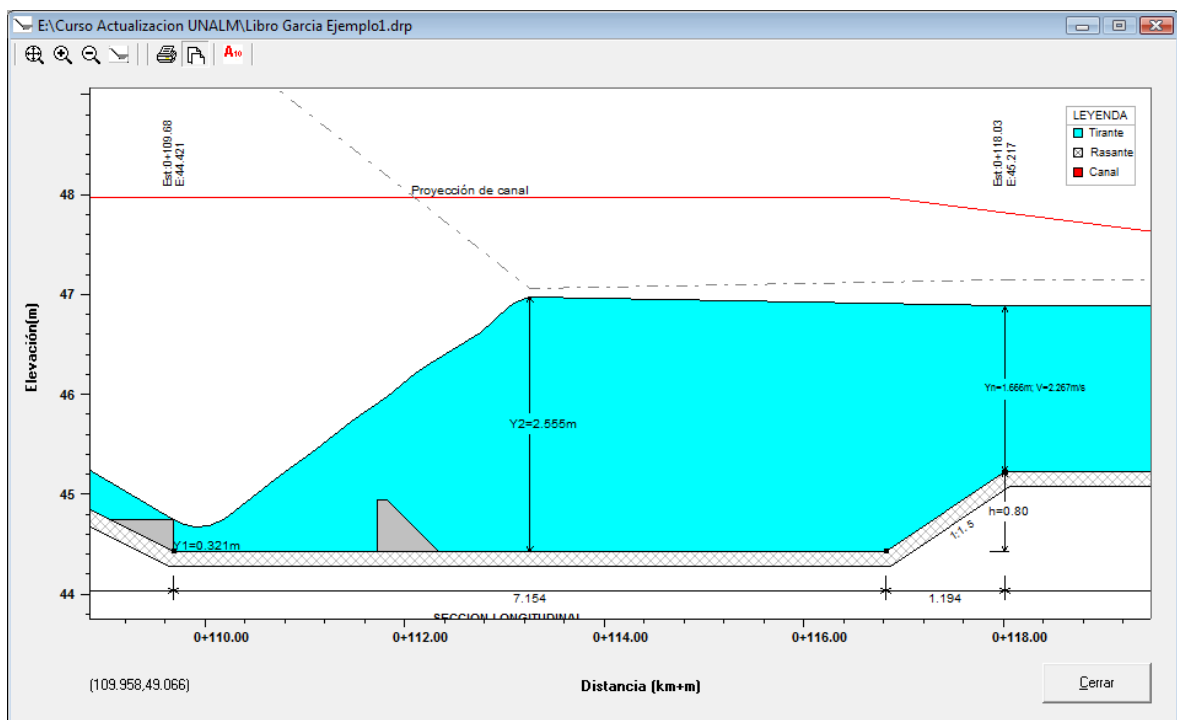
1.5 <= Z1 <= 2

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador USBR tipo II

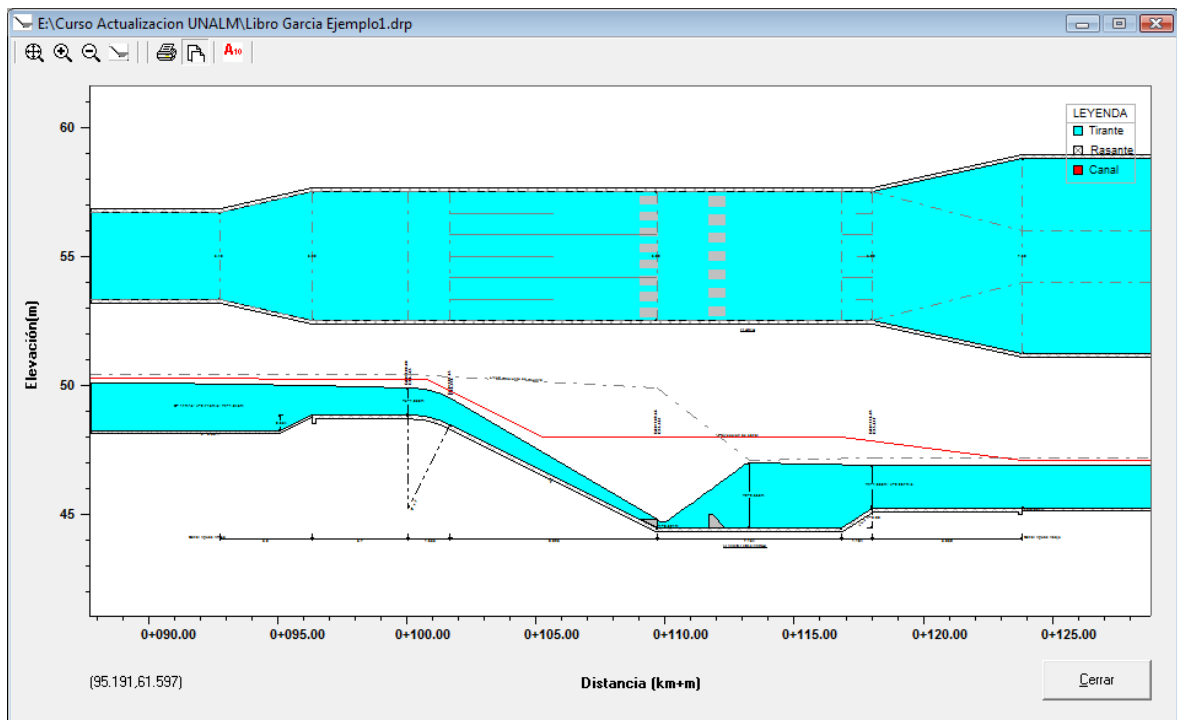
## Resultados con el uso del software:



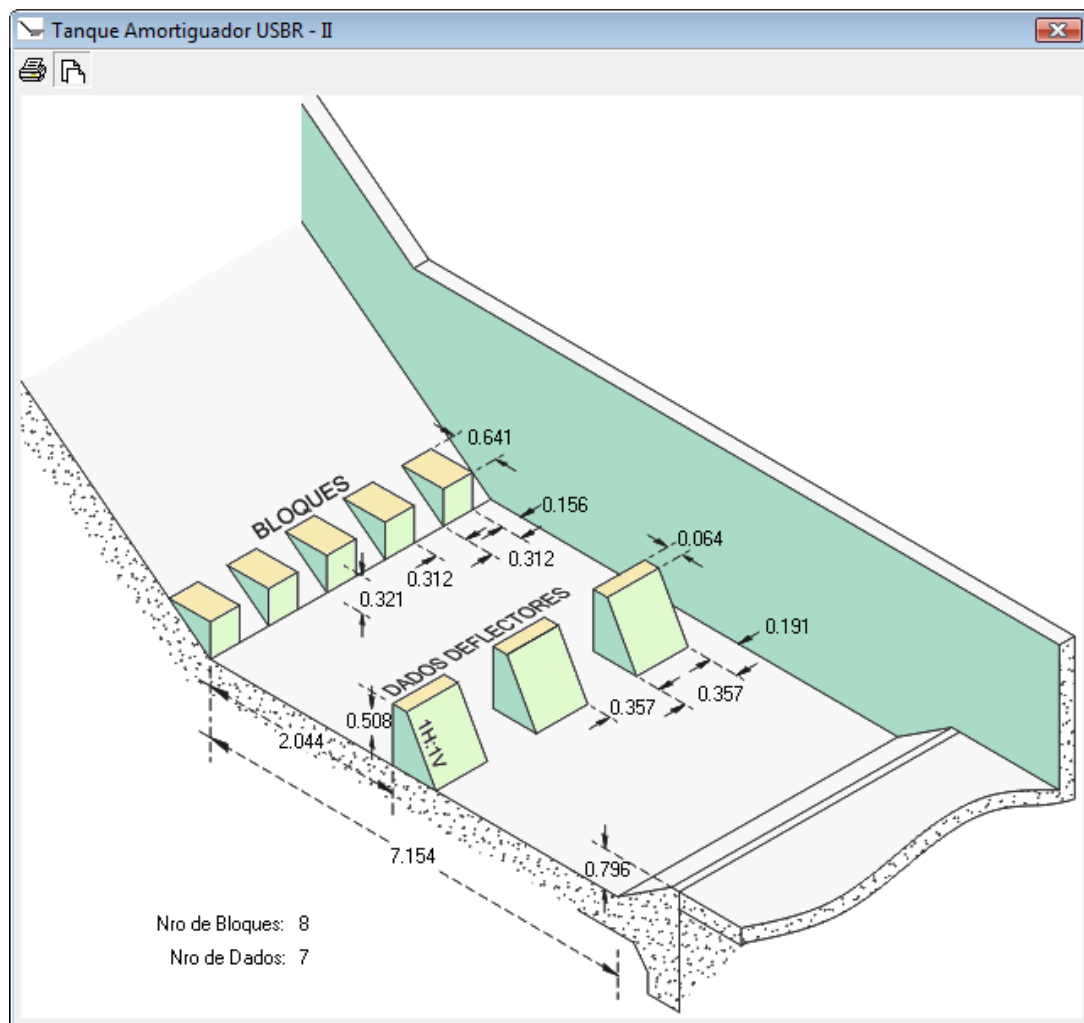
Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



Planta y sección longitudinal de la caída inclinada



Dimensiones de los bloques de impacto en el tanque amortiguador USBR Tipo II

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	(M)	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
			Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	17.000	0.321	18.6130	2.554	18.6130	7.1510	47.0650	47.1450	OK
2	15.300	0.29	16.6670	2.425	16.6670	6.7890	46.9270	47.0490	OK
3	13.600	0.26	14.6720	2.282	14.6720	6.3900	46.7750	46.9470	OK
4	11.900	0.229	12.7380	2.134	12.7380	5.9750	46.6180	46.8370	OK
5	10.200	0.198	10.8110	1.973	10.8110	5.5260	46.4490	46.7180	OK
6	8.500	0.166	8.9420	1.803	8.9420	5.0480	46.2690	46.5870	OK
7	6.800	0.134	7.0800	1.612	7.0800	4.5130	46.0690	46.4400	OK
8	5.100	0.102	5.2250	1.392	5.2250	3.8970	45.8400	46.2710	OK
9	3.400	0.069	3.4280	1.135	3.4280	3.1780	45.5740	46.0680	OK
10	1.700	0.035	1.6860	0.803	1.6860	2.2490	45.2330	45.8000	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

### Verificación de la operación de la poza

### Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control (Yc):	1.056	1.056	
Sobre elevación ( $\Delta h$ ) en la sección de control:	0.64	0.654	
Tirante conjugado menor(Y1):	0.306	0.321	
Tirante conjugado mayor(Y2):	2.63	2.555	
Longitud de la Poza (Lp):	7.23	7.154	
Profundidad de la Poza:	0.80	0.796	
Cota de fondo de la Poza:	44.417	44.421	

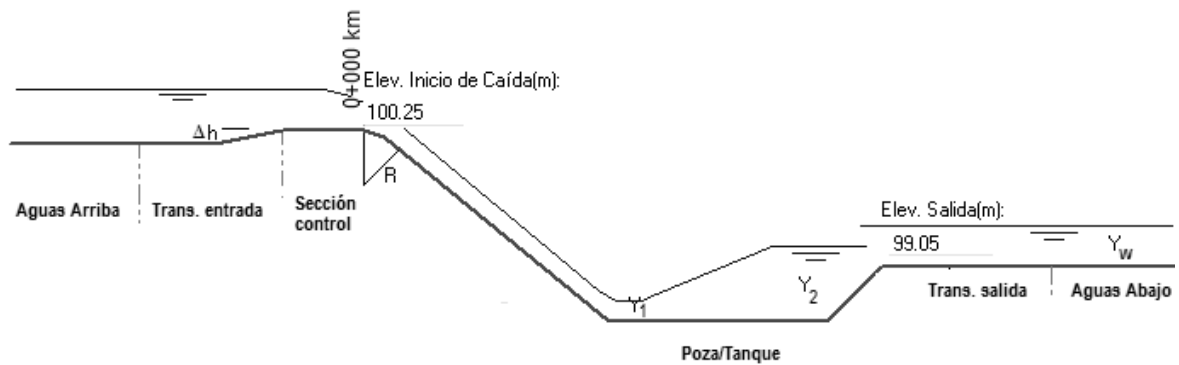


**EJEMPLO Nro 07.** Diseño de una Caída Inclineda propuesto en el libro: Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte [7], Pág. 191, ejercicio 4.23.

Diseñar una caída inclinada de sección trapezoidal para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	5.00	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	5.00	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	2.5	m	Ancho "b":	2.5	m
Talud "Z":	1.5		Talud "Z":	1.5	
Rugosidad "n":	0.035		Rugosidad "n":	0.035	
Pendiente "s":	0.003	m/m	Pendiente "s":	0.003	m/m

Poza de disipación:		
Ancho "b":	2.5	m
Talud "Z":	1.5	



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**

Caída Inclinada - Libro Garcia Ejemplo2.drp

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 160  
Elev. Inicio de Caída(m): 100.25

E2: Nivel de energía al final de resalto  
Ew: Nivel de energía aguas abajo  
k= 2.3 % de ahogamiento del resalto  
k= 2.28% ;  $Y_2 = h + Y_w$

Caudal (Q): 5 m³/s

Δh

R

1  
2  
Talud

E2

k% · E2

Elev. Salida(m): 99.05

Yw

Y2

1  
1.5  
Talud

h

Trans. entrada Sección control Poza/Tanque Trans. salida Aguas Arriba Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 2.5 m Talud(Z): 1.5 Rugosidad(n): 0.035 Pendiente(So): 0.003 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 2.5 m Talud(Z): 1.5 Rugosidad(n): 0.035 Pendiente(So): 0.003 m/m

Ingresar datos de la poza de dissipación:

Ancho Tanque(B): 2.5 m Talud(Z): 1.5

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Sección de control: Sobre elevación(Δh): 0.204 m

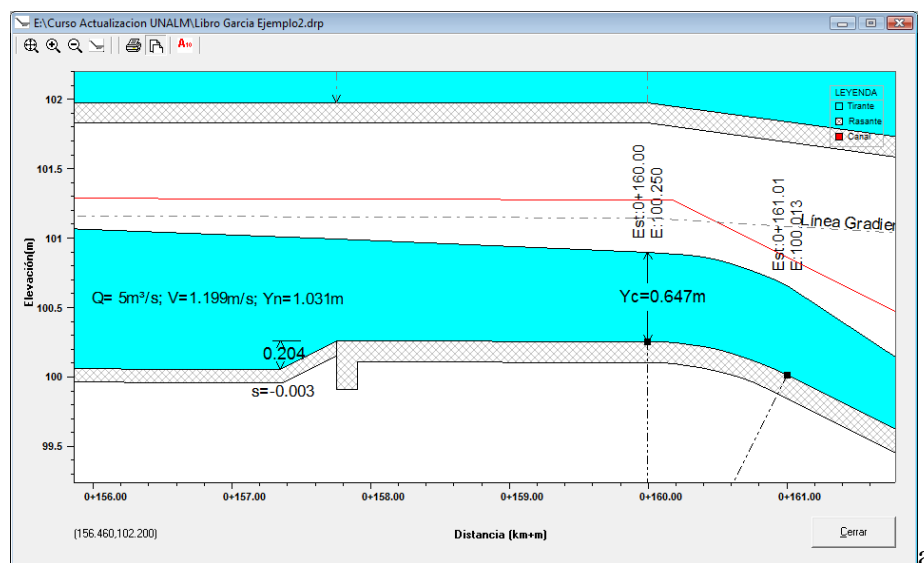
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - II	$Fr \geq 4.5$ y $V < 15.24$ m/s	No Factible	Tanque Trapezoidal
USBR - III	$Fr \geq 4.5$ y $V > 15.24$ m/s	No Factible	Tanque Trapezoidal
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr < 17$ y $Q < 3$ m³/s	No Factible	Tanque Trapezoidal
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		Factible	Long. Tanque= $8.5(Y_2 - Y_1)$

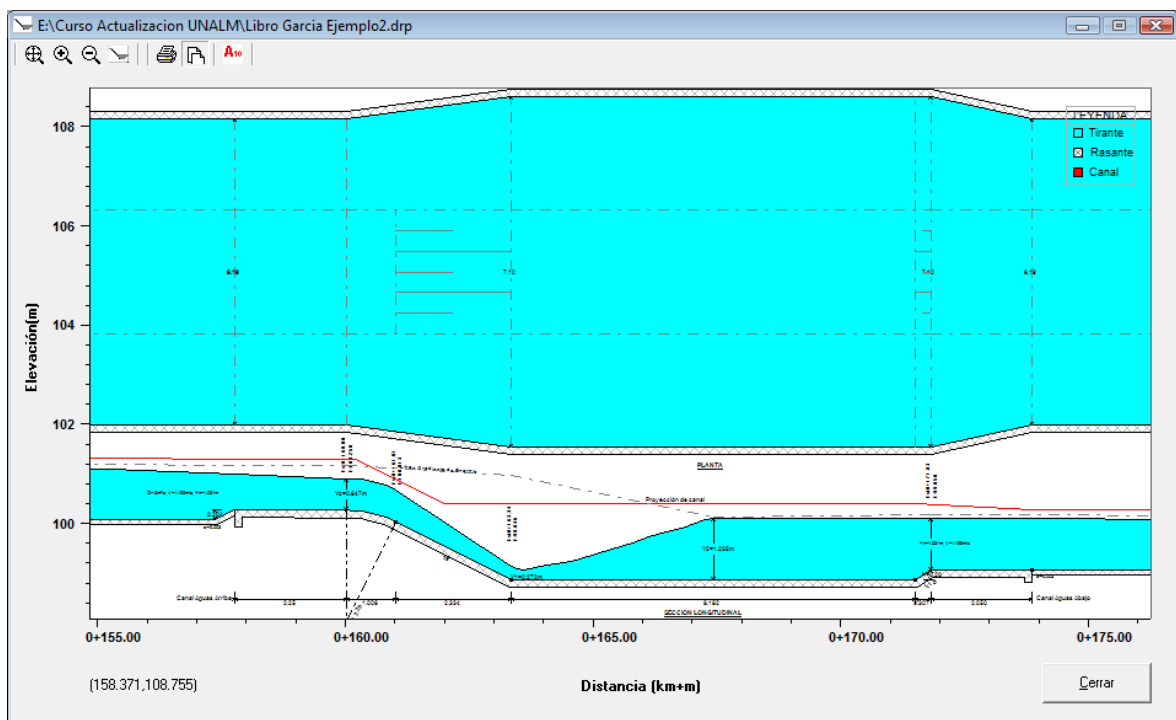
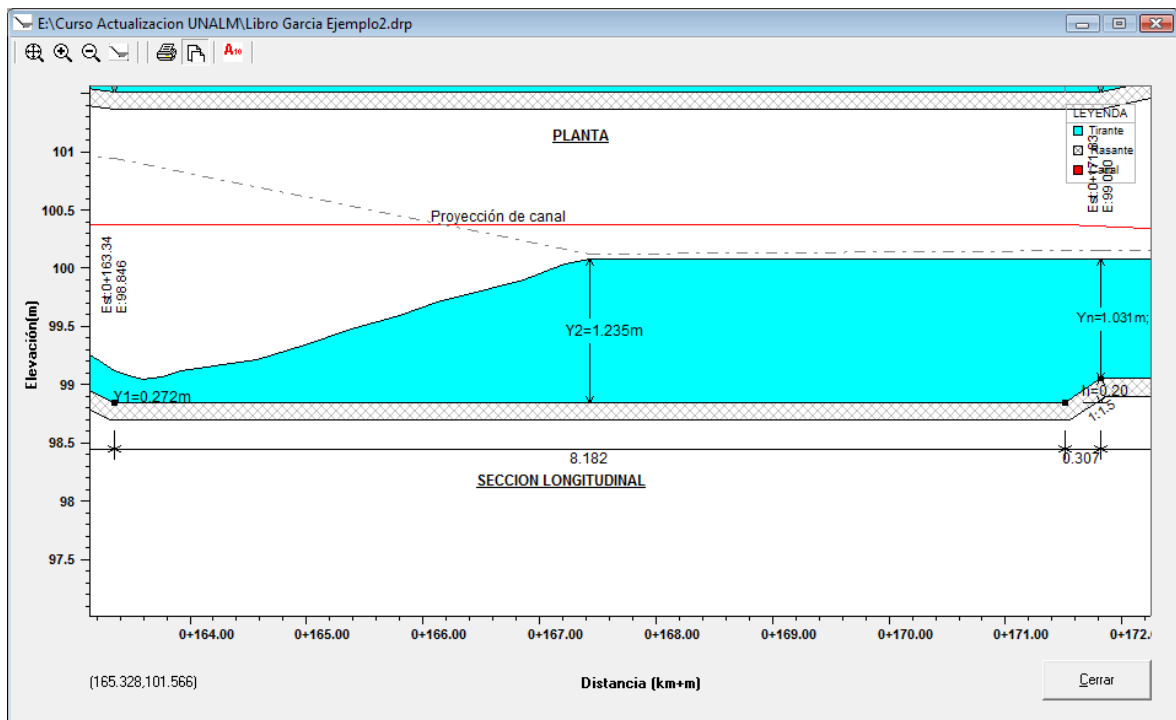
Ancho de Poza estimado (B): 2.779

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador USBR tipo II

Resultados con el uso del software:



Sección de control y tirante crítico



Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
						(M)	(M)	(M)	
1	5.000	0.272	3.3240	1.235	3.3240	14.4700	100.1250	100.1540	OK
2	4.500	0.25	2.9580	1.177	2.9580	13.9230	100.0630	100.0940	OK
3	4.000	0.226	2.6120	1.118	2.6120	13.4020	100.0010	100.0310	OK
4	3.500	0.202	2.2610	1.053	2.2610	12.7820	99.9320	99.9630	OK
5	3.000	0.177	1.9160	0.983	1.9160	12.1000	99.8580	99.8900	OK
6	2.500	0.151	1.5780	0.905	1.5780	11.3290	99.7770	99.8100	OK
7	2.000	0.124	1.2440	0.818	1.2440	10.4270	99.6860	99.7220	OK
8	1.500	0.096	0.9160	0.717	0.9160	9.3220	99.5800	99.6220	OK
9	1.000	0.066	0.6000	0.596	0.6000	7.9570	99.4540	99.5040	OK
10	0.500	0.035	0.2870	0.428	0.2870	5.8990	99.2800	99.3530	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

### Verificación de la operación de la poza

### Resumen y comparación de resultados:

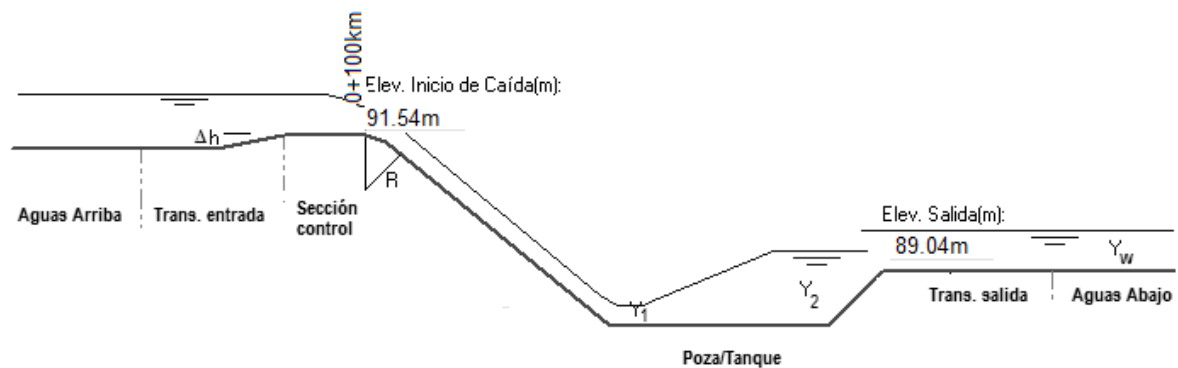
Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control (Yc):	0.65	0.647	
Sobre elevación ( $\Delta h$ ) en la sección de control:	0.213	0.204	
Tirante conjugado menor(Y1):	0.285	0.272	
Tirante conjugado mayor(Y2):	1.20	1.235	
Longitud de la Poza (Lp):	8.37	8.182	
Profundidad de la Poza:	0.35	0.20	
Cota de fondo de la Poza:	98.70	98.846	

**EJEMPLO Nro 08.** Diseño de una Caída Inclínada propuesto en el libro: Manual de Caídas [4], Pág. 53.

Diseñar una caída inclinada de sección trapezoidal para enlazar un desnivel mostrado en el perfil, en un canal cuyas características aguas arriba y aguas abajo son los siguientes:

Aguas arriba:			Aguas abajo:		
Caudal "Q":	5.30	m <sup>3</sup> /s	Caudal "Q":	5.30	m <sup>3</sup> /s
Ancho "b":	1.5	m	Ancho "b":	1.5	m
Talud "Z":	1		Talud "Z":	1	
Rugosidad "n":	0.014		Rugosidad "n":	0.014	
Pendiente "s":	0.0016	m/m	Pendiente "s":	0.0013	m/m

Poza de disipación:		
Ancho "b":	2.85	m
Talud "Z":	0	



Perfil longitudinal del canal.

**Solución:**

Caída Inclinada - Manual caidas Ejemplo1.drp

Archivo Resultados/Gráficos Opciones

Ingresar datos:

Progresiva(m): 100  
Elev. Inicio de Caída(m): 91.54

Caudal (Q): 5.3 m³/s

E2: Nivel de energía al final de resalto  
Ew: Nivel de energía aguas abajo  
k= 6.65 % de ahogamiento del resalto  
k= 6.63% ; Y2=h+Yw

Δh

R

1  
2  
Talud

E2

k% · E2

Elev. Salida(m): 89.04

Y2

1  
1.5  
Talud

h

Yw

Aguas Arriba Trans. entrada Sección control Poza/Tanque Trans. salida Aguas Abajo

Ingresar datos de canal:

Aguas arriba: Ancho de base(b): 1.5 m Talud(Z): 1 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.0016 m/m

Aguas abajo: Ancho de base(b): 1.5 m Talud(Z): 1 Rugosidad(n): 0.014 Pendiente(So): 0.0013 m/m

Ingresar datos de la poza de dissipación:

Ancho Tanque(B): 2.85 m  
Talud(Z): 0

Calcular Número de Froude y seleccione el Tipo de Tanque Amortiguador

Sección de control:  
Sobre elevación(Δh): 0.184 m

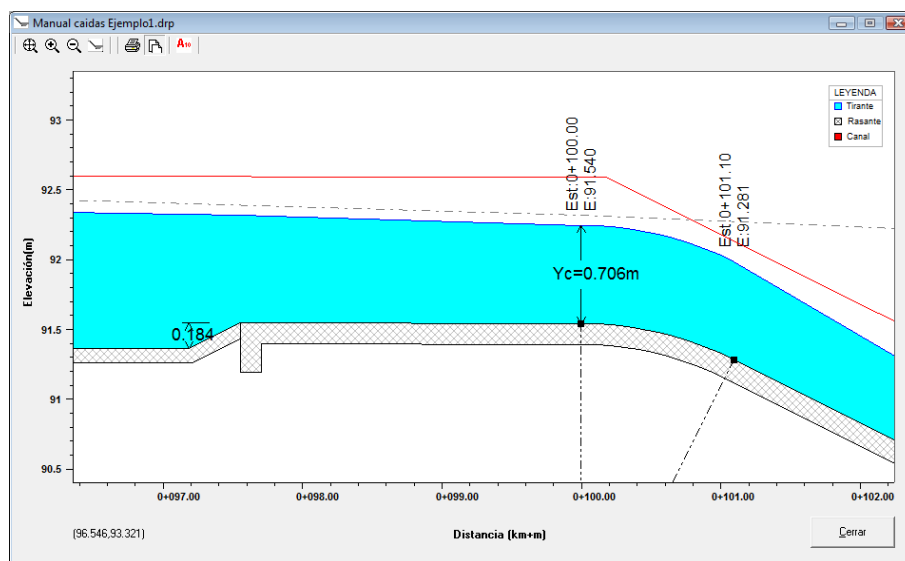
Cerrar

Tipo de Disipador	Número de Froude	Factibilidad	Causas
TANQUE RECTANG. SIN OBSTACULOS	$4.5 < Fr < 15$	Factible	$Fr = 5.89; Y1 = 0.217 \text{ m}$
USBR - I	$2.5 \leq Fr < 4.5$	No Factible	$Fr > 4.5$
USBR - II	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V < 15.24 \text{ m/s}$	Factible	$Fr = 5.89; V = 8.586 \text{ m/s}$
USBR - III	$Fr \geq 4.5 \text{ y } V > 15.24 \text{ m/s}$	No Factible	$V < 15.24 \text{ m/s}$
TANQUE SAF	$1.7 \leq Fr < 17 \text{ y } Q < 3 \text{ m}^3/\text{s}$	No Factible	$Q > 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$
TANQUE SECCION TRAPEZOIDAL		No Factible	Tanque Rectangular

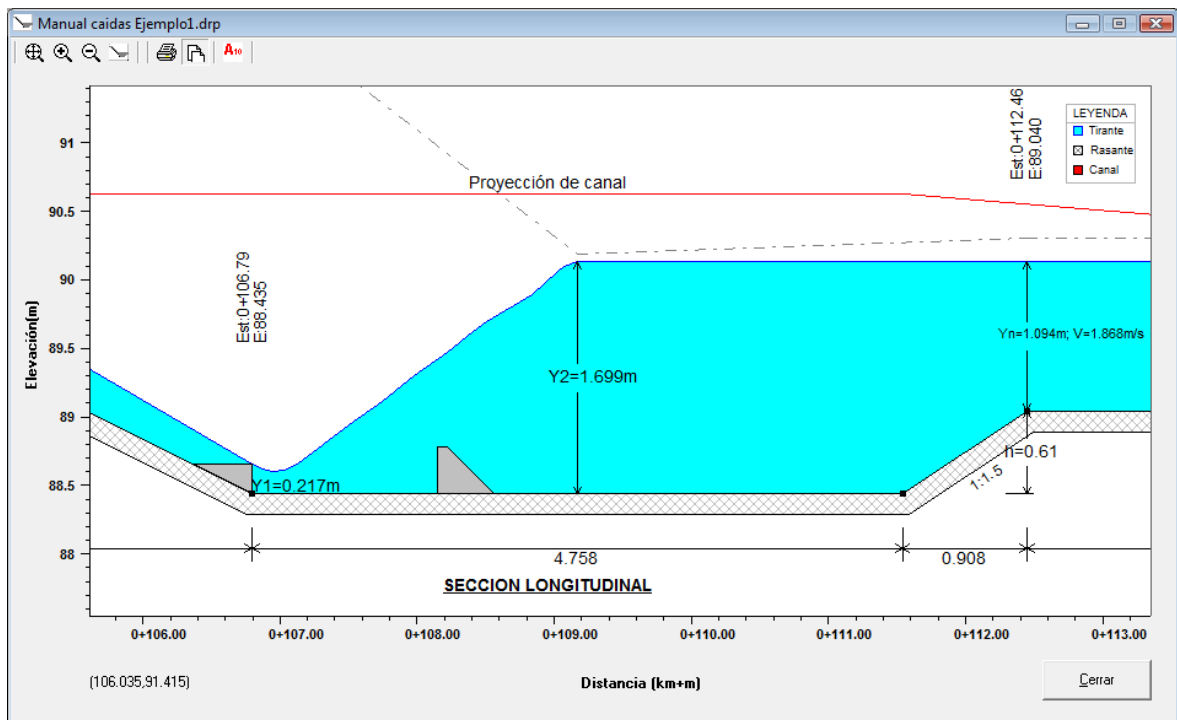
Ancho de Poza estimado (B): 2.806

Ingreso de datos, cálculo y selección de tanque amortiguador USBR tipo II

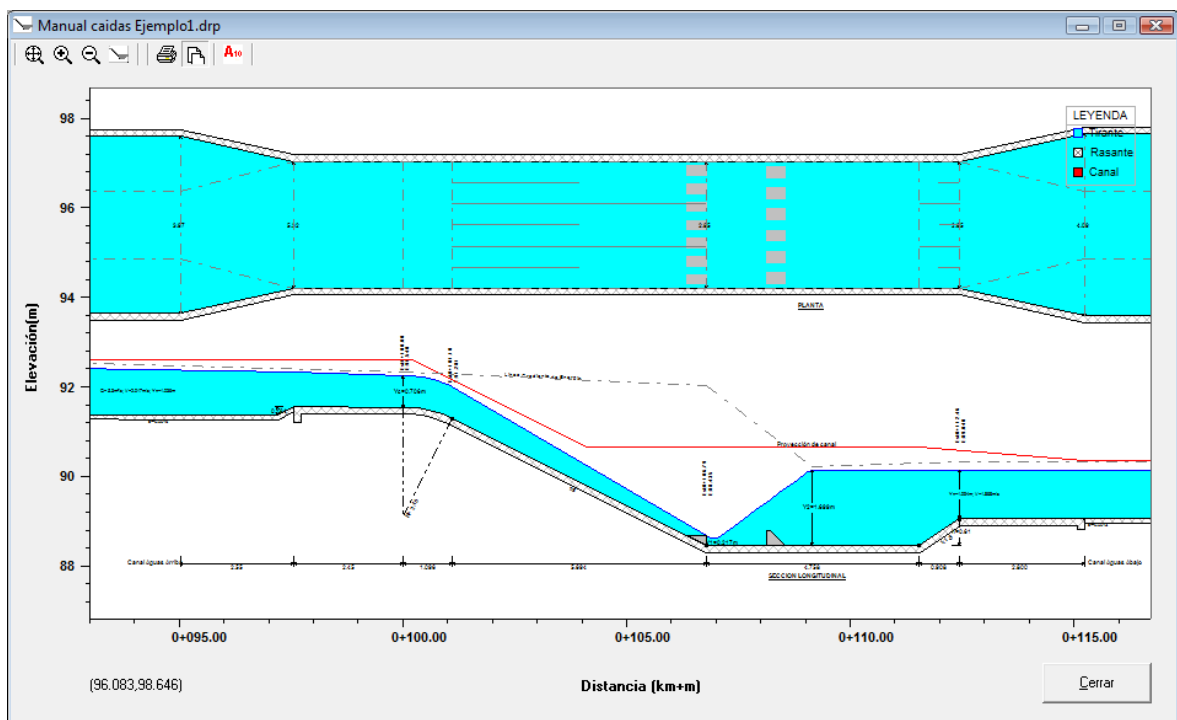
Resultados con el uso del software:



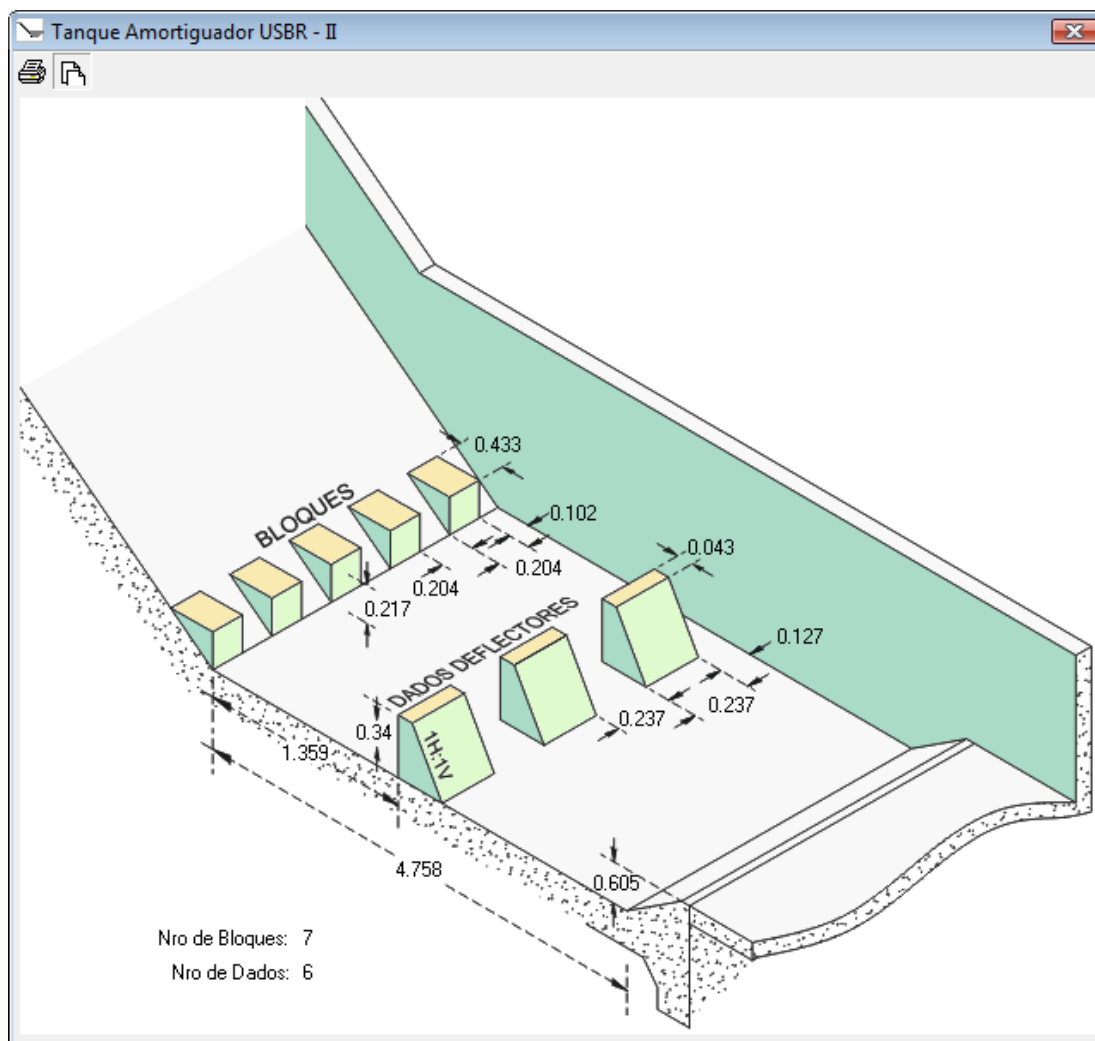
Sección de control y tirante crítico



Sección longitudinal de la poza de disipación



Planta y sección longitudinal de la caída inclinada



Dimensiones de los bloques de impacto en el tanque amortiguador USBR Tipo II

Verificación del Funcionamiento de la Poza									
	CAUDAL	TIRANTE	MOMENTUM	TIRANTE	MOMENTUM	LONGITUD	NIVEL ENERGIA	NIVEL ENERGIA	FUNCIONAMIENTO
	(M3/S)	Y1	1	Y2	2	DE RESALTO	EN POZA	AGUAS ABAJO	DE LA POZA
		(M)	Newton/p(agua)	(M)	Newton/p(agua)	(M)	(M)	(M)	
1	5.300	0.217	4.6970	1.697	4.6970	4.7520	90.1930	90.3120	OK
2	4.770	0.196	4.2070	1.612	4.2070	4.5130	90.1010	90.2440	OK
3	4.240	0.176	3.6980	1.516	3.6980	4.2440	89.9990	90.1710	OK
4	3.710	0.155	3.2100	1.417	3.2100	3.9690	89.8950	90.0940	OK
5	3.180	0.134	2.7250	1.311	2.7250	3.6710	89.7820	90.0100	OK
6	2.650	0.112	2.2610	1.200	2.2610	3.3590	89.6650	89.9190	OK
7	2.120	0.091	1.7780	1.069	1.7780	2.9930	89.5280	89.8180	OK
8	1.590	0.069	1.3170	0.925	1.3170	2.5900	89.3780	89.7020	OK
9	1.060	0.046	0.8770	0.760	0.8770	2.1290	89.2070	89.5660	OK
10	0.530	0.024	0.4190	0.530	0.4190	1.4840	88.9710	89.3910	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.  
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Verificación de la operación de la poza



Resumen y comparación de resultados:

Variables	Calculado en el libro	Calculado por el Software	Observaciones
Tirante crítico en la sección de control ( $Y_c$ ):	0.71	0.706	
Sobre elevación ( $\Delta h$ ) en la sección de control:		0.184	
Tirante conjugado menor( $Y_1$ ):	0.21	0.217	
Tirante conjugado mayor( $Y_2$ ):	1.75	1.699	
Longitud de la Poza ( $L_p$ ):	4.50	4.758	
Profundidad de la Poza:	0.54	0.61	
Cota de fondo de la Poza:	88.50	88.435	

## BIBLIOGRAFIA

1. A. J. Aisenbrey. Design of Small Canal Structures. Bureau of Reclamation, United States Department of the Interior. Denver Colorado. 1978.
2. Ceballos, F.J. Visual Basic. Aplicaciones para Windows. Ra-Ma. Madrid 1995.
3. Chow V.T., Hidráulica de Canales Abiertos, University of Illinois, Ed McGraw Hill Interamericana S.A., Santa Fe Bogotá, Colombia 1994.
4. Cooperación Técnica Peruano – Holandesa. Manual de Caídas.
5. Cooperación Técnica Peruano – Holandesa. Manual de Diseño de Rápidas.
6. Dr. Hubert Chanson (2002). “Hidráulica de Canales Abiertos”. Edit. McGraw-Hill.
7. García, E. R. Manual de Diseño Hidráulico de Canales y Obras de Arte. CONCYTEC, Lima 1987.
8. Gómez Navarro J.L. Y Aracil J.J. “Saltos de Agua y Presas de Embalse”, Tomo I, Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid – España. 1964.
9. HEC-14. Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels. Metric Version. September 1983.
10. HEC-RAS. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. 2010.
11. II Seminario Internacional de Ingeniería Civil, Hidráulica y Geociencias (SICHGeo). Rafael Pardo Gómez, Diseño hidráulico de rápidas con el auxilio de las hojas de cálculo Excel. La Habana - Cuba. 2004.
12. J. Stkutch. DROP Hydraulic Analysis and Design of Energy Dissipating Structures. HR Wallingford. Report OD/TN, Junio de 19. HR Wallingford.
13. M. Villón B. Diseño de Estructuras Hidráulicas. D’LUIS Edit. Lima 2000.
14. Monografía Técnica. Julio Palomino Bendezu. UNMSM. Diseño hidráulico de una rápida para el proyecto: Construcción del Canal principal de Fortaleza, distrito Congas, provincia Ocros, Región Ancash. 2003.
15. SINAMOS “Manual de Pequeñas Obras de Regadío” División de Estudios y Proyectos.
16. United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. Diseño de Presas Pequeñas. 1976.