



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN
TRAPEZOIDAL CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA, LONGITUD
700M PARA PROYECTO DE IRRIGACIÓN

LEÓN GOROZABEL JOSÉ ANTONIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN
TRAPEZOIDAL CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA,
LONGITUD 700M PARA PROYECTO DE IRRIGACIÓN

LEÓN GOROZABEL JOSÉ ANTONIO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN TRAPEZOIDAL
CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA, LONGITUD 700M PARA PROYECTO
DE IRRIGACIÓN

LEÓN GOROZABEL JOSÉ ANTONIO
INGENIERO CIVIL

COBO REGALADO GONZALO EDGAR EFRAIN

MACHALA, 12 DE JULIO DE 2018

MACHALA
12 de julio de 2018

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN TRAPEZOIDAL CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA, LONGITUD 700m PARA PROYECTO DE IRRIGACIÓN, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



COBO REGALADO GONZALO EDGAR EFRAIN
1703979953
TUTOR - ESPECIALISTA 1



ESPINOZA URGILES FREDDY LEONARDO
0301365516
ESPECIALISTA 2



ROMERO VALDIVIEZO ELSI AMERICA
0702237280
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 11 de julio de 2018 - 11:01

Urkund Analysis Result

Analysed Document: 10 hojas.pdf (D40316612)
Submitted: 6/22/2018 6:14:00 PM
Submitted By: jaleon_est@utmachala.edu.ec
Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, LEÓN GOROZABEL JOSÉ ANTONIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN TRAPEZOIDAL CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA, LONGITUD 700m PARA PROYECTO DE IRRIGACIÓN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 12 de julio de 2018



LEÓN GOROZABEL JOSÉ ANTONIO
0705222230

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en el diseño de un canal abierto de 700m de longitud de sección trapezoidal para una máxima eficiencia hidráulica, para ello se conformó con paredes y la losa de fondo revestido de hormigón y su uso está destinado para riego y el área de aporte a regar estaba dada a 2000m a ambos lados y el módulo de riego de 1l/seg/Ha.

Para la pendiente de fondo se tomó como referencia el perfil del terreno natural en base a las cotas establecidas del proyecto, de tal manera que no exista un exagerado movimiento de tierras y en lo posible aprovechar el corte para relleno. Se obtuvo todos los datos hidráulicos (tirante, área, perímetro, radio hidráulico, etc) para cada sección y se dibujó las curvas de energía y las curvas de remanso. Adicionalmente se caracterizó el tipo de flujo, el tipo de resalto y tipo de curva de remanso.

Finalmente se presentará los planos detallados con sus respectivos datos y secciones transversales para cada abscisado, todo esto se realizó mediante el empleo y las destrezas adquiridas en los años de estudio.

Palabras clave: canal, riego, sección trapezoidal, máxima eficiencia hidráulica.

ABSTRACT

The present work focuses on the design of an open channel of 700m long trapezoidal section for maximum hydraulic efficiency, for this purpose it was formed with walls and the concrete-covered bottom slab and its use is intended for irrigation and the area of Contribution to irrigation was given to 2000m on both sides and the irrigation module of 1l / sec / Ha.

For the bottom slope, the profile of the natural terrain was taken as a reference based on the established levels of the project, in such a way that there is no exaggerated earth movement and, as much as possible, taking advantage of the cut for filling. All the hydraulic data (tie, area, perimeter, hydraulic radius, etc.) was obtained for each section and the energy curves and the backwater curves were drawn. Additionally, the type of flow, the type of overhang and the type of backwater curve were characterized.

Finally, the detailed plans with their respective data and cross sections for each abscissate will be presented, all this was done through the employment and the skills acquired in the years of study.

Keywords: canal, irrigation, trapezoidal section, maximum hydraulic efficiency.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pag.

CUBIERTA	
PORTADA	
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
1. Desarrollo.....	2
1.1. Reseña del uso del riego.....	2
1.2. Criterio para máxima eficiencia hidráulica para secciones trapezoidales. ...	2
1.3. Criterios y consideraciones iniciales.	3
1.3.1. Caudal de diseño (Q).....	3
1.3.2. Coeficiente de rugosidad (n)	3
1.3.3. Pendiente (S)	4
1.3.4. Tirante (profundidad del flujo).	4
1.3.5. Ancho de solera (b).....	4
1.3.6. Borde libre (BL).....	4
1.3.7. Profundidad total (H).....	4
1.3.8. Ancho de corona (C).....	4
1.4. Ecuación de Manning.	5
1.5. Ecuación de la continuidad.	5
1.6. Flujo en canales	5
1.6.1. Flujo permanente y no permanente	5
1.6.2. Flujo uniforme y variado.	5
1.6.3. Flujo laminar o turbulento.....	6
1.6.4. Flujo crítico, subcrítico y supercrítico.....	6
1.7. Energía específica	6
1.8. Resalto hidráulico.....	6
1.8.1. Longitud de resalto:	6
1.9. Curvas de remanso.	7
2. Metodología	7

3. Resultados:	8
4. Conclusiones	10
Bibliografía	11
ANEXOS	12

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: SECCIÓN TRAPEZOIDAL DE MÁXIMA EFICIENCIA	3
ILUSTRACIÓN 2: DISEÑO DE CANAL TRAMO #1.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CAUDALES PARA TRAMO DADO (Q).....	8
TABLA 2: PENDIENTES ADOPTADAS PARA CADA TRAMO.....	8
TABLA 3: TIRANTES NORMALES (Y).....	8
TABLA 4: ANCHO DE SOLERA.....	8
TABLA 5: ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LAS SECCIONES.....	9
TABLA 6: TIPO DE FLUJO PARA CADA SECCIÓN.....	9
TABLA 7: TIPO DE RESALTO	10

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la ingeniería las obras hidráulicas forman un papel fundamental, ya que permiten trasladar agua desde un punto inicial o denominada captación hacia otro que es el destino o uso que se le da, para este caso particular su destino será un proyecto de irrigación.

Generalmente este tipo de obra puede ser construida a través de una conducción o canal constituida artificialmente o naturalmente según sea el caso, permitiendo así el aprovechamiento de este vital líquido.

Partiendo de lo anteriormente mencionado estará enfocado en la utilización para riego, donde lo principal es la producción de diferentes cultivos, de tal manera que: El riego como una habilidad ancestral se ha utilizado en la agricultura, aplicada principalmente para abastecer de una determinada porción de agua para el uso eficiente en el proceso de los cultivos y provocando un incremento de la producción en temporada seca, donde la escasez de lluvia es el principal problema. [1].

El problema principal de este proyecto se refiere a la escasez de un sistema de riego óptimo que satisfaga las necesidades agrícolas de un sector determinado, debido a que la presencia de lluvias se encuentra en ciertos meses del año.

En el presente estudio se plantea como objetivo principal el de diseñar un canal de sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica revestido completamente de hormigón para irrigación, mediante la obtención de los resultados de los datos hidráulicos, debido a la poca distribución de agua en los sistemas de riego y para mejorar eficientemente el uso del agua en los cultivos agrícolas.

Como objetivos específicos tenemos:

- Calcular las dimensiones de cada una de las secciones hidráulicas del canal de estudio.
- Determinar en el estudio del canal que tipo de flujo predomina en la conducción.
- Comprobar si existe resalto hidráulico, curva de remanso en el estudio del canal y determinar qué tipo es.

1. Desarrollo.

1.1. Reseña del uso del riego.

El uso del agua en el riego ha sido una parte importante en el desarrollo de las actividades humanas desde sus comienzos con canales artesanales llamadas acequias fueron poco a poco mejorando la calidad de vida. En la actualidad el riego superficial a través de canales es ampliamente practicado en todas partes del mundo y este ocupa más del 95% de las tierras de cultivo y en países industrializados ocupa una parte importante de los mismos [2].

El riego agrícola tiene una gran importancia dentro del ámbito productivo, ya que un eficiente uso y aprovechamiento del suelo nos permite un incremento de los ciclos de cultivo, debido a una necesidad respecto a la escasez de lluvia en temporadas secas y una forma de mitigar este fenómeno [3].

Los componentes que incluyen un proyecto de irrigación es la obra de cabeza (embalse u obra de toma), una red principal, secundaria, caminos, red de drenaje y obras de excedencia o vertedores [4].

Las áreas agrícolas están en constante expansión conforme la necesidad de la población, para ello se ha visto la necesidad de generar programas integrales para un eficiente aprovechamiento y un uso adecuado de este recurso [5, 6]. Mediante la tecnificación de los proyectos de irrigación se evita pérdidas producto de las filtraciones que causa el terreno natural y se optimiza el uso final del mismo [7].

El uso de revestimientos en los canales abiertos para riego ha sido una parte importante, ya que ha permitido aumentar la cantidad de agua; entre los comunes tenemos la mampostería y el hormigón.

1.2. Criterio para máxima eficiencia hidráulica para secciones trapezoidales.

Para el diseño de una canal trapezoidal de máxima eficiencia se toma en cuenta la mitad de un hexágono regular, para ello se relacionan las fórmulas de perímetro y área, llevadas al límite donde para un caudal máximo debe de haber un perímetro mínimo.

De acuerdo a la siguiente ilustración para máxima eficiencia para una sección trapezoidal tenemos: En función del ángulo Θ es 60° y en función del talud Z es $\sqrt{3}/3$.

Sección trapezoidal: mitad de un hexágono regular

$$z = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

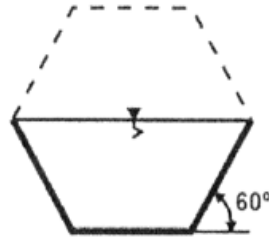


Ilustración 1: Sección trapezoidal de máxima eficiencia

Fuente: Hidráulica de canales de Máximo Villón Béjar. pp-97

1.3. Criterios y consideraciones iniciales.

El criterio empleado está el de la máxima eficiencia de la sección y considerando como uno de los parámetros para la viabilidad de este proyecto es el movimiento de tierras, por lo cual se procura en lo posible el menor traslado de material de excedencia y la reutilización del material de corte en relleno. Además de las propiedades del canal como: la pendiente, rugosidad, sección transversal y el uso que se le da [8]

Para la resolución del caso de estudio se toma en consideración lo siguiente:

1.3.1. Caudal de diseño (Q)

En primer lugar el caudal es la cantidad de agua que circula por una sección conformada regularmente (sección geométrica) o irregularmente (sección asimétrica) a través de una unidad de tiempo y está dada en litros sobre segundo (m^3/seg).

La ecuación para calcular el caudal de irrigación es igual módulo de riego por el área de irrigación, donde el área de irrigación es igual a ancho por la longitud de riego.

$$Q_{ir} = \text{Módulo de riego} * \text{Area de irrigación}$$

$$A_r = \text{Ancho de riego} * \text{Longitud de riego}$$

1.3.2. Coeficiente de rugosidad (n)

Este coeficiente fue encontrado por Naudascher y se lo expresa con su inicial en minúscula y trata de dar una mayor exactitud en el cálculo de la velocidad respecto a la ecuación de Manning y este depende de muchas variables sin contar la sección del canal [9].

Para este caso específico se ha tomado de la tabla de coeficientes de rugosidad del libro de Hidráulica de canales de Máximo Villón Béjar, donde los valores están comprendidos entre 0.013 y 0.015.

1.3.3. Pendiente (S)

La pendiente del fondo del canal va estar determinado por la topografía del terreno y el uso que se le va dar; tal como irrigación, abastecimiento de agua, proyectos hidroeléctricos y la minería. La finalidad es ir adaptando las pendientes de tal manera que sean mínimas para evitar pérdidas en elevación [10].

1.3.4. Tirante (profundidad del flujo).

Los tirantes del canal se consideran como una medida vertical perpendicular, medida desde la solera hasta la lámina del flujo.

1.3.5. Ancho de solera (b)

El ancho en la solera depende mucho del caudal que vaya a circular, por lo que es recomendable que para caudales muy pequeños y de fácil acceso tener en cuenta el ancho del cucharón de una máquina, además de valores enteros para el normal desarrollo de los cálculos.

1.3.6. Borde libre (BL)

Los canales abiertos necesitan de una distancia adicional desde la lámina del flujo hacia la parte superior del canal, debido a las características dinámicas de los fluidos. Esta se denomina borde libre y se define como la altura de la superficie del líquido en reposo (suposición del cálculo para el tirante normal) hasta la corona; donde este permite que las ondas oscilatorias del flujo no se salgan del canal, considerando también la pendiente longitudinal del fondo para el normal flujo del agua. Entre otros datos que deberán ser asumidos en el proceso del cálculo [11].

Para mayor facilidad de cálculos se ha tomado valores referenciales del libro de Hidráulica de canales abiertos de Ven Te Chow, donde se toma valores desde el 5% hasta el 30% de la profundidad del flujo (tirante normal).

1.3.7. Profundidad total (H)

La profundidad total del canal que es la que va a ser construida está definida por la suma del tirante (y) más el borde libre (BL), para facilidad se toma valores redondeados.

1.3.8. Ancho de corona (C)

El ancho de corona es la parte superior del canal en ambos lados, para caudales mayores es recomendable un valor de 6.50m para un fácil acceso al mantenimiento e inspección. Para caudales pequeños se recomienda valores iguales al tirante, pero en ambos casos el diseño final debe ser óptimo. Se toma un valor de 0,20 metros.

1.4. Ecuación de Manning.

La ecuación de Manning es la más usada en la actualidad debido a la simplicidad de su fórmula y resultados claramente satisfactorios. Por medio de esta fórmula se puede calcular la velocidad media y está dada por:

$$v = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

R=radio hidráulico, en m.

S=pendiente, en m/m

Se verifica acorde al apartado del libro de Hidráulica de canales de Máximo Villón Béjar donde para velocidades máximas revestidos de concreto es de 3m/s.

1.5. Ecuación de la continuidad.

La ecuación de la continuidad refiere a que la cantidad de fluido que entra en sistema permanece constante en recorrido y tiempo. La expresión que la determina viene dada:

$$Q=v*A=constante.$$

Reemplazando la fórmula de Manning en la ecuación de la continuidad tenemos:

$$Q = A/n * R^{2/3} * S^{1/2}$$

1.6. Flujo en canales

Los tipos de flujo en canales abiertos dependen de la variable que se la considere, tal es el caso del tiempo, espacio recorrido, viscosidad y efecto de la gravedad, para los cuales tenemos la siguiente clasificación.

1.6.1. Flujo permanente y no permanente

Un flujo es permanente si los componentes hidráulicos (tirante, perímetro, etc) no cambian respecto al tiempo y un flujo es no permanente si sus componentes varían respecto al tiempo, para un mayor énfasis en el análisis se toma en condiciones permanentes.

1.6.2. Flujo uniforme y variado.

Para este tipo de flujo se considera igual que lo anteriormente citado, la única diferencia es que toma respecto al espacio recorrido.

1.6.3. Flujo laminar o turbulento.

Un flujo es laminar si la viscosidad gobierna en todo su recorrido dando lugar a que las líneas de corriente sean suaves en toda su trayectoria y las láminas se deslizan unas tras otras y un flujo es turbulento si la gravedad gobierna en todo su recorrido provocando líneas de corrientes irregulares, sin que el flujo no sigue su trayectoria.

1.6.4. Flujo crítico, subcrítico y supercrítico.

Este tipo de flujo es una relación entre la velocidad y la gravedad respecto a sus fuerzas que ejercen sobre el fluido, esta se denomina número de Froude, donde tenemos:

Un flujo se encuentra en estado subcrítico cuando el valor de Froude es menor que uno, en estas circunstancias su estado es tranquilo y calmado de velocidad baja.

Un flujo se encuentra en estado crítico cuando el valor de Froude es igual a uno, en estas circunstancias las fuerzas están en equilibrio.

Un flujo se encuentra en estado supercrítico cuando el valor de Froude es mayor que uno, en estas circunstancias su estado es violento y acelerado de velocidad alta.

1.7. Energía específica

Se define como la energía por unidad de masa de agua fluye en una sección, con referencia a la superficie del fondo. Viene dada por la siguiente expresión:

$$E = y + v^2/2g$$

E= energía específica (m)

y= tirante de la sección (m)

v= velocidad media del flujo (m/s)

g= aceleración de la gravedad (m/seg²)

1.8. Resalto hidráulico.

El resalto hidráulico se desarrolla en un cambio de régimen de supercrítico a subcrítico es decir donde la velocidad pasa de ser alta a baja disipándose a través de calor, se lo puede encontrar en cambios de pendiente, vertedor de demasía y compuerta con descarga en el fondo.

1.8.1. Longitud de resalto:

Se define como resalto hidráulico a la distancia existente entre el tirante inmediatamente anterior aguas arriba y el tirante inmediatamente posterior aguas abajo, en donde se genera una transición y pérdidas de energía.

1.9. Curvas de remanso.

Se denomina curva de remanso al perfil que adquiere la lámina de la superficie libre en condiciones de escurrimiento y bajo un flujo gradualmente variado.

2. Metodología

La metodología usada en el desarrollo del estudio presentado es el criterio empleado para secciones de máxima eficiencia hidráulica. Para ello se sigue el siguiente proceso.

1. Se calcula el caudal de riego, para lo cual se toma la franja a estudio multiplicada por su módulo y se define según el enunciado el caudal para cada tramo.
2. Se considera el criterio de máxima eficiencia de la sección, para este caso se toma como dato el valor del talud, donde $(b = (2\sqrt{3}/3) * y)$.
3. Se reemplaza la expresión anterior en la fórmula de área, perímetro mojado y radio hidráulico en función del tirante.
4. Se traza la pendiente del fondo del canal acoplándose al perfil longitudinal, de modo que sea lo más suave posible, determinando así las cantidad de tramos existentes.
5. Se reemplaza en la ecuación de Manning, dados los datos de pendiente y rugosidad para cada tramo y se obtiene una expresión en función del tirante.
6. Se da valores de “y” hasta coincidir con el caudal de diseño, se toma ese valor para obtener los datos hidráulicos para esa sección.
7. Para determinar el tipo de flujo, se calcula el número de Froude y número de Reynolds de acuerdo a sus fórmulas correspondientes, considerando los valores establecidos para cada límite.
8. Con los valores obtenidos de los tirantes para cada tramo y la ecuación de la energía, se grafica la curva de energía donde la abscisa representa la energía y la ordenada el tirante, para lo cual se da valores cercanos al tirante para representar la curva.
9. Se calcula el calado crítico para cada sección determinada, de acuerdo a la siguiente expresión: $Q^2/g=A^3/T$.
10. Para el resalto hidráulico se considera en cambio de supercrítico a subcrítico para su cálculo, para el resto se considera de acuerdo a los casos generales del libro de Máximo Villón.
11. Se toma la ecuación para esta sección, donde cada ecuación preliminar esta función de tirante conjugado Y1.
12. Los valores J, t, r se rempazan por los valores de la sección en consideración, tomando en cuenta que el tirante conjugado Y1 se toma como el tirante de la sección anterior.

13. Se da valores del tirante conjugado Y2 hasta igualar la ecuación, para caracterizar el tipo de resalto se comprueba con el tirante del tramo en consideración.

14. Para determinar el tipo de curva que se genera a la largo de la conducción se tomara las consideraciones para cambios de pendiente del libro de Hidráulica de Canales de Máximo Villón.

3. Resultados:

1. Caudales para cada sección, según el abscisado:

Tabla 1: Caudales para tramo dado (Q).

ABSCISADO		0+000 0+040	0+040 0+080	0+080 0+260	0+260 0+380	0+380 0+520	0+520 0+700
TRAMO		1	2	3	4	5	6
CAUDAL (m ³ /s)	REAL	0,28	0,28	0,28	0,20	0,20	0,14
	CALCULAD.	0,290	0,285	0,292	0,198	0,206	0,143

Fuente: Propia

2. Las pendientes adaptadas para cada tramo son:

Tabla 2: Pendientes adoptadas para cada tramo.

ABSCISADO	0+000 0+040	0+040 0+080	0+080 0+260	0+260 0+380	0+380 0+520	0+520 0+700
TRAMO	1	2	3	4	5	6
PENDIENTE	0,0050	0,0020	0,0070	0,0020	0,0035	0,0020

Fuente: Propia

3. Los tirantes para cada sección se determinan por tanteo:

Tabla 3: Tirantes normales (y).

ABSCISADO	0+000 0+040	0+040 0+080	0+080 0+260	0+260 0+380	0+380 0+520	0+520 0+700
TRAMO	1	2	3	4	5	6
TIRANTE (m)	0,34	0,40	0,32	0,35	0,32	0,31

Fuente: Propia

4. Se tiene el ancho de solera para cada sección para un caudal dado.

Tabla 4: Ancho de solera

ABSCISADO	0+000 0+040	0+040 0+080	0+080 0+260	0+260 0+380	0+380 0+520	0+520 0+700
TRAMO	1	2	3	4	5	6
ANCHO (m)	0,39	0,46	0,37	0,40	0,37	0,36

Fuente: Propia

5. La siguiente tabla muestra las fórmulas para cada componente hidráulico de la sección como: área hidráulica, perímetro mojado, radio hidráulico y espejo de agua, con sus resultados.

Tabla 5: Elementos geométricos de las secciones.

COMPONENTE	FORMULA	TRAMO						UNIDAD
		1	2	3	4	5	6	
Área Hidráulica	$A= 1.73 y^2$	0,20	0,28	0,18	0,21	0,18	0,17	m ²
Espejo de agua	$T= b + 2zy$	0,79	0,92	0,74	0,81	0,74	0,72	m
Perímetro Mojado	$P= 3.46 y$	1,18	1,38	1,11	1,21	1,11	1,07	m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0,17	0,20	0,16	0,18	0,16	0,16	m
Borde libre	$Bl= 30\%y$	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,09	m
Altura	$h = y + Bl$	0,44	0,52	0,42	0,46	0,42	0,40	m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	0,92	1,03	1,64	0,93	1,16	0,86	$\frac{m}{seg}$

Fuente: Propia.

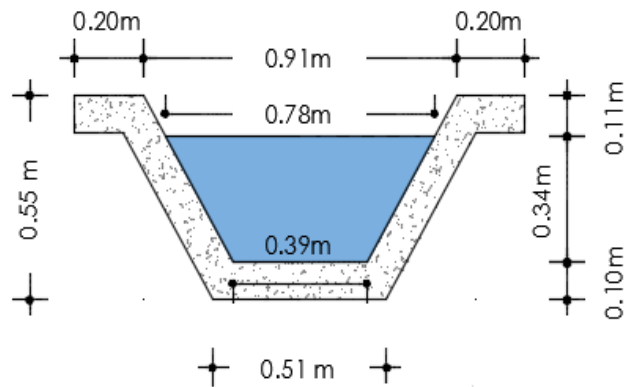


Ilustración 2: Diseño de canal tramo #1

Fuente: Propia

6. La siguiente tabla muestra el tipo de flujo para cada sección:

Tabla 6: Tipo de flujo para cada sección.

TRAMO	N° de Froude		N° de Reynolds	
	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$		$Re = v \frac{R}{\mu}$	
	Valor	Tipo	Valor	Tipo
1	0,92	subcrítico	245221,7	Turbulento
2	0,60	subcrítico	204857,8	Turbulento
3	1,07	supercrítico	262266,7	Turbulento
4	0,58	subcrítico	162768,4	Turbulento
5	0,76	subcrítico	185450,6	Turbulento
6	0,57	subcrítico	132962,6	Turbulento

Fuente: Propia

7. La expresión que determina el resalto para una sección trapezoidal es:

$$J^4 + \left(\frac{5t+2}{2}\right) * J^3 + \left(\frac{(3t+2)(t+1)}{2}\right) * J^2 + \left(\frac{t^2}{2} + (t-6r)(t+1)\right) * J - 6r(t+1)^2 = 0$$

Donde tenemos que para r, t y J; están dadas por:

$$J = y_2/y_1 ; r = v_1^2/2gy_1 ; t = b/Zy_1$$

Tabla 7: Tipo de resalto

TRAMO	TIRANTES		TIPO DE FLUJO		CARACTERÍSTICA	
	Y2	Y2'	F. ARRIBA	F. ABAJO	OBSERVACION	
1-2			Subcritico	a	Subcritico	NO HAY
2-3			Subcritico	a	Supercritico	NO HAY
3-4	0,350	> 0,333	Supercritico	a	Subcritico	AHOGADO
4-5			Subcritico	a	Subcritico	NO HAY
5-6			Subcritico	a	Subcritico	NO HAY

Fuente: Propia

El tipo de curva de acuerdo al tirante está dada por: del tramo 1 a 2 es una M1; del tramo 2 a 3 es una M2 y S2; del tramo 3 a 4 es una S1; del tramo 4 a 5 es una M2 y del tramo 5 a 6 es una M2.

4. Conclusiones.

- En el caso de estudio como resultado obtuvimos cada una de las dimensiones hidráulicas de cada sección del canal mediante el criterio de eficiente hidráulica.
- En el estudio del canal el flujo que predomina a lo largo de la conducción es un flujo turbulento, en cambio en el tramo tres (0+080 a 0+260) se encuentra en régimen supercrítico y el resto en régimen subcrítico.
- En el estudio de caso el único tipo de resalto hidráulico encontrado es un resalto ahogado con curva S1, donde para cada tramo se consideró los criterios presentes acorde a la pendiente, calado normal y crítico.

Bibliografía

- [1] J. C. Ayala López y R. Albóniga Gil, «Dispositivo electrónico de medición del caudal de agua para canales abiertos,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 24, pp. 91-99, 2015.
- [2] N. Tornés Olivera, O. Brown Manrique, Y. Gómez Masjuan y A. M. Guerrero Alega, «Eficiencia de aplicación máxima del agua y longitud del surco en función de los caudales,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 25, nº 1, pp. 23-27, 2016.
- [3] R. Polón Pérez, M. Ruiz Sánchez, J. M. Dell'Amico Rodríguez, D. Morales Guevara, E. Jerez Mompié, M. Á. Ramírez Arrebato y L. A. Maqueira López, «Reseña. PRINCIPALES BENEFICIOS QUE SE ALCANZAN CON LA PRÁCTICA ADECUADA DEL DRENAJE AGRÍCOLA,» *Cultivos Tropicales*, vol. 32, nº 2, pp. 52-60, 2011.
- [4] M. Iñiguez-Covarrubias, W. Ojeda-Bustamante y C. Díaz-Delgado, «Mejoras de eficiencia hidráulica en vertedores con canal de descarga libre en presas: propuesta metodológica.,» *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 6, nº 1, pp. 69-79, 2015.
- [5] J. V. Prado Hernández, B. d. León Mojarro, V. M. Ruiz Carmona, A. Exebio García y E. Mejía Sáenz, «Evaluación experimental de algoritmos de control de canales de riego,» *Agrociencia*, vol. 37, nº 4, pp. 392-403, 2003.
- [6] A. Trapote Jaume, J. F. Roca Roca y J. Melgarejo Moreno, «Azudes y acueductos del sistema de riego tradicional de la Vega Baja del Segura (Alicante, España),» *Investigaciones Geográficas*, nº 63, pp. 143-160, 2015.
- [7] Y. M. Ghazaw, «Design and analysis of a canal section for minimum water loss,» *Alexandria Engineering Journal*, vol. 50, pp. 337-344, 2011.
- [8] A. C. Bosisio, «Diseño y aplicación en SIG de un indicador de obstrucción al escurrimiento superficial en planicies aluviales reguladas: el caso del Río Neuquén (Argentina),» *Investigaciones Geográficas (Esp)*, nº 67, pp. 155-171, 2017.
- [9] J. Pantaleón, P. C. Pérez Batista, R. Cordero, A. Torres, B. A. García, H. M. Castillo, J. A. Feliz y G. Rivas, «Determinación del coeficiente de rugosidad para enchado usado en el revestimiento de cunetas en la República Dominicana,» *Ciencia y sociedad*, vol. 38, nº 3, pp. 551-568, 2013.
- [10] V. T. Chow, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A, 1994.
- [11] H. E. Castellanos, C. A. Collazos, J. C. Farfan y F. Meléndez-Pertuz, «Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable,» *Información tecnológica*, vol. 28, nº 6, pp. 103-114, 2017.

ANEXOS

TEMA:

ESTUDIO DE CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN, SECCIÓN TRAPEZOIDAL CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA, LONGITUD 700m PARA PROYECTO DE IRRIGACION.

Diseñar un canal de riego trapezoidal de longitud = 700 mts lineales, con paredes de hormigón y losa de fondo de Hormigón, el canal va a regar a el lado izquierdo un ancho de 2000 mts. Y al lado derecho un ancho de 2000 mts. el módulo de riego es de 1 l/seg/Ha, considerar que en La Abscisa 0+260 deja un caudal de 80 lts/Seg, en la Abscisa 0+520 deja un caudal de 60 lts/seg, diseñar el canal, todas sus medidas, colocar datos hidráulicos, clasificar que tipo de flujo es, y dibujar las curvas de remanso del canal(Perfiles Hidráulicos), determinar el calado critico de cada sección, indicar si hay resalto hidráulico, determinar qué tipo es , indicar todo esto en el plano. La topografía del terreno es la siguiente. Abscisa 0+000 cota 50,13, 0+020 cota: 50,30 ; 0+040 cota= 51,12; 0+060 cota= 49,30; 0+080 cota= 49,12 ; 0+100 cota= 50,10 ; 0+120 cota=49,90;0+140 cota=48,50 ;0+160 cota= 48,65 ; 0+180 C= 48,40 ; 0+200 cota=48,25 ;0+220 cota=48,10 ;0+240 cota=48,30 ; 0+260 cota=48,00 ; 0+280 cota=48,120; 0+300 cota=47,95;0+320 cota=48,01 ; 0+340 cota=47,80; 0+360 cota=47,60; 0+380 cota=47,55; 0+400 cota=47,60; 0+420 cota=47,50 ; 0+440 cota=47,56; 0+460 cota=47,41; 0+480 cota= 47,30; 0+500 cota=47,50; 0+520 cota=47,25; 0+540 cota=47,10; 0+560 cota= 47,00; 0+580 cota=47,06; 0+600 cota=47,10 ; 0+620 cota=46,98; 0+640 cota=47,03; 0+660 cota=46,85; 0+680 cota= 46,70; 0+700 cota=46,50. Para las secciones transversales considerar que a 5 mts del eje Izquierda sube 20cm con respecto a la cota de eje y a 5 mts del eje lado derecho baja 30 cm respecto a la cota de eje.

CALCULAMOS EL CAUDAL DE IRRIGACION:

ÁREA DE IRRIGACIÓN		
LONGITUD DE RIEGO	700	m
ANCHO DE RIEGO	4000	m

CÁLCULO DE ÁREA DE IRRIGACIÓN

ÁREA= Longitud de Riego x Ancho de Riego

$$\text{ÁREA} = 700 \text{ m} \times 4000 \text{ m}$$

$$\text{ÁREA} = 2800000 \text{ m}^2$$

CONVERSIÓN DEL ÁREA DE IRRIGACIÓN DE METROS A HECTÁRIAS

$$\text{ÁREA} = 2800000 \cancel{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ Ha}}{10000 \cancel{\text{m}^2}}$$

$$\text{ÁREA} = 280 \text{ Ha}$$

CÁLCULO DEL CAUDAL DE IRRIGACIÓN (Qr)

Qr= Módulo de Riego x Área de irrigación

$$\text{Qr} = 1 \text{ Lt / seg / Ha} \times 280 \text{ Ha}$$

$$\text{Qr} = 280 \text{ Lt / seg}$$

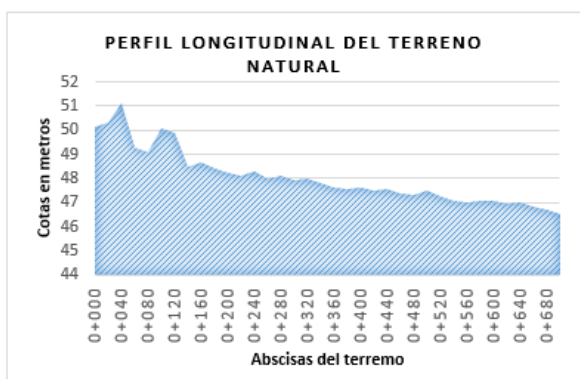
CONVERSIÓN DEL CAUDAL DE IRRIGACIÓN (Qr) DE Lt/seg A m³/seg

$$Q_r = 280 \frac{\text{Lt}}{\text{Seg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}}$$

$$Q_r = 0.28 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

DATOS DEL TERRENO TOPOGRAFICOS DEL TERRENO:

ABSCISA	COTA	ABSCISA	COTA
0+000	50.13	0+360	47.6
0+020	50.3	0+380	47.55
0+040	51.12	0+400	47.6
0+060	49.3	0+420	47.5
0+080	49.12	0+440	47.56
0+100	50.1	0+460	47.41
0+120	49.9	0+480	47.3
0+140	48.5	0+500	47.5
0+160	48.65	0+520	47.25
0+180	48.4	0+540	47.1
0+200	48.25	0+560	47
0+220	48.1	0+580	47.06
0+240	48.3	0+600	47.1
0+260	48	0+620	46.98
0+280	48.12	0+640	47.03
0+300	47.95	0+660	46.85
0+320	48.01	0+680	46.7
0+340	47.8	0+700	46.5

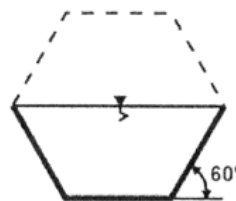


El proyecto inicia con un caudal de **0.28 m³/s**, desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+260 donde deja un caudal de 80 lts/Seg, esto quiere decir que el canal desde la abscisa 0+260 transportara un caudal de **0.20 m³/s** hasta la abscisa 0+520, donde deja otro caudal de 60 lts/seg, por lo tanto el canal transportara un caudal de **0.14 m³/s** hasta la abscisa 0+700.

CONSIDERAMOS EL CRITERIO DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA PARA CANALES DE SECCIÓN TRAPEZOIDAL.

Sección trapezoidal: mitad de un hexágono regular

$$z = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



CALCULAMOS LA SOLERA CON LA FORMULA DE MÁXIMA EFICIENCIA HIDRAULICA:

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y$$

PROCEDEMOS HACER LOS CALCULOS EL ÁREA HIDRÁULICA:

$$A = (b + zy)y$$

$$A = \left(\frac{2\sqrt{3}}{3} Y + \frac{\sqrt{3}}{3} y \right) y$$

$$A = 1.73 y^2$$

CALCULAMOS EL PERÍMETRO MOJADO:

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$P = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{3} Y + 2Y \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2}$$

$$P = 3.46 y$$

CALCULAMOS EL RADIO HIDRÁULICO:

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3} Y + \frac{\sqrt{3}}{3} y \right) y}{2 \times \frac{\sqrt{3}}{3} Y + 2Y \sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2}}$$

$$R = 0.50 y$$

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FORMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$0.28 = \frac{1}{0.015} (1.73 y^2) (0.5 y)^{2/3} \sqrt{0.005}$$

Tramo #1: 0+000 – 0+040; **Q= 0.28 m³/s**

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+000** hasta la abscisa **0+040** tendremos $S=0.005$ en una distancia de 40 m

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m ³ /s
0.33	0.268
0.335	0.278
0.340	0.290
0.350	0.313

Asumimos una cantidad cerrada para nuestro caso

$$Y = 0.34$$

Luego procedemos a reemplazar nuestro valor de solera:

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \quad \longrightarrow \quad b = 0.39$$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.20 m ²
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.785 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.176 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.17 m
Borde libre	$Bl = 30\%y$	0.10 m
Altura	$h = y + Bl$	0.44 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	1.45 $\frac{m}{seg}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$	0.915
Número de Reynolds $Re > 3000$ Turbulento	$Re = v \frac{R}{\mu}$	245221.75

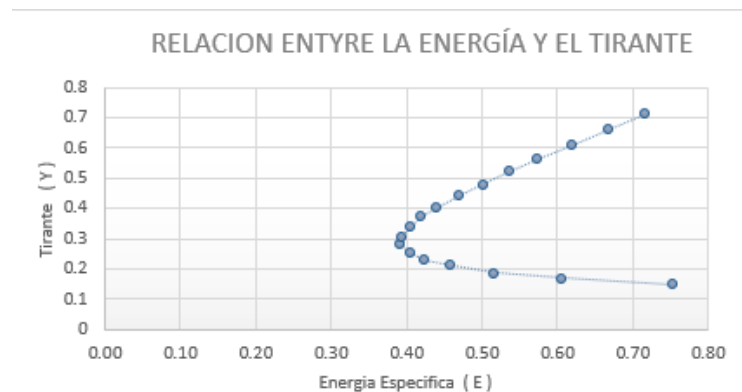
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el primer tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen subcrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.75	0.15
0.61	0.17
0.52	0.19
0.46	0.21
0.42	0.23
0.40	0.25
0.39	0.28
0.39	0.31
0.40	0.34
0.42	0.37
0.44	0.4
0.47	0.44
0.50	0.48
0.54	0.52
0.57	0.56
0.62	0.61
0.67	0.66
0.72	0.71



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **MACHALA** Proyecto: **CANAL TRAPEZOIDAL**
Tramo: **# 1** Revestimiento: **HORMIGON**

Datos:
Tirante (y): **0.34** m
Ancho de solera (b): **0.39** m
Talud (Z): **0.577**
Coeficiente de rugosidad (n): **0.015**
Pendiente (S): **0.005** m/m

Resultados:
Caudal (Q): **0.2879** m³/s Velocidad (v): **1.4444** m/s
Area hidráulica (A): **0.1993** m² Perímetro (p): **1.1751** m
Radio hidráulico (R): **0.1696** m Espejo de agua (T): **0.7824** m
Número de Froude (F): **0.9137** Energía específica (E): **0.4463** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Tramo #2: 0+040 – 0+080; **Q= 0.28 m³/s**

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+040** hasta la abscisa **0+080** tendremos **S=0.00203** en una distancia de 40 m.

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FORMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m ³ /s
0.39	0.266
0.395	0.275
0.400	0.285
0.410	0.304

$$Y = 0.40$$

Encontramos el valor de solera:

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \Rightarrow b = 0.46$$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.28 m ²
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.924 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.384 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.2 m
Borde libre	$Bl = 30\%y$	0.12 m
Altura	$h = y + Bl$	0.52 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	1.03 $\frac{m}{seg}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$	0.599
Número de Reynolds Re > 3000 Turbulento	$Re = v \frac{R}{\mu}$	204857.76

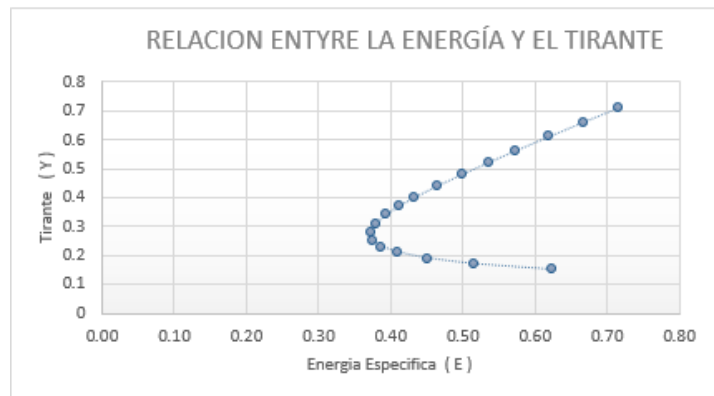
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el segundo tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen subcrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.62	0.15
0.52	0.17
0.45	0.19
0.41	0.21
0.39	0.23
0.38	0.25
0.37	0.28
0.38	0.31
0.39	0.34
0.41	0.37
0.43	0.4
0.47	0.44
0.50	0.48
0.54	0.52
0.57	0.56
0.62	0.61
0.67	0.66
0.72	0.71



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Coefficiente de rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): <input type="text" value="0.2836"/> m ³ /s	Velocidad (v): <input type="text" value="1.0263"/> m/s
Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.2763"/> m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="1.3836"/> m
Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1997"/> m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.9216"/> m
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.5984"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.4537"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

018

Tramo #3: 0+080 – 0+260; $Q= 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+080** hasta la abscisa **0+260** tendremos $S=0.007$ en una distancia de 180 m.

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FÓRMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m^3/s
0.31	0.268
0.315	0.280
0.320	0.292
0.330	0.317

$$Y = 0.32$$

Encontramos el valor de solera: $b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \Rightarrow b = 0.37$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.177 m^2
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.739 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.107 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.16 m
Borde libre	$Bl = 30\%y$	0.10 m
Altura	$h = y + Bl$	0.42 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	1.64 $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$	1.072
Número de Reynolds Re > 3000 Turbulento	$Re = v \frac{R}{\mu}$	262266.72

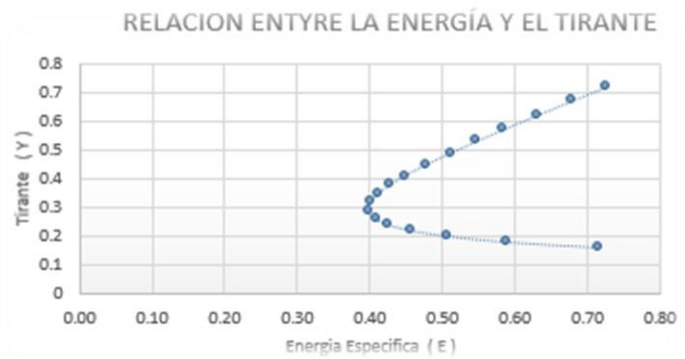
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el tercer tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen supercrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.72	0.16
0.59	0.18
0.51	0.2
0.46	0.22
0.43	0.24
0.41	0.26
0.40	0.29
0.40	0.32
0.41	0.35
0.43	0.38
0.45	0.41
0.48	0.45
0.51	0.49
0.55	0.53
0.58	0.57
0.63	0.62
0.68	0.67
0.73	0.72



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

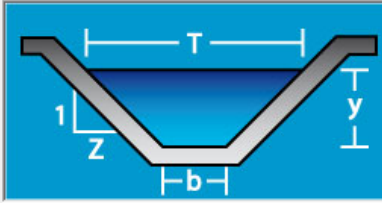
Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Tirante (y):	<input type="text" value="0.32"/>	m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.37"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.577"/>	
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.007"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.2918"/>	m3/s	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.6443"/>	m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.1775"/>	m2	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.1089"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1601"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.7393"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0714"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.4578"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

018

Tramo #4: 0+260 – 0+380; $Q= 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+260** hasta la abscisa **0+380** tendremos $S=0.002$ en una distancia de 120 m, $Q= 0.20$

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FORMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m^3/s
0.34	0.183
0.345	0.190
0.350	0.198
0.360	0.213

$$Y = 0.35$$

Encontramos el valor de solera: $b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \Rightarrow b = 0.40$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.212 m^2
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.808 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.211 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.175 m
Borde libre	$Bl = 30\%y$	0.11 m
Altura	$h = y + Bl$	0.46 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	0.93 $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g \cdot A/T)^{1/2}}$	0.582
Número de Reynolds $Re > 3000$ Turbulento	$Re = v \frac{R}{\mu}$	162768.37

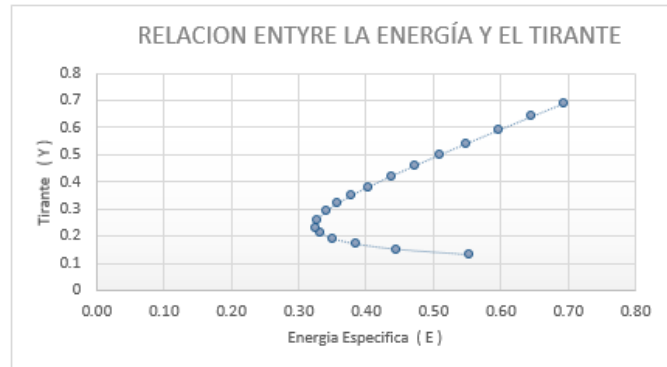
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el segundo tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen subcrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.55	0.13
0.45	0.15
0.38	0.17
0.35	0.19
0.33	0.21
0.33	0.23
0.33	0.26
0.34	0.29
0.36	0.32
0.38	0.35
0.40	0.38
0.44	0.42
0.47	0.46
0.51	0.5
0.55	0.54
0.60	0.59
0.64	0.64
0.69	0.69



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

<p>Lugar: <input type="text" value="MACHALA"/></p> <p>Tramo: <input type="text" value="# 4"/></p>	<p>Proyecto: <input type="text" value="CANAL TRAPEZOIDAL"/></p> <p>Revestimiento: <input type="text" value="HORMIGON"/></p>
---	---

Datos:

Tirante (y):	<input type="text" value="0.35"/>	m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.40"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.577"/>	
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m

Resultados:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.1961"/>	m3/s	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9306"/>	m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2107"/>	m2	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.2082"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1744"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.8039"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5804"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3941"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

018

Tramo #5: 0+380 – 0+520; $Q= 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+380** hasta la abscisa **0+520** tendremos $S=0.0035$ en una distancia de 140 m.

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FORMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m^3/s
0.31	0.189
0.315	0.198
0.320	0.206
0.330	0.224

$$Y = 0.32$$

Encontramos el valor de solera:

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \Rightarrow b = 0.37$$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.177 m^2
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.739 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.107 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.16 m
Borde libre	$Bl = 30\%y$	0.10 m
Altura	$h = y + Bl$	0.42 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	1.16 $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$	0.758
Número de Reynolds $Re > 3000$ Turbulento	$Re = \frac{R}{\mu}$	185450.58

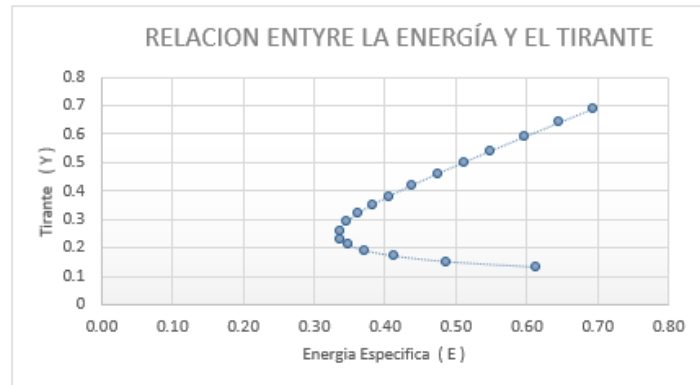
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el segundo tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen subcrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.61	0.13
0.49	0.15
0.41	0.17
0.37	0.19
0.35	0.21
0.34	0.23
0.34	0.26
0.35	0.29
0.36	0.32
0.38	0.35
0.41	0.38
0.44	0.42
0.47	0.46
0.51	0.5
0.55	0.54
0.60	0.59
0.64	0.64
0.69	0.69



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Coefficiente de rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): <input type="text" value="0.2064"/> m3/s	Velocidad (v): <input type="text" value="1.1627"/> m/s
Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.1775"/> m2	Perímetro (p): <input type="text" value="1.1089"/> m
Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1601"/> m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.7393"/> m
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.7576"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.3889"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

018

Tramo #6: 0+520 – 0+700; $Q= 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$

Nuestra pendiente está determinada por la topografía del terreno para la abscisa **0+520** hasta la abscisa **0+700** tendremos $S=0.002$ en una distancia de 180 m.

REEMPLAZAMOS LOS VALORES CONOCIDOS EN LA FORMULA DE MANNING:

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

POR MEDIO DE TANTEO ENCONTRAMOS EL VALOR DE Y:

Tirante (Y) m	Caudal (Q) m^3/s
0.30	0.131
0.305	0.137
0.310	0.143
0.320	0.156

$$Y = 0.31$$

Encontramos el valor de solera:

$$b = \frac{2\sqrt{3}}{3} y \Rightarrow b = 0.36$$

Una vez obtenidos nuestros valores de tirante y solera procedemos a reemplazarlas en nuestras ecuaciones, para canal trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área Hidráulica	$A = 1.73 y^2$	0.166 m^2
Espejo de agua	$T = b + 2zy$	0.716 m
Perímetro Mojado	$P = 3.46 y$	1.073 m
Radio Hidráulico	$R = \frac{y}{2}$	0.155 m
Borde libre	$BL = 30\%y$	0.09 m
Altura	$h = y + BL$	0.40 m
Velocidad	$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	0.86 $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$
Número de Froude Si $F < 1$ Subcrítico	$F = \frac{v}{(g * A/T)^{1/2}}$	0.570
Número de Reynolds $Re > 3000$ Turbulento	$Re = v \frac{R}{\mu}$	132962.64

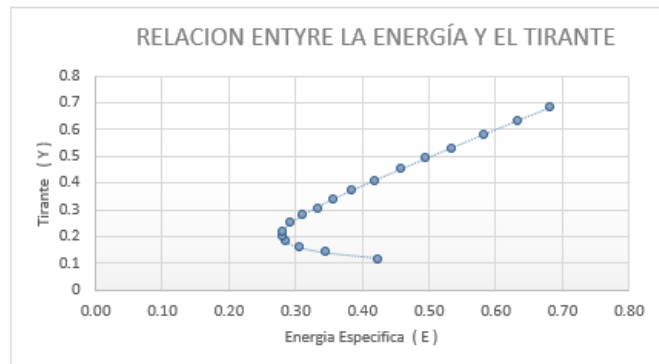
Por medio del número de Reynolds podemos decir que nuestro flujo en el segundo tramo es **turbulento**, mientras que con el número de Froude nos dice que se encuentra en un **régimen subcrítico**.

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA ESPECÍFICA Y EL TIRANTE

$$E = Y + \frac{Q^2}{2g[(b + y)y]^2}$$

Procedemos a calcular la energía específica con nuestro tirante, y hacemos nuestra respectiva gráfica:

Energía Específica (E)	Tirante (Y)
0.42	0.12
0.35	0.14
0.31	0.16
0.29	0.18
0.28	0.2
0.28	0.22
0.29	0.25
0.31	0.28
0.33	0.31
0.36	0.34
0.38	0.37
0.42	0.41
0.46	0.45
0.50	0.49
0.53	0.53
0.58	0.58
0.63	0.63
0.68	0.68



COMPROBACION CON EL SOFTWARE HCANALES:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Coefficiente de rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): <input type="text" value="0.1439"/> m3/s	Velocidad (v): <input type="text" value="0.8613"/> m/s
Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.1670"/> m2	Perímetro (p): <input type="text" value="1.0758"/> m
Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1553"/> m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.7177"/> m
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.5700"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.3478"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

018

Calculo del calado crítico de las secciones por tramos.

Para el cálculo del calado crítico tenemos:

ABSCISA 0+000 – 0+040

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0.28 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0.577$$

$$Y_n = 0.34 \text{ m}$$

$$b = 0.39 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0.28)^2}{9.81} = \frac{(0.39y_c + 0.577y_c)^3}{0.39 + 2(0.577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0.007991845 = 0.007991518$$

Para $Y_c = 0.3168 \text{ m}$

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,17 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,758 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	1,096 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,158404 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0.28)(0.015)}{(0.17)(0.158)^{2/3}} \right)^2 = 0.0068$$

ABSCISA 0+040 – 0+080

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0.28 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0,577$$

$$Y_n = 0,40 \text{ m}$$

$$b = 0,46 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0,28)^2}{9,81} = \frac{(0,46y_c + 0,577y_c)^3}{0,46 + 2(0,577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0,0079918 = 0,00799$$

Para $Y_c = 0,294 \text{ m}$

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,15 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,801 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	1,017 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,147006 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0.28)(0.015)}{(0.15)(0.147)^{2/3}} \right)^2 = 0.0102$$

ABSCISA 0+080 – 0+260

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0.28 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0,577$$

$$Y_n = 0,32 \text{ m}$$

$$b = 0,37 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0,28)^2}{9,81} = \frac{(0,37y_c + 0,577y_c)^3}{0,37 + 2(0,577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0,007991845 = 0,007991844$$

Para $Y_c = 0,325$ m

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,18 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,745 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	1,125 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,162620 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0,28)(0,015)}{(0,18)(0,163)^{2/3}} \right)^2 = 0,0059$$

ABSCISA 0+260 – 0+380

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0,577$$

$$Y_n = 0,35 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$n = 0,015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0,20)^2}{9,81} = \frac{(0,40y_c + 0,577y_c)^3}{0,40 + 2(0,577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0,004077472 = 0,004077472$$

Para $Y_c = 0,257$ m

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,11 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,701 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	0,889 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,128430 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0,20)(0,015)}{(0,11)(0,128)^{2/3}} \right)^2 = 0,0102$$

ABSCISA 0+380 – 0+520

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0,577$$

$$Y_n = 0,32 \text{ m}$$

$$b = 0,37 \text{ m}$$

$$n = 0,015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0,20)^2}{9,81} = \frac{(0,37y_c + 0,577y_c)^3}{0,37 + 2(0,577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0,0042 = 0,0041$$

Para $Y_c = 0,2679$ m

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,12 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,679 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	0,927 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,133933 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0.20)(0.015)}{(0.12)(0.134)^{2/3}} \right)^2 = 0.0089$$

ABSCISA 0+520 – 0+700

Dados los datos iniciales:

$$Q = 0.14 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Z = 0.577$$

$$Y_n = 0.31 \text{ m}$$

$$b = 0.36 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

Donde la fórmula es:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(by_c + Zy_c)^3}{b + 2Zy_c}$$

$$\frac{(0.14)^2}{9.81} = \frac{(0.36y_c + 0.577y_c)^3}{0.36 + 2(0.577)y_c}$$

Usando el complemento solver tenemos:

$$0.001997961 = 0.001997959$$

Para $Y_c = 0.2204 \text{ m}$

Donde tenemos:

FORMULA DE:	FORMULA	VALOR
Área crítica (Ac)	$A = 1.73 y^2$	0,08 m ²
Espejo de agua (Tc)	$T = b + 2zy$	0,612 m
Perímetro crítico (pc)	$P = 3.46 y$	0,763 m
Radio crítico (Rc)	$R = \frac{y}{2}$	0,110219 m

Para la pendiente crítica tenemos:

$$S_c = \left(\frac{Q \cdot n}{A_c R_c^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{(0.14)(0.015)}{(0.08)(0.11)^{2/3}} \right)^2 = 0.0118$$

CALCULO DEL TIPO DE RESALTO HIDRÁULICO

El resalto hidráulico se da en cambios bruscos de flujo en vertedores, compuertas de descarga en el fondo y en cambios de pendientes. En el caso de estudio se pudo entrar un único resalto ubicado en la abscisa 0+260 donde existe un cambio de flujo supercrítico a subcrítico.

TRAMO	TIPO DE FLUJO			CARACTERÍSTICA
	F. ARRIBA		F. ABAJO	OBSERVACION
0+040	Subcrítico	a	Subcrítico	NO HAY
0+080	Subcrítico	a	Supercrítico	NO HAY
0+260	Supercrítico	a	Subcrítico	AHOGADO
0+380	Subcrítico	a	Subcrítico	NO HAY
0+520	Subcrítico	a	Subcrítico	NO HAY

La expresión que determina el resalto para una sección trapezoidal es:

$$J^4 + \left(\frac{5t + 2}{2} \right) * J^3 + \left(\frac{(3t + 2)(t + 1)}{2} \right) * J^2 + \left(\frac{t^2}{2} + (t - 6r)(t + 1) \right) * J - 6r(t + 1)^2 = 0$$

Donde tenemos que para r, t y J; están dadas por:

$$J = y_2/y_1$$

$$r = v_1^2/2gy_1$$

$$t = b/Zy_1$$

Dados:

Datos conocidos		
Y ₁ =	0,320	m
b=	0,37	m
g=	9,81	m2/seg
Z=	0,577	
V ₁ =	1,58	m/seg

Donde Y_{n1} será igual a Y₁, reemplazando tenemos:

$$t = \frac{0,37}{0,58 * 0,32}$$

$$t = 2.0$$

$$r = \frac{(1,58)^2}{2 * 9,81 * 0,32}$$

$$r = 0.40$$

Reemplazando en la ecuación tenemos en función de "J", donde tenemos:

$$J^4 + 6,01 J^3 + 12,033 J^2 + 0.86 J - 21.53 = 0$$

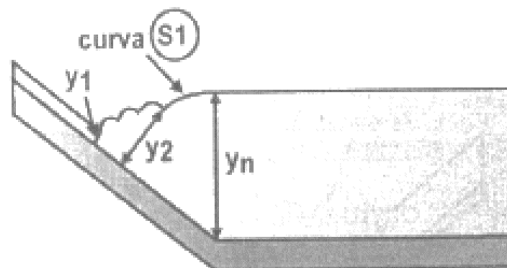
Dando valores de Y hasta que la expresión se iguale tenemos:

J	21,53
1,02	21,04
1,03	21,53
1,04	22,03
1,07	23,57

J = 1,03 Donde: $J = \frac{Y_2}{Y_1}$ $Y_2 = J * Y_1$

$Y_2 = 0,33 < Y_{n2} = 0,35$ $\Delta Y = Y_n - Y_2$ $\Delta Y = 0,02$

Si el tirante $Y_{n2} = 0.35$ es mayor que Y_2 , podemos decir que tenemos un RESALTO AHOGADO, se presenta una curva S1.



Según Sieñchin, la longitud del resalto hidráulico, es:

$$L = k(y_2 - y_1)$$

donde:

L = longitud del resalto, en m

y_1 = tirante conjugado menor, en m

y_2 = tirante conjugado mayor, en m

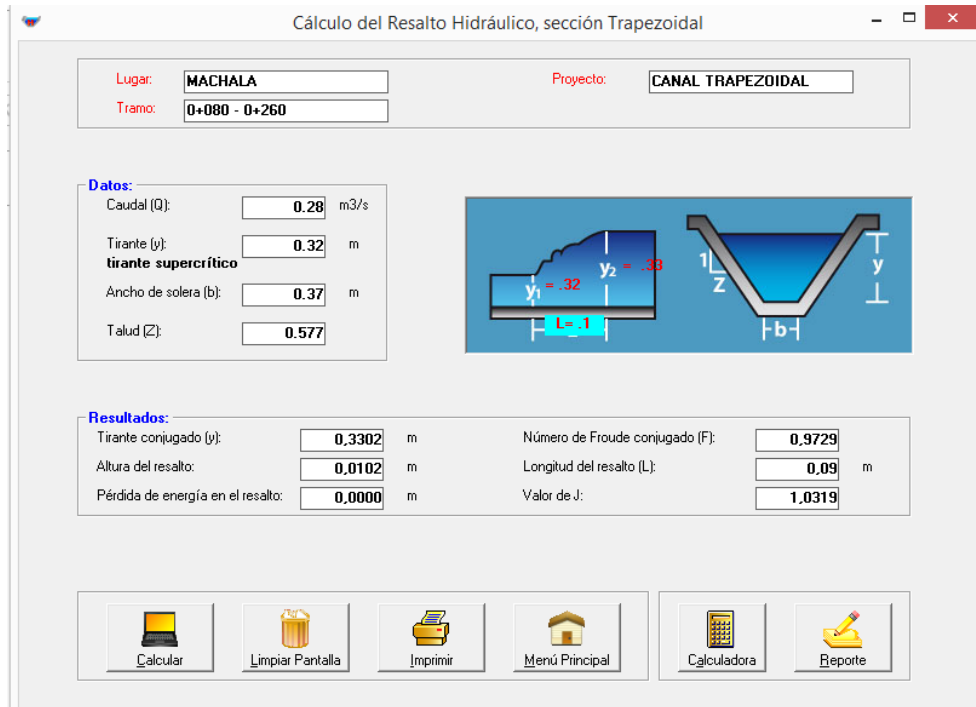
k = depende del talud Z del canal, según la siguiente tabla:

Talud Z	0	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
k	5	7,9	9,2	10,6	12,6	15,0

Como el valor de Z de nuestro diseño es igual a 0.577 interpolamos y nos da un resultado de $K= 8.3$, luego procedemos a reemplazar los valores en la ecuación de Sieñchin:

$$L = 8,3(0,33 - 0,32) = 0,1 \text{ m}$$

Comprobación el software Hcanales tenemos:



Calculo de las curvas de Remanso.

En el proceso de cálculo se utilizó el **método directo por tramos** para el desarrollo del estudio, donde para cada cambio de pendiente tenemos:

ABSC 0+040

Acorde a los seis casos posibles por cambios de pendientes tenemos que para pendientes suaves en flujo de subcrítico a subcrítico tenemos:

Dados los datos iniciales para estos tramos:

DATOS INICIALES					
Q=	0,28	m3/s	n=	0,015	
Z=	0,577		Yc1=	0,317	m
Yn1=	0,45	m	Yc2=	0,294	m
Yn2=	0,53	m	Sc1=	0,0068	
So1=	0,005		Sc2=	0,0102	
So2=	0,0020				

$$SI \quad Y_{n1} > Y_{c1} \quad Y_{n2} > Y_{c2}$$

$$0,34 > 0,317 \quad 0,40 > 0,294$$

$$SI \quad Sc1 > So1 \quad Sc2 > So2$$

$$0,0068 > 0,0050 \quad 0,010166232 > 0,0020$$

$$SI \quad Y_{n2} > Y_{n1}$$

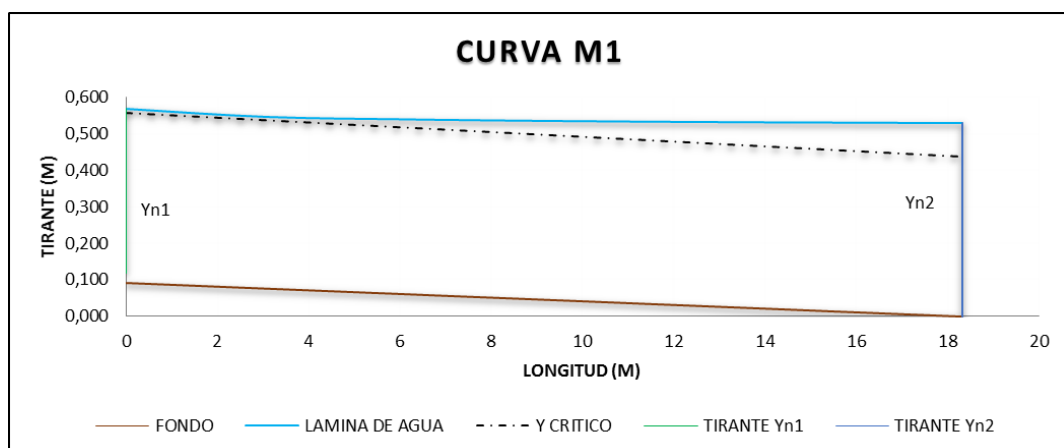
$$0,40 > 0,34$$

De acuerdo a los planteamientos anteriores nos resulta una curva **M1** respecto a los seis casos que ocurren en cambios de pendiente.

Tabla del método directo por tramos:

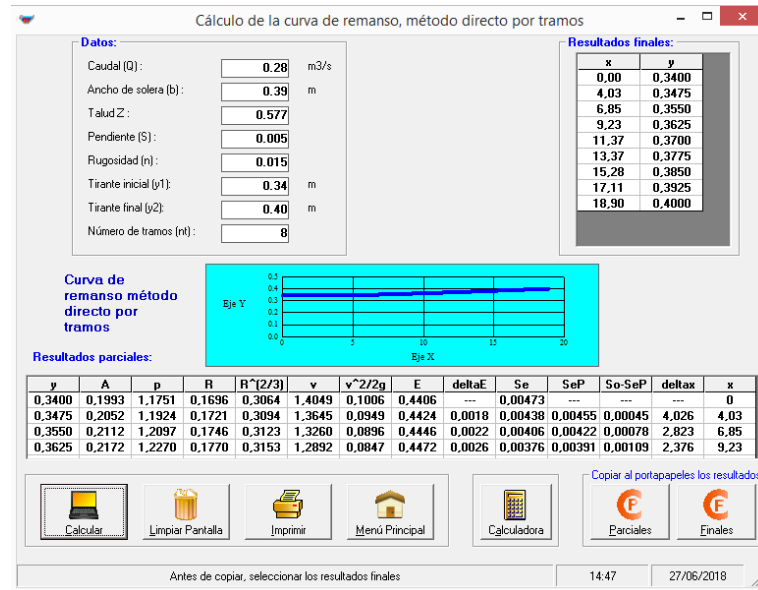
TRAMO 0+000 - 0+040 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)															
Y	A	p	R	R2/3	v	v2/2g	E	ΔE	SE	ŠE	So-ŠE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.
0,340	0,20	1,17779	0,17	0,306878	1,3984	0,100	0,4397	-	0,0047	-	-	-	0	0,092	0,432
0,346	0,20	1,19165	0,17199	0,309273	1,3661	0,095	0,4411	0,001	0,0044	0,0045	0,0005	3,095	3,095	0,076	0,422
0,354	0,21	1,21013	0,17464	0,312432	1,3249	0,089	0,4435	0,002	0,0040	0,0042	0,0008	3,004	6,099	0,061	0,415
0,362	0,22	1,2286	0,17726	0,315551	1,2857	0,084	0,4463	0,003	0,0037	0,0039	0,0011	2,507	8,606	0,049	0,411
0,370	0,22	1,24708	0,17986	0,318634	1,2483	0,079	0,4494	0,003	0,0035	0,0036	0,0014	2,256	10,862	0,037	0,407
0,378	0,23	1,26555	0,18245	0,32168	1,2127	0,075	0,4530	0,004	0,0032	0,0033	0,0017	2,106	12,969	0,027	0,405
0,386	0,24	1,28403	0,18502	0,324693	1,1786	0,071	0,4568	0,004	0,0030	0,0031	0,0019	2,007	14,975	0,017	0,403
0,394	0,24	1,3025	0,18757	0,327673	1,1461	0,067	0,4609	0,004	0,0028	0,0029	0,0021	1,936	16,911	0,007	0,401
0,400	0,25	1,31636	0,18947	0,329888	1,1226	0,064	0,4642	0,003	0,0026	0,0027	0,0023	1,416	18,327	0,000	0,400

Gráfica de la curva aplicando gráficos en el software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

M1



ABSC 0+080

Acorde a los seis casos posibles por cambios de pendientes tenemos que para pendientes suaves a fuertes en flujo de subcrítico a supercrítico tenemos:

Dados los datos iniciales para estos tramos:

DATOS INICIALES					
Q=	0,28	m3/s	n=	0,015	
Z=	0,577		Yc1=	0,294	m
Yn1=	0,400	m	Yc2=	0,325	m
Yn2=	0,320	m	Sc1=	0,0102	
So1=	0,002		Sc2=	0,006	
So2=	0,007				

SI $Yn1 > Yc1$ $Yn2 < Yc2$

$0,40 > 0,294$ $0,320 < 0,325$

SI $So1 < Sc1$ $Sc2 < So2$

$0,0020 < 0,0102$ $0,0059 < 0,0070$

SI $Yn2 < Yn1$

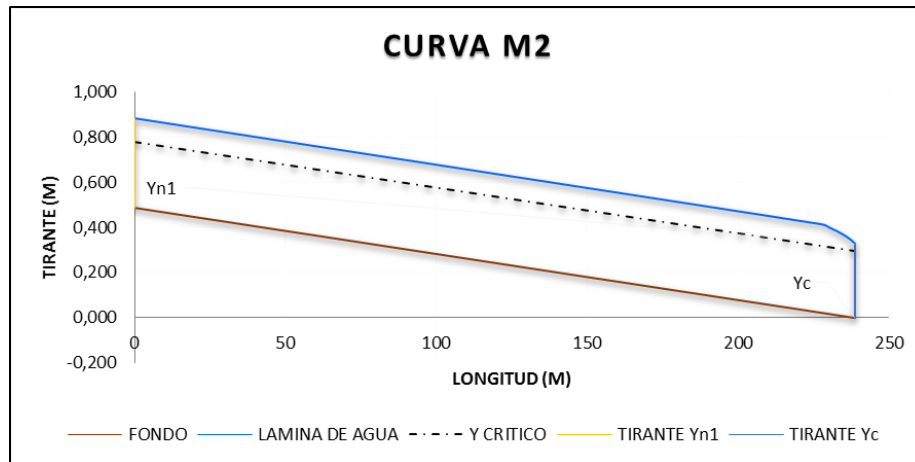
$0,32 < 0,40$

De acuerdo a los planteamientos anteriores nos resulta una curva **M2 y S2** respecto a los seis casos que ocurren en cambios de pendiente.

Tramo 0+040 – 0+080, método directo por tramos curva M2 aguas abajo:

TRAMO 0+040 - 0+080 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)															
Y	A	p	R	R ^{2/3}	v	v ^{2/2g}	E	ΔE	SE	ŠE	So-ŠE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.
0,400	0,28	1,38541	0,2	0,342	1,011	0,05	0,45	-	0,0020	-	-	-	0	0,485	0,884
0,390	0,27	1,362316	0,1966	0,3381	1,045	0,06	0,45	-0,006	0,0022	0,0021	0,0000	227,615	227,615	0,022	0,412
0,380	0,26	1,339222	0,1932	0,3342	1,082	0,06	0,44	-0,006	0,0024	0,0023	-0,0023	2,676	230,290	0,017	0,397
0,370	0,25	1,316128	0,1898	0,3303	1,121	0,06	0,43	-0,006	0,0026	0,0025	-0,0025	2,284	232,574	0,012	0,382
0,360	0,24	1,293034	0,1864	0,3263	1,162	0,07	0,43	-0,005	0,0029	0,0027	-0,0027	1,919	234,493	0,008	0,368
0,350	0,23	1,26994	0,1829	0,3222	1,205	0,07	0,42	-0,005	0,0031	0,0030	-0,0030	1,580	236,073	0,005	0,355
0,340	0,22	1,246846	0,1794	0,3181	1,252	0,08	0,42	-0,004	0,0035	0,0033	-0,0033	1,265	237,339	0,003	0,343
0,330	0,22	1,223752	0,1759	0,3139	1,301	0,09	0,42	-0,004	0,0039	0,0037	-0,0037	0,974	238,312	0,001	0,331
0,3252	0,21	1,212991	0,1742	0,3119	1,325	0,09	0,41	-0,001	0,0041	0,0040	-0,0040	0,362	238,674	0,000	0,325

Grafica de la curva aplicando software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

M2

Cálculo de la curva de remanso, método directo por tramos

Datos:

- Caudal (Q): 0.28 m³/s
- Ancho de solera (b): 0.46 m
- Talud Z: 0.577
- Pendiente (S): 0.00203
- Rugosidad (n): 0.015
- Tirante inicial (y1): 0.40 m
- Tirante final (y2): 0.3252 m
- Número de tramos (nt): 8

Resultados finales:

x	y
0.00	0.4000
165.76	0.3907
191.57	0.3813
204.15	0.3720
211.77	0.3626
216.79	0.3533
220.22	0.3439
222.58	0.3346
224.17	0.3252

Curva de remanso método directo por tramos

Resultados parciales:

y	A	p	R	R ^{2/3}	v	v ^{2/2g}	E	deltaE	Se	SeP	So-SeP	deltax	x
0.4000	0.2763	1.3836	0.1997	0.3417	1.0133	0.0523	0.4523	---	0.00198	---	---	---	0
0.3907	0.2678	1.3620	0.1966	0.3381	1.0457	0.0557	0.4464	-0.0059	0.00215	0.00207	-0.00004	165.764	165.76
0.3813	0.2593	1.3404	0.1934	0.3345	1.0799	0.0594	0.4407	-0.0057	0.00235	0.00225	-0.00022	25.802	191.57
0.3720	0.2509	1.3189	0.1903	0.3308	1.1159	0.0635	0.4354	-0.0053	0.00256	0.00245	-0.00042	12.584	204.15

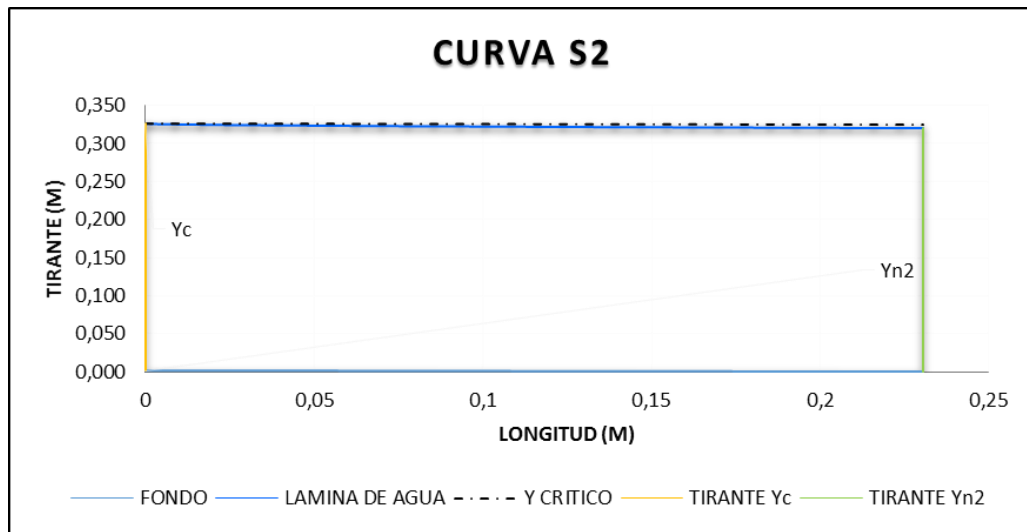
Realiza la impresión de la pantalla

15:12 27/06/2018

Tramo 0+080 – 0+260, método directo por tramos curva S2 aguas arriba:

TRAMO 0+080 - 0+260 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)																
Y	A	p	R	R ² /3	v	v ² /2g	E	ΔE	SE	SE	So-SE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.	
0,3252	0,18	1,121	0,162	0,297	1,545	0,12	0,45	-	0,0061	-	-	-	0	0,002	0,327	
0,3246	0,18	1,119	0,162	0,297	1,549	0,12	0,45	0,000	0,0061	0,0061	0,0009	0,002	0,002	0,002	0,326	
0,3240	0,18	1,118	0,161	0,296	1,552	0,12	0,45	0,000	0,0062	0,0062	0,0008	0,007	0,009	0,002	0,326	
0,3234	0,18	1,116	0,161	0,296	1,556	0,12	0,45	0,000	0,0062	0,0062	0,0008	0,012	0,021	0,001	0,325	
0,3228	0,18	1,115	0,161	0,296	1,560	0,12	0,45	0,000	0,0063	0,0062	0,0008	0,018	0,039	0,001	0,324	
0,3222	0,18	1,114	0,161	0,296	1,564	0,12	0,45	0,000	0,0063	0,0063	0,0007	0,025	0,064	0,001	0,323	
0,3216	0,18	1,112	0,161	0,295	1,568	0,13	0,45	0,000	0,0063	0,0063	0,0007	0,032	0,096	0,001	0,323	
0,3210	0,18	1,111	0,160	0,295	1,572	0,13	0,45	0,000	0,0064	0,0064	0,0006	0,041	0,136	0,001	0,322	
0,3200	0,18	1,109	0,160	0,295	1,579	0,13	0,45	0,000	0,0065	0,0064	0,0006	0,094	0,231	0,000	0,320	

Grafica de la curva aplicando software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

S2

Cálculo de la curva de remanso, método directo por tramos

Datos:

- Caudal (Q): 0.28 m³/s
- Ancho de solera (b): 0.37 m
- Talud Z: 0.577
- Pendiente (S): 0.007
- Rugosidad (n): 0.015
- Tirante inicial (y1): 0.3252 m
- Tirante final (y2): 0.32 m
- Número de tramos (nt): 8

Resultados finales:

x	y
0.00	0.3252
0.00	0.3246
0.01	0.3239
0.02	0.3233
0.04	0.3226
0.07	0.3220
0.11	0.3213
0.15	0.3207
0.21	0.3200

Curva de remanso método directo por tramos

Resultados parciales:

y	A	p	R	R ² /3	v	v ² /2g	E	deltaE	Se	SeP	So-SeP	deltax	x
0.3252	0.1813	1.1209	0.1618	0.2969	1.5440	0.1215	0.4467	---	0.00608	---	---	---	0
0.3246	0.1809	1.1194	0.1616	0.2966	1.5482	0.1222	0.4467	0.0000	0.00613	0.00611	0.00089	0.002	0.00
0.3239	0.1804	1.1179	0.1614	0.2964	1.5523	0.1228	0.4467	0.0000	0.00617	0.00615	0.00085	0.007	0.01
0.3233	0.1799	1.1164	0.1611	0.2961	1.5565	0.1235	0.4467	0.0000	0.00622	0.00619	0.00081	0.013	0.02

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Copiar al portapapeles los resultados Parciales Finales

Ingresar el valor del tirante final del tramo de la curva de remanso 14:11 27/06/2018

ABSC 0+260

Acorde a los seis casos posibles por cambios de pendientes tenemos que para pendientes fuertes a suaves en flujo de supercrítico a subcrítico, para este caso particular se verifica el tipo de resalto resultando un resalto ahogado formándose una curva S, donde tenemos:

Dados los datos iniciales para estos tramos:

DATOS INICIALES					
Q=	0,28	m ³ /s	n=	0,015	
Z=	0,577		Yc1=	0,325	m
Yn1=	0,320	m	Yc2=	0,257	m
Yn2=	0,350	m	Sc1=	0,0059	
So1=	0,007		Sc2=	0,01066	
So2=	0,002				

$$SI \quad Yn1 < Yc1 \quad Yn2 > Yc2$$

$$0,32 < 0,325 \quad 0,35 > 0,257$$

$$SI \quad So1 > Sc1 \quad Sc2 > So2$$

$$0,0070 > 0,0059 \quad 0,010661425 > 0,0020$$

$$SI \quad Yn2 > Yn1 \quad Yn2 > Y2$$

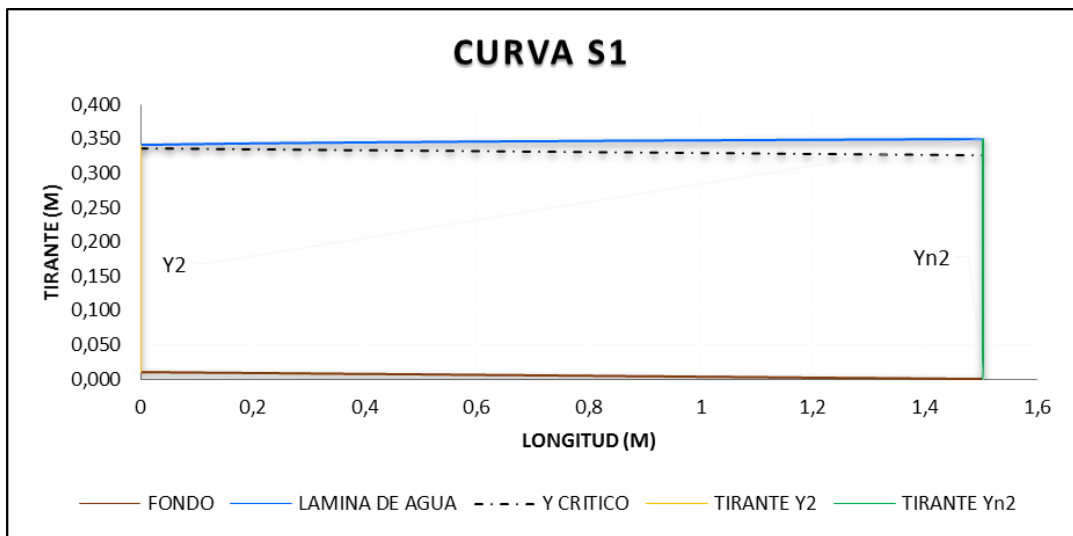
$$0,35 > 0,32 \quad 0,350 > 0,33$$

De acuerdo a los planteamientos anteriores nos resulta una curva **S1** respecto a los seis casos que ocurren en cambios de pendiente.

Tabla del método directo por tramos:

TRAMO 0+080 - 0+260 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)															
Y	A	p	R	R2/3	v	v ² /2g	E	ΔE	SE	SE	So-SE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.
0,331	0,19	1,13349	0,1636	0,29911	1,510	0,12	0,45	-	0,0057	-	-	-	0	0,011	0,341
0,333	0,19	1,13926	0,1644	0,30011	1,495	0,11	0,45	0,000	0,0056	0,0057	0,0013	0,131	0,131	0,010	0,343
0,336	0,19	1,14504	0,1652	0,30111	1,480	0,11	0,45	0,000	0,0054	0,0055	0,0015	0,1584	0,2895	0,009	0,344
0,338	0,19	1,15081	0,166	0,30211	1,465	0,11	0,45	0,000	0,0053	0,0054	0,0016	0,1802	0,4697	0,007	0,346
0,341	0,19	1,15659	0,1669	0,3031	1,451	0,11	0,45	0,000	0,0052	0,0052	0,0018	0,1979	0,6676	0,006	0,347
0,343	0,19	1,16236	0,1677	0,30408	1,437	0,11	0,45	0,000	0,0050	0,0051	0,0019	0,2126	0,8802	0,004	0,348
0,346	0,20	1,16813	0,1685	0,30506	1,423	0,10	0,45	0,000	0,0049	0,0050	0,0020	0,2249	1,1051	0,003	0,349
0,348	0,20	1,17391	0,1693	0,30604	1,409	0,10	0,45	0,001	0,0048	0,0048	0,0022	0,2355	1,3406	0,001	0,349
0,350	0,20	1,17779	0,1699	0,3067	1,400	0,10	0,45	0,000	0,0047	0,0047	0,0023	0,1638	1,5044	0,000	0,350

Grafica de la curva aplicando software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

S1

Cálculo de la curva de remanso, método directo por tramos

Datos:

- Caudal (Q): 0,28 m³/s
- Ancho de solera (b): 0,37 m
- Talud Z: 0,577
- Pendiente (S): 0,007
- Rugosidad (n): 0,015
- Tirante inicial (y1): 0,331 m
- Tirante final (y2): 0,35 m
- Número de tramos (nt): 8

Resultados finales:

x	y
0,00	0,3310
0,13	0,3334
0,28	0,3358
0,45	0,3381
0,64	0,3405
0,84	0,3429
1,05	0,3453
1,27	0,3476
1,50	0,3500

Resultados parciales:

y	A	p	R	R ² /Z ³	v	v ² /2g	E	deltaE	Se	SeP	So-SeP	deltax	x
0,3310	0,1857	1,1343	0,1637	0,2993	1,5079	0,1159	0,4469	---	0,00571	---	---	---	0
0,3334	0,1875	1,1398	0,1645	0,3002	1,4935	0,1137	0,4471	0,0002	0,00557	0,00564	0,00136	0,128	0,13
0,3358	0,1893	1,1453	0,1653	0,3012	1,4794	0,1115	0,4473	0,0002	0,00543	0,00550	0,00150	0,152	0,28
0,3381	0,1911	1,1507	0,1660	0,3021	1,4654	0,1094	0,4476	0,0003	0,00529	0,00536	0,00164	0,171	0,45

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora, Copiar al portapapeles los resultados, Parciales, Finales.

ABSC 0+380

Acorde a los seis casos posibles por cambios de pendientes tenemos que para pendientes suaves en flujo de subcrítico a subcrítico tenemos:

Dados los datos iniciales para estos tramos:

DATOS INICIALES				
Q=	0,20	m ³ /s	n=	0,015
Z=	0,577		Yc1=	0,257 m
Yn1=	0,350	m	Yc2=	0,268 m
Yn2=	0,320	m	Sc1=	0,0107
So1=	0,002		Sc2=	0,009
So2=	0,004			

SI $Y_{n1} > Y_{c1}$ $Y_{n2} > Y_{c2}$

$0,35 > 0,257$ $0,32 > 0,268$

SI $Sc1 > So1$ $Sc2 > So2$

$0,0107 > 0,0035$ $0,008868 > 0,0020$

SI $Y_{n2} < Y_{n1}$

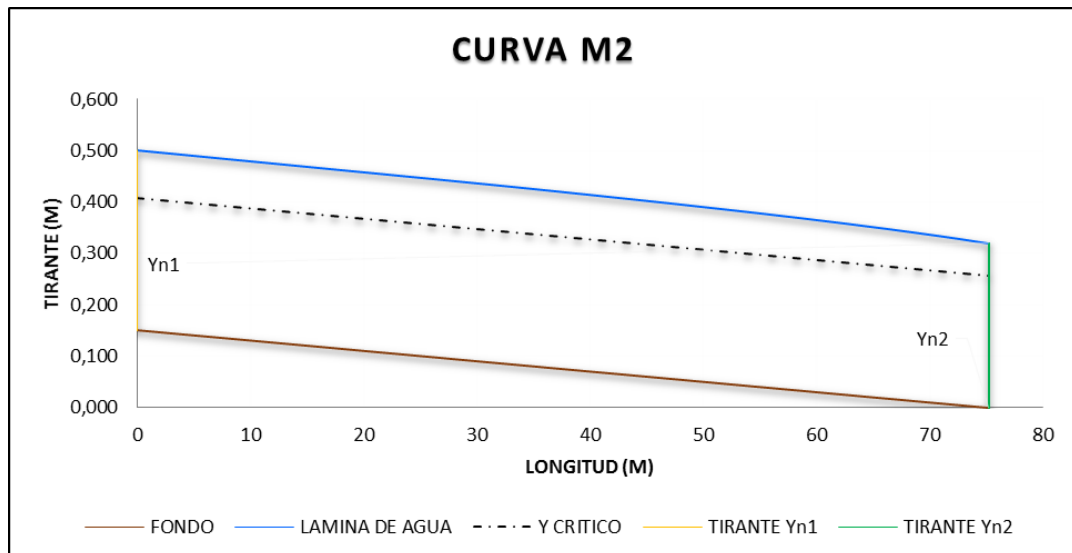
$0,32 < 0,35$

De acuerdo a los planteamientos anteriores nos resulta una curva **M2** respecto a los seis casos que ocurren en cambios de pendiente.

Tabla del método directo por tramos:

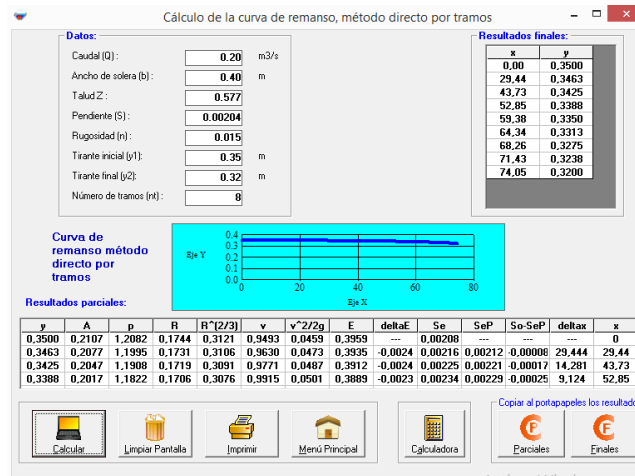
TRAMO 0+260 - 0+380 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)															
Y	A	p	R	R2/3	v	v2/2g	E	ΔE	SE	SE	So-SE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.
0,350	0,21	1,21244	0,175	0,31287	0,943	0,05	0,40	-	0,0020	-	-	-	0	0,150	0,500
0,346	0,21	1,20378	0,17375	0,31137	0,956	0,05	0,39	-0,002	0,0021	0,0021	-0,0001	29,57963	29,58	0,091	0,438
0,343	0,21	1,19512	0,17249	0,30987	0,970	0,05	0,39	-0,002	0,0022	0,0022	-0,0002	14,52957	44,109	0,062	0,405
0,339	0,20	1,18645	0,17123	0,30836	0,984	0,05	0,39	-0,002	0,0023	0,0022	-0,0002	9,32686	53,436	0,044	0,382
0,335	0,20	1,17779	0,16996	0,30683	0,999	0,05	0,39	-0,002	0,0024	0,0023	-0,0003	6,69059	60,127	0,030	0,365
0,331	0,20	1,16913	0,16869	0,3053	1,014	0,05	0,38	-0,002	0,0025	0,0024	-0,0004	5,09842	65,225	0,020	0,351
0,328	0,19	1,16047	0,16742	0,30376	1,029	0,05	0,38	-0,002	0,0026	0,0025	-0,0005	4,03326	69,258	0,012	0,339
0,324	0,19	1,15181	0,16613	0,30221	1,045	0,06	0,38	-0,002	0,0027	0,0026	-0,0006	3,27111	72,529	0,005	0,329
0,320	0,19	1,14315	0,16485	0,30065	1,061	0,06	0,38	-0,002	0,0028	0,0027	-0,0007	2,69916	75,229	0,000	0,320

Gráfica de la curva aplicando software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

M2



ABSC 0+520

Acorde a los seis casos posibles por cambios de pendientes tenemos que para pendientes suaves en flujo de subcrítico a subcrítico tenemos:

Dados los datos iniciales para estos tramos:

DATOS INICIALES					
Q=	0,20	m ³ /s	n=	0,015	
Z=	0,577		Yc1=	0,268	m
Yn1=	0,320	m	Yc2=	0,220	m
Yn2=	0,310	m	Sc1=	0,0089	
So1=	0,004		Sc2=	0,0118	
So2=	0,002				

SI $Yn1 > Yc1$ $Yn2 > Yc2$

$0,32 > 0,268$ $0,31 > 0,220$

SI $Sc1 > So1$ $Sc2 > So2$

$0,0089 > 0,0035$ $0,011809 > 0,0020$

SI $Yn2 < Yn1$

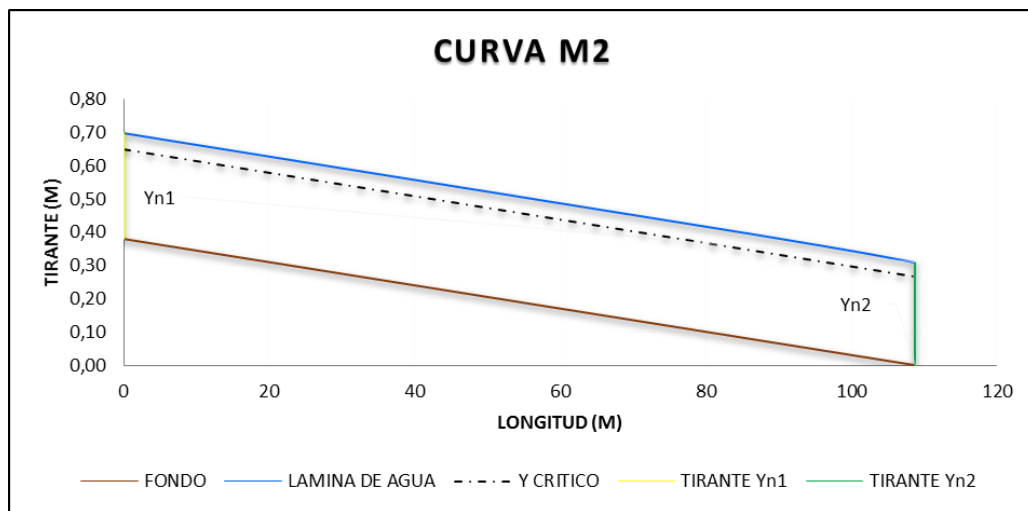
$0,31 < 0,32$

De acuerdo a los planteamientos anteriores nos resulta una curva **M2** respecto a los seis casos que ocurren en cambios de pendiente.

Tabla del método directo por tramos:

TRAMO 0+380 - 0+520 (MÉTODO DIRECTO POR TRAMOS)															
Y	A	p	R	R ^{2/3}	v	v ^{2/2g}	E	ΔE	SE	SE	So-SE	Δx	L	C. FON.	C. LAM.
0,32	0,18	1,10505	0,159	0,2941	1,157	0,07	0,39	-	0,0035	-	-	-	0	0,381	0,699
0,317	0,18	1,10259	0,159	0,2937	1,163	0,07	0,39	-0,0005	0,0035	0,0035	0,0000	84,198	84,198	0,086	0,403
0,316	0,17	1,10014	0,159	0,2932	1,168	0,07	0,39	-0,0004	0,0036	0,0035	0,0000	9,406	93,604	0,053	0,369
0,315	0,17	1,09769	0,158	0,2928	1,173	0,07	0,39	-0,0004	0,0036	0,0036	-0,0001	4,870	98,474	0,036	0,351
0,314	0,17	1,09523	0,158	0,2924	1,178	0,07	0,39	-0,0004	0,0037	0,0036	-0,0001	3,233	101,71	0,025	0,339
0,313	0,17	1,09278	0,158	0,2919	1,184	0,07	0,38	-0,0004	0,0037	0,0037	-0,0002	2,389	104,1	0,016	0,330
0,312	0,17	1,09033	0,157	0,2915	1,189	0,07	0,38	-0,0004	0,0037	0,0037	-0,0002	1,875	105,97	0,010	0,322
0,311	0,17	1,08787	0,157	0,291	1,194	0,07	0,38	-0,0004	0,0038	0,0038	-0,0003	1,528	107,5	0,004	0,316
0,310	0,17	1,08542	0,157	0,2906	1,200	0,07	0,38	-0,0004	0,0038	0,0038	-0,0003	1,279	108,78	0,000	0,310

Grafica de la curva aplicando software Excel, tenemos:



Comprobación en software Hcanales:

M2

Cálculo de la curva de remanso, método directo por tramos

Datos:

- Caudal (Q): 0.20 m³/s
- Ancho de solera (b): 0.37 m
- Talud Z: 0.577
- Pendiente (S): 0.0035
- Rugosidad (n): 0.015
- Tirante inicial (y1): 0.3196 m
- Tirante final (y2): 0.31 m
- Número de tramos (nt): 8

Resultados finales:

x	y
0,00	0,3196
3,11	0,3184
7,22	0,3172
13,44	0,3160
26,85	0,3148
87,54	0,3136
96,43	0,3124
101,11	0,3112
104,23	0,3100

Resultados parciales:

y	A	p	R	R ^{2/3}	v	v ^{2/2g}	E	deltaE	Se	SeP	So-SeP	deltax	x
0.3136	0.1728	1.0941	0.1579	0.2922	1.1576	0.0683	0.3819	-0.0005	0.00353	0.00351	-0.00001	60.685	87.54
0.3124	0.1719	1.0913	0.1575	0.2917	1.1635	0.0690	0.3814	-0.0005	0.00358	0.00356	-0.00006	8.894	96.43
0.3112	0.1710	1.0886	0.1571	0.2912	1.1694	0.0697	0.3809	-0.0005	0.00363	0.00361	-0.00011	4.678	101.11
0.3100	0.1701	1.0858	0.1567	0.2907	1.1754	0.0704	0.3804	-0.0005	0.00368	0.00365	-0.00015	3.116	104.23

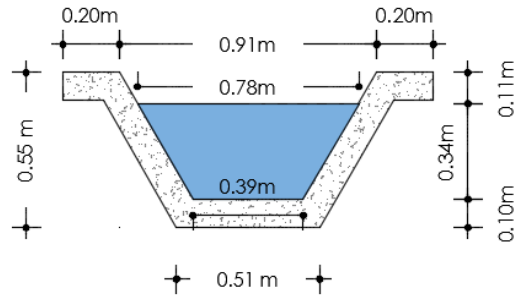
Curva de remanso método directo por tramos

Copiar al portapapeles los resultados

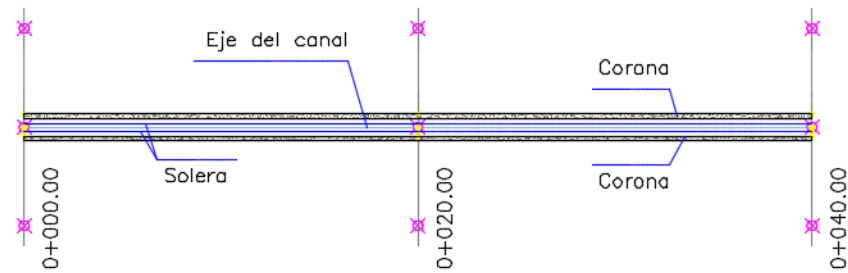
Calculadora, Copiar, Parciales, Finales

Luego de obtener los datos hidráulicos de nuestro canal trapezoidal, procedemos a dibujar nuestra sección del canal con ayuda del software AUTOCAD:

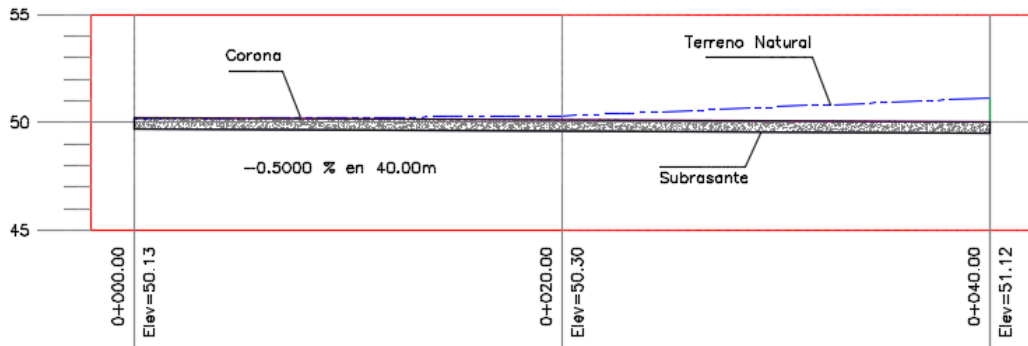
DIMENSIONES DEL CANAL
Esc.: 1:20



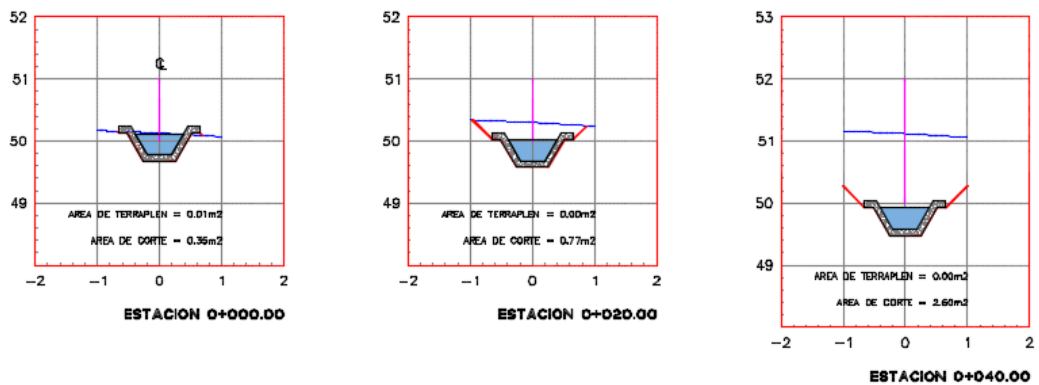
VISTA EN PLANTA Esc.: 1:300



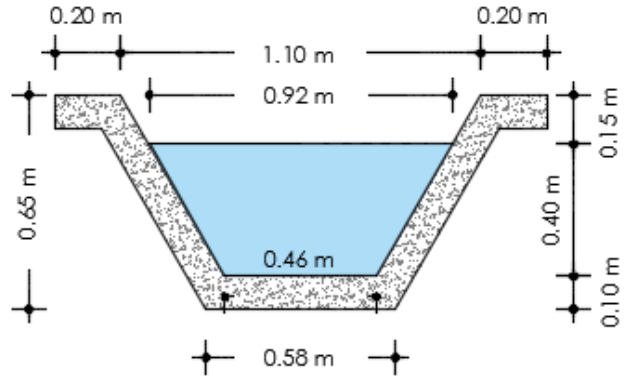
PERFIL CANAL TRAPEZOIDAL Esc.: 1:300



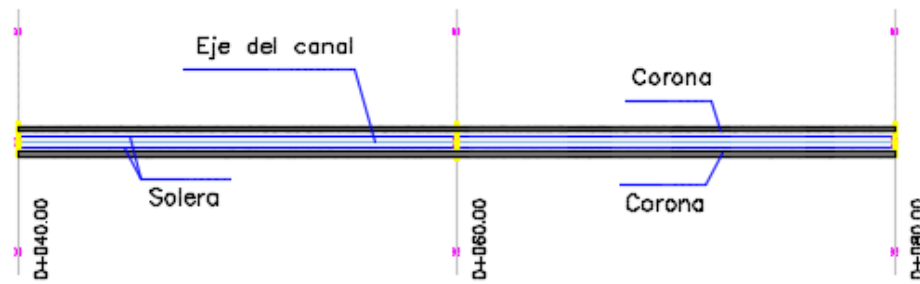
TRANSVERSALES Esc.: 1:100



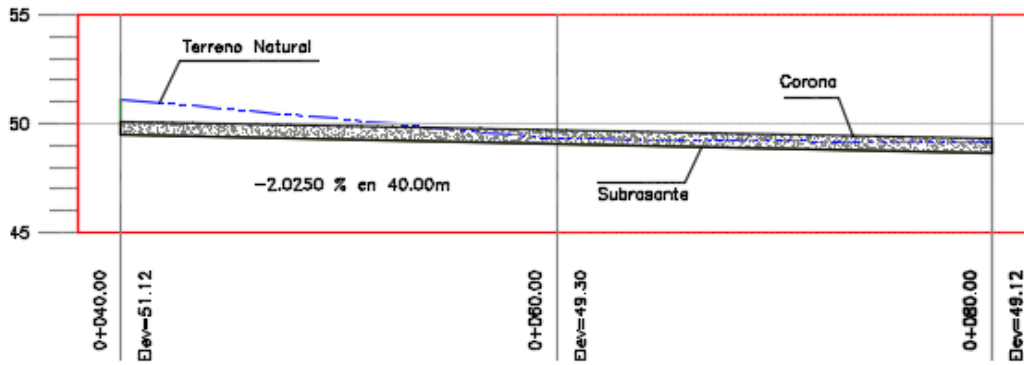
DIMENSIONES DEL CANAL
Eso.: 1:20



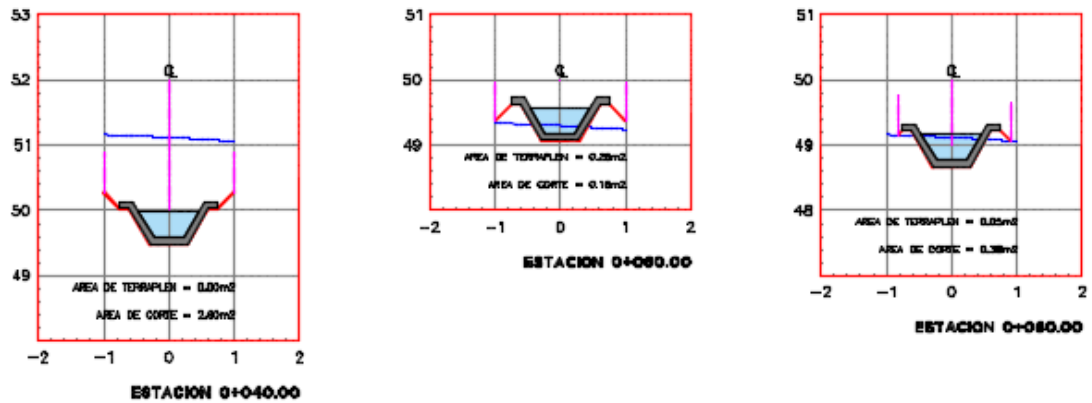
VISTA EN PLANTA Eso.: 1:300



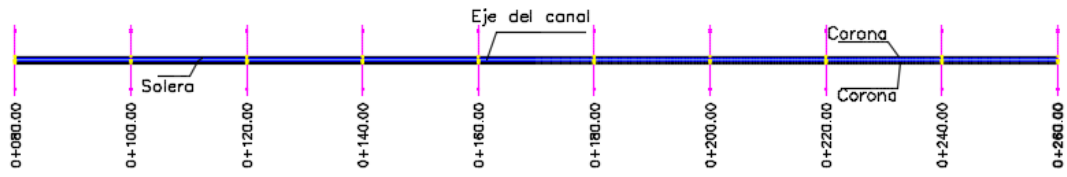
PERFIL CANAL TRAPEZOIDAL Eso.: 1:300



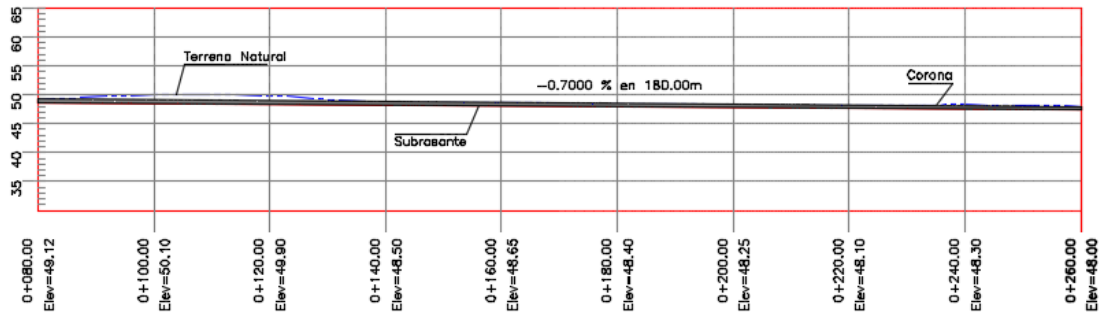
TRANSVERSALES Eso.: 1:100



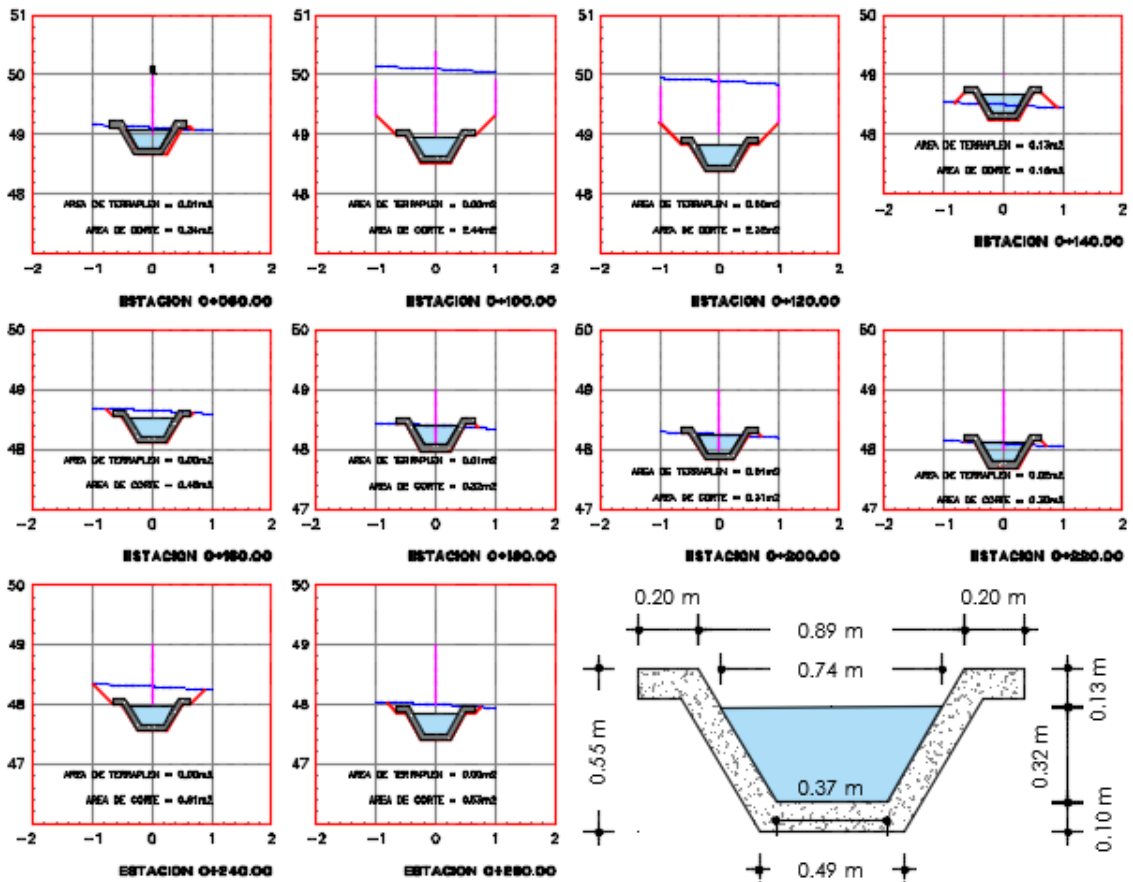
VISTA EN PLANTA Esc.: 1:1000



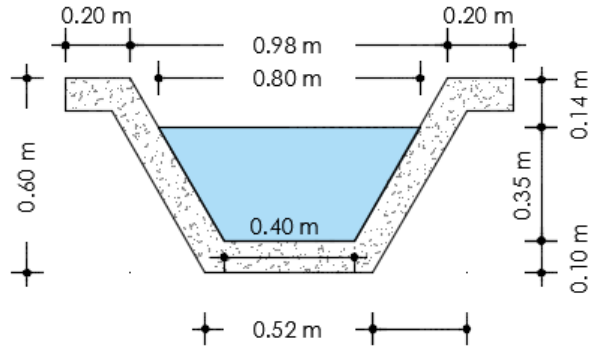
PERFIL CANAL TRAPEZOIDAL Esc.: 1:1000



TRANSVERSALES Esc.: 1:100



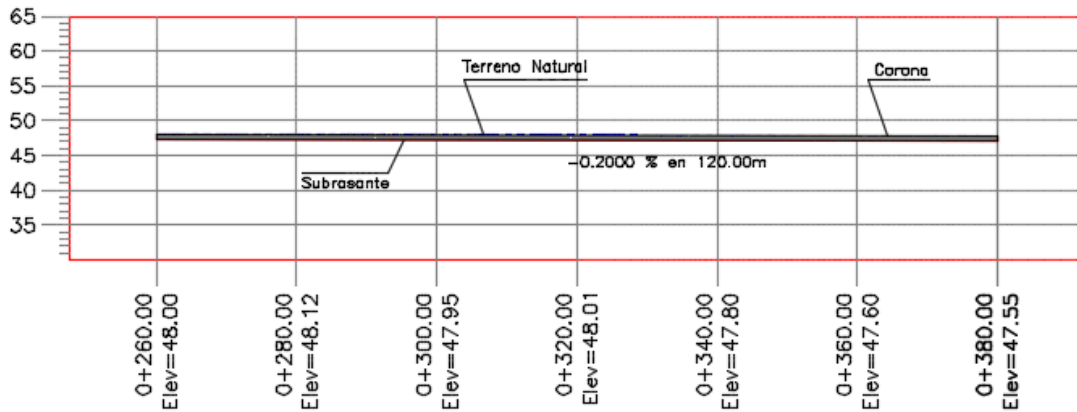
DIMENSIONES DEL CANAL
Eec.: 1:20



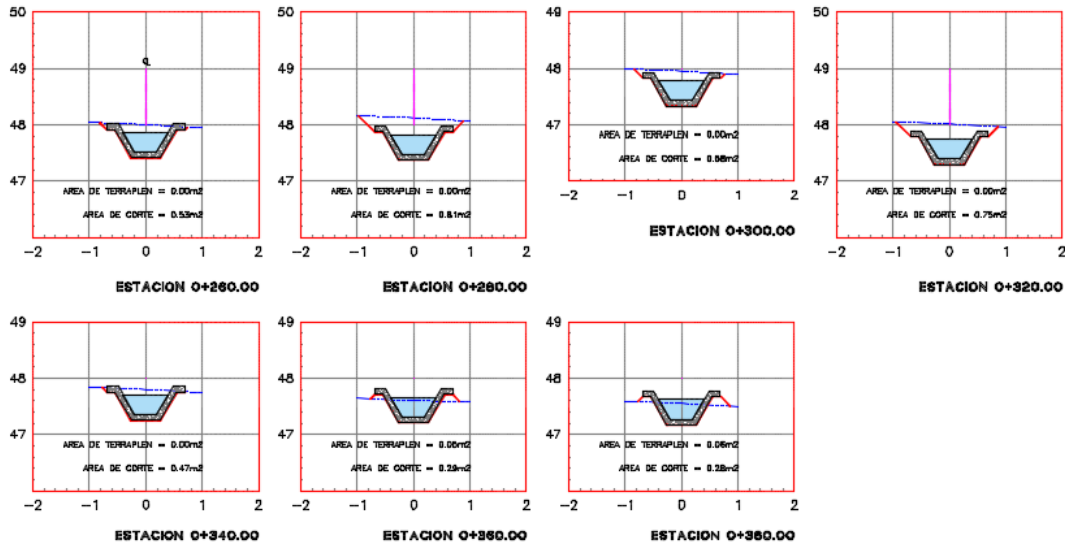
VISTA EN PLANTA Eec.: 1:1000



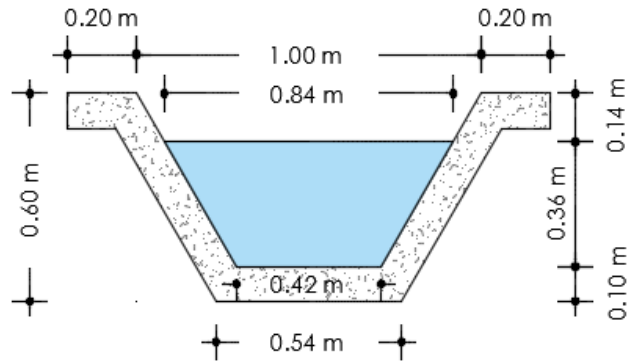
PERFIL CANAL TRAPEZOIDAL Eec.: 1:1000



TRANSVERSALES Eec.: 1:100



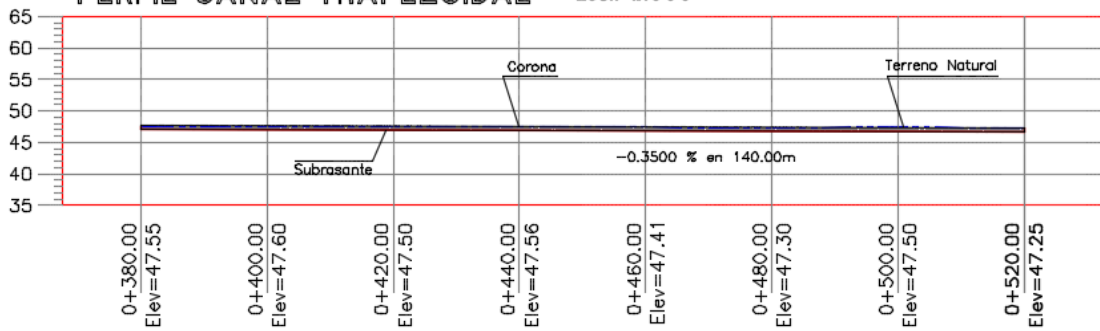
DIMENSIONES DEL CANAL
Esc.: 1:20



VISTA EN PLANTA Esc.: 1:1000



PERFIL CANAL TRAPEZOIDAL Esc.: 1:1000



TRANSVERSALES Esc.: 1:100

