

1.1 INTRODUCCIÓN

Cada vez que el ingeniero se enfrenta al problema de diseñar una estructura tiene que resolver armoniosamente un compromiso entre los aspectos de eficiencia, seguridad y costo, lo que implica establecer con un razonable grado de confianza la relación entre la estructura proyectada y el medio circundante.

Los fenómenos hidráulicos, como expresión del mundo natural, son tan complejos que no es posible analizarlos y describirlos totalmente, sólo podemos hacerlo parcialmente.

La Hidráulica tiene la gran ventaja de poder representar físicamente, a escala, la mayor parte de sus modelos. Para lo cual se ha desarrollado una disciplina específica que es la Teoría de Modelos, la que consiste básicamente en aceptar el principio de similitud, llamado también de semejanza. El término modelo corresponde a su sistema que simula un objeto real llamado prototipo mediante la entrada de cierta información que se presenta y se procesa en forma adecuada para emplearse en el diseño y operación de obras de ingeniería civil.

Uno de los instrumentos más poderosos de que se dispone para tratar de conocer y comprender el comportamiento del agua en la Naturaleza y su interacción con las estructuras se encuentra en la investigación mediante los modelos matemáticos y los modelos físicos. Ambos se complementan. Un modelo, físico o matemático, es una representación simplificada de un aspecto de la Naturaleza y, en muchos casos, de las obras construidas en ella. La construcción de prototipo no sólo es un método admitido, sino que es el que ha permitido el progreso de la ciencia. “Hacer ciencia es construir modelos”.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Cuando se planifica una investigación en modelo hidráulico se busca reproducir del mejor y más completo modo posible las condiciones que se encuentran en la naturaleza. Pero, esto no siempre es posible. El mundo natural es demasiado complejo y nunca puede lograrse la reproducción total y perfecta de un fenómeno que ocurra en ella. Por lo tanto, el camino que se debe seguir es el de la simplificación. Al no poder reproducir en su totalidad la complejidad del mundo natural, debemos buscar, por lo menos, la reproducción de una parte o aspecto de cada fenómeno y tratar de lograr en esa parte la mayor semejanza posible que sea compatible con los fines prácticos que buscamos.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se acude al empleo de técnicas de investigación como el instrumento para analizar, comparar y elegir entre las secciones de las alcantarillas de estudio del presente proyecto de investigación.

Así, los resultados de la investigación se apoyan en la aplicación de técnicas de investigación válidas para la experimentación como la observación que consiste en vigilar atentamente el experimento o fenómeno, a partir de un conjunto de lecturas o mediciones en laboratorio registrar la información para su posterior análisis.

La investigación propuesta busca, mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos sobre la teoría y los conceptos básicos de flujo de fluidos, pérdidas de energía, análisis del flujo uniforme, flujo gradualmente variado y principios de cantidad de movimiento para encontrar explicaciones del flujo en tres situaciones distintas que se pueden presentar en las alcantarillas, debido a que éstas no son tomadas en cuenta al momento de su diseño.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.2 OBJETIVO GENERAL.-

- ❖ Investigar, analizar y experimentar las características del flujo hidráulico en las alcantarillas de sección rectangular y sección circular y en función a los resultados obtenidos determinar una comparación de dichas alcantarillas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Plantear y evaluar los tres tipos de flujos y sus respectivas características en alcantarillas de sección rectangular y circular
- ❖ Analizar el gasto a través de las alcantarillas en base a las alturas relativas de la carga y de los niveles aguas arriba y aguas abajo.
- ❖ Determinar las diferencias que existen entre la alcantarilla de sección circular y rectangular, analizar las dispersiones entre los resultados obtenidos con relación a la sección circular y sección rectangular.
- ❖ Conocimiento detallado de las características del flujo y de los factores que lo determinan, este conocimiento permitirá determinar el análisis de los resultados del estudio.
- ❖ Conocimiento de todas las características físicas e hidráulicas del prototipo y sobre todo el funcionamiento de la misma para los diferentes estados de funcionamiento de una alcantarilla
- ❖ Establecer las relaciones (Curvas) Relación de tirantes y caudales tanto de entrada como en la salida de la alcantarilla para así con el solo hecho de conocer el tirante de entrada o el caudal a ser evacuado por la alcantarilla.

1.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO

La presente investigación contempla el estudio a nivel de ingeniería civil, sobre la comparación de alcantarillas de sección rectangular y circular.

Para este fin se plantean diferentes hipótesis de trabajo:

1.4.1 HIPÓTESIS DE PRIMER GRADO

- En la carrera de ingeniería civil no existe una investigación desarrollada de manera que maximice la importancia del comportamiento del flujo dentro de la alcantarilla, cuando ésta presenta diferentes tirantes de agua.
- El buen criterio de decidir el correcto emplazamiento de alcantarillas depende de la información clasificada que se tenga a disposición.

1.4.2 HIPÓTESIS DE SEGUNDO GRADO

- Generalmente en el diseño y construcción sólo se toma en cuenta la cantidad que transporta y evacúa la alcantarilla y no así la forma de evacuación.
- Debido a los continuos y notables aumentos en los costos de mantenimiento y reparación de alcantarillas, las empresas constructoras algunas veces trabajan bajo suposiciones, lo que obviamente implica desperdicio de capacidad de la alcantarilla instalada.
- Mediante la investigación planteada será posible suministrar la información oportuna y razonable de las características del flujo hidráulico en dos tipos de alcantarillas, de manera que nos permita escoger la mejor alternativa.

1.4.3 HIPÓTESIS DE TERCER GRADO

- El estudio del comportamiento del flujo hidráulico que se presenta en alcantarillas es posible visualizar a través del prototipo de una alcantarilla realizada en el laboratorio de hidráulica, de tal manera que nos permita observar la variación de los diferentes parámetros tales como el tirante de agua, pendiente, caudal, curvas superficiales y velocidad, los cuales nos permitirán realizar los cálculos respectivos y posteriormente analizar las comparaciones entre las alcantarillas de sección rectangular y circular.

2.1 ASPECTOS GENERALES

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño, siendo deseable que cumplan con las siguientes condiciones:

- Ser elementos estructurales contruidos en base a diseños tipo que prevean dimensiones variables dentro de determinados rangos, en cuanto a sección, largo, profundidad de fundación, pendientes, esviaje, etc.
- Luz siempre menor a seis metros (6m.), o luces múltiples contiguas de total inferior a doce metros (12m). Lógicamente este valor límite queda determinado por la comparación económica (costo y tiempo) entre el valor de realización del proyecto y la economía en la construcción de la obra.

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de alcantarilla es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente.

2.2 TIPOLOGÍA

De acuerdo a su función podemos clasificarlas en:

2.2.1 ALCANTARILLA TRANSVERSAL

Los sistemas de drenaje transversal son aquellos elementos que transportan agua cruzando el eje de la carretera. Por lo general, el cruce se realiza de manera

perpendicular al eje y transportando el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo.

2.2.2 ALCANTARILLA LONGITUDINAL

El sistema de drenaje longitudinal está constituido por aquellos elementos que se desarrollan en forma aproximadamente paralela al eje de la carretera. El más notorio es la cuneta, canal que atrapa el caudal que discurre por la vía y lo canaliza por lo general la entrega se realiza aguas arriba o aguas debajo de una alcantarilla en una zona preparada para resistir el paso del agua.

2.3 TIPO Y SECCIÓN

Las alcantarillas deben clasificarse principalmente desde el punto de vista de su ubicación. Capacidad (diseño hidráulico) y resistencia (diseño estructural). Las formas más usuales de las secciones transversales responden a circulares, para reducidos caudales de descarga, y rectangulares, para caudales mayores.

Se presentan además secciones abovedadas y ovaladas (formadas por arcos de circunferencia), que tienen la ventaja sobre el caño circular de permitir mayor escurrimiento de agua con menor altura de alcantarilla.

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección rectangular o cuadrada pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén. Generalmente, se recomienda emplear este tipo de alcantarillas cuando se tiene la presencia de suelos de fundación de mala calidad.

Las alcantarillas tipo bóveda, de frecuente utilización en épocas pasadas, prácticamente se hallan en desuso por tratarse de estructuras poco económicas, quedando circunscripto su uso a obras en las que prive un concepto arquitectónico-paisajista determinado.

Los tipos más comúnmente utilizados corresponden a los indicados en la Tabla 2.1:






DESIGNACION	SECCION	MATERIALES
Rectangular		Hormigon Mamposteria Madera
Caño circular		Hormigon Chapa ondulada cincada
Caño abovedado		Chapa ondulada cincada
Caño ovalado		Chapa ondulada cincada
Boveda		Hormigon Mamposteria Hormigon y Chapa ondulada

TABLA 2.1: TIPOS USUALES DE ALCANTARILLAS

2.4 MATERIALES

La elección del tipo de material de la alcantarilla depende de varios aspectos, entre ellos podemos mencionar el tiempo de vida útil, costo, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión, fuego e impermeabilidad. En conclusión no es posible dar una regla general para la elección del tipo de material a emplear en la construcción de la alcantarilla, sino que además de los aspectos mencionados anteriormente depende del tipo de suelo, del agua.

En relación a los materiales utilizados en la construcción de las alcantarillas, son función de la proximidad a las fuentes de origen de los mismos, debiéndose considerar también en la elección del material a utilizar la disponibilidad de medios de transporte y la incidencia de la mano de obra. En zonas donde hay escasez de mano de obra debe tratarse de emplear alcantarillas que requieran poco personal en su construcción, mientras que en zonas donde se hace necesario fomentar la utilización

de mano de obra, por existir en la misma pocas fuentes de trabajo, debe privar el criterio inverso.

2.5 EMPLAZAMIENTO DE LAS ALCANTARILLAS

Existen tres factores importantes que deben tomarse en cuenta en la localización de una estructura de drenaje para lograr el mayor grado de eficiencia y seguridad; estos factores son: ubicación, alineamiento y pendiente.

2.5.1 UBICACIÓN

La ubicación en planta ideal es la que sigue la dirección de la corriente, sin embargo, según el requerimiento para un Proyecto, la ubicación natural puede desplazarse, lo cual implica el acondicionamiento del cauce, a la entrada y salida de la construcción de la obra.

Un factor que afecta directamente la ubicación de las alcantarillas es la capacidad de soporte del suelo. Cuando la obra es de envergadura, es necesario hacer los estudios previos correspondientes, ya que la naturaleza del suelo podría obligar a cambiar un alineamiento recto por otro curvo o a no utilizar total o parcialmente el cauce natural para colocar la alcantarilla, o a mejorar el material existente en los sitios que se requiera.

2.5.2 ALINEAMIENTO

El alineamiento más adecuado se logra cuando la estructura se adapta a las condiciones topográficas del lugar; esto significa que el eje de la alcantarilla deberá coincidir con el lecho de la corriente, evitando cambios bruscos que impidan o retarden el flujo normal. Se puede lograr un alineamiento recto cambiando la dirección del cauce, alineando la alcantarilla oblicuamente con respecto al eje original de la vía, o combinando ambos métodos.

Se justifica un cambio de dirección en el cauce cuando el costo de esto sea compensado por una disminución en la longitud o diámetro de la alcantarilla; un

alineamiento oblicuo aumenta la longitud de la alcantarilla, si bien aumenta en eficiencia hidráulica. Cuando es indispensable un cambio brusco de dirección en el alineamiento horizontal, éste debe realizarse mediante curvas tan amplias como sea posible, evitando que los extremos de la alcantarilla se encuentren cerca del lugar donde la corriente cambia de curso.

2.5.3 PENDIENTE

Es recomendable que la pendiente en las alcantarillas sea la misma que la del lecho de la corriente. Si la pendiente de la alcantarilla es mayor, el extremo de la misma tiende a azolverse, y por el contrario, si la pendiente es menor que la del cauce es el extremo superior el que se obstruye. Sin embargo, cuando se trata de una alcantarilla sobre un talweg en terreno montañoso de fuerte pendiente, si se hace la alcantarilla con la pendiente del cauce resultaría que la intersección de la alcantarilla con el talud del lado de aguas abajo del terraplén, quedaría muy del centro del camino provocando con ello una estructura muy larga y muy costosa. En estos casos es preferible dar a la alcantarilla una pendiente bastante menor y construir en su salida, sobre el talud del terraplén, un canal de mampostería o de concreto por el que escurra el agua hasta llegar al terreno natural.

Una alcantarilla con una pendiente demasiado baja provoca una reducción en la velocidad del flujo y, por lo tanto, reduce la capacidad hidráulica. La sedimentación producida por las bajas velocidades bloquea gradualmente el paso del agua durante períodos de flujo normal, hasta el punto en que un inesperado flujo puede causar una inundación. Por otra parte, una pendiente mayor que la del lecho de la corriente puede inducir un incremento de la velocidad capaz de desgastar y minar la estructura.

La pendiente de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa, para no incidir en dichos procesos que pueden provocar el colapso de la estructura.

2.6 ABRASIÓN

La abrasión es una acción mecánica de rozamiento que consiste en la erosión del material de la alcantarilla por la acción de sólidos flotantes transportados por el cauce natural. Este fenómeno depende del carácter y cantidad de material de arrastre, duración, frecuencia y velocidad del flujo.

Es importante tomar en cuenta este fenómeno al momento de elegir el tipo de material del cual estará constituida la alcantarilla. Este problema puede ser solucionado mediante dos procedimientos: diseño de dispositivos tendientes a disminuir la velocidad del escurrimiento, o recubrimiento y/o refuerzo de la superficie del conducto sometida a abrasión.

El primer procedimiento, si bien ofrece un mejor control del proceso abrasivo, resulta de muy difícil implementación y elevado costo. En conductos de hormigón el diseño de las superficies sometidas a abrasión debe prever el refuerzo de espesores, el recubrimiento adicional de armaduras, y/o el uso de hormigones de mayor durabilidad. En alcantarillas de chapa ondulada cincada el uso de recubrimiento de cinc de mayor espesor no otorga suficiente garantía para un adecuado control del problema. La solución usual para este tipo de conductos es pavimentar con concreto asfáltico no menor del cuarto inferior de la circunferencia del tubo.

2.7 CORROSIÓN

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno y puede manifestarse como consecuencia de la acción de elementos activos presentes en el suelo, agua o atmósfera.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión.

Las condiciones ambientales que contribuyen a la corrosión de alcantarillas son condiciones alcalinas y ácidas presentes en el suelo y en el agua, y la conductividad eléctrica del suelo.

El agua con alta salinidad causa intensa corrosión a corto plazo en el acero.

Es importante señalar que cualquier material utilizado en la construcción de alcantarillas expuesto al agua de mar o cuando las alcantarillas se ubiquen en zonas costeras cercanas al mar requieren algún tipo de protección para asegurar su vida útil. Lo mismo, sucede con los ácidos producidos por minas de carbón u otras operaciones mineras.

Se indica, asimismo que los suelos con alto contenido de materia orgánica son nocivos para los metales ya que se corroen.

En el caso de alcantarillas de metal corrugado generalmente se utiliza capas protectoras tales como recubrimientos asfálticos, sin embargo, esta medida muchas veces no es suficiente, por lo que un material de mayor resistencia sería el más adecuado para actuar en medios muy agresivos.

2.8 EROSIÓN

En toda obra de drenaje transversal se pueden esperar dos tipos de erosiones.

2.8.1 EROSIÓN EVOLUTIVA

Al analizar los riesgos de erosión de las pequeñas obras de drenaje transversal deben distinguirse las que -con independencia de éstas- puedan producirse en un cauce en busca de un perfil de equilibrio aún no alcanzado, de aquellas otras localizadas en el entorno de la carretera y asociadas a su presencia.

Si el cauce natural no hubiera alcanzado su perfil de equilibrio, sino por el contrario estuviera evolucionando en busca de una menor pendiente, podrán producirse importantes erosiones con peligro para la estabilidad.

2.8.2 EROSIÓN LOCALIZADA

Además de la erosión evolutiva del cauce, deberá contemplarse la local debida a la presencia de la pequeña obra de drenaje transversal, por la mayor concentración y energía cinética de la corriente. Dicha erosión afecta a las proximidades de la obra de drenaje, y puede llegar a provocar su descalce.

Conviene aclarar que las máximas erosiones locales no tienen lugar en la misma sección de salida y que los descalces de la pequeña obra de drenaje transversal serán nulos con niveles altos.

Para evitar erosiones a la entrada y/o salida de las alcantarillas, debe estudiarse la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva en los suelos. A veces debe eliminarse cualquier escalón descendente en la boca de salida, en otras basta con revestir una cierta longitud del cauce o, también, construir un muro (diente) enterrado que evite la erosión por debajo de la obra en la boca de entrada y la erosión retrógrada en la de salida.

3.1 INTRODUCCIÓN

Hidráulicamente una alcantarilla es una constricción de longitud relativamente corta que se presenta en un escurrimiento superficial de aguas.

Para un proyecto de secciones hidráulicas de alcantarillas se considera el caudal de diseño (máximo caudal de derrame para un tiempo de recurrencia dado) en condiciones de flujo permanente. El diseño de las alcantarillas debe realizarse mediante el análisis del funcionamiento hidráulico previsto en ellas y la aplicación de las expresiones de la hidráulica que resuelvan tal funcionamiento.

El funcionamiento hidráulico de las alcantarillas es sumamente variable y depende de numerosos parámetros: conformación de la entrada, pendiente, rugosidad, condiciones del escurrimiento a la entrada y a la salida, etc.

3.2 FLUJO EN CANALES ABIERTOS

Un canal abierto es un sistema que se encuentra en contacto con la atmósfera, también se dan en medios naturales como: un río, un arroyo, inundaciones y en medios artificiales o los creados por el hombre como: las canaletas, alcantarillas y vertederos.

También se dice que un canal abierto es un conducto por el que se desliza un líquido mediante una fuerza de gravedad ejercida sobre la masa del líquido o fluido.

3.2.1 CLASIFICACIÓN DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS

El flujo en canales abiertos se presenta en gran variedad de formas, desde el flujo de agua sobre la superficie de un campo arado durante una lluvia fuerte hasta el flujo con profundidad constante en un canal prismático largo. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio de los parámetros profundidad, velocidad, área etc. del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

- A. Flujo permanente
 - 1. Flujo uniforme

2. Flujo variado

- a) Flujo gradualmente variado
- b) Flujo rápidamente variado

B. Flujo no permanente

- 1. Flujo uniforme no permanente
- 2. Flujo variado no permanente
 - a) Flujo gradualmente variado no permanente
 - b) Flujo rápidamente variado no permanente

3.2.1.1 FLUJO PERMANENTE Y FLUJO NO PERMANENTE

Esta clasificación obedece a la utilización del tiempo como variable. El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes. Matemáticamente se puede representar:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad \text{etc.} \quad (3.1)$$

Si los parámetros cambian con respecto al tiempo el flujo se llama no permanente, es decir:

$$\frac{\partial y}{\partial t} \neq 0 \quad ; \quad \frac{\partial v}{\partial t} \neq 0 \quad ; \quad \frac{\partial A}{\partial t} \neq 0 \quad \text{etc.} \quad (3.2)$$

En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente.

3.2.1.2 FLUJO UNIFORME Y FLUJO VARIADO

Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como variable. El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes.

Matemáticamente se puede representar:

$$\frac{\partial y}{\partial L} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial v}{\partial L} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial A}{\partial L} = 0 \quad \text{etc.} \quad (3.3)$$

Si los parámetros varían de una sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado, es decir:

$$\frac{\partial y}{\partial L} \neq 0 \quad ; \quad \frac{\partial v}{\partial L} \neq 0 \quad ; \quad \frac{\partial A}{\partial L} \neq 0 \quad \text{etc.} \quad (3.4)$$

Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo

- **Flujo uniforme permanente:** La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración, es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. Este flujo ocurre en canales inclinados muy largos de sección transversal constante en regiones donde se ha alcanzado la velocidad terminal, es decir, donde la pérdida de cabeza debida al flujo turbulento, se suministra con exactitud mediante la reducción de energía potencial debida al descenso uniforme en la elevación del fondo del canal.

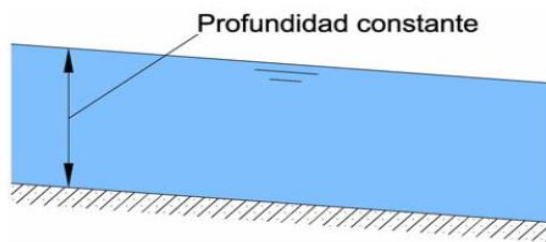


FIGURA 3-1: FLUJO UNIFORME PERMANENTE

- **Flujo uniforme no permanente:** El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal, como ésta es una condición prácticamente imposible, siendo poco frecuente, rara vez ocurre en canales abiertos.

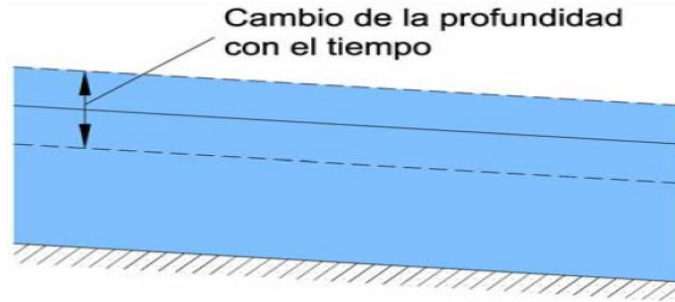


FIGURA 3-2: FLUJO UNIFORME NO PERMANENTE

El flujo variado permanente puede clasificarse como rápidamente variado o gradualmente variado.

- **Flujo rápidamente variado:** El flujo es rápidamente variado cuando los cambios en las características del flujo son abruptos en distancias comparativamente cortas a lo largo de la conducción. Este tipo de flujo se subdivide a su vez en rápidamente variado retardado o acelerado, según que la velocidad disminuya o aumente en el sentido del flujo. El salto hidráulico es un ejemplo de flujo rápidamente variado retardado.

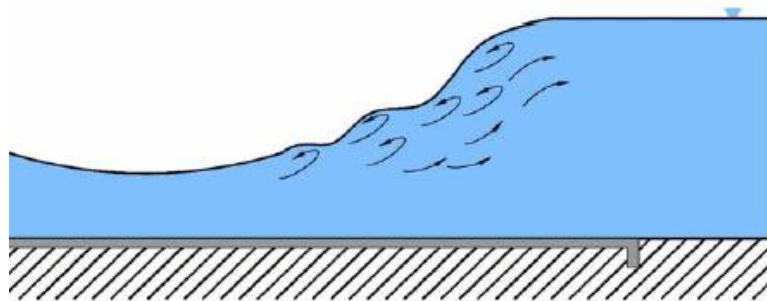


FIGURA 3-3: FLUJO RAPIDAMENTE VARIADO

- **Flujo gradualmente variado:** El flujo o movimiento gradualmente variado (M. G. V.) es un flujo permanente cuya profundidad (calado o tirante) varía suavemente a lo largo del eje de un canal. En consecuencia, la velocidad varía de una sección a otra. A diferencia de lo que ocurre en el movimiento uniforme, en el que las pendientes del fondo, de la superficie libre y de la línea de energía son iguales, en el movimiento gradualmente variado estas tres pendientes son diferentes, como es el caso de una curva de remanso.

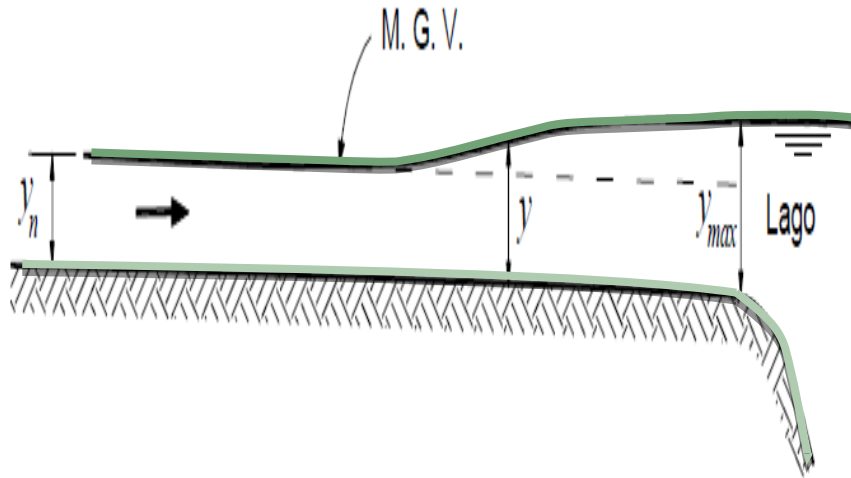


FIGURA 3-4: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

3.3 EFECTO DE LA GRAVEDAD

El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude.

3.6.1 NÚMERO DE FROUDE

La naturaleza de que el flujo a superficie libre sea rápido o tranquilo depende de si del número de Froude es mayor o menor que la unidad. Este número es útil en cálculos de resalto hidráulico, en el diseño de estructuras hidráulicas, etc. Está definido por:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * L}} \quad (3.6)$$

Donde:

V: velocidad media del flujo (m/s)

L: longitud característica (m)

En el flujo en canales abiertos la longitud característica se hace igual a la profundidad hidráulica D, la cual está definida como el área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal dividido por el ancho de la superficie libre. Para secciones rectangulares esta es igual a la profundidad de la sección del flujo

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * D}} \quad (3.6)$$

Donde:

F: número de Froude (adimensional)

V: velocidad media del flujo (m/s)

G: Aceleración de la gravedad (m/s²)

D: profundidad hidráulica (m)

Cuando **F** es igual a la unidad, la ecuación (3.6) se convierte en:

$V = \sqrt{g * D}$ y se dice que el flujo está en un esta crítico.

- Si **F** es menor a la unidad, o $V < \sqrt{g * D}$, el flujo es subcrítico. En este estado el papel jugado por las fuerzas gravitacionales es más pronunciado; por lo tanto, el flujo tiene una velocidad baja y a menudo se describe como tranquilo y de corriente lenta.
- Si **F** es mayor que la unidad, o $V > \sqrt{g * D}$, el flujo es supercrítico. En este estado las fuerzas inerciales se vuelven dominantes; el flujo tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido y torrencial.

3.4 REGÍMENES DE FLUJO

En un canal abierto el efecto combinado de la viscosidad y de la gravedad puede producir cualquiera de cuatro regímenes de flujo, que son:

- Subcrítico - laminar, cuando F es menor que la unidad y Re está en el rango laminar.
- Supercrítico — laminar, cuando F es mayor que la unidad y Re está en el rango laminar.
- Supercrítico — turbulento, cuando F es mayor que la unidad y Re está en el rango turbulento.
- Subcrítico — turbulento, cuando F es menor que la unidad y Re está en el rango turbulento.

La relación profundidad - velocidad para los cuatro regímenes de flujo en un canal abierto ancho puede ilustrarse mediante una gráfica logarítmica

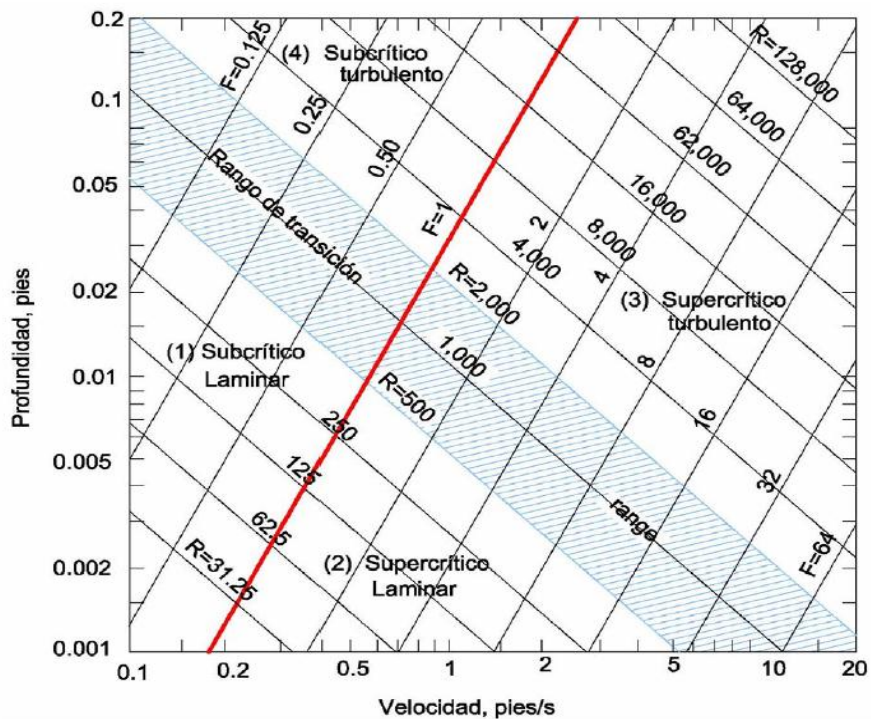


FIGURA 3-5: RELACIÓN PROFUNDIDAD-VELOCIDAD PARA CUATRO REGÍMENES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS.

La línea gruesa para $F=1$ y la banda sombreada para el rango transicional laminar – turbulento se intersectan en la gráfica y dividen el área total en cuatro regiones, cada una de las cuales presenta un régimen de flujo.

3.5 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo.

Para secciones de canales regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. Para secciones complicadas y secciones de corrientes naturales, sin embargo, no se puede escribir una ecuación simple para expresar estos elementos, pero pueden prepararse curvas que representen la relación entre estos elementos y la profundidad de flujo para uso en cálculos hidráulicos.

Para detallar los elementos geométricos con fines explicativos utilizaremos la sección trapezoidal.

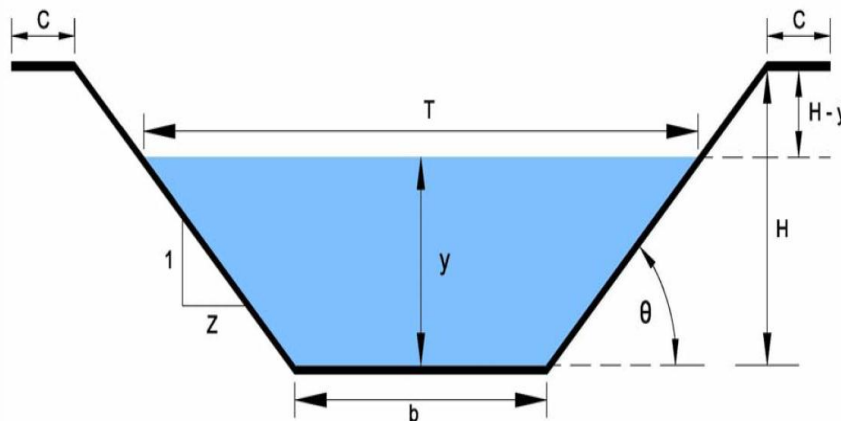


FIGURA 3-6: ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.

Donde:

y = tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal

b = base del canal o ancho de solera

T = espejo de agua o superficie libre de agua

H = profundidad total del canal

$H-y$ = borde libre

C = ancho de corona

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

A continuación se dan las definiciones de varios elementos geométricos de importancia básica.

- **Talud “Z”**: Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal). Es decir Z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1, aplicando relaciones trigonométricas según Figura 3-3, se tiene:

$$Z = \cot \theta$$

- **Tirante de agua o profundidad de flujo “y”**: Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, es decir la profundidad máxima del agua en el canal.
- **Ancho superficial o espejo de agua “T”**: Es el ancho de la superficie libre del agua.
- **Área mojada o área hidráulica “A”**: Es la superficie ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera.
- **Perímetro mojado “P”**: Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido.
- **Radio Hidráulico “R”**: Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado, el radio hidráulico es la dimensión característica de la sección transversal, hace las funciones del diámetro en tuberías.

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.7)$$

- **Profundidad hidráulica “D” o profundidad media “ \bar{y} ”.** Es la relación entre el área hidráulica y el espejo de agua.

$$D = \bar{y} = \frac{A}{T} \quad (3.8)$$

- **Factor de sección para el cálculo de flujo crítico:** Es el producto del área mojada y la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica.

$$\text{Factor de seccion } Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{\frac{A}{T}} \quad (3.9)$$

3.6.1 RELACIONES GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES MÁS FRECUENTES

A continuación se determinan las relaciones geométricas correspondientes al área hidráulica (A), perímetro mojado (p), espejo de agua (T) y radio hidráulico (R), de las secciones transversales utilizadas en la presente investigación.

- **Sección Rectangular**

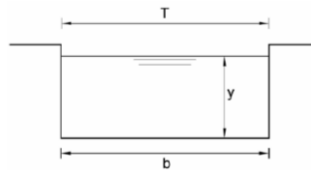


FIGURA 3-7: SECCIÓN RECTANGULAR

De la Figura 3-7 anterior se obtiene:

- ✓ Ancho superficial

$$T = b$$

- ✓ Perímetro Mojado

$$P = b + 2 * y$$

- ✓ Área Mojada

$$A = b * y$$

- ✓ Radio Hidráulico

$$R = \frac{b * y}{b + 2 * y}$$

- *Sección Circular*

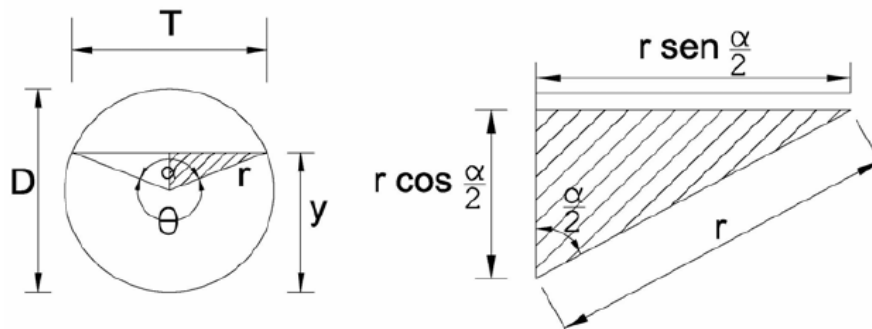


FIGURA 3-8: SECCIÓN CIRCULAR

De la Figura 3-8 se obtiene:

- ✓ *Ancho superficial*

$$T = 2r * \text{sen} \frac{\alpha}{2} = D * \text{sen} \frac{\alpha}{2} \quad (3.10)$$

Pero:

$$\theta + \alpha = 2\pi$$

$$\alpha = 2\pi - \theta$$

$$\frac{\alpha}{2} = \pi - \frac{\theta}{2}$$

$$\text{sen } \frac{\alpha}{2} = \text{sen} \left(\pi - \frac{\theta}{2} \right) = \text{sen } \frac{\theta}{2}$$

Entonces ecuación 1.1 se tiene que T es igual a:

$$T = D * \text{sen } \frac{\theta}{2}$$

✓ **Área Mojada**

$$(3.11) \quad \begin{aligned} A &= \text{Círculo} - \text{Semicírculo} = \text{Círculo} - (\text{Sector} - \text{Triángulo}) \\ A &= \text{Círculo} - \text{Sector} + \text{Triángulo} \end{aligned}$$

Dónde:

$$\text{Círculo} = \pi r^2 = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3.12)$$

$$\text{Sector} = \frac{\pi r^2 * \alpha}{2\pi} = \frac{r^2 * \alpha}{2} = \frac{D^2 * \alpha}{8} \quad (\alpha \text{ en radianes})$$

$$\text{Triángulo} = \frac{1}{2} \left(2r * \text{sen } \frac{\alpha}{2} * r * \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\text{Triángulo} = \frac{r^2}{2} \left(2 * \text{sen } \frac{\alpha}{2} * \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\text{Triángulo} = \frac{r^2}{2} * \text{sen } \alpha = \frac{D^2}{8} * \text{sen } \alpha$$

De otro lado, siendo θ y α complementarios, se tiene:

$$\theta + \alpha = 2\pi$$

$$\alpha = 2\pi - \theta$$

Luego:

$$\text{sen } \alpha = \text{sen} (2\pi - \theta) = -\text{sen } \theta$$

Entonces:

$$\text{◐} = \frac{D^2}{8} * (2\pi - \theta) \quad (3.13)$$

$$\text{◑} = -\frac{D^2}{8} * \text{sen } \theta \quad (3.14)$$

Sustituyendo (3.12), (3.13) y (3.14) en (3.15), se tiene:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} - \frac{D^2}{8} * (2\pi - \theta) - \frac{D^2}{8} * \text{sen } \theta$$

Sacando como factor común $\frac{D^2}{8}$, resulta:

$$A = \frac{D^2}{8} * (2\pi - 2\pi + \theta - \text{sen } \theta)$$

De donde finalmente:

$$A = \frac{1}{8} * (\theta - \text{sen } \theta) D^2$$

✓ **Perímetro Mojado**

$$P = \theta * r$$

$$P = \frac{1}{2} \theta * r$$

✓ **Radio Hidráulico**

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

$$R = \frac{\frac{1}{8} * (\theta - \text{sen } \theta) D^2}{\frac{1}{2} \theta * r}$$

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) * D \quad (\text{en radianes})$$

A continuación se presenta una tabla de resumen de las secciones transversales tipo más frecuentes:

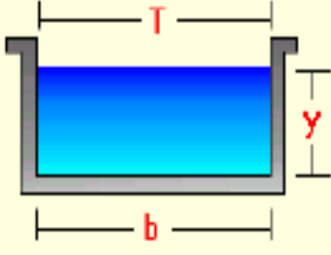
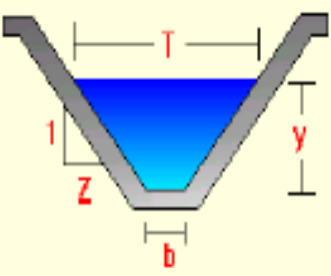
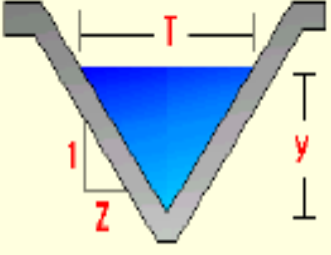
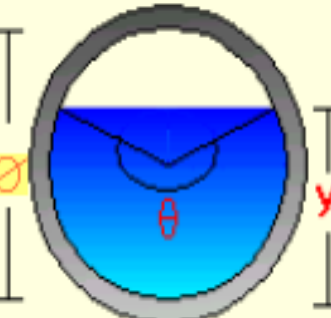
Sección Rectangular	Area mojada	Perimetro mojado	Radio hidráulico
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	b	y	$by^{1.5}$
Sección Trapezoidal	Area mojada	Perimetro mojado	Radio hidráulico
	$(b + Zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	$b + 2Zy$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2Zy}$	$\frac{[(b + Zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2Zy}}$
Sección Triangular	Area mojada	Perimetro mojado	Radio hidráulico
	Zy^2	$2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1 + Z^2}}$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	$2Zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}Zy^{2.5}$
Sección Circular	Area mojada	Perimetro mojado	Radio hidráulico
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta)\phi^2$	$\frac{1}{2}\theta \cdot \phi$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right)\phi$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	$\left(\text{sen } \frac{1}{2}\theta\right)\phi$ $2\sqrt{y(D - y)}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{1}{2}\theta}\right)\phi$	$\frac{\sqrt{2}}{32}\frac{(\theta - \text{sen } \theta)^{1.5}}{\left(\text{sen } \frac{1}{2}\theta\right)^{0.5}}\phi^{2.5}$

TABLA 3-1: SECCIONES TRANSVERSALES MÁS FRECUENTES

3.6 ENERGÍA Y FENÓMENOS LOCALES EN CANALES ABIERTOS

3.6.1 ENERGÍA DEL FLUJO EN CANALES ABIERTOS

La energía total de cualquier línea de corriente que pasa a través de una sección se define como la suma de las energías de posición, más la de presión y más la de velocidad, es decir

Energía total = Energía de posición + Energía de presión + Energía de velocidad

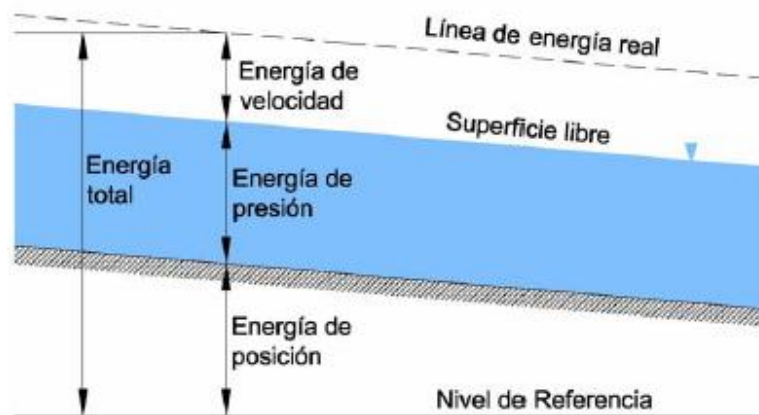


FIGURA 3-9: ENERGÍA TOTAL EN UNA SECCIÓN DE UN CANAL

Con respecto al plano de referencia de la Figura 3-9, la altura o energía total “E” de una sección *O* que contiene el punto A en una línea de corriente del flujo de un canal de pendiente alta puede escribirse como:

$$E = Z_A + y_A \cdot \cos\theta + \frac{V_A^2}{2 \cdot g} \quad (3.15)$$

Donde:

Z_A = elevación del punto A por encima del plano de referencia

y_A = profundidad del punto A por debajo de la superficie del agua

θ = ángulo de la pendiente del fondo del canal.

$V_A^2 / 2g$ = altura de velocidad del flujo en la línea de corriente que pasa a través de A.

En general, cada línea de corriente que pasa a través de una sección del canal tendrá una altura de velocidad diferente, debido a la distribución no uniforme de velocidades en flujos reales. Sólo en un flujo paralelo ideal con distribución uniforme de velocidades la altura de velocidad puede ser idéntica para todos los puntos de la sección transversal. En el caso del flujo gradualmente variado, sin embargo, para propósitos prácticos, puede suponerse que las alturas de velocidad para todos los puntos de la sección del canal son iguales y, con el fin de tener en cuenta la distribución no uniforme de velocidades, puede utilizarse el coeficiente de energía para corregir este efecto. Luego la energía total en la sección es:

$$E = Z + y * \cos\theta + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.16)$$

Para canales con pendientes bajas, $\theta \approx 0$. La energía total en la sección del canal es:

$$E = Z + y + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.17)$$

Ahora si se considera un canal prismático con pendiente alta. La línea que representa la elevación de la altura total de flujo es la línea de energía. La pendiente de esa línea se conoce como gradiente de energía, representada por S_f .

La pendiente de la superficie del agua se representa por S_w y la pendiente del fondo del canal por $S_o = \text{sen}\theta$. En el flujo uniforme, $S_f = S_w = S_o = \text{sen}\theta$.

Como la energía por unidad de peso (m-kg/kg) se expresa en unidades de longitud, entonces los elementos de la ecuación anterior se expresan de la siguiente forma:

E = altura total de sección

Z = altura de posición

V = altura de presión

$$\alpha * \frac{V^2}{2 * g} = \text{altura de velocidad}$$

Siendo: $Z + y$ la altura piezométrica

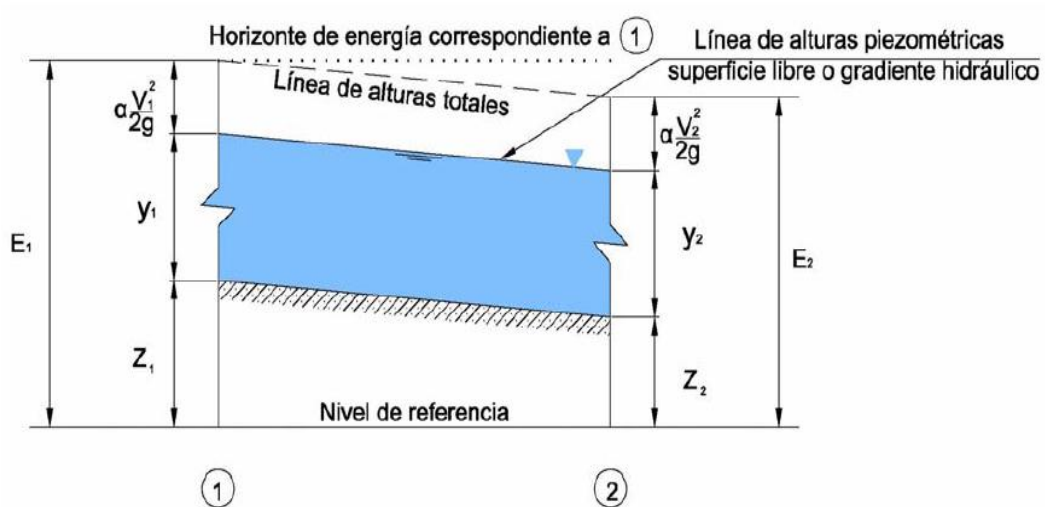


FIGURA 3-11: LÍNEA DE ALTURAS TOTALES, PIEZOMÉTRICAS Y HORIZONTE DE ENERGÍA

Si la energía total se expresa por unidad de peso, se obtiene la forma más conocida de la de Bernoulli, la cual se representa como:

$$E = Z + \frac{P}{\gamma} + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} = ctte \quad (3.18)$$

$$E = Z + y + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} = ctte \quad (3.19)$$

Donde:

E = energía total en la sección

Z = energía de posición o de elevación

y = tirante en la sección

V = Velocidad media que lleva el flujo en esa sección

α = coeficiente de Coriolis para la sección ¹

De acuerdo con el principio de conservación de energía, la altura de energía total en la sección (1) localizada aguas arriba debe ser igual a la altura de energía en la sección (2) localizada aguas abajo.

En el caso de un fluido ideal, la energía E en (1) es igual a la energía en (2). Para el caso de un fluido real hay una pérdida de energía entre (1) y (2). En realidad no es energía pérdida, sino transformada a calor debido a la fricción. En este caso, la ecuación de la energía para el tramo (1) y (2) se muestra en la siguiente Figura y se representa como:

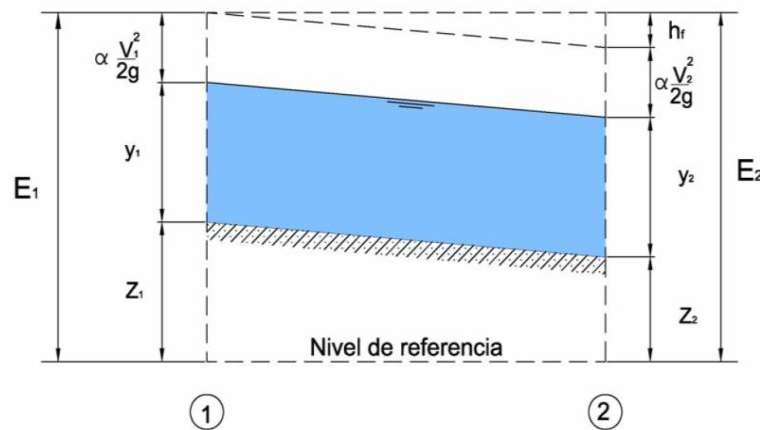


FIGURA 3-12: ENERGIAS EN LAS SECCIONES 1 Y 2

$$Z_1 + y_1 + \alpha * \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + y_2 * \cos\theta + \alpha * \frac{V_2^2}{2 * g} + h_f \quad (3.20)$$

Esta ecuación es aplicable a flujos paralelos o gradualmente variados. Para un canal de pendiente pequeña ($\theta \approx 0$ y $\cos \theta \approx 1$), ésta se convierte en:

$$Z_1 + y_1 + \alpha * \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + y_2 + \alpha * \frac{V_2^2}{2 * g} + h_f \quad (3.21)$$

O bien:

$$E_1 = E_2 + h_f \quad (3.21)$$

Dónde:

h_f = disipación de energía entre las secciones (1) y (2)

3.6.2 ENERGÍA ESPECÍFICA

El concepto de energía específica, desarrollado en 1912 por Bakmeteff, deriva de la ecuación de Bernoulli antes mostrada.

La energía específica en la sección de un canal se define como la energía por kilogramo de agua que fluye a través de la sección, medida con respecto al fondo del canal.

De lo anterior, la ecuación de Bernoulli, para la sección del canal es:

$$E = Z + y + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.22)$$

Donde $Z = 0$ (ya que el nivel de referencia es el fondo del canal) obteniéndose la ecuación de la energía específica:

$$E = y + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.23)$$

Mediante la energía específica se pueden resolver los más complejos problemas de transiciones cortas en las que los efectos de rozamiento son despreciables.

Si consideramos en ecuaciones (3.23) $\alpha = 1$, se tiene:

$$E = y + \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.24)$$

Pero, de la ecuación de continuidad, para un canal de cualquier forma, se tiene:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.25)$$

Finalmente sustituyendo (3.25) en (2.24) tendremos:

$$E = y + \frac{Q^2}{2 * g * A^2} \quad (3.26)$$

Suponiendo que Q es constante y A es función del tirante, la energía específica es función únicamente del tirante.

Graficando la ecuación (3.26) para un caudal constante (Figura 3-13), se obtiene una curva de dos ramas, lo cual se puede apreciar del siguiente análisis:

$$\text{Si } y \rightarrow 0 \Rightarrow A \rightarrow 0, \text{ luego: } \frac{Q^2}{2 * g * A^2} \rightarrow \infty \Rightarrow E \rightarrow \infty$$

$$\text{Si } y \rightarrow \infty \Rightarrow A \rightarrow \infty, \text{ luego: } \frac{Q^2}{2 * g * A^2} \rightarrow 0 \Rightarrow E \rightarrow \infty$$

Es decir, $E \rightarrow \infty$ cuando $y \rightarrow 0$ así como cuando $y \rightarrow \infty$, los que indica que para valores del intervalo $0 < y < \infty$, habrán valores definidos de E , y que debe haber un valor mínimo de E .

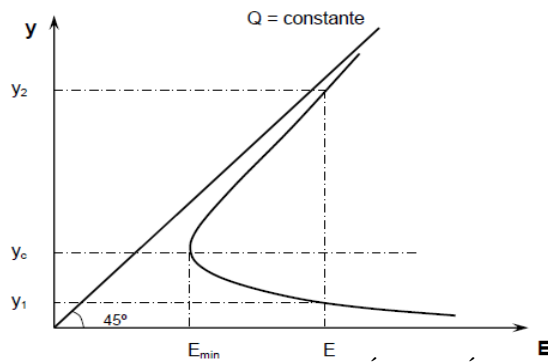


FIGURA 3-13: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

Los tirantes y_1 y y_2 que se obtienen para una misma energía específica, se denominan tirantes alternos o correspondientes, y_c que corresponde a la energía específica mínima, se le llama tirante crítico.

En la Figura 3-13, la curva específica tiene dos ramas, AC y BC. La rama AC se aproxima asintóticamente al eje horizontal hacia la derecha. La rama BC se aproxima a la línea OD a medida que se extiende hacia arriba y hacia la derecha. La línea OD es una línea que pasa a través del origen y tiene un ángulo de inclinación igual a 45° . En cualquier punto P de esta curva, la ordenada representa la profundidad y la abscisa representa la energía específica, que es igual a la suma de la altura de presión y y la altura de velocidad $V^2 / 2g$.

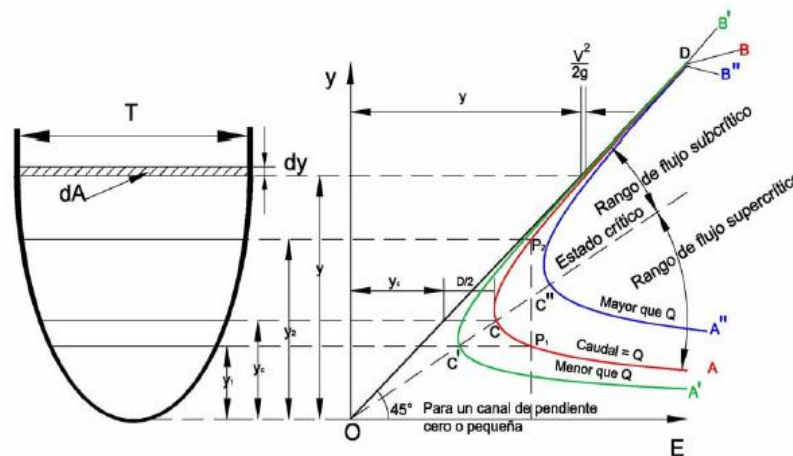


FIGURA 3-14: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

La curva muestra que, para una energía específica determinada, existen dos posibles profundidades, la profundidad baja y_1 y la profundidad alta y_2 . La profundidad baja es la profundidad alterna de la profundidad alta, y viceversa. En el punto C, la energía específica es mínima. Más adelante se probará que esta condición de energía específica mínima corresponde al estado crítico de flujo. Por consiguiente, en el estado crítico es claro que las dos profundidades alternas se convierten en una, la cual es conocida como profundidad crítica y_c .

Cuando la profundidad de flujo es mayor que la profundidad crítica, la velocidad de flujo es menor que la velocidad crítica para un caudal determinado Q , por consiguiente, el flujo es subcrítico. Cuando la profundidad del flujo es menor que la profundidad crítica, el flujo es supercrítico. Por tanto, y_1 es la profundidad de un flujo supercrítico y y_2 es la profundidad de un flujo subcrítico.

Si el caudal cambia, existirá un cambio correspondiente en la energía específica. Las dos curvas $A'B'$ y $A''B''$ (Figura 3-14) representan posiciones de la curva de energía específica cuando el caudal es menor y mayor, respectivamente, que el caudal utilizado para la construcción de la curva AB.

3.6.3 FENÓMENOS LOCALES

En los canales abiertos a menudo ocurren cambios en el estado de flujo subcrítico a supercrítico, y viceversa. Tales cambios se manifiestan con un correspondiente cambio en la profundidad de flujo de una profundidad alta a una profundidad baja, o viceversa. Si el cambio ocurre con rapidez a lo largo de una distancia relativamente corta, el flujo es rápidamente variado y se conoce como fenómeno local. El resalto hidráulico es el fenómeno local que se describe a continuación.

3.6.3.1 RESALTO HIDRÁULICO

El resalto o salto hidráulico es un fenómeno local, que se presenta en el flujo rápidamente variado, el cual va siempre acompañado por un aumento súbito del tirante y una pérdida de energía bastante considerable (disipada principalmente como calor), en un tramo relativamente corto. Ocurre en el paso brusco de régimen supercrítico (rápido) a régimen subcrítico (lento), es decir, en el resalto hidráulico el tirante, en un corto tramo, cambia de un valor inferior al crítico a otro superior a éste. La Figura 3-15 muestra este fenómeno.

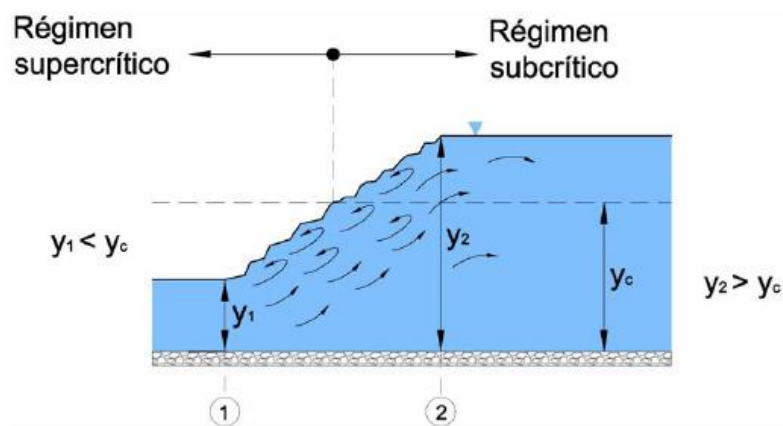


FIGURA 3-15: RESALTO HIDRÁULICO

Generalmente, el resalto se forma cuando en una corriente rápida existe algún obstáculo o un cambio brusco de pendiente. Esto sucede al pie de estructuras

hidráulicas tales como vertederos de demasías, rápidas, salidas de compuertas con descarga por el fondo, etc. lo que se muestra en la Figura 3-16

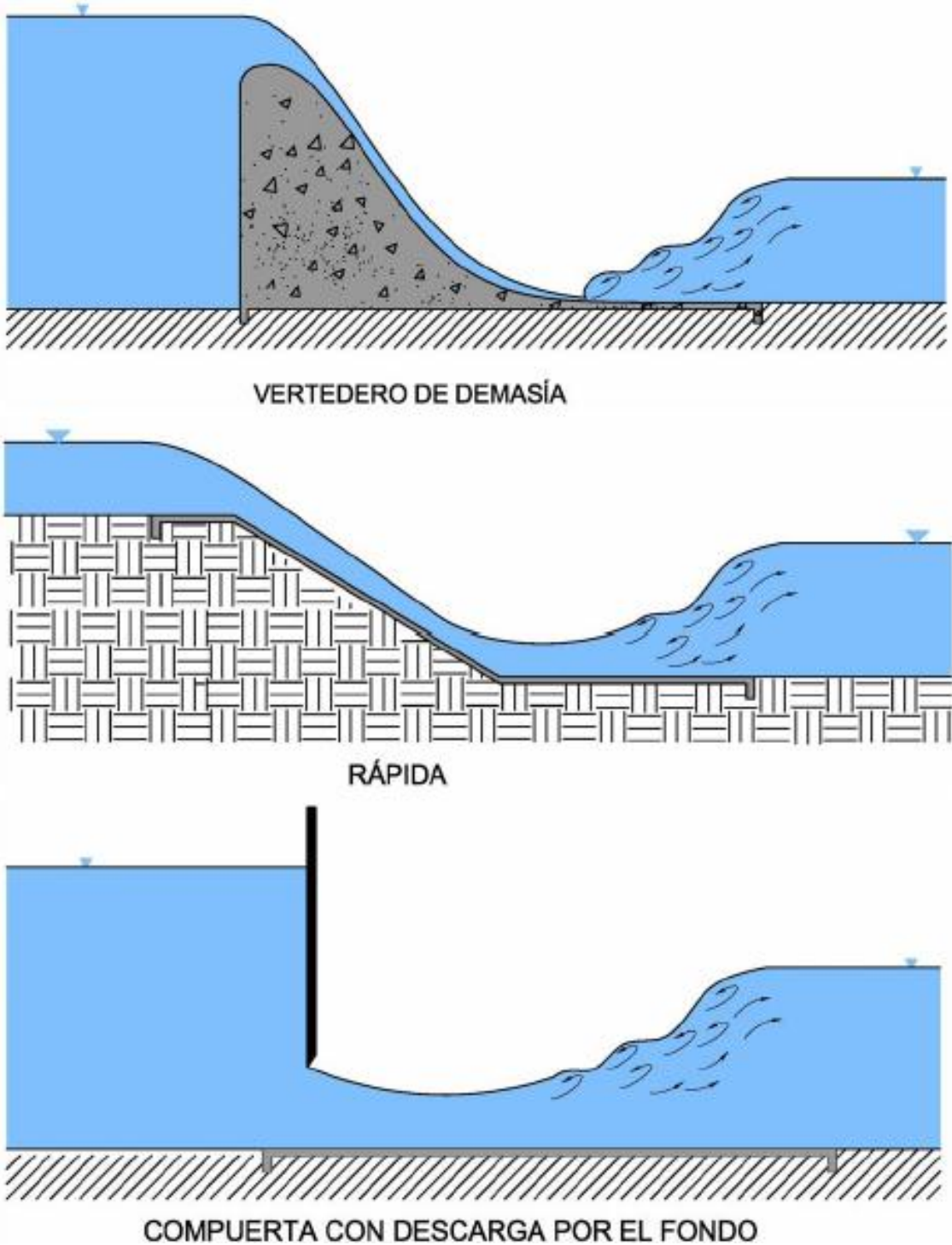


FIGURA 3-16: LUGARES APROPIADOS PARA FORMARSE EL RESALTO HIDRÁULICO

En un resalto como el que se muestra en la figura 3-17 se puede realizar las siguientes observaciones:

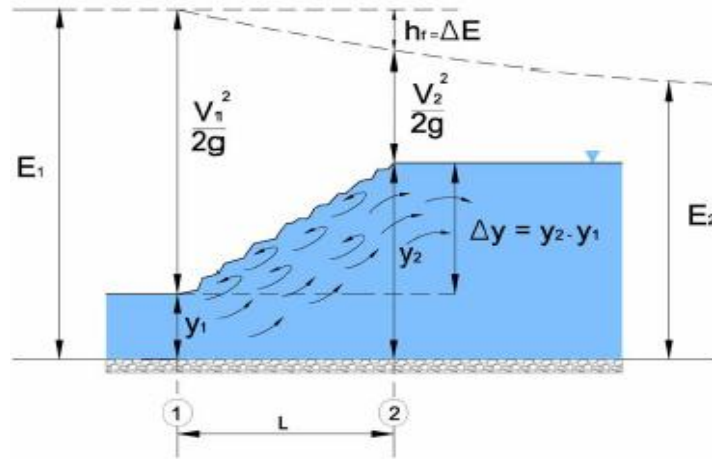


FIGURA 3-17: ELEMENTOS DEL RESALTO HIDRAULICO

- Antes del resalto, cuando el agua escurre todavía en régimen rápido, predomina la energía cinética de la corriente, parte de la cual se transforma en calor (pérdida de energía útil) y parte en energía potencial (incremento del tirante); siendo ésta la que predomina, después de efectuado el fenómeno.
- En la Figura 3-17, las secciones (1) y (2) marcan esquemáticamente el principio y el final del resalto. Los tirantes y_1 y y_2 con que escurre el agua antes y después del mismo se llaman tirantes conjugados. Donde:

y_2 =tirante conjugado mayor

y_1 = tirante conjugado menor

- La diferencia: $y_2 - y_1$ es la altura del resalto y L su longitud; existen muchos criterios para encontrar este último valor.
- E_1 es la energía específica antes del resalto y E_2 la que posee la corriente después de él. Se observa que en (2) la energía específica es menor que en (1) debido a las fuertes pérdidas de energía útil que el fenómeno ocasiona: esta pérdida se representa como: $E_1 - E_2$.

Además de su mérito como disipador natural de energía, el resalto hidráulico tiene muchos otros usos prácticos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a) Prevención o confinamiento de la socavación aguas debajo de las estructuras hidráulicas donde es necesario disipar energía.
- b) Mezclado eficiente de fluidos o de sustancias químicas usadas en la purificación de aguas, debido a la naturaleza fuertemente turbulenta del fenómeno.
- c) Incremento del caudal descargado por una compuerta deslizante al rechazar el retroceso del agua contra la compuerta. Esto aumenta la carga efectiva y con ella el caudal.
- d) La recuperación de carga aguas debajo de un aforador y mantenimiento de un nivel alto del agua en el canal de riego o de distribución del agua.

3.6.3.1.1 ECUACIÓN GENERAL DEL RESALTO HIDRÁULICO

Debido a que en principio se desconoce la pérdida de energía asociada con el resalto hidráulico, la aplicación de la ecuación de la energía antes y después del resalto no proporciona un medio adecuado de análisis.

Por otra parte, debido a la gran variación de velocidad media entre los dos extremos del resalto y al hecho de que no se requiere conocer los cambios de energía interna, es más adecuada la aplicación del principio de la cantidad de movimiento en el análisis del fenómeno.

La concordancia general entre los resultados teóricos y los experimentales confirman la seguridad de un análisis general del fenómeno con base en este principio.

Aplicando la ecuación de la cantidad de movimiento, considerando que se satisfacen las siguientes condiciones:

- a) El canal es horizontal y de sección constante, pudiendo despreciarse la componente del peso del fluido.
- b) Se desprecia la resistencia de fricción originada en la pared del canal, debido a la poca longitud del tramo en que se desarrolla el resalto.

- c) Se considera que la distribución de velocidades en las secciones (1) y (2) de la Figura 3-18 es prácticamente uniforme y que los coeficientes: $\beta_2 = \beta_1 = 1$

Resulta:

$$\delta * Q * (V_2 - V_1) = F_{P1} - F_{P2} \quad (3.27)$$

Sustituyendo el valor de $V = Q/A$ obtenido de la ecuación de la continuidad, se tiene:

$$\delta * Q * \left[\frac{Q}{A_2} - \frac{Q}{A_1} \right] = F_{P1} - F_{P2}$$

$$\delta * Q^2 * \left[\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right] = F_{P1} - F_{P2}$$

Los empujes totales debidos a la presión hidrostática se calcula como:

$$F_{P1} = \gamma * \bar{Y}_{G1} * A_1$$

$$F_{P2} = \gamma * \bar{y}_{G2} * A_2$$

Donde: $\bar{Y}_{G1}, \bar{y}_{G2}$ son las profundidades de los centros de gravedad de las áreas de las secciones (1) y (2) respectivamente (ver la figura 3-18)

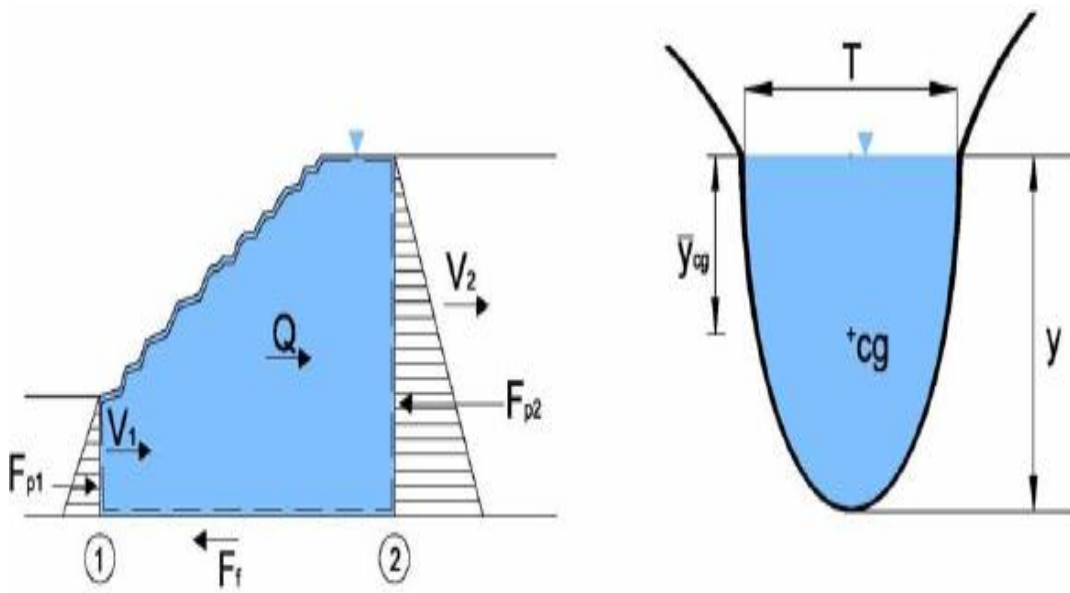


FIGURA 3-18: VOLUMEN DE CONTROL

Sustituyendo estos valores resulta:

$$\left[\frac{\delta * Q^2}{A_2} - \frac{\delta * Q^2}{A_1} \right] = \gamma * \bar{Y}_{G_1} * A_1 - \gamma * \bar{Y}_{G_2} * A_2$$

$$\left[\frac{\delta * Q^2}{A_1} \right] + \gamma * \bar{Y}_{G_1} * A_1 = \left[\frac{\delta * Q^2}{A_2} \right] + \gamma * \bar{Y}_{G_2} * A_2$$

Dividiendo en $\gamma = \delta * g$, se tiene:

$$\left[\frac{Q^2}{g * A_1} \right] + \bar{Y}_{G_1} * A_1 = \left[\frac{Q^2}{A_2} \right] + \bar{Y}_{G_2} * A_2 \quad (3.28)$$

Esta ecuación proporciona en los casos, la solución de uno de los tirantes conjugados a partir del otro conocido.

3.6.3.1.2 ECUACIONES DEL RESALTO HIDRÁULICO PARA DIFERENTES FORMAS DE SECCIÓN

1) SECCIÓN RECTANGULAR

En la ecuación general del resalto hidráulico, haciendo simplificaciones se obtiene:

$$y_2 + y_1 - \frac{2 * q^2}{g * y_2 * y_1} \quad (3.29)$$

De donde, dependiendo del tipo de régimen conocido se tiene:

a) Régimen supercrítico conocido

$$y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{2 * q^2}{g * y_1} + \frac{y_1}{4}}$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \sqrt{8 * F_1^2 + 1} - 1 \quad (3.30)$$

Donde:

y_1 = tirante conjugado menor del resultado

y_2 = tirante conjugado mayor del resultado

$q = Q/b$ caudal unitario

$F_1 =$ Número de Froude al inicio del resalto

b) **Régimen subcrítico conocido**

$$y_1 = -\frac{y_2}{2} + \sqrt{\frac{2 * q^2}{g * y_2} + \frac{y_2}{4}}$$
$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} \sqrt{8 * F_2^2 + 1} - 1 \quad (3.31)$$

Donde:

$y_1 =$ tirante conjugado menor del resultado

$y_2 =$ tirante conjugado mayor del resultado

$q = Q/b$ caudal unitario

$F_2 =$ Numero de Froude al final del resalto

Pérdidas en el resalto

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 * y_1 * y_2} = \frac{(\Delta y)^3}{4 * y_1 * y_2} \quad (3.32)$$

2) SECCIÓN RECTANGULAR

1.- Régimen supercrítico conocido

$$\frac{K_1 * N_1 * N_2 * \left(\frac{y_1}{y_2}\right) - K_2 * N_2^2}{\left(\frac{y_2}{\phi}\right)^4 * \left(1 - \frac{N_2}{N_1}\right)} = \frac{Q^2}{g * y_2^5} \quad (3.33)$$

Donde:

$\phi =$ diámetro de la sección circular

Q = caudal

g = aceleración de la gravedad

y_1 = tirante supercrítico a calcular

y_2 = tirante subcrítico conocido

$$N = \frac{1}{4} * \arccos \left[1 - 2 \left(\frac{y}{\phi} \right) \right] - \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{y}{\phi} \right) - \left(\frac{y}{\phi} \right)^2} \left[1 - 2 \left(\frac{y}{\phi} \right) \right] \quad (3.34)$$

$$K = 1 - \frac{1}{2} * \frac{1}{\frac{y}{\phi}} + \frac{2 \left(\frac{y}{\phi} \right)^{1/2} \left[1 - \left(\frac{y}{\phi} \right) \right]^{3/2}}{3N} \quad (3.35)$$

Para resolver las ecuaciones, para una sección circular, hacer lo siguiente:

- 1.- Con el tirante y conocido (subcrítico o supercrítico), calcular N, K y luego el segundo miembro de la ecuación.
- 2.- Suponiendo un y por calcular, calcular N, K y luego sustituir en el primer miembro de la ecuación.
- 3.- Comparar los valores de los dos miembros de la ecuación.
- 4.- Si el primer miembro de la ecuación, es similar al segundo miembro, él y supuesto es él y buscado, en caso contrario, repetir los pasos 2 y 3.

3.6.3.1.3 FORMAS DE RESALTO EN CANALES CON PENDIENTE CASI HORIZONTAL

La forma del resalto hidráulico depende del número de Froude correspondiente al tirante conjugado menor:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * y_1}} \quad (3.36)$$

De los estudios realizados por el U.S. Bureau of Reclamation sobre el resalto hidráulico, dentro de los tanques amortiguadores como medio, para disipar la energía en descargas ya sean en vertedores o en obras de toma, y en general en estructuras terminales, se tienen los siguientes casos:

- 1.- Si F_1 está comprendido entre 1.0 y 1.7 se tiene un **resalto ondulado**, así

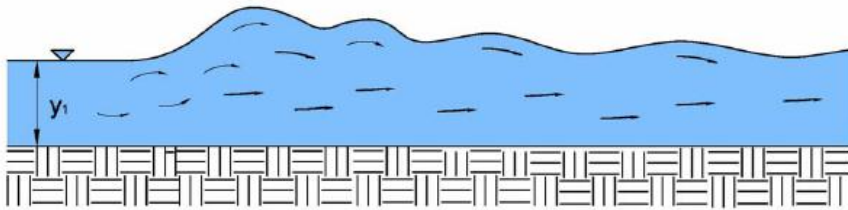


FIGURA 3-19: RESALTO ONDULADO

Cuando el valor del número de Froude vale 1 el régimen es crítico y no se forma el resalto hidráulico. Para valores entre 1 y 1.7 se tiene un régimen un poco menor que el subcrítico, formándose ondulaciones ligeras en la superficie. Aproximadamente la velocidad V_2 es 30 % menor que la velocidad crítica.

- 2.- Si F_1 está comprendido entre 1.7 y 2.5 se tiene un **resalto débil**:

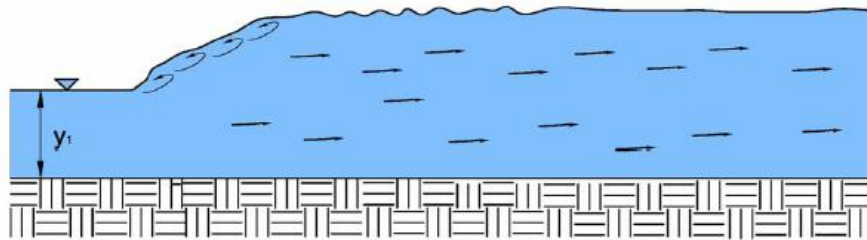


FIGURA 3-20: RESALTO DEBIL

Es un régimen bastante uniforme, se designa por la etapa previa al resalto, sin turbulencia activa.

3.- Si F_1 está comprendido entre 2.5 y 4.5 es un **resalto oscilante**:

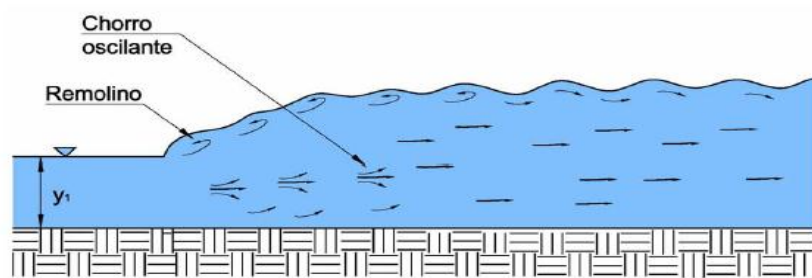


FIGURA 3-21: RESALTO OSCILANTE

No se forma un resalto propiamente dicho, y se dice que tiene un régimen de transición.

Se recomienda, cuando se tengan números de Froude dentro de este intervalo, variar las condiciones del régimen (por ejemplo, el caudal por unidad de longitud en el vertedor), de manera que se estén fuera de un régimen de transición

4.- Si F_1 está comprendido entre 4.5 y 9.0 es un **resalto estable y equilibrado**:

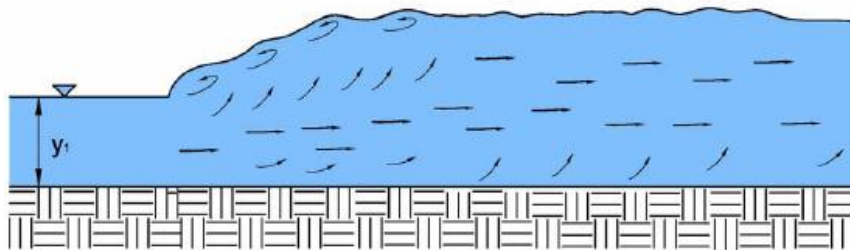


FIGURA 3-22: RESALTO ESTABLE

5.- Si F_1 es mayor que 9.0, se presenta un **resalto fuerte e irregular**:

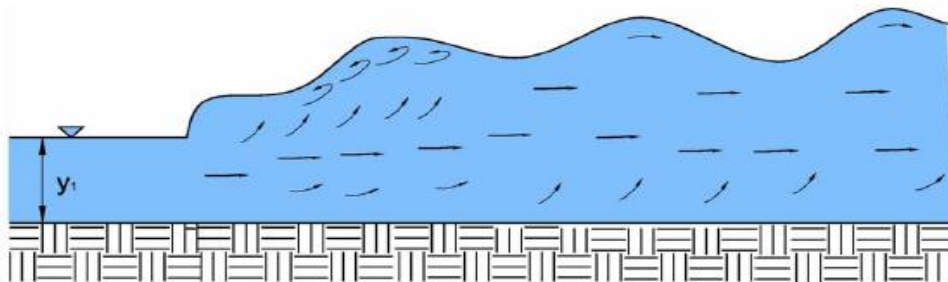


FIGURA 3-23: RESALTO FUERTE

3.6.3.1.4 UBICACIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO

Después que se produce el resalto hidráulico (Figura 3-24), se tiene un flujo subcrítico, por lo cual cualquier singularidad causa efectos hacia aguas arriba, lo que obliga a que una vez ocurrido el resalto hidráulico, se tenga el tirante normal y_n .

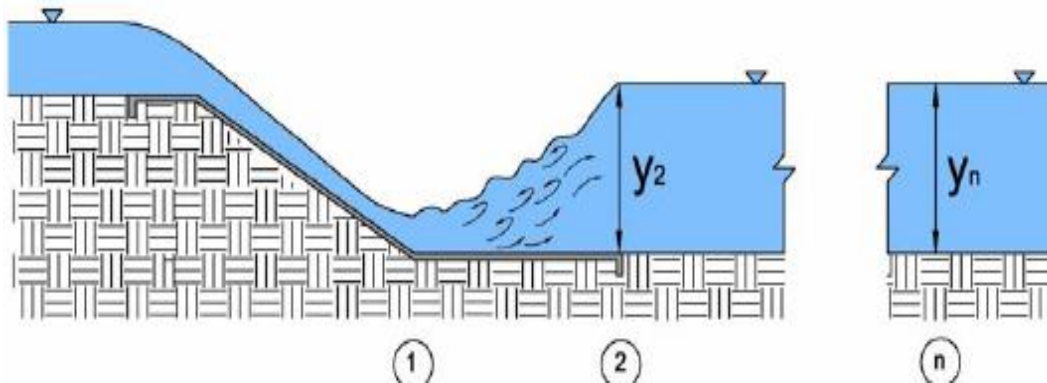


FIGURA 3-24: UBICACIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO

Una forma práctica para determinar la ubicación del resalto hidráulico, es con el siguiente proceso:

- 1.- A partir del y_1 , calcular el conjugado mayor y_2 .
 - 2.- Comparar y_2 con y_n .
- Si $y_2 > y_n$, el resalto es barrido (Figura 3-25) y se ubica en el tramo de menor pendiente. Antes del resalto se presenta una curva M3, que une el tirante del inicio del cambio de pendiente, con el tirante conjugado menor y_1' .

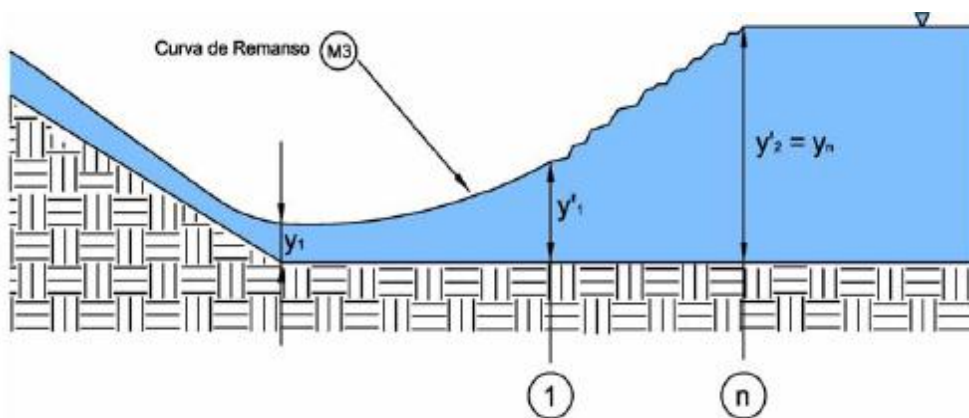


FIGURA 3-25: RESALTO BARRIDO

En este caso, hay que recalcular los tirantes conjugados, con $y_2' = y_n$, calcular el conjugado menor y_1 .

- 1.- Si $y_2 = y_n$, el resalto es claro (Figura 3-26) y se inicia justo en el cambio de pendiente.

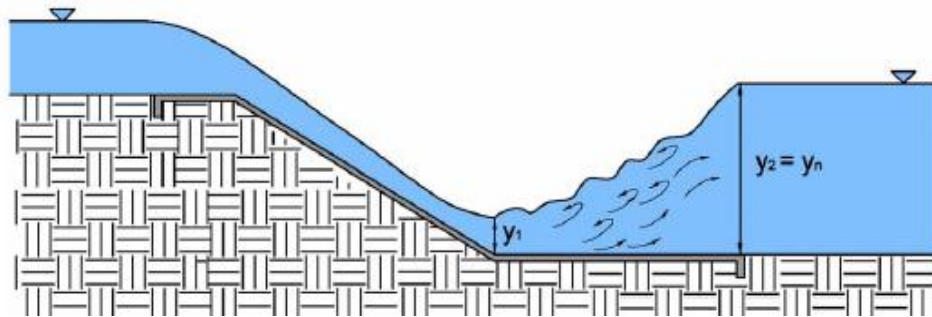


FIGURA 3-26: RESALTO CLARO

- 2.- Si $y_2 < y_n$ el resalto es ahogado (Figura 3-27) y se ubica en el tramo de mayor pendiente. Después del resalto y antes del tirante normal se presenta una curva S1, que une el tirante conjugado mayor con el tirante normal.

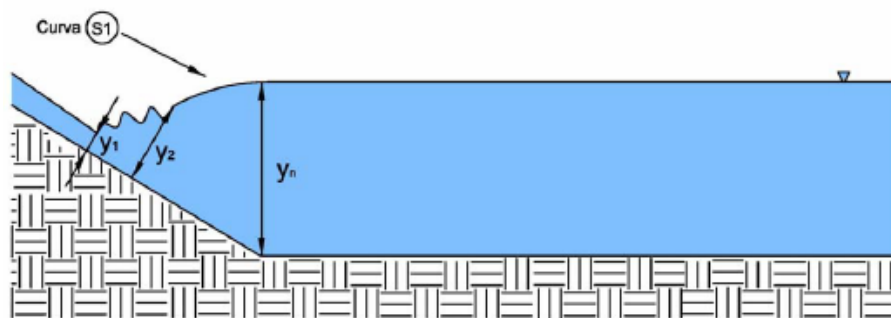


FIGURA 3-27 RESALTO AHOGADO

3.7 FLUJO CRÍTICO

El estado crítico del flujo a través de una sección de canal se caracteriza por varias condiciones importantes, en resumen, éstas son:

1. La energía específica es mínima para un caudal determinado
2. El caudal máximo para una determinada energía específica
3. La fuerza específica es mínima para un caudal determinado
4. La altura de velocidad es igual a la mitad de la profundidad hidráulica en un canal de baja pendiente
5. El número de Froude es igual a la unidad
6. La velocidad de flujo en un canal de baja pendiente con distribución uniforme de velocidades.

3.7.1 CRITERIO PARA EL ESTADO CRÍTICO DEL FLUJO

El estado crítico de flujo ha sido definido como la condición para la cual el número de Froude es igual a la unidad. Una definición más común es que es el estado de flujo para el cual la energía específica es mínima para un caudal determinado. Un criterio teórico para el flujo crítico puede desarrollarse a partir de la siguiente definición:

Como $V = Q/A$, la ecuación $E = y + \alpha * (V^2/2g)$, la cual es la ecuación para la energía específica en un canal de pendiente baja con $\alpha = 1$, puede escribirse como:

$$E = y + \frac{Q^2}{2 * g * A^2} \quad (3.37)$$

Al derivar con respecto a y y al notar que Q es constante,

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{Q^2}{g * A^3} * \frac{dA}{dy} = 1 - \frac{V^2}{g * A} * \frac{dA}{dy} \quad (3.38)$$

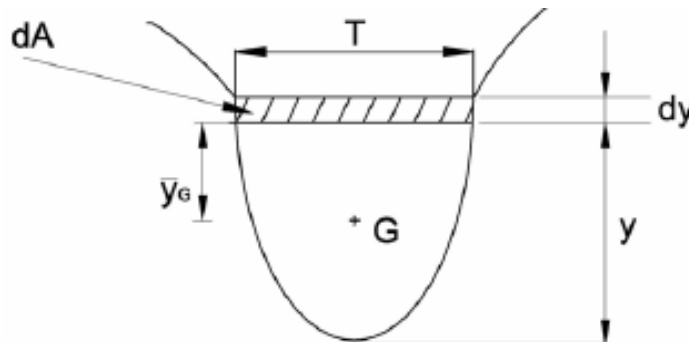


FIGURA 3-28: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

El diferencial de área mojada dA cerca de la superficie libre Figura 3-28 es igual a $T * dy$. Ahora $\frac{dA}{dy} = T$, y la profundidad hidráulica es $D = A/T$; luego la anterior ecuación se convierte en:

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{V^2 * T}{g * A} = 1 - \frac{V^2}{g * D}$$

En el estado crítico de flujo la energía específica es mínima o $\frac{dE}{dy} = 0$. La anterior ecuación, por consiguiente, se convierte en:

$$\frac{V^2}{2 * g} = \frac{D}{2} \quad (3.39)$$

Donde:

D es la profundidad hidráulica $D = A/T$

Este es el criterio para flujo crítico, el cual establece que en el estado crítico del flujo la altura de velocidad es igual a la mitad de la profundidad hidráulica. La anterior ecuación también se escribe como:

$$\frac{V}{\sqrt{g * D}} = 1$$

Lo cual significa que $F=1$; ésta es la definición de flujo crítico.

Si el anterior criterio (ecuación 3.39) tiene que satisfacer las siguientes condiciones:

- Flujo paralelo o gradualmente variado
- Canal con pendiente baja
- Coeficiente de energía supuesto igual a la unidad

Si el coeficiente de energía no se supone igual a la unidad, el criterio del flujo crítico es:

$$\alpha * \frac{V^2}{2 * g} = \frac{D}{2} \quad (3.40)$$

Para un canal con un ángulo de pendiente θ grande y un coeficiente de energía α , se tendrá que el criterio de flujo crítico es:

$$\alpha * \frac{V^2}{2 * g} = \frac{D * \cos \theta}{2} \quad (3.41)$$

En este caso, el número de Froude puede definirse como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{\frac{g * D * \cos \theta}{\alpha}}} \quad (3.42)$$

Si el estado crítico del flujo existe a través de toda la longitud de un canal o a lo largo de un tramo de éste, el flujo en el canal es un flujo crítico. La pendiente del canal que mantiene un determinado caudal con una profundidad uniforme y crítica se conoce como pendiente crítica S_c . Una pendiente de canal menor que la pendiente crítica producirá un flujo más lento de naturaleza subcrítica para el caudal determinado, tal como se demostrara más adelante, y por consiguiente, se conoce como pendiente suave o subcrítica. Una pendiente mayor que la pendiente crítica producirá un flujo más rápido de naturaleza supercrítica y se conoce como pendiente empinada o supercrítica.

Un flujo en estado crítico o cerca de él es inestable. Esto se debe a que un pequeño cambio de energía específica en estado crítico, o cerca de él, producirá un cambio grande en la profundidad. Este hecho también puede identificarse en la curva de energía específica. Como la curva es casi vertical cerca de la profundidad crítica, un ligero cambio en la energía cambiaría la profundidad a profundidades alternas mucho más pequeñas o más grandes, correspondientes a la energía después del cambio. Cuando el flujo está cerca del estado crítico, la superficie del agua parece inestable y ondulada. Por lo general, tales fenómenos son causados por pequeños cambios en energía debido a las variaciones en la rugosidad del canal, la sección transversal, la pendiente o algunos depósitos de sedimentos o basuras. Si en el diseño de un canal se encuentra que la profundidad es igual o muy cercana a la profundidad crítica a lo

largo de una gran longitud de canal, la forma o la pendiente del canal deben modificarse, si es posible, para asegurar una mayor estabilidad.

El criterio para un estado crítico de flujo es la base para el cálculo de flujo crítico. El flujo crítico se puede conseguir en forma práctica:

- Reduciendo la sección.
- Provocando una sobre elevación del fondo del cauce.
- Utilizando los dos criterios anteriores.

De lo anterior los términos del régimen crítico pueden definirse como sigue:

3.7.1.1 CAUDAL CRÍTICO

Es el caudal máximo para una energía específica determinada, o el caudal que se producirá con la energía específica mínima.

3.7.1.2 TIRANTE CRÍTICO

Es el tirante hidráulico que existe cuando el caudal es el máximo para una energía específica determinada, o el tirante al que ocurre un caudal determinado con la energía específica mínima.

3.7.1.3 VELOCIDAD CRÍTICA

La velocidad media cuando el caudal es el crítico.

3.7.1.4 RÉGIMEN SUBCRÍTICO

Son las condiciones hidráulicas en las que los tirantes son mayores que los críticos, las velocidades menores que las críticas y los números de Froude menores que 1. Es un régimen lento, tranquilo, fluvial, adecuado para canales principales o de navegación.

3.7.1.5 RÉGIMEN SUPERCRÍTICO

Son las condiciones hidráulicas en las que los tirantes son menores que los críticos, las velocidades mayores que las críticas y los números de Froude mayores 1. Es un régimen rápido, torrencial, pero perfectamente estable, puede usarse en canales revestidos.

Los tipos de flujo de energía específica en la curva de energía específica (Figura 3-29), la zona superior de la curva de energía específica corresponden al flujo subcrítico ($y_2 > y_c$) y la inferior al flujo supercrítico ($y_1 > y_c$).

El número de Froude $F = V/\sqrt{g * D}$, definido anteriormente, es una especie de indicador universal en la caracterización del flujo de superficie libre. La condición del flujo supercrítico se produce cuando $F > 1$, flujo subcrítico para $F < 1$ y crítico para $F = 1$. En flujo subcrítico una perturbación puede moverse aguas arriba, esto significa en términos prácticos, que mecanismos o condiciones de control tales como una compuerta o una caída influyen sobre las condiciones del flujo aguas arriba del control; por ello se afirman que el flujo subcrítico está controlado por las condiciones de aguas abajo. Por otra parte, en flujo supercrítico una perturbación sólo puede viajar hacia aguas abajo; estableciendo lo posible únicamente del lado de aguas arriba.

En resumen de lo visto respecto al flujo crítico, los tipos de flujo pueden ser:

1. Flujo supercrítico o rápido:

$$\text{Si: } y < y_c, \text{ ó } F > 1 \text{ ó } V < V_c \text{ ó } S < S_c$$

En un flujo supercrítico, toda singularidad causa efectos hacia aguas abajo.

2. Flujo crítico:

$$\text{Si: } y = y_c, \text{ ó } F = 1 \text{ ó } V = V_c \text{ ó } S = S_c$$

3. Flujo subcrítico o lento:

$$\text{Si: } y > y_c, \text{ ó } F < 1 \text{ ó } V > V_c \text{ ó } S > S_c$$

En un flujo subcrítico, toda singularidad causa efectos hacia aguas arriba.

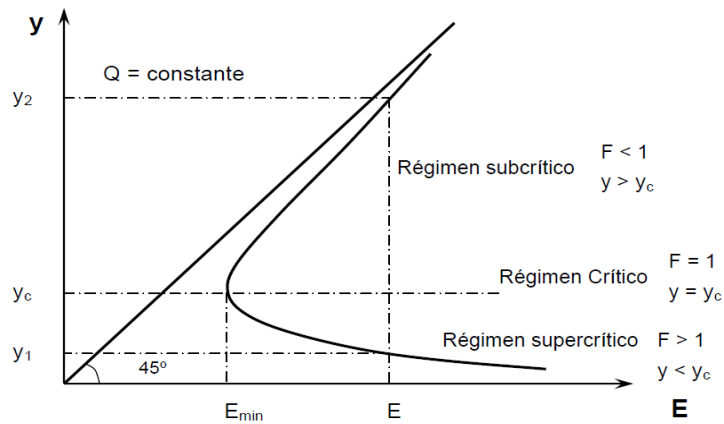


FIGURA 3-29: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

3.7.2 ECUACIÓN DEL RÉGIMEN CRÍTICO

3.7.2.1 CONDICIÓN PARA LA ENERGÍA ESPECÍFICA MÍNIMA (Q CONSTANTE)

De la ecuación 3.37, se tiene

$$E = y + \frac{Q^2}{2 * g} * A^{-2} \quad (3.43)$$

Donde:

Q es constante

$A = f(y)$

De la primera consideración de la definición de régimen crítico, se tiene que un régimen es crítico si la energía específica es mínima, es decir si:

$$\frac{dE}{dy} = 0$$

Derivando la ecuación 3.43 con respecto al tirante e igualando a cero se tiene:

$$\frac{dE}{dy} = \frac{d}{dy} \left(y + \frac{Q^2}{2 * g} A^{-2} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{Q^2}{g * A^3} * \frac{dA}{dy} = 1 \quad (3.44)$$

En la Figura 3-30 se observa la interpretación del término $\frac{dA}{dy}$:

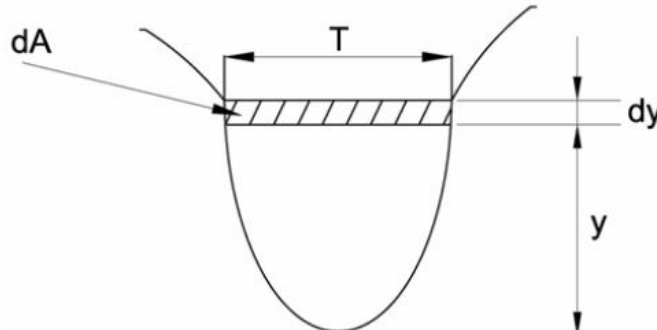


FIGURA 3-30: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

El elemento de área dA cerca de la superficie libre es igual a $T * dy$, es decir

$$dA = T * dy \rightarrow \frac{dA}{dy} = T \quad (3.45)$$

Sustituyendo la ecuación 3.45 en 3.44, resulta:

$$\begin{aligned} \frac{Q^2 * T}{g * A^3} &= 1 \\ \Rightarrow \frac{Q^2}{g} &= \frac{A_c^3}{T_c} \end{aligned} \quad (3.46)$$

Como A y T están en función de y, la ecuación 3.46 impone las condiciones del flujo crítico en un canal de forma cualquiera y permite calcular el tirante crítico.

3.7.2.2 RELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS PARA UN RÉGIMEN CRÍTICO

Las condiciones teóricas en que se desarrolla el régimen crítico están dadas por la ecuación 3.46:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$

Esta ecuación indica que dada la forma de la sección en un canal y el caudal, existe un tirante único y viceversa.

Para las secciones más usuales, las fórmulas que relacionan los parámetros en un régimen crítico.

SECCIÓN RECTANGULAR

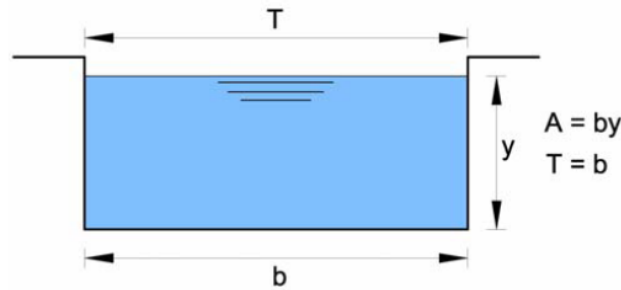


FIGURA 3-31: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL RECTANGULAR

a) Relación entre tirante crítico y el caudal unitario:

Sustituyendo valores en 3.46, se tiene:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{b^3 * y_c^3}{b}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 * g}}$$

Se define la relación $q = Q/b$ como “caudal unitario” o caudal por unidad de ancho, luego:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (3.47)$$

Esta ecuación permite el cálculo directo del tirante crítico en una sección rectangular.

b) Relación entre la velocidad y el tirante crítico

En 3.46 sustituyendo $Q = V * A$, se tiene:

$$\frac{V_c^2 * A_c^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$
$$\frac{V_c^2}{g} = \frac{A_c}{T_c} = \frac{b * y_c}{b}$$
$$\frac{V_c^2}{g} = y_c \quad (3.48)$$
$$V_c = \sqrt{g * y_c}$$

c) **Relación entre la energía específica mínima y el tirante crítico:**

La ecuación de la energía específica:

$$E = y + \frac{V^2}{2 * g}$$

Para las condiciones críticas, se expresan:

$$E_{min} = y_c + \frac{V_c^2}{2 * g}$$

Sustituyendo 3.48 en la ecuación anterior, se obtiene:

$$E_{min} = y_c + \frac{y_c}{2} \quad (3.49)$$

$$E_{min} = \frac{3}{2} * y_c \quad (3.50)$$

d) **Determinación del número de Froude:**

Sabemos que $F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$

En este caso:

$$D = \frac{A}{T} = \frac{b * y}{b} = y$$

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * y}}$$

De la ecuación 3.48 se tiene:

$$\frac{V_c^2}{g * y_c} = 1$$

$$\frac{V_c}{\sqrt{g * y_c}} = 1$$

$$\therefore F_c = 1$$

SECCIÓN CIRCULAR

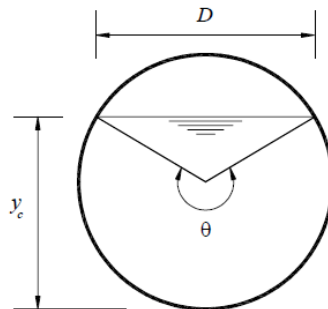


FIGURA 3-32: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL RECTANGULAR

Como en cualquier sección transversal las condiciones críticas vienen dadas por la ecuación 3.46.

Consideremos la primera de ellas

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c}$$

En una sección circular el área es:

$$A = \frac{r^2}{2} * (\theta - \sin \theta) \quad (3.51)$$

Teniendo en cuenta las ecuaciones 3.45 y la tabla 3-1 se obtiene:

$$T = \frac{dA}{dy} = \frac{r(1 - \cos \theta)}{\sin \frac{\theta}{2}} \quad (3.52)$$

Reemplazando en la ecuación 3.46 se obtiene

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{r^6 * (\theta - \sin \theta)^3}{8 * r * (1 - \cos \theta)} * \sin \frac{\theta}{2} = \frac{r^5 * (\theta - \sin \theta)^3}{8 * (1 - \cos \theta)} * \sin \frac{\theta}{2}$$

Haciendo $r = \frac{D}{2}$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{D^5}{2^8} * \frac{(\theta - \sin \theta)^3 * \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)}{(1 - \cos \theta)} \quad (3.53)$$

Teniendo en cuenta consideraciones trigonométricas se puede sustituir

$$\frac{1 - \cos \theta}{\sin \frac{\theta}{2}} = 2 \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}} \quad (3.54)$$

Luego,

$$Q = \frac{\sqrt{g}}{2^4} * \frac{(\theta - \sin \theta)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2} \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^{\frac{1}{2}}} * D^{\frac{5}{2}} \quad (3.55)$$

En el sistema métrico

$$Q = 0.1383 * \frac{(\theta - \sin \theta)^{\frac{3}{2}}}{\left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^{\frac{1}{2}}} * D^{\frac{5}{2}} \quad (3.56)$$

Esta última expresión es la que da las condiciones críticas en una tubería circular parcialmente llena, la que hidráulicamente es un canal.

Dada una tubería de diámetro D se puede calcular para cada valor del gasto el correspondiente θ que da condiciones críticas.

El tirante crítico es:

$$y_c = \frac{D}{2} * \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) \quad (3.57)$$

3.8 FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Es el flujo permanente cuya profundidad varia de manera gradual a lo largo de la longitud del canal. Esta definición establece dos condiciones:

1. El flujo es permanente; es decir, las características hidráulicas de flujo permanecen constantes para el intervalo de tiempo bajo consideración.
2. Las líneas de corriente son paralelas: es decir, prevalece la distribución hidrostática de presiones sobre la sección de canal.

3.8.1 DEFINICIÓN

El flujo gradualmente variado constituye una clase especial del flujo permanente no uniforme, y se caracteriza por una variación continua del tirante (y con ello el área, la velocidad, etc.) a lo largo del canal.

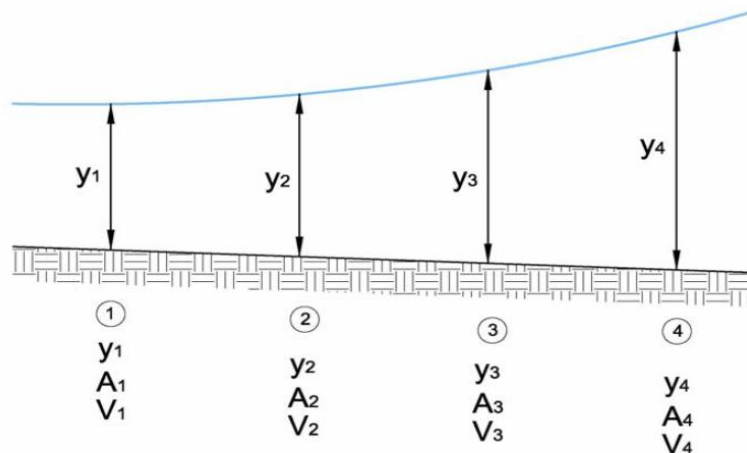


FIGURA 3-33 FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Este tipo de flujo se presenta en la llegada o salida de estructuras hidráulicas tales como represas, compuertas, vertederos, etc. Y en general cuando las condiciones geométricas de la sección transversal o del fondo del canal abruptamente; o bien cuando en el recorrido se presentan algún obstáculo que haga las condiciones del movimiento.

3.8.2 CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

Para el estudio de este tipo de flujo se suelen adoptar algunas hipótesis como las que se enumeran a continuación:

1. El flujo es permanente; es decir, las características hidráulicas de flujo permanecen constantes para el intervalo de tiempo bajo consideración.
2. Las líneas de corriente son prácticamente paralelas, es decir, que la distribución de presiones es hidrostática en cada sección del canal.
3. La pendiente del fondo del canal es uniforme y pequeña, de tal manera que el tirante del flujo es el mismo, cuando la vertical o normal se toma como referencia al fondo del canal, y además, no ocurre incorporación de aire al interior del flujo.
4. El canal es prismático, lo que significa que la forma y la alineación del canal son constantes.
5. La forma de distribución de velocidades en las distintas secciones es constante, de modo que el coeficiente de coriolis α , se mantiene constante.
6. El coeficiente de rugosidad es independiente del tirante del flujo y constante en el tramo del canal considerado.
7. La pérdida de energía más importante es la de fricción. Para el cálculo de la pendiente de la línea de energía en una sección se utilizan las mismas fórmulas que en flujo uniforme, utilizando la velocidad media, el radio hidráulico y el coeficiente de rugosidad de la propia sección. Ésta es una de las hipótesis más importantes para el estudio del flujo gradualmente variado y permite el uso de las fórmulas del flujo

uniforme, pues aun cuando no demostrado, la práctica ha confirmado su uso.

3.8.3 ECUACIÓN DINÁMICA DE FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Considere el perfil de flujo gradualmente variado en la longitud diferencial dx de un canal abierto como se muestra en la figura 3-34.

La altura total de energía por encima del nivel de referencia en la sección (1) aguas arriba es:

$$E = Z + d * \cos \theta + \alpha * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

E =Energía total para una sección cualquiera.

dE =Diferencial de energía o cambio de energía en el dx .

dx =Longitud diferencial del tramo del canal.

dZ =Incremento en la altura o carga de occisión de la sección dx .

S_f =Pendiente de energía o de cargas totales, constante en el dx considerado, pero variable a lo largo de la dirección x .

S_w =Pendiente de la superficie libre o eje hidráulico.

S_o =Pendiente longitudinal del fondo del canal, constante.

θ =Ángulo que forma el perfil longitudinal del fondo del canal con la horizontal.

β =Ángulo que forma el horizonte de energía con la línea de alturas totales.

d =Tirante perpendicular o normal a la sección.

y =Tirante vertical.

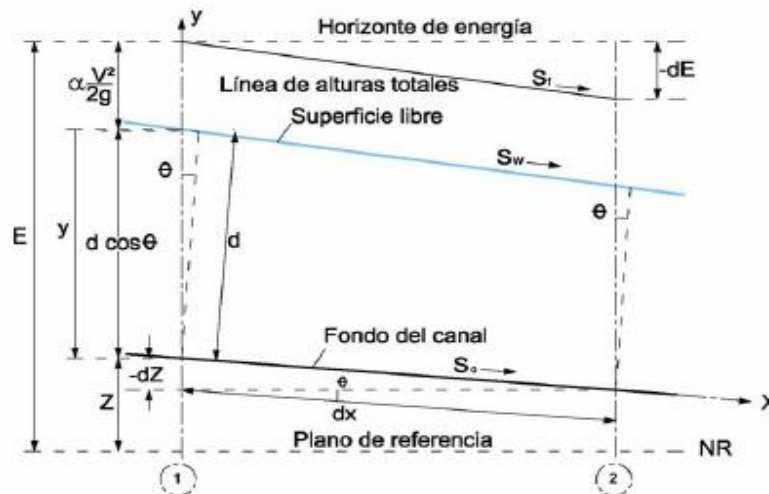


FIGURA 3-34: DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

En general se cumple que:

$$S_o \neq S_w \neq S_f$$

$$\theta \neq \beta$$

Para $\theta \neq$ pequeño:

$$d * \cos \theta = y = \frac{P}{\gamma}$$

Estudiando una sección cualquiera de flujo, como la representada en la sección 1, se tiene que la carga o energía total sobre el plan de referencia es:

$$E = Z + y + \alpha * \frac{V^2}{2 * g} \quad (3.58)$$

α = Coeficiente de Coriolis que se supone constante en el tramo del canal considerado; los otros términos ya se definieron anteriormente. Tomando el fondo del canal como eje x , y diferenciado la ecuación 1 con respecto a esa longitud, se tiene:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{dZ}{dx} + \frac{dy}{dx} + \alpha * \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) \quad (3.59)$$

Interpretación de cada uno de los términos:

- a) $-dE/dx = S$, pendiente de la línea de energía, el signo negativo se debe al hecho de que hay disminución de energía útil en el sentido del escurrimiento, luego se tiene:

$$\frac{dE}{dx} = -S_f \quad (3.60)$$

- b) $-dZ/dx = \tan \theta \approx \sin \theta = S_f$ (Para $\theta =$ pequeño), pendiente de fondo, el signo negativo se debe a que Z decrece a medida que x crece, es decir, S_o se supone positiva si la inclinación es descendente hacia aguas abajo (Z decrece cuando x crece) y negativa en caso contrario, luego:

$$\frac{dZ}{dx} = -S_o \quad (3.61)$$

$$\alpha * \frac{d}{dx} * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) = \frac{\alpha}{g} * V * \frac{dV}{dx} = \frac{\alpha}{g} * V * \frac{dV}{dy} * \frac{dy}{dx} \quad (3.62)$$

Y de otro lado:

$$\frac{dV}{dy} = \frac{d}{dy} \left(\frac{Q}{A} \right) = -\frac{Q}{A^2} * \frac{dA}{dy} = -\frac{Q}{A^2} * T = -\frac{V}{\frac{A}{T}} \quad (3.63)$$

Sustituyendo (3.63) en (3.62) resulta:

$$\alpha * \frac{d}{dx} * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) = -\alpha * \frac{V^2}{g * \frac{A}{T}} * \frac{dy}{dx} \quad (3.64)$$

Pero en forma general, se tiene que:

$$\alpha * \frac{V^2}{g * (A/T)} = F^2 \quad (3.65)$$

Luego:

$$\alpha * \frac{d}{dx} * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) = -F^2 * \frac{dy}{dx} \quad (3.66)$$

Sustituyendo (3.60), (3.61) y (3.66) en (3.59), resulta:

$$-S_f = -S_o + \frac{dy}{dx} - F^2 * \frac{dy}{dx}$$

$$(1 - F^2) * \frac{dy}{dx} = S_o - S_f$$

De donde:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - F^2} \quad o \quad \frac{dy}{dx} = S_o * \frac{1 - \frac{S_f}{S_o}}{1 - F^2} \quad (3.67)$$

De (3.65) en (3.67) se obtiene:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - \alpha * \frac{V^2 * T}{g * A}} \quad o \quad \frac{dy}{dx} = S_o * \frac{1 - \frac{S_f}{S_o}}{1 - \alpha * \frac{V^2 * T}{g * A}} \quad (3.68)$$

Se adopta $\alpha = 1$ de lo cual se obtiene:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - \frac{V^2 * T}{g * A}} \quad o \quad \frac{dy}{dx} = S_o * \frac{1 - \frac{S_f}{S_o}}{1 - \frac{V^2 * T}{g * A}} \quad (3.69)$$

En (3.69) reemplazando $V = Q/A$, de la ecuación de continuidad resulta:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - \frac{Q^2 * T}{g * A^3}} \quad o \quad \frac{dy}{dx} = S_o * \frac{1 - \frac{S_f}{S_o}}{1 - \frac{Q^2 * T}{g * A^3}} \quad (3.70)$$

Las ecuaciones (3.67), (3.68), (3.69) y (3.70) son diferentes formas de representar la ecuación diferencial de flujo gradualmente variado y se le denomina con el nombre de ecuación dinámica del flujo gradualmente variado. Estas ecuaciones representan la pendiente de la superficie del agua con respecto al fondo del canal; el tirante y se mide a partir del fondo del canal, tomando este fondo como eje de abscisas (x).

3.8.4 SECCIÓN DE CONTROL

Se define como sección control aquella sección particular de un canal, en la que la profundidad del flujo es conocida o puede ser controlada a un nivel requerido. Este tipo de sección se conoce por dos elementos; cuando es posible ubicarla físicamente y además en donde el tirante real se puede calcular en función del caudal.

Una sección crítica es una sección de control debido a que se puede establecer una relación definida entre el tirante crítico y el caudal a partir de la ecuación general del flujo crítico. Para el caso de una sección rectangular, se obtiene que la velocidad crítica es:

$$V_c = \sqrt{g * y_c} \quad (3.72)$$

De otro lado, si en la superficie libre de un canal se produce una onda superficial, ésta adquiere una celeridad c , es decir, una velocidad con respecto a la corriente, que aproximadamente es igual a:

$$c = \sqrt{g * y} \quad (3.73)$$

Si se compara los valores de la velocidad y celeridad, se observa que en el estado crítico, la velocidad es igual a la celeridad de dichas ondas, por tanto, en este régimen, es posible la transmisión de disturbios hacia aguas arriba; lo contrario acontece con el régimen supercrítico en que los disturbios sólo se transmiten hacia aguas abajo.

Un mecanismo de control como una compuerta puede sentir su influencia hacia aguas arriba, es decir, el régimen subcrítico está sujeto a un control desde aguas abajo. Por el contrario, el régimen supercrítico no puede quedar influenciado por lo que ocurra aguas abajo, sólo puede quedar controlado desde aguas arriba.

Para el cálculo del perfil del flujo variado se establece la sección de control que proporciona las condiciones iniciales y se procede a calcular hacia aguas arriba de la

sección de control hacia aguas abajo, según el régimen en que se desarrolla el perfil sea subcrítico o supercrítico. Estas direcciones de cálculo se indican en el Tabla 3-2 para todos los tipos de perfiles.

Algunos ejemplos de secciones de control son las presas, vertederos y compuertas así como también la intersección bien definida de la línea de flujo y la correspondiente al tirante crítico, esto último ocurre en el punto de cambio dependiente de dos tramos, el de aguas arriba de pendiente suave y el de aguas debajo de pendiente fuerte, como se muestran en la Figura 3-38

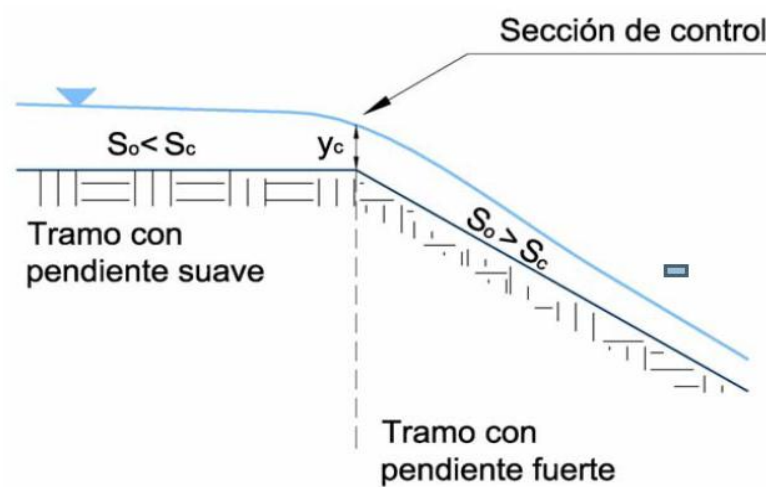


FIGURA 3-35: EJEMPLO DE UNA SECCIÓN DE CONTROL

3.9 HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS

Hidráulicamente una alcantarilla es una constricción de longitud relativamente corta que se presenta en un escurrimiento superficial de aguas.

Actúa como un canal abierto siempre y cuando el flujo sea parcialmente lleno. Las características de flujo de las alcantarillas es sumamente variable y depende de numerosos parámetros: conformación de la entrada, pendiente, rugosidad, condiciones del escurrimiento a la entrada y a la salida, etc.

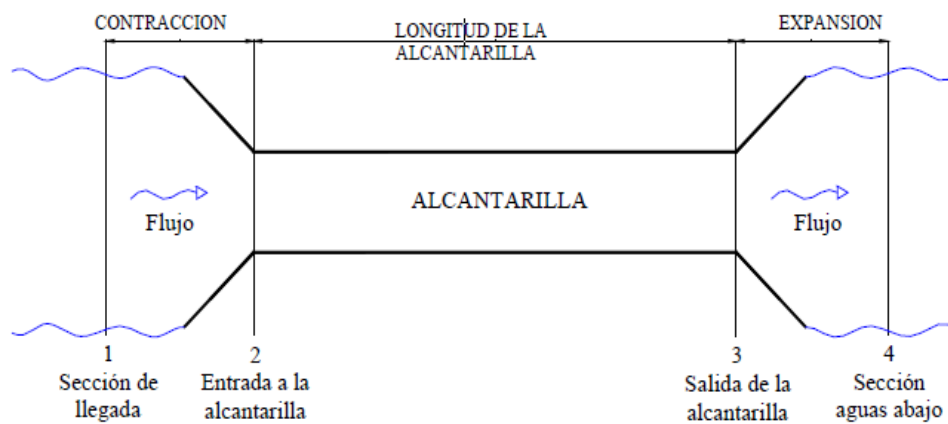


FIGURA 3-36 VISTA EN PLANTA DE UNA ALCANTARILLA

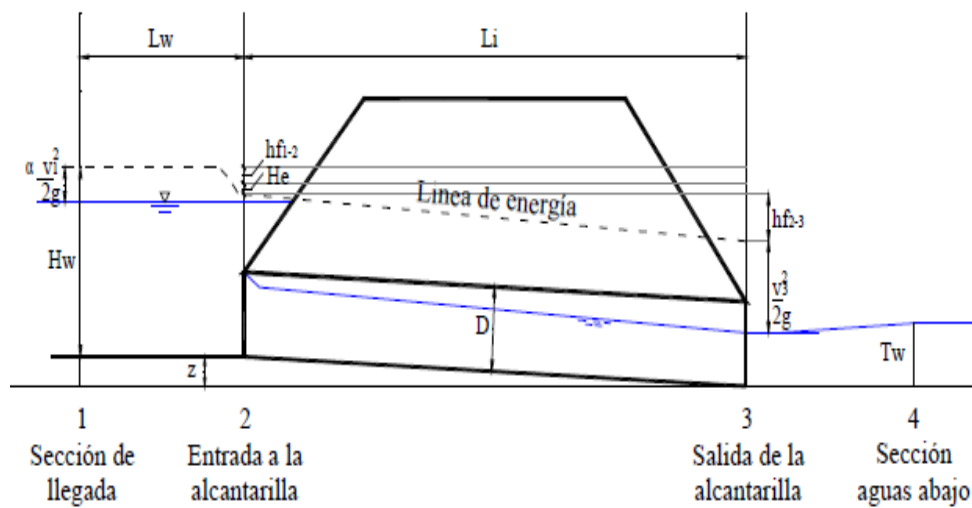


FIGURA 3-37 DEFINICIÓN ESQUEMÁTICA DEL FLUJO EN ALCANTARILLAS

3.9.1 FLUJO A TRAVÉS DE ALCANTARILLAS

El flujo en alcantarillas se divide en seis categorías, con base en las alturas relativas de carga y de los niveles aguas abajo. Los tipos de flujos se ven en la figura 3-41.

- (1) Flujo tipo I: tirante crítico a la entrada.
- (2) Flujo tipo II: tirante crítico a la salida.
- (3) Flujo tipo III: alcantarilla parcialmente llena y flujo subcrítico.
- (4) Flujo tipo IV: ahogada a la entrada y a la salida,
- (5) Flujo tipo V: alcantarilla parcialmente llena y flujo supercrítico a la entrada.
- (6) Flujo tipo VI: ahogada a la entrada y llena a la salida.

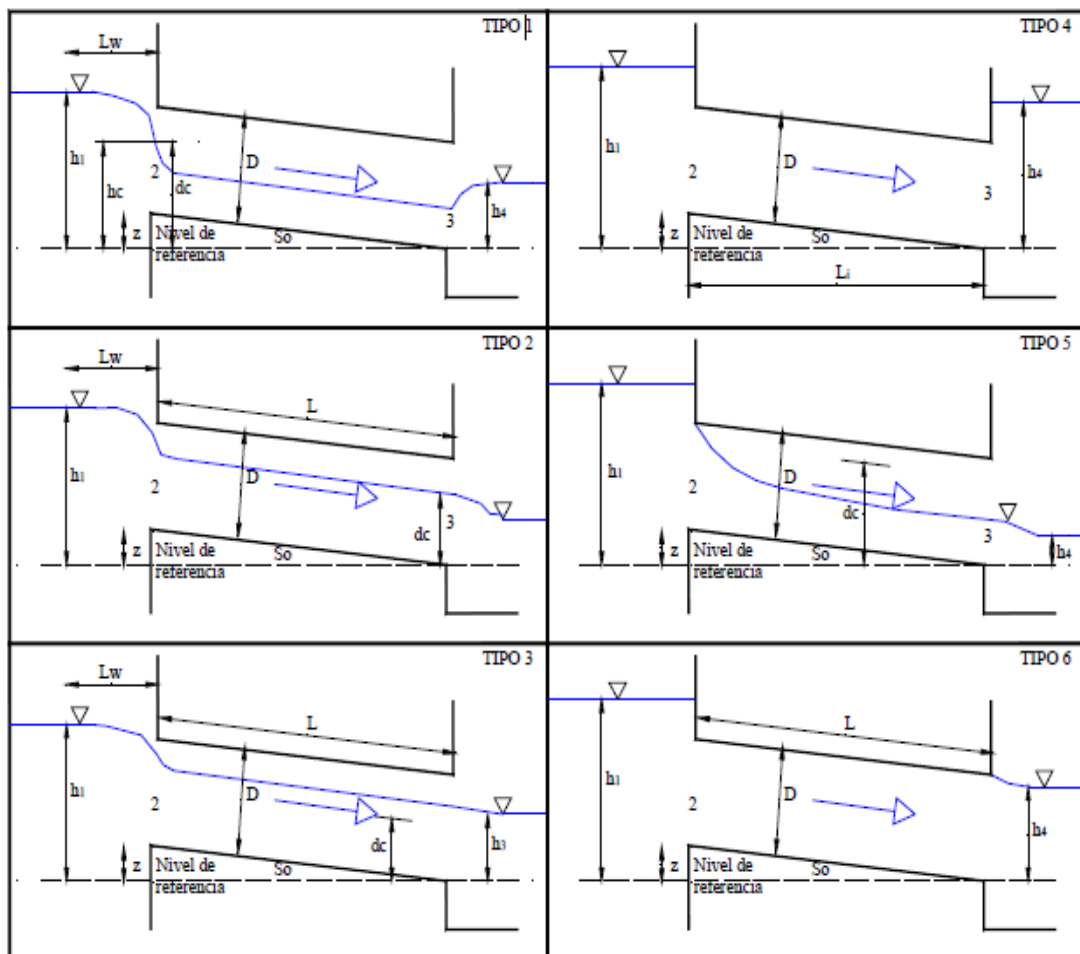


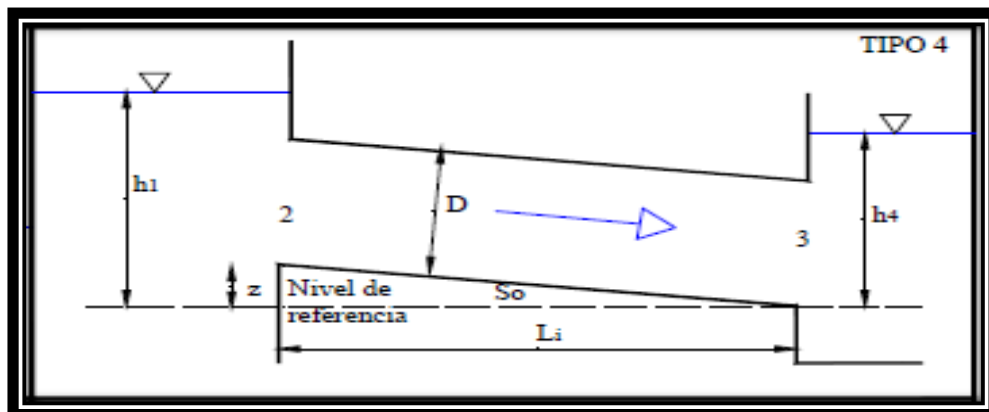
FIGURA 3-38 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS

De la figura 3.38 se estudiarán en el presente proyecto el flujo en alcantarillas tipo IV, tipo V y tipo VI para las secciones rectangular y circular.

<p>Tipo 4 Salida ahogada $(h_1 - z)/D > 1.0$ $h_4/D > 1.0$</p>	$Q = C_{D4} A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + (2gC_{D4}^2 n^2 L / R_0^{4/3})}}$
<p>Tipo 5 Flujo supercrítico a la entrada $(h_1 - z)/D \geq 1.5$ $h_4/D \leq 1.0$</p>	$Q = C_{D5} A_0 \sqrt{2g(h_1 - z)}$
<p>Tipo 6 Flujo lleno a la salida $(h_1 - z)/D \geq 1.5$ $h_4/D \leq 1.0$</p>	$Q = C_{D6} A_0 \sqrt{2g(h_1 - h_3 - h_{f2-3})}$

TABLA 3-3 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS

3.9.1.1 FLUJO TIPO IV



Para flujo tipo 4, ahogada a la entrada ($y_1/D > 1.0$) y a la salida ($y_4/D > 1.0$), la ecuación de la energía se aplica entre la sección de llegada 1 y la sección de aguas salida 4 suponiendo alcantarilla llena en toda su extensión. Esencialmente, la alcantarilla funciona como un conducto. La ecuación de la energía resultante es

$$h_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2 * g} = h_4 + \frac{v_o^2}{C_{D4}^2 * 2 * g} + h_{f1-2} + h_{f2-3} \quad (3.74)$$

Con la ecuación de continuidad ($Q=v_oA_o$) y

$$h_{f2-3} = \frac{v_o^2}{2 * g} * 2 * g * n^2 * \frac{L}{R_o^{4/3}} \quad (3.75)$$

Se tiene

$$h_1 = h_4 + \frac{Q^2}{C_{D4}^2 * A_o^2 * 2 * g} + \frac{Q^2}{A_o^2 * 2 * g} * \left(2 * g * n^2 * \frac{L}{R_o^{4/3}} \right) \quad (3.76)$$

Resultando

$$Q = C_{D4} * A_o \sqrt{\frac{2 * g * (h_1 - h_4)}{1 + \left(2 * g * C_{D4}^2 * n^2 * \frac{L}{R_o^{4/3}} \right)}} \quad (3.77)$$

Donde:

h_1 : Tirante en la sección 1 aguas arriba de la alcantarilla (m.)

h_4 : Tirante en la sección 4 aguas abajo de la alcantarilla (m.)

V_1 : Velocidad media en la sección 1

g : Aceleración de gravedad (m/s^2)

A_o : Área de la sección

h_{f1-2} : Pérdida de carga por fricción en el tramo 1- 2 (m.)

C_{D4} : Coeficiente de gasto, flujo tipo IV

Resultando

$$Q = C_{D5} * A_0 \sqrt{2 * g * (h_1 - z)} \quad (3.80)$$

h_1 : Tirante en la sección 1 aguas arriba de la alcantarilla (m.)

V_1 : Velocidad media en la sección 1

g : Aceleración de gravedad (m/s^2)

A_0 : Área de la sección

$h_{f_{1-2}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 1- 2 (m.)

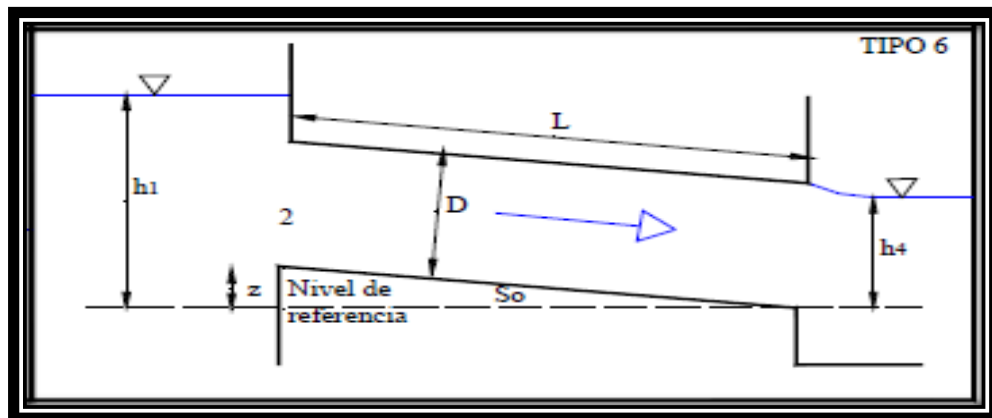
C_{D5} : Coeficiente de gasto, flujo tipo V

L : Longitud de la alcantarilla (m.)

V_0 : Velocidad en la sección

z : Elevación de la entrada de la alcantarilla relativa a la salida (m)

3.9.1.3 FLUJO TIPO VI



Para flujo tipo 6, ahogada a la entrada ($y_1/D \geq 1.5$) y llena a la salida, alcantarilla llena en toda su extensión, la ecuación de la energía se aplica entre la sección de

llegada 1 y la sección de salida 4. La alcantarilla funciona como un orificio. La ecuación de la energía resultante es:

$$h_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2 * g} = h_3 + \frac{v_o^2}{C_{D6}^2 * 2 * g} + h_{f1-2} + h_{f2-3} \quad (3.81)$$

Introduciendo la ecuación de continuidad ($Q=v_oA_o$) se tiene

$$h_1 = h_3 + \frac{Q^2}{C_{D6}^2 * A_o^2 * 2 * g} + h_{f2-3} \quad (3.82)$$

Con lo que

$$Q = C_{D6} * A_o \sqrt{2 * g * (h_1 - h_3 - h_{f2-3})} \quad (3.83)$$

h_1 : Tirante en la sección 1 aguas arriba de la alcantarilla (m.)

h_3 : Tirante en la sección 3 en la salida de la alcantarilla (m.)

h_{f2-3} : Pérdida de carga por fricción en el tramo 2-3

V_1 : Velocidad media en la sección 1

g : Aceleración de gravedad (m/s^2)

A_o : Área de la sección

h_{f1-2} : Pérdida de carga por fricción en el tramo 1- 2 (m.)

C_{D6} : Coeficiente de gasto, flujo tipo VI

L : Longitud de la alcantarilla (m.)

V_o : Velocidad en la sección

z : Elevación de la entrada de la alcantarilla relativa a la salida (m)

3.9.2 COEFICIENTES DE GASTO PARA FLUJOS TIPO 4 Y 6

El coeficiente de gasto para alcantarillas circulares o rectangulares a paño con una pared vertical se determina de la tabla 3-4 para estos tipos de flujo. Para alcantarillas con secciones finales abocinadas, $C_D = 0.90$ independientemente del diámetro o el valor de y_1/D .

$r/b, w/b, w/D, \text{ or } r/D$	C_D
0	0.84
0.02	0.88
0.04	0.91
0.06	0.94
0.08	0.96
0.10	0.97
0.12	0.98

TABLA 3-4: COEFICIENTES DE GASTO PARA ALCANTARILLAS RECTANGULARES Y CIRCULARES. FLUJO TIPO 4 Y 6 (BODHAINE, 1976)

3.9.3 COEFICIENTES DE GASTO PARA FLUJOS TIPO 5

Los coeficientes de gasto para alcantarillas circulares o rectangulares a paño en una pared vertical con flujo tipo 5, se resumen en la tabla 3-5. Aunque el flujo tipo 5 no se presentan normalmente en alcantarillas con secciones de entrada y salida abocinadas, si $L/D < 6$ y $S_o > 0.03$, puede ocurrir el flujo tipo 5.

$(h_1 - z)/D$	$r/b, w/b, r/D, \text{ or } w/D$						
	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.14
1.4	0.44	0.46	0.49	0.50	0.50	0.51	0.51
1.5	0.46	0.49	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54
1.6	0.47	0.51	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56
1.7	0.48	0.52	0.55	0.57	0.57	0.57	0.57
1.8	0.49	0.54	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58
1.9	0.50	0.55	0.58	0.59	0.60	0.60	0.60
2.0	0.51	0.56	0.59	0.60	0.61	0.61	0.62
2.5	0.54	0.59	0.62	0.64	0.64	0.65	0.66
3.0	0.55	0.61	0.64	0.66	0.67	0.69	0.70
3.5	0.57	0.62	0.65	0.67	0.69	0.70	0.71
4.0	0.58	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72
5.0	0.59	0.64	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73

TABLA 3.5: COEFICIENTES DE GASTO PARA ALCANTARILLAS RECTANGULARES O CIRCULARES A PAÑO EN PARED VERTICAL EN FUNCIÓN DE $y_1/D, r/D$ O w/D , FLUJO TIPO 5 (BODHAINE, 1976)

4.1 INTRODUCCIÓN.-

El objeto de estudio del presente trabajo es la modelación y comparación de un caso típico de una alcantarilla de sección circular y rectangular, por ende se trata de un flujo a superficie libre con velocidades variables.

La planeación del modelo físico requiere la definición del objetivo que se persigue y el conocimiento detallado de las características del flujo y de los factores que lo determinan.

Para estructuras hidráulicas, como en conductos, en donde el perfil de la superficie del agua cambia con rapidez, las dos fuerzas predominantes son las de inercia y gravedad.

Los parámetros a modelar son los más comunes en un conducto, éstos son tirantes, velocidades, caudales y presiones, esta última no muy común en los diseños de alcantarillas.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS DIMENSIONES DEL MODELO, EL ESPACIO Y EL CAUDAL DISPONIBLES

Los ensayos en los dos modelos se realizaron en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para tal efecto se tienen en esta institución un canal Rehbock sin pendiente ($i=0$) de una longitud aproximada de 25m, que tiene un ancho de 60cm ($b=60\text{cm}$) y un alto de 90cm ($h=90\text{cm}$) en todo el tramo.

Además con respecto a los caudales se cuenta con un equipo de bombeo que puede proveer de 150 l/seg en el canal, esto a través de un circuito cerrado que cuenta con un tanque enterrado del cual se bombea en agua a un tanque elevado de nivel constante, el cual descarga el caudal al canal Rehbock.

Sección de ensayo		Diámetro de Alcantarilla	Caudal de ensayo	
Base (m)	Altura(m)	D(m)	Mínimo (lt/seg)	Máximo (lt/seg)
0,60	0,90	0,275	10,00	150,00

TABLA 4-1: DIMENSIONES PARA LA MODELACIÓN

En esta tabla de las magnitudes de las dimensiones a utilizar en la modelación física de la alcantarilla en función de las magnitudes a modelar y de las limitaciones de la infraestructura del laboratorio, se escogió un diámetro razonable en función del ancho del canal que permita realizar mediciones y apreciaciones de los fenómenos que ocurren en el conducto con comodidad tanto para los instrumentos de medición como para apreciarlos visualmente.

En tal sentido el diámetro del conducto a ensayar en laboratorio es de 0,275m (27.5cm) en un largo de conducto de 178.5 cm y una distribución de las tomas piezométricas equitativas según los fenómenos a medir tales como velocidad, tirantes, etc.

4.3 DISEÑO GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO DEL MODELO:

Geoméricamente el modelo tiene las siguientes dimensiones, diámetro de 27.5cm y un largo de 178.5 cm, con una distribución de las tomas piezométricas mostradas en la tabla 4-2.

Nro. Piezómetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Distancia [cm.]	6	10	28	54	81	108	123	125	127	129	131	133	135	137	139
Nro. Piezómetro	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	
Distancia [cm.]	142	143	145	150	152	154	156	158	160	162	164	166	168	170	

TABLA 4-2: DISTRIBUCIÓN DE TOMAS PIEZOMÉTRICAS

La variación de caudales para la modelación se la ejecutó en función de la apertura que permite la válvula de control de caudales, y el mecanismo de bombeo que alimenta el canal en donde se emplaza el modelo, este sistema permite una distribución de caudal mínima de 5,00 l/seg hasta una máxima de 150,00 l/seg. Para lo cual durante el ensayo se tiene caudales que van desde 17,6l/seg hasta 65.7l/seg.

Con respecto a la variación de las alturas de carga máximas y mínimas se menciona que el canal de ensayo tiene una altura máxima disponible de 90cm, el modelo tiene un diámetro de 27.5 cm y se tiene una sobre elevación desde el piso de 5cm, lo que permite una altura de carga máxima de 55cm sobre el modelo. Esto se puede apreciar gráficamente en el esquema presentado a continuación:

4.4 CONSTRUCCIÓN , MONTAJE Y FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

Para la construcción de modelo se realizaron las siguientes actividades:

a) ARMADO TUBERÍA SECCIÓN CIRCULAR Y RECTANGULAR (LÁMINA DE ACRÍLICO)

El armado de ambas tuberías se hizo con placa de acrílico teniendo en cuenta que tengan un área semejante, es decir, de la sección rectangular se buscó un diámetro equivalente de manera que posteriormente nos permita realizar una comparación del comportamiento del flujo hidráulico en ambas tuberías.

Esta actividad se desarrolló en un chapista por lo que ellos cuentan con herramientas para facilitar el armado de la tubería con lámina de acrílico (material transparente).



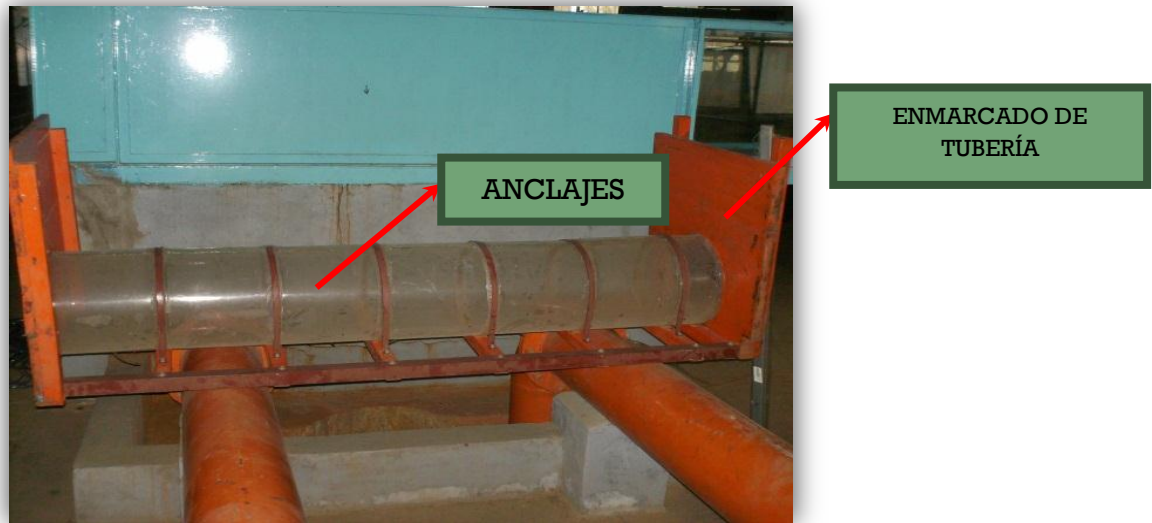
b) ENMARCADO, COLOCACIÓN DE ANCLAJES Y MANGUERAS HIDRÁULICAS

Se procede a fabricar una estructura soporte conformada por dos placas de madera, una al inicio y otra al final del conducto unidas mediante dos vigas también de madera que tienen el objetivo de brindar rigidez al elemento, esto para poder realizar el sellado de la estructura para el ensayo en laboratorio, estas placas de madera tienen las mismas dimensiones que el canal de ensayo (60cm x 90cm). Una vez obtenida la estructura rígida de madera se procede a fabricar anillos metálicos para fijar el conducto cada 50cm a las vigas de madera, para mantener una estabilidad en las tuberías al momento de su funcionamiento de tal forma que minimice los posibles errores.

ALCANTARILLA SECCIÓN RECTANGULAR



ALCANTARILLA SECCIÓN CIRCULAR



A lo largo de la tubería se hicieron 29 (veinte y nueve) perforaciones las cuales están conectadas al tablero piezométrico por medio de mangueras hidráulicas transparentes, las cuales permiten la conducción del agua hacia el tablero donde se realizan las lecturas correspondientes.

Una vez obtenida la estructura soporte y la alcantarilla se procede al montaje de los mismos en el canal rehbock en donde se ensayara el modelo, se selecciona el lugar que brinde la mayor visibilidad y luz para el ensayo y a una distancia suficiente como para que el flujo en la entrada al conducto sea lo menos turbulento posible y ocasionara distorsiones de las medidas en la entrada.



c) INSTALACIÓN DEL TABLERO PIEZOMÉTRICO, MOLINETE Y VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE TODO EL EQUIPO

La instalación del tablero piezométrico se la realizó según el requerimiento de las perforaciones hechas en la actividad anterior el cual nos permite leer la variación de carga de agua que hay en cada punto.

Para tener una mejor observación en las lecturas de la carga de agua y la respectiva identificación en cada punto se inyectó colorante de diferentes colores



INSTALACIÓN
TABLERO
PIEZOMÉTRICOS

Como el Laboratorio de Hidráulica cuenta con un sensor el cual permite la lectura de caudales en forma automática, este equipo nos permitirá realizar mediciones con más precisión y en menor tiempo.



d) OPERACIÓN DEL MODELO

Una vez instalado todos los componentes necesarios se hizo una verificación del funcionamiento del equipo para posteriormente empezar con las mediciones.



Primeramente se llenan los piezómetros, lo que comúnmente se llama cebar, con agua y una vez llenados se verifica que éstos no contengan burbujas de aire que puedan afectar a las lecturas, una vez extraídas las burbujas se coloca colorante azul en los piezómetros para poder apreciar mejor la fluctuación de niveles en éstos y para el mejor registro fotográfico. Ya realizado el cebado de los piezómetros se procedió a tomar lecturas, tanto en los piezómetros como con la mira (Limnómetro), que serán las iniciales o sea que no hay circulación de agua en el modelo y que estas lecturas iniciales representan la forma física del modelo.

La diferencia entre las lecturas iniciales de los piezómetros y las lecturas que se tomaron durante el ensayo a diferentes caudales representa la variación de la presión en el modelo, si estas diferencias son positivas se tratará de presiones y si éstas son negativas se tratará de sub-presiones (Succión). La diferencia entre las lecturas iniciales tomadas con la mira y las lecturas tomadas durante los ensayos serán los tirantes que se presentan en esos puntos de análisis en donde fueron colocados las tomas piezométricas.



4.5 DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

DATOS DE ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO IV

Seccion de la alcantarilla : base 22 cm
altura 27 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.27	0.668	0.427	0.668	0.427	0.318	0.291	0.302	0.308	0.311	0.302	0.289	0.310	0.324	0.298	0.311	0.299	0.313	0.300	0.314	0.590	0.349	0.590	0.349	0.0610	0.2286
0.27	0.687	0.446	0.687	0.446	0.337	0.309	0.321	0.326	0.329	0.321	0.328	0.341	0.335	0.329	0.318	0.331	0.319	0.333	0.333	0.605	0.364	0.605	0.364	0.0624	0.2283
0.27	0.704	0.463	0.704	0.463	0.354	0.325	0.336	0.341	0.344	0.336	0.344	0.355	0.336	0.344	0.333	0.346	0.335	0.349	0.349	0.618	0.377	0.618	0.377	0.0636	0.2314
0.27	0.726	0.485	0.726	0.485	0.376	0.346	0.357	0.362	0.365	0.357	0.365	0.375	0.355	0.364	0.355	0.368	0.357	0.371	0.371	0.636	0.395	0.636	0.395	0.0653	0.2311
0.27	0.761	0.520	0.761	0.520	0.411	0.380	0.389	0.394	0.398	0.389	0.397	0.406	0.389	0.396	0.388	0.400	0.391	0.405	0.405	0.664	0.423	0.664	0.423	0.0680	0.2290

Medicion N° 2

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.27	0.676	0.435	0.676	0.435	0.326	0.299	0.310	0.316	0.319	0.310	0.296	0.318	0.331	0.305	0.319	0.307	0.321	0.308	0.322	0.596	0.355	0.596	0.355	0.0616	0.2264
0.27	0.693	0.452	0.693	0.452	0.343	0.314	0.326	0.331	0.334	0.326	0.312	0.333	0.346	0.320	0.334	0.323	0.336	0.325	0.339	0.610	0.369	0.610	0.369	0.0628	0.2270
0.27	0.702	0.461	0.702	0.461	0.352	0.323	0.335	0.340	0.343	0.335	0.320	0.342	0.354	0.329	0.343	0.332	0.345	0.334	0.348	0.617	0.376	0.617	0.376	0.0635	0.2317
0.27	0.734	0.493	0.734	0.493	0.384	0.354	0.364	0.369	0.373	0.364	0.350	0.372	0.382	0.357	0.372	0.362	0.375	0.365	0.379	0.643	0.402	0.643	0.402	0.0659	0.2295
0.27	0.776	0.535	0.776	0.535	0.426	0.394	0.404	0.408	0.412	0.404	0.388	0.411	0.419	0.395	0.410	0.402	0.414	0.406	0.420	0.676	0.435	0.676	0.435	0.0692	0.2265

Medicion N° 3

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.322	0.295	0.306	0.312	0.315	0.306	0.292	0.314	0.327	0.302	0.315	0.303	0.317	0.304	0.318	0.593	0.352	0.593	0.352	0.0613	0.2275
0.270	0.697	0.456	0.697	0.456	0.347	0.318	0.330	0.335	0.338	0.330	0.315	0.337	0.349	0.324	0.338	0.327	0.340	0.329	0.343	0.613	0.372	0.613	0.372	0.0631	0.2261
0.270	0.718	0.477	0.718	0.477	0.368	0.339	0.350	0.354	0.358	0.350	0.335	0.357	0.368	0.343	0.357	0.347	0.360	0.350	0.364	0.630	0.389	0.630	0.389	0.0647	0.2282
0.270	0.724	0.483	0.724	0.483	0.374	0.344	0.355	0.359	0.363	0.355	0.340	0.362	0.373	0.348	0.362	0.352	0.365	0.355	0.369	0.634	0.393	0.634	0.393	0.0651	0.2316
0.270	0.768	0.527	0.768	0.527	0.418	0.387	0.397	0.401	0.405	0.397	0.381	0.404	0.412	0.388	0.403	0.395	0.407	0.399	0.413	0.670	0.429	0.670	0.429	0.0686	0.2277

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.27	0.678	0.437	0.678	0.437	0.328	0.300	0.312	0.317	0.320	0.312	0.298	0.319	0.332	0.307	0.320	0.308	0.322	0.310	0.324	0.598	0.357	0.598	0.357	0.0617	0.2260
0.27	0.694	0.453	0.694	0.453	0.344	0.316	0.327	0.332	0.335	0.327	0.313	0.335	0.347	0.321	0.335	0.324	0.338	0.326	0.340	0.611	0.370	0.611	0.370	0.0629	0.2267
0.27	0.713	0.472	0.713	0.472	0.363	0.334	0.345	0.350	0.353	0.345	0.330	0.352	0.363	0.338	0.352	0.342	0.355	0.344	0.358	0.626	0.385	0.626	0.385	0.0643	0.2293
0.27	0.729	0.488	0.729	0.488	0.379	0.349	0.359	0.364	0.368	0.359	0.345	0.367	0.377	0.353	0.367	0.357	0.370	0.360	0.374	0.638	0.397	0.638	0.397	0.0655	0.2305
0.27	0.773	0.532	0.773	0.532	0.423	0.391	0.401	0.405	0.410	0.401	0.386	0.409	0.417	0.392	0.407	0.399	0.412	0.404	0.417	0.674	0.433	0.674	0.433	0.0690	0.2269

**DATOS DE ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Diámetro de la alcant: 27.5 cm
Longitud de la alcantar 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.621	0.380	0.621	0.380	0.279	0.256	0.266	0.271	0.274	0.266	0.254	0.273	0.285	0.262	0.274	0.263	0.275	0.264	0.277	0.556	0.315	0.556	0.315	0.056	0.192
0.275	0.646	0.405	0.646	0.405	0.298	0.272	0.282	0.287	0.290	0.282	0.270	0.289	0.300	0.277	0.290	0.280	0.291	0.281	0.293	0.571	0.330	0.571	0.330	0.060	0.211
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.315	0.290	0.303	0.306	0.306	0.302	0.289	0.307	0.323	0.295	0.313	0.296	0.313	0.299	0.316	0.598	0.357	0.598	0.357	0.063	0.221
0.275	0.722	0.481	0.722	0.481	0.336	0.310	0.324	0.328	0.331	0.316	0.312	0.331	0.334	0.318	0.330	0.320	0.329	0.322	0.337	0.626	0.385	0.626	0.385	0.066	0.249
0.275	0.750	0.509	0.750	0.509	0.355	0.324	0.336	0.341	0.340	0.333	0.324	0.341	0.347	0.326	0.338	0.331	0.342	0.332	0.343	0.641	0.400	0.641	0.400	0.069	0.259

Medicion N° 2

d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.304	0.279	0.288	0.293	0.296	0.289	0.276	0.296	0.306	0.284	0.296	0.284	0.298	0.288	0.300	0.585	0.344	0.585	0.344	0.061	0.182
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.315	0.288	0.297	0.303	0.306	0.295	0.286	0.306	0.316	0.294	0.306	0.295	0.308	0.298	0.311	0.598	0.357	0.598	0.357	0.062	0.202
0.275	0.690	0.449	0.690	0.449	0.320	0.296	0.303	0.307	0.310	0.303	0.290	0.310	0.319	0.297	0.310	0.299	0.312	0.302	0.315	0.603	0.362	0.603	0.362	0.064	0.221
0.275	0.706	0.465	0.706	0.465	0.330	0.308	0.318	0.321	0.322	0.310	0.302	0.321	0.330	0.308	0.321	0.310	0.324	0.315	0.328	0.616	0.375	0.616	0.375	0.065	0.251
0.275	0.745	0.504	0.745	0.504	0.355	0.325	0.339	0.339	0.340	0.336	0.323	0.342	0.349	0.329	0.342	0.332	0.338	0.337	0.349	0.638	0.397	0.638	0.397	0.069	0.250

Medicion N° 3

d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.669	0.428	0.669	0.428	0.307	0.283	0.291	0.295	0.298	0.291	0.278	0.298	0.308	0.287	0.298	0.286	0.300	0.290	0.302	0.588	0.347	0.588	0.347	0.062	0.163
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.316	0.291	0.300	0.305	0.308	0.300	0.288	0.307	0.317	0.295	0.307	0.296	0.310	0.300	0.312	0.600	0.359	0.600	0.359	0.063	0.182
0.275	0.702	0.461	0.702	0.461	0.330	0.303	0.313	0.316	0.318	0.310	0.299	0.318	0.324	0.307	0.317	0.308	0.318	0.309	0.325	0.614	0.373	0.614	0.373	0.064	0.192
0.275	0.713	0.472	0.713	0.472	0.335	0.308	0.317	0.322	0.325	0.317	0.305	0.321	0.333	0.311	0.324	0.314	0.327	0.318	0.329	0.622	0.381	0.622	0.381	0.066	0.252
0.275	0.740	0.499	0.740	0.499	0.351	0.323	0.333	0.336	0.337	0.329	0.320	0.336	0.348	0.327	0.339	0.325	0.339	0.334	0.347	0.638	0.397	0.638	0.397	0.069	0.259

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.592	0.429	0.592	0.429	0.309	0.285	0.291	0.298	0.300	0.293	0.280	0.298	0.309	0.286	0.299	0.289	0.302	0.291	0.303	0.588	0.347	0.588	0.347	0.062	0.173
0.275	0.610	0.442	0.610	0.442	0.316	0.289	0.299	0.303	0.306	0.299	0.288	0.305	0.315	0.295	0.307	0.298	0.308	0.300	0.313	0.599	0.358	0.598	0.358	0.063	0.192
0.275	0.638	0.459	0.638	0.459	0.327	0.301	0.310	0.314	0.318	0.310	0.298	0.317	0.326	0.304	0.317	0.306	0.320	0.311	0.323	0.613	0.372	0.613	0.372	0.065	0.221
0.275	0.683	0.471	0.683	0.471	0.332	0.306	0.315	0.320	0.322	0.315	0.302	0.322	0.331	0.309	0.322	0.311	0.324	0.315	0.328	0.619	0.378	0.619	0.378	0.066	0.248
0.275	0.710	0.516	0.710	0.516	0.355	0.328	0.337	0.341	0.342	0.337	0.324	0.344	0.351	0.330	0.343	0.333	0.344	0.334	0.350	0.648	0.407	0.648	0.407	0.069	0.269

**ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO V**

Seccion de la alcantarilla base 22 cm
altura 27 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	V1 canal (m ³ /s)
0.275	0.655	0.414	0.655	0.414	0.139	0.137	0.109	0.127	0.135	0.120	0.103	0.141	0.124	0.101	0.125	0.127	0.135	0.109	0.122	0.361	0.120	0.422	0.109	0.0692	0.2674
0.275	0.656	0.415	0.656	0.415	0.148	0.143	0.118	0.130	0.136	0.121	0.107	0.142	0.134	0.103	0.129	0.132	0.141	0.112	0.126	0.366	0.125	0.438	0.118	0.0704	0.2776
0.275	0.663	0.422	0.663	0.422	0.161	0.151	0.127	0.134	0.140	0.124	0.111	0.147	0.141	0.106	0.143	0.136	0.153	0.119	0.141	0.376	0.135	0.474	0.127	0.0728	0.2930
0.275	0.678	0.437	0.678	0.437	0.171	0.164	0.152	0.143	0.146	0.126	0.119	0.161	0.160	0.116	0.167	0.145	0.161	0.131	0.162	0.400	0.159	0.494	0.152	0.0808	0.3186
0.275	0.686	0.445	0.686	0.445	0.191	0.170	0.170	0.149	0.150	0.128	0.125	0.171	0.174	0.118	0.182	0.152	0.173	0.136	0.176	0.411	0.170	0.447	0.170	0.0832	0.3270

Medicion N° 2

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	V1 canal (m ³ /s)
0.275	0.650	0.413	0.650	0.413	0.144	0.138	0.117	0.132	0.134	0.121	0.102	0.138	0.123	0.104	0.124	0.129	0.136	0.108	0.121	0.361	0.120	0.358	0.117	0.0688	0.2667
0.275	0.653	0.415	0.653	0.415	0.148	0.141	0.122	0.134	0.136	0.122	0.104	0.141	0.127	0.106	0.129	0.131	0.140	0.110	0.126	0.365	0.124	0.363	0.122	0.0694	0.2729
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.157	0.147	0.135	0.138	0.140	0.123	0.110	0.149	0.138	0.109	0.143	0.137	0.148	0.117	0.139	0.377	0.136	0.376	0.135	0.0711	0.2868
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.173	0.159	0.158	0.146	0.148	0.126	0.119	0.164	0.159	0.116	0.168	0.148	0.164	0.128	0.163	0.401	0.160	0.399	0.158	0.0782	0.3082
0.275	0.688	0.447	0.688	0.447	0.183	0.166	0.172	0.151	0.153	0.128	0.124	0.173	0.171	0.120	0.183	0.154	0.174	0.135	0.177	0.416	0.175	0.413	0.172	0.0811	0.3172

Medicion N° 3

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	V1 canal (m ³ /s)
0.275	0.650	0.412	0.650	0.412	0.145	0.138	0.118	0.132	0.135	0.122	0.103	0.138	0.123	0.104	0.124	0.129	0.137	0.108	0.122	0.360	0.119	0.359	0.118	0.0680	0.2637
0.275	0.654	0.416	0.654	0.416	0.149	0.141	0.123	0.134	0.137	0.122	0.105	0.142	0.128	0.106	0.130	0.132	0.141	0.111	0.128	0.367	0.126	0.364	0.123	0.0693	0.2718
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.159	0.148	0.137	0.138	0.141	0.124	0.110	0.151	0.140	0.110	0.145	0.138	0.150	0.118	0.142	0.381	0.140	0.378	0.137	0.0717	0.2881
0.275	0.677	0.436	0.677	0.436	0.172	0.158	0.156	0.145	0.147	0.126	0.118	0.163	0.157	0.115	0.165	0.147	0.163	0.127	0.161	0.399	0.158	0.397	0.156	0.0766	0.3029
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.181	0.165	0.169	0.150	0.152	0.127	0.123	0.172	0.168	0.119	0.180	0.153	0.172	0.133	0.175	0.413	0.172	0.410	0.169	0.0803	0.3154

Medicion N° 4

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	V1 canal (m ³ /s)
0.275	0.651	0.412	0.651	0.412	0.145	0.139	0.118	0.132	0.135	0.122	0.103	0.138	0.123	0.105	0.124	0.130	0.137	0.109	0.122	0.361	0.120	0.359	0.118	0.0687	0.2666
0.275	0.652	0.415	0.652	0.415	0.147	0.140	0.121	0.133	0.136	0.122	0.104	0.140	0.126	0.105	0.127	0.131	0.139	0.110	0.125	0.364	0.123	0.362	0.121	0.0693	0.2723
0.275	0.661	0.420	0.661	0.420	0.155	0.146	0.133	0.137	0.140	0.123	0.109	0.148	0.136	0.109	0.140	0.136	0.147	0.116	0.137	0.376	0.135	0.374	0.133	0.0706	0.2858
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.174	0.159	0.158	0.146	0.148	0.126	0.119	0.164	0.159	0.116	0.168	0.148	0.165	0.128	0.164	0.402	0.161	0.399	0.158	0.0773	0.3045
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.182	0.165	0.170	0.150	0.152	0.127	0.124	0.172	0.169	0.119	0.181	0.153	0.173	0.134	0.176	0.414	0.173	0.411	0.170	0.0806	0.3161

**ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO V**

Diámetro de la alcantarilla I 27.5 cm

Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m³/s	V1 canal (m³/s)
0.275	0.697	0.437	0.697	0.437	0.190	0.171	0.117	0.123	0.137	0.129	0.128	0.128	0.121	0.122	0.121	0.131	0.127	0.124	0.123	0.343	0.102	0.336	0.095	0.07154	0.3104
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.201	0.179	0.126	0.127	0.142	0.130	0.133	0.135	0.124	0.127	0.130	0.136	0.134	0.131	0.132	0.347	0.106	0.340	0.099	0.07593	0.3168
0.275	0.769	0.509	0.769	0.509	0.226	0.197	0.145	0.137	0.153	0.134	0.138	0.141	0.136	0.137	0.140	0.145	0.141	0.135	0.140	0.352	0.111	0.344	0.103	0.0831	0.3366
0.275	0.806	0.546	0.806	0.546	0.240	0.207	0.155	0.143	0.159	0.137	0.142	0.148	0.146	0.143	0.144	0.150	0.146	0.142	0.148	0.354	0.113	0.346	0.105	0.0891	0.3432
0.275	0.848	0.588	0.848	0.588	0.247	0.238	0.181	0.150	0.165	0.141	0.149	0.150	0.155	0.152	0.150	0.152	0.149	0.147	0.151	0.358	0.117	0.350	0.109	0.097	0.2730

Medicion N° 2

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m³/s	V1 canal (m³/s)
0.275	0.695	0.435	0.695	0.435	0.185	0.171	0.116	0.122	0.136	0.128	0.128	0.127	0.119	0.121	0.121	0.130	0.126	0.124	0.122	0.343	0.102	0.335	0.094	0.07083	0.3201
0.275	0.724	0.464	0.724	0.464	0.204	0.178	0.126	0.128	0.143	0.131	0.132	0.134	0.126	0.128	0.129	0.137	0.134	0.129	0.131	0.347	0.106	0.339	0.098	0.07592	0.3267
0.275	0.779	0.519	0.779	0.519	0.234	0.204	0.152	0.140	0.156	0.136	0.141	0.145	0.141	0.141	0.143	0.148	0.144	0.140	0.145	0.354	0.113	0.346	0.105	0.0869	0.3366
0.275	0.804	0.544	0.804	0.544	0.237	0.208	0.156	0.142	0.158	0.137	0.142	0.146	0.143	0.142	0.144	0.149	0.145	0.141	0.146	0.354	0.113	0.347	0.106	0.0883	0.3432
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.247	0.231	0.175	0.149	0.164	0.140	0.148	0.150	0.153	0.150	0.149	0.152	0.150	0.146	0.152	0.358	0.117	0.349	0.108	0.095	0.3465

Medicion N° 3

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m³/s	V1 canal (m³/s)
0.275	0.687	0.427	0.687	0.427	0.189	0.172	0.118	0.123	0.137	0.129	0.129	0.128	0.120	0.122	0.122	0.131	0.128	0.125	0.124	0.343	0.102	0.336	0.095	0.07182	0.3104
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.201	0.177	0.124	0.127	0.142	0.130	0.131	0.133	0.124	0.126	0.128	0.135	0.132	0.128	0.130	0.346	0.105	0.339	0.098	0.07491	0.3267
0.275	0.771	0.511	0.771	0.511	0.230	0.199	0.147	0.139	0.155	0.135	0.139	0.144	0.139	0.139	0.141	0.146	0.143	0.138	0.144	0.353	0.112	0.345	0.104	0.0851	0.3366
0.275	0.798	0.538	0.798	0.538	0.239	0.212	0.158	0.143	0.159	0.137	0.143	0.147	0.145	0.143	0.145	0.149	0.145	0.142	0.147	0.355	0.114	0.347	0.106	0.0894	0.3432
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.249	0.240	0.182	0.150	0.166	0.142	0.149	0.151	0.157	0.153	0.150	0.152	0.149	0.148	0.151	0.358	0.117	0.350	0.109	0.097	0.3465

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Q m³/s	V1 canal (m³/s)
0.275	0.693	0.433	0.693	0.433	0.194	0.174	0.121	0.125	0.139	0.129	0.130	0.130	0.122	0.124	0.125	0.133	0.130	0.126	0.126	0.344	0.103	0.337	0.096	0.0731	0.3104
0.275	0.722	0.462	0.722	0.462	0.201	0.177	0.125	0.127	0.142	0.130	0.132	0.133	0.125	0.127	0.128	0.136	0.133	0.129	0.130	0.346	0.105	0.339	0.098	0.07515	0.3267
0.275	0.773	0.513	0.773	0.513	0.232	0.201	0.149	0.139	0.155	0.135	0.140	0.144	0.140	0.139	0.142	0.147	0.143	0.139	0.144	0.353	0.112	0.345	0.104	0.0858	0.3264
0.275	0.803	0.543	0.803	0.543	0.241	0.216	0.162	0.144	0.160	0.138	0.144	0.148	0.147	0.145	0.146	0.150	0.146	0.143	0.148	0.356	0.115	0.348	0.107	0.0907	0.3432
0.275	0.844	0.584	0.844	0.584	0.247	0.233	0.176	0.149	0.164	0.141	0.148	0.150	0.154	0.151	0.149	0.152	0.147	0.146	0.150	0.358	0.117	0.350	0.109	0.096	0.3465

**DATOS DE ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Diámetro de la alcantarilla D: 27.5 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.279	0.274	0.289	0.305	0.306	0.302	0.297	0.307	0.305	0.299	0.303	0.301	0.309	0.306	0.306	0.509	0.266	0.481	0.240	0.090	0.291
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.282	0.276	0.290	0.308	0.309	0.305	0.301	0.309	0.308	0.304	0.305	0.305	0.313	0.311	0.310	0.515	0.267	0.482	0.241	0.093	0.317
0.275	0.694	0.453	0.694	0.453	0.283	0.277	0.292	0.310	0.311	0.308	0.304	0.312	0.310	0.308	0.309	0.308	0.316	0.314	0.312	0.515	0.270	0.484	0.243	0.096	0.337
0.275	0.718	0.477	0.718	0.477	0.286	0.280	0.293	0.313	0.316	0.311	0.311	0.315	0.315	0.318	0.312	0.314	0.323	0.322	0.315	0.515	0.274	0.487	0.246	0.100	0.354
0.275	0.737	0.496	0.737	0.496	0.289	0.282	0.295	0.317	0.318	0.316	0.314	0.319	0.317	0.321	0.315	0.317	0.327	0.326	0.320	0.515	0.275	0.490	0.249	0.106	0.357

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.279	0.274	0.289	0.305	0.306	0.302	0.297	0.307	0.305	0.299	0.303	0.301	0.309	0.306	0.306	0.506	0.265	0.481	0.240	0.090	0.194
0.275	0.681	0.440	0.681	0.440	0.283	0.277	0.292	0.310	0.311	0.308	0.304	0.312	0.310	0.308	0.308	0.308	0.316	0.314	0.312	0.509	0.268	0.485	0.244	0.096	0.248
0.275	0.703	0.462	0.703	0.462	0.286	0.279	0.293	0.313	0.314	0.312	0.308	0.315	0.313	0.314	0.311	0.312	0.321	0.319	0.316	0.511	0.270	0.487	0.246	0.101	0.286
0.275	0.720	0.479	0.720	0.479	0.287	0.280	0.294	0.314	0.315	0.313	0.310	0.316	0.314	0.316	0.312	0.313	0.323	0.321	0.317	0.514	0.273	0.488	0.247	0.102	0.312
0.275	0.754	0.513	0.754	0.513	0.292	0.284	0.296	0.320	0.321	0.320	0.318	0.322	0.320	0.327	0.318	0.322	0.332	0.332	0.324	0.516	0.275	0.490	0.249	0.111	0.357

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.279	0.274	0.289	0.304	0.306	0.302	0.297	0.306	0.304	0.299	0.302	0.301	0.308	0.305	0.306	0.506	0.265	0.482	0.241	0.089	0.194
0.275	0.689	0.448	0.689	0.448	0.283	0.277	0.291	0.309	0.310	0.307	0.303	0.311	0.309	0.307	0.307	0.307	0.316	0.313	0.312	0.509	0.268	0.484	0.243	0.096	0.238
0.275	0.705	0.464	0.705	0.464	0.286	0.279	0.293	0.313	0.314	0.312	0.308	0.315	0.313	0.314	0.311	0.312	0.321	0.320	0.316	0.513	0.272	0.486	0.245	0.101	0.286
0.275	0.732	0.491	0.732	0.491	0.289	0.282	0.295	0.317	0.318	0.316	0.313	0.319	0.317	0.321	0.315	0.317	0.327	0.326	0.320	0.515	0.274	0.488	0.247	0.106	0.322
0.275	0.743	0.502	0.743	0.502	0.290	0.283	0.296	0.318	0.319	0.318	0.315	0.320	0.318	0.324	0.316	0.319	0.329	0.328	0.322	0.516	0.275	0.490	0.249	0.108	0.357

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V1 canal (m3/s)
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.280	0.274	0.289	0.305	0.306	0.303	0.298	0.307	0.305	0.300	0.303	0.302	0.310	0.307	0.307	0.506	0.265	0.480	0.239	0.090	0.194
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.281	0.276	0.290	0.307	0.308	0.305	0.300	0.309	0.307	0.303	0.305	0.304	0.312	0.309	0.309	0.509	0.268	0.483	0.242	0.092	0.238
0.275	0.697	0.456	0.697	0.456	0.284	0.278	0.292	0.311	0.312	0.309	0.305	0.313	0.311	0.310	0.309	0.309	0.318	0.316	0.313	0.511	0.270	0.485	0.244	0.098	0.286
0.275	0.727	0.486	0.727	0.486	0.289	0.282	0.295	0.316	0.317	0.316	0.313	0.318	0.316	0.321	0.314	0.317	0.327	0.326	0.320	0.514	0.273	0.487	0.246	0.106	0.322
0.275	0.757	0.516	0.757	0.516	0.292	0.284	0.297	0.320	0.321	0.320	0.318	0.322	0.320	0.328	0.318	0.322	0.332	0.332	0.324	0.516	0.275	0.491	0.250	0.112	0.357

5.1 VERIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE FLUJO QUE SE PRESENTAN EN LA ALCANTARILLAS

Los tipos de flujos deben cumplir con las verificaciones mencionadas en el capítulo 3 (sección 3.9.1)

5.1.1 FLUJO TIPO IV

ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR

FLUJO TIPO IV

Seccion de la alcantarilla : base 22 cm
altura 27 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	(h1-z)/H(ak)	Verf. >1.0	h4/H(ak)	Verf. >1
0.270	0.668	0.427	0.668	0.427	0.590	0.349	0.590	0.349	1.322	OK	1.292	OK
0.270	0.687	0.446	0.687	0.446	0.605	0.364	0.605	0.364	1.394	OK	1.349	OK
0.270	0.704	0.463	0.704	0.463	0.618	0.377	0.618	0.377	1.454	OK	1.397	OK
0.270	0.726	0.485	0.726	0.485	0.636	0.395	0.636	0.395	1.538	OK	1.464	OK
0.270	0.761	0.520	0.761	0.520	0.664	0.423	0.664	0.423	1.666	OK	1.567	OK

Medicion N° 2

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	(h1-z)/H(ak)	Verf. >1.0	h4/H(ak)	Verf. >1
0.270	0.676	0.435	0.676	0.435	0.596	0.355	0.596	0.355	1.353	OK	1.317	OK
0.270	0.693	0.452	0.693	0.452	0.610	0.369	0.610	0.369	1.414	OK	1.365	OK
0.270	0.702	0.461	0.702	0.461	0.617	0.376	0.617	0.376	1.449	OK	1.393	OK
0.270	0.734	0.493	0.734	0.493	0.643	0.402	0.643	0.402	1.567	OK	1.487	OK
0.270	0.776	0.535	0.776	0.535	0.676	0.435	0.676	0.435	1.721	OK	1.611	OK

Medicion N° 3

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	(h1-z)/H(ak)	Verf. >1.0	h4/H(ak)	Verf. >1
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.593	0.352	0.593	0.352	1.338	OK	1.304	OK
0.270	0.697	0.456	0.697	0.456	0.613	0.372	0.613	0.372	1.429	OK	1.377	OK
0.270	0.718	0.477	0.718	0.477	0.630	0.389	0.630	0.389	1.508	OK	1.441	OK
0.270	0.724	0.483	0.724	0.483	0.634	0.393	0.634	0.393	1.528	OK	1.456	OK
0.270	0.768	0.527	0.768	0.527	0.670	0.429	0.670	0.429	1.694	OK	1.589	OK

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	(h1-z)/H(ak)	Verf. >1.0	h4/H(ak)	Verf. >1
0.270	0.678	0.437	0.678	0.437	0.598	0.357	0.598	0.357	1.358	OK	1.321	OK
0.270	0.694	0.453	0.694	0.453	0.611	0.370	0.611	0.370	1.419	OK	1.369	OK
0.270	0.713	0.472	0.713	0.472	0.626	0.385	0.626	0.385	1.489	OK	1.425	OK
0.270	0.729	0.488	0.729	0.488	0.638	0.397	0.638	0.397	1.547	OK	1.472	OK
0.270	0.773	0.532	0.773	0.532	0.674	0.433	0.674	0.433	1.712	OK	1.603	OK

**DATOS DE ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Diámetro de la alcantarilla D: 27.5 cm

Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 m	h1 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >1.0	h4/H(alc)	Verf. >1
0.275	0.5895	0.3295	0.5484	0.3074	1.172727	OK	1.11782	OK
0.275	0.6255	0.3655	0.5614	0.3204	1.303636	OK	1.16509	OK
0.275	0.6236	0.3936	0.5785	0.3375	1.405818	OK	1.22727	OK
0.275	0.6905	0.4305	0.5926	0.3516	1.54000	OK	1.27855	OK
0.275	0.716	0.4564	0.6034	0.3624	1.634182	OK	1.31782	OK

Medicion N° 2

d m	H1 m	h1 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >1.0	h4/H(alc)	Verf. >1
0.275	0.5958	0.3358	0.5485	0.3075	1.195636	OK	1.11818	OK
0.275	0.6138	0.3538	0.5581	0.3171	1.261091	OK	1.15309	OK
0.275	0.6291	0.3771	0.5692	0.3282	1.345818	OK	1.19345	OK
0.275	0.6823	0.4223	0.5864	0.3454	1.51018	OK	1.256	OK
0.275	0.709	0.4487	0.5974	0.3564	1.606182	OK	1.296	OK

Medicion N° 3

d m	H1 m	h1 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >1.0	h4/H(alc)	Verf. >1
0.275	0.6196	0.36626	0.56	0.319	1.3064	OK	1.16	OK
0.275	0.6227	0.3817	0.5697	0.3287	1.362545	OK	1.19527	OK
0.275	0.6938	0.42054	0.5907	0.3497	1.50377	OK	1.27164	OK
0.275	0.7117	0.4717	0.6015	0.3605	1.68982	OK	1.31091	OK
0.275	0.741	0.491	0.6075	0.3665	1.76	OK	1.33273	OK

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >1.0	h4/H(alc)	Verf. >1
0.275	0.59177	0.33177	0.54438	0.30338	1.180982	OK	1.1032	OK
0.275	0.61049	0.35049	0.55845	0.31745	1.249055	OK	1.15436	OK
0.275	0.6382	0.3842	0.57028	0.32928	1.371636	OK	1.19738	OK
0.275	0.68344	0.43344	0.58795	0.34695	1.55069	OK	1.26164	OK
0.275	0.7102	0.4802	0.60795	0.36695	1.720727	OK	1.33436	OK

5.1.2 FLUJO TIPO V

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR

FLUJO TIPO V

Seccion de la alcantarilla	base	22	cm
	altura	27	cm
Longitud de la alcantarilla	L:	178.5	cm

Medicion N° 1

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.655	0.414	0.655	0.414	0.361	0.120	0.422	0.109	1.508	OK	0.403	OK
0.275	0.656	0.415	0.656	0.415	0.366	0.125	0.438	0.118	1.509	OK	0.437	OK
0.275	0.663	0.422	0.663	0.422	0.376	0.135	0.474	0.127	1.538	OK	0.470	OK
0.275	0.678	0.437	0.678	0.437	0.400	0.159	0.494	0.152	1.594	OK	0.562	OK
0.275	0.686	0.445	0.686	0.445	0.411	0.170	0.447	0.170	1.623	OK	0.630	OK

Medicion N° 2

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.650	0.413	0.650	0.413	0.361	0.120	0.358	0.117	1.503	OK	0.434	OK
0.275	0.653	0.415	0.653	0.415	0.365	0.124	0.363	0.122	1.512	OK	0.451	OK
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.377	0.136	0.376	0.135	1.535	OK	0.499	OK
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.401	0.160	0.399	0.158	1.595	OK	0.585	OK
0.275	0.688	0.447	0.688	0.447	0.416	0.175	0.413	0.172	1.631	OK	0.636	OK

Medicion N° 3

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.650	0.412	0.650	0.412	0.360	0.119	0.359	0.118	1.502	OK	0.436	OK
0.275	0.654	0.416	0.654	0.416	0.367	0.126	0.364	0.123	1.516	OK	0.457	OK
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.381	0.140	0.378	0.137	1.541	OK	0.508	OK
0.275	0.677	0.436	0.677	0.436	0.399	0.158	0.397	0.156	1.590	OK	0.577	OK
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.413	0.172	0.410	0.169	1.624	OK	0.626	OK

Medicion N° 4

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.651	0.412	0.651	0.412	0.361	0.120	0.359	0.118	1.501	OK	0.437	OK
0.275	0.652	0.415	0.652	0.415	0.364	0.123	0.362	0.121	1.513	OK	0.446	OK
0.275	0.661	0.420	0.661	0.420	0.376	0.135	0.374	0.133	1.530	OK	0.492	OK
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.402	0.161	0.399	0.158	1.596	OK	0.586	OK
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.414	0.173	0.411	0.170	1.627	OK	0.630	OK

ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR

FLUJO TIPO V

Diámetro de la alcantarilla I 27.5 cm

Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.697	0.437	0.697	0.437	0.343	0.102	0.336	0.095	1.564	OK	0.345	OK
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.347	0.106	0.340	0.099	1.652	OK	0.358	OK
0.275	0.769	0.509	0.769	0.509	0.352	0.111	0.344	0.103	1.826	OK	0.374	OK
0.275	0.806	0.546	0.806	0.546	0.354	0.113	0.346	0.105	1.960	OK	0.383	OK
0.275	0.848	0.588	0.848	0.588	0.358	0.117	0.350	0.109	2.111	OK	0.397	OK

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.695	0.435	0.695	0.435	0.343	0.102	0.335	0.094	1.556	OK	0.344	OK
0.275	0.724	0.464	0.724	0.464	0.347	0.106	0.339	0.098	1.663	OK	0.357	OK
0.275	0.779	0.519	0.779	0.519	0.354	0.113	0.346	0.105	1.861	OK	0.381	OK
0.275	0.804	0.544	0.804	0.544	0.354	0.113	0.347	0.106	1.953	OK	0.384	OK
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.358	0.117	0.349	0.108	2.091	OK	0.394	OK

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.687	0.427	0.687	0.427	0.343	0.102	0.336	0.095	1.527	OK	0.346	OK
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.346	0.105	0.339	0.098	1.651	OK	0.355	OK
0.275	0.771	0.511	0.771	0.511	0.353	0.112	0.345	0.104	1.833	OK	0.378	OK
0.275	0.798	0.538	0.798	0.538	0.355	0.114	0.347	0.106	1.931	OK	0.386	OK
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.358	0.117	0.350	0.109	2.091	OK	0.397	OK

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.693	0.433	0.693	0.433	0.344	0.103	0.337	0.096	1.549	OK	0.350	OK
0.275	0.722	0.462	0.722	0.462	0.346	0.105	0.339	0.098	1.655	OK	0.355	OK
0.275	0.773	0.513	0.773	0.513	0.353	0.112	0.345	0.104	1.840	OK	0.379	OK
0.275	0.803	0.543	0.803	0.543	0.356	0.115	0.348	0.107	1.948	OK	0.388	OK
0.275	0.844	0.584	0.844	0.584	0.358	0.117	0.350	0.109	2.098	OK	0.395	OK

5.1.3 FLUJO TIPO VI

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR

FLUJO TIPO VI

Seccion de la alcantarilla : base 22 cm
 altura 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.27	0.657	0.416	0.657	0.416	0.500	0.262	0.501	0.262	1.5144	OK	0.9694	OK
0.27	0.660	0.420	0.660	0.420	0.504	0.263	0.503	0.264	1.5289	OK	0.9767	OK
0.27	0.666	0.425	0.666	0.425	0.505	0.265	0.505	0.265	1.5486	OK	0.9800	OK
0.27	0.675	0.434	0.675	0.434	0.508	0.267	0.508	0.268	1.5831	OK	0.9937	OK
0.27	0.684	0.443	0.684	0.443	0.510	0.270	0.510	0.269	1.6150	OK	0.9963	OK

Medicion N° 2

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.27	0.657	0.416	0.657	0.416	0.501	0.262	0.503	0.263	1.5162	OK	0.9756	OK
0.27	0.662	0.421	0.662	0.421	0.504	0.264	0.507	0.265	1.5330	OK	0.9796	OK
0.27	0.672	0.431	0.672	0.431	0.507	0.266	0.509	0.267	1.5698	OK	0.9893	OK
0.27	0.679	0.438	0.679	0.438	0.509	0.268	0.510	0.269	1.5963	OK	0.9974	OK
0.27	0.686	0.445	0.686	0.445	0.510	0.270	0.511	0.270	1.6206	OK	1.0000	OK

Medicion N° 3

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.27	0.654	0.413	0.654	0.413	0.501	0.261	0.504	0.262	1.5034	OK	0.9700	OK
0.27	0.659	0.420	0.659	0.420	0.504	0.263	0.505	0.265	1.5306	OK	0.9796	OK
0.27	0.668	0.427	0.668	0.427	0.506	0.265	0.507	0.266	1.5563	OK	0.9867	OK
0.27	0.677	0.436	0.677	0.436	0.508	0.268	0.509	0.268	1.5888	OK	0.9937	OK
0.27	0.682	0.441	0.682	0.441	0.509	0.269	0.511	0.270	1.6057	OK	0.9981	OK

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.27	0.657	0.416	0.657	0.416	0.501	0.261	0.502	0.262	1.5130	OK	0.9715	OK
0.27	0.662	0.421	0.662	0.421	0.504	0.263	0.506	0.265	1.5350	OK	0.9822	OK
0.27	0.672	0.431	0.672	0.431	0.507	0.266	0.508	0.267	1.5698	OK	0.9889	OK
0.27	0.680	0.439	0.680	0.439	0.509	0.268	0.509	0.268	1.5982	OK	0.9926	OK
0.27	0.683	0.442	0.683	0.442	0.510	0.269	0.510	0.269	1.6113	OK	0.9956	OK

**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Diámetro de la alcantarilla D: 27.5 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.509	0.266	0.481	0.240	1.512	OK	0.871	OK
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.515	0.267	0.482	0.241	1.571	OK	0.877	OK
0.275	0.694	0.453	0.694	0.453	0.515	0.270	0.484	0.243	1.622	OK	0.885	OK
0.275	0.718	0.477	0.718	0.477	0.515	0.274	0.487	0.246	1.709	OK	0.896	OK
0.275	0.737	0.496	0.737	0.496	0.515	0.275	0.490	0.249	1.778	OK	0.904	OK

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.506	0.265	0.481	0.240	1.504	OK	0.873	OK
0.275	0.681	0.440	0.681	0.440	0.509	0.268	0.485	0.244	1.575	OK	0.888	OK
0.275	0.703	0.462	0.703	0.462	0.511	0.270	0.487	0.246	1.653	OK	0.893	OK
0.275	0.720	0.479	0.720	0.479	0.514	0.273	0.488	0.247	1.716	OK	0.898	OK
0.275	0.754	0.513	0.754	0.513	0.516	0.275	0.490	0.249	1.839	OK	0.907	OK

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.506	0.265	0.482	0.241	1.505	OK	0.875	OK
0.275	0.689	0.448	0.689	0.448	0.509	0.268	0.484	0.243	1.605	OK	0.885	OK
0.275	0.705	0.464	0.705	0.464	0.513	0.272	0.486	0.245	1.662	OK	0.889	OK
0.275	0.732	0.491	0.732	0.491	0.515	0.274	0.488	0.247	1.758	OK	0.899	OK
0.275	0.743	0.502	0.743	0.502	0.516	0.275	0.490	0.249	1.801	OK	0.905	OK

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	h1-z/H(alc)	Verf. >=1.5	h4/H(alc)	Verf. <=1
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.506	0.265	0.480	0.239	1.511	OK	0.869	OK
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.509	0.268	0.483	0.242	1.567	OK	0.878	OK
0.275	0.697	0.456	0.697	0.456	0.511	0.270	0.485	0.244	1.633	OK	0.886	OK
0.275	0.727	0.486	0.727	0.486	0.514	0.273	0.487	0.246	1.742	OK	0.896	OK
0.275	0.757	0.516	0.757	0.516	0.516	0.275	0.491	0.250	1.852	OK	0.908	OK

5.2 CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA CADA TIPO DE FLUJO

5.2.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO IV

ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO IV

Seccion de la alcantarilla : base 22 cm
altura 27 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d nt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	nI canal	Q _{Teorico} m ³ /s
0.270	0.668	0.427	0.668	0.427	0.590	0.349	0.590	0.349	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0589
0.270	0.687	0.446	0.687	0.446	0.605	0.364	0.605	0.364	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0603
0.270	0.704	0.463	0.704	0.463	0.618	0.377	0.618	0.377	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0614
0.270	0.726	0.485	0.726	0.485	0.636	0.395	0.636	0.395	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0630
0.270	0.761	0.520	0.761	0.520	0.664	0.423	0.664	0.423	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0653

Medicion N° 2

d nt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	nI canal	Q _{Teorico} m ³ /s
0.270	0.676	0.435	0.676	0.435	0.596	0.355	0.596	0.355	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0595
0.270	0.693	0.452	0.693	0.452	0.610	0.369	0.610	0.369	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0607
0.270	0.702	0.461	0.702	0.461	0.617	0.376	0.617	0.376	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0613
0.270	0.734	0.493	0.734	0.493	0.643	0.402	0.643	0.402	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0635
0.270	0.776	0.535	0.776	0.535	0.676	0.435	0.676	0.435	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0663

Medicion N° 3

d nt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	nI canal	Q _{Teorico} m ³ /s
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.593	0.352	0.593	0.352	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0592
0.270	0.697	0.456	0.697	0.456	0.613	0.372	0.613	0.372	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0610
0.270	0.718	0.477	0.718	0.477	0.630	0.389	0.630	0.389	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0625
0.270	0.724	0.483	0.724	0.483	0.634	0.393	0.634	0.393	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0628
0.270	0.768	0.527	0.768	0.527	0.670	0.429	0.670	0.429	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0658

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	nI canal	Q _{Teorico} m ³ /s
0.270	0.678	0.437	0.678	0.437	0.598	0.357	0.598	0.357	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0596
0.270	0.694	0.453	0.694	0.453	0.611	0.370	0.611	0.370	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0608
0.270	0.713	0.472	0.713	0.472	0.626	0.385	0.626	0.385	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0621
0.270	0.729	0.488	0.729	0.488	0.638	0.397	0.638	0.397	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0632
0.270	0.773	0.532	0.773	0.532	0.674	0.433	0.674	0.433	0.059	0.760	0.078	0.840	0.012	0.0661

ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV

Diámetro de la alcantarilla: 27.5 cm

Longitud de la alcantarilla: 178.5 cm

Medición N° 1

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	n _l canal	Q _T teórico m ³ /s
0.275	0.621	0.380	0.621	0.380	0.556	0.315	0.556	0.315	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0534
0.275	0.646	0.405	0.646	0.405	0.571	0.330	0.571	0.330	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0571
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.598	0.357	0.598	0.357	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0609
0.275	0.722	0.481	0.722	0.481	0.626	0.385	0.626	0.385	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0642
0.275	0.750	0.509	0.750	0.509	0.641	0.400	0.641	0.400	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0684

Medición N° 2

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	n _l canal	Q _T teórico m ³ /s
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.585	0.344	0.585	0.344	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0585
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.598	0.357	0.598	0.357	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0595
0.275	0.690	0.449	0.690	0.449	0.603	0.362	0.603	0.362	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0614
0.275	0.706	0.465	0.706	0.465	0.616	0.375	0.616	0.375	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0623
0.275	0.745	0.504	0.745	0.504	0.638	0.397	0.638	0.397	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0683

Medición N° 3

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	n _l canal	Q _T teórico m ³ /s
0.275	0.669	0.428	0.669	0.428	0.588	0.347	0.588	0.347	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0594
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.600	0.359	0.600	0.359	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0603
0.275	0.702	0.461	0.702	0.461	0.614	0.373	0.614	0.373	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0617
0.275	0.713	0.472	0.713	0.472	0.622	0.381	0.622	0.381	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0628
0.275	0.740	0.499	0.740	0.499	0.638	0.397	0.638	0.397	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0664

Medición N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m	Ao m ²	Po m	Ro m	C _D	n _l canal	Q _T teórico m ³ /s
0.275	0.592	0.429	0.592	0.429	0.588	0.347	0.588	0.347	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0597
0.275	0.610	0.442	0.610	0.442	0.599	0.358	0.598	0.358	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0607
0.275	0.638	0.459	0.638	0.459	0.613	0.372	0.613	0.372	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0615
0.275	0.683	0.471	0.683	0.471	0.619	0.378	0.619	0.378	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0634
0.275	0.710	0.516	0.710	0.516	0.648	0.407	0.648	0.407	0.059	0.864	0.069	0.840	0.012	0.0688

5.2.2 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO V

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO V

Seccion de la alcantarilla : base 22 cm
altura 27 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	(h1-z)/D	C _D	(h1-z)	Q _{T teorico} m ³ /s
0.275	0.655	0.414	0.655	0.414	0.361	0.120	0.422	0.109	0.059	0.760	1.275	0.440	0.344	0.0679
0.275	0.656	0.415	0.656	0.415	0.366	0.125	0.438	0.118	0.059	0.760	1.276	0.440	0.345	0.0679
0.275	0.663	0.422	0.663	0.422	0.376	0.135	0.474	0.127	0.059	0.760	1.304	0.448	0.352	0.0700
0.275	0.678	0.437	0.678	0.437	0.400	0.159	0.494	0.152	0.059	0.760	1.361	0.482	0.367	0.0769
0.275	0.686	0.445	0.686	0.445	0.411	0.170	0.447	0.170	0.059	0.760	1.390	0.497	0.375	0.0801

Medicion N° 2

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	(h1-z)/D	C _D	(h1-z)	Q _{T teorico} m ³ /s
0.275	0.650	0.413	0.650	0.413	0.361	0.120	0.358	0.117	0.059	0.760	1.269	0.440	0.343	0.0678
0.275	0.653	0.415	0.653	0.415	0.365	0.124	0.363	0.122	0.059	0.760	1.279	0.440	0.345	0.0680
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.377	0.136	0.376	0.135	0.059	0.760	1.302	0.452	0.351	0.0705
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.401	0.160	0.399	0.158	0.059	0.760	1.362	0.484	0.368	0.0772
0.275	0.688	0.447	0.688	0.447	0.416	0.175	0.413	0.172	0.059	0.760	1.398	0.500	0.377	0.0808

Medicion N° 3

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	(h1-z)/D	C _D	(h1-z)	Q _{T teorico} m ³ /s
0.275	0.650	0.412	0.650	0.412	0.360	0.119	0.359	0.118	0.059	0.760	1.268	0.440	0.342	0.0677
0.275	0.654	0.416	0.654	0.416	0.367	0.126	0.364	0.123	0.059	0.760	1.283	0.440	0.346	0.0681
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.381	0.140	0.378	0.137	0.059	0.760	1.308	0.458	0.353	0.0716
0.275	0.677	0.436	0.677	0.436	0.399	0.158	0.397	0.156	0.059	0.760	1.356	0.481	0.366	0.0766
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.413	0.172	0.410	0.169	0.059	0.760	1.391	0.497	0.376	0.0801

Medicion N° 4

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	(h1-z)/D	C _D	(h1-z)	Q _{T teorico} m ³ /s
0.275	0.651	0.412	0.651	0.412	0.361	0.120	0.359	0.118	0.059	0.760	1.268	0.440	0.342	0.0677
0.275	0.652	0.415	0.652	0.415	0.364	0.123	0.362	0.121	0.059	0.760	1.279	0.440	0.345	0.0680
0.275	0.661	0.420	0.661	0.420	0.376	0.135	0.374	0.133	0.059	0.760	1.296	0.448	0.350	0.0697
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.402	0.161	0.399	0.158	0.059	0.760	1.363	0.484	0.368	0.0772
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.414	0.173	0.411	0.170	0.059	0.760	1.394	0.498	0.376	0.0804

ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR

FLUJO TIPO V

Diámetro de la alcantarilla I 27.5 cm

Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	(h1-z)	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.697	0.437	0.697	0.437	0.343	0.102	0.336	0.095	0.059	0.864	0.440	0.367	0.0701
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.347	0.106	0.340	0.099	0.059	0.864	0.444	0.391	0.0730
0.275	0.769	0.509	0.769	0.509	0.352	0.111	0.344	0.103	0.059	0.864	0.470	0.439	0.0819
0.275	0.806	0.546	0.806	0.546	0.354	0.113	0.346	0.105	0.059	0.864	0.483	0.476	0.0876
0.275	0.848	0.588	0.848	0.588	0.358	0.117	0.350	0.109	0.059	0.864	0.498	0.518	0.0942

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	(h1-z)	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.695	0.435	0.695	0.435	0.343	0.102	0.335	0.094	0.059	0.864	0.440	0.365	0.0699
0.275	0.724	0.464	0.724	0.464	0.347	0.106	0.339	0.098	0.059	0.864	0.446	0.394	0.0736
0.275	0.779	0.519	0.779	0.519	0.354	0.113	0.346	0.105	0.059	0.864	0.473	0.449	0.0833
0.275	0.804	0.544	0.804	0.544	0.354	0.113	0.347	0.106	0.059	0.864	0.482	0.474	0.0873
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.358	0.117	0.349	0.108	0.059	0.864	0.496	0.512	0.0933

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	(h1-z)	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.687	0.427	0.687	0.427	0.343	0.102	0.336	0.095	0.059	0.864	0.440	0.357	0.0691
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.346	0.105	0.339	0.098	0.059	0.864	0.444	0.391	0.0730
0.275	0.771	0.511	0.771	0.511	0.353	0.112	0.345	0.104	0.059	0.864	0.470	0.441	0.0821
0.275	0.798	0.538	0.798	0.538	0.355	0.114	0.347	0.106	0.059	0.864	0.480	0.468	0.0863
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.358	0.117	0.350	0.109	0.059	0.864	0.496	0.512	0.0933

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	(h1-z)	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.693	0.433	0.693	0.433	0.344	0.103	0.337	0.096	0.059	0.864	0.440	0.363	0.0697
0.275	0.722	0.462	0.722	0.462	0.346	0.105	0.339	0.098	0.059	0.864	0.446	0.392	0.0734
0.275	0.773	0.513	0.773	0.513	0.353	0.112	0.345	0.104	0.059	0.864	0.471	0.443	0.0824
0.275	0.803	0.543	0.803	0.543	0.356	0.115	0.348	0.107	0.059	0.864	0.482	0.473	0.0871
0.275	0.844	0.584	0.844	0.584	0.358	0.117	0.350	0.109	0.059	0.864	0.497	0.514	0.0937

**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Diámetro de la alcantarilla D: 27.5 cm
Longitud de la alcantarilla L: 178.5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	n2	n3	K2	K3	h _{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.509	0.266	0.481	0.240	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.333	3.821	0.00035	0.0874
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.515	0.267	0.482	0.241	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.720	3.842	0.00042	0.0916
0.275	0.694	0.453	0.694	0.453	0.515	0.270	0.484	0.243	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.060	3.904	0.00048	0.0945
0.275	0.718	0.477	0.718	0.477	0.515	0.274	0.487	0.246	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.639	3.983	0.00053	0.0995
0.275	0.737	0.496	0.737	0.496	0.515	0.275	0.490	0.249	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	9.102	4.004	0.00055	0.1038

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	n2	n3	K2	K3	h _{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.506	0.265	0.481	0.240	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.280	3.808	0.00015	0.0870
0.275	0.681	0.440	0.681	0.440	0.509	0.268	0.485	0.244	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.747	3.858	0.00026	0.0917
0.275	0.703	0.462	0.703	0.462	0.511	0.270	0.487	0.246	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.266	3.906	0.00035	0.0967
0.275	0.720	0.479	0.720	0.479	0.514	0.273	0.488	0.247	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.689	3.970	0.00042	0.1002
0.275	0.754	0.513	0.754	0.513	0.516	0.275	0.490	0.249	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	9.523	4.014	0.00056	0.1076

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	n2	n3	K2	K3	h _{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.506	0.265	0.482	0.241	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.289	3.810	0.00015	0.0871
0.275	0.689	0.448	0.689	0.448	0.509	0.268	0.484	0.243	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.943	3.877	0.00024	0.0936
0.275	0.705	0.464	0.705	0.464	0.513	0.272	0.486	0.245	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.328	3.950	0.00034	0.0968
0.275	0.732	0.491	0.732	0.491	0.515	0.274	0.488	0.247	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.972	3.998	0.00045	0.1026
0.275	0.743	0.502	0.743	0.502	0.516	0.275	0.490	0.249	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	9.258	4.008	0.00056	0.1052

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Ao m ²	Po m	C _D	n2	n3	K2	K3	h _{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.506	0.265	0.480	0.239	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.330	3.799	0.00016	0.0877
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.509	0.268	0.483	0.242	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	7.694	3.867	0.00023	0.0910
0.275	0.697	0.456	0.697	0.456	0.511	0.270	0.485	0.244	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.130	3.909	0.00034	0.0952
0.275	0.727	0.486	0.727	0.486	0.514	0.273	0.487	0.246	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	8.864	3.967	0.00045	0.1019
0.275	0.757	0.516	0.757	0.516	0.516	0.275	0.491	0.250	0.059	0.864	0.840	0.011	0.011	9.609	4.009	0.00057	0.1084

5.3 RESUMEN DE CAUDALES

A continuación se presenta la siguiente tabla donde se presentan los caudales calculados y los caudales aforados mediante el medidor electromagnético. Dicha tabla se realizara un análisis de los resultados

5.3.1 FLUJO TIPO IV

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.427	0.0589	0.427	0.2286	0.0610
0.446	0.0603	0.446	0.2283	0.0624
0.463	0.0614	0.463	0.2314	0.0636
0.485	0.0630	0.485	0.2311	0.0653
0.520	0.0653	0.520	0.2290	0.0680
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.435	0.0595	0.435	0.2264	0.0616
0.452	0.0607	0.452	0.2270	0.0628
0.461	0.0613	0.461	0.2317	0.0635
0.493	0.0635	0.493	0.2295	0.0659
0.535	0.0663	0.535	0.2265	0.0692
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.431	0.0592	0.431	0.2275	0.0613
0.456	0.0610	0.456	0.2261	0.0631
0.477	0.0625	0.477	0.2282	0.0647
0.483	0.0628	0.483	0.2316	0.0651
0.527	0.0658	0.527	0.2277	0.0686
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.437	0.0596	0.437	0.2260	0.0617
0.453	0.0608	0.453	0.2267	0.0629
0.472	0.0621	0.472	0.2293	0.0643
0.488	0.0632	0.488	0.2305	0.0655
0.532	0.0661	0.532	0.2269	0.0690

ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO IV				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.380	0.0534	0.3802	0.1920	0.0561
0.405	0.0571	0.4045	0.2112	0.0597
0.443	0.0609	0.4426	0.2208	0.0635
0.481	0.0642	0.4805	0.2486	0.0662
0.509	0.0684	0.5087	0.2592	0.0687
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.423	0.0585	0.4228	0.1824	0.0613
0.439	0.0595	0.4389	0.2016	0.0619
0.449	0.0614	0.4491	0.2208	0.0635
0.465	0.0623	0.4647	0.2506	0.0651
0.504	0.0683	0.5044	0.2496	0.0690
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.428	0.0594	0.42760	0.1632	0.0616
0.443	0.0603	0.44270	0.1824	0.0631
0.461	0.0617	0.46080	0.1920	0.0643
0.472	0.0628	0.47170	0.2515	0.0659
0.499	0.0664	0.49900	0.2592	0.0686
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.429	0.0597	0.33177	0.1728	0.0617
0.442	0.0607	0.35049	0.1920	0.0628
0.459	0.0615	0.38420	0.2208	0.0647
0.471	0.0634	0.43344	0.2477	0.0655
0.516	0.0688	0.48020	0.2688	0.0692

5.3.2 FLUJO TIPO V

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m3/s	h1 m	v1 canal (m3/s)	Q _{medido} m3/s
0.414	0.0679	0.4142	0.2674	0.0692
0.415	0.0679	0.4145	0.2776	0.0704
0.422	0.0700	0.4222	0.2930	0.0728
0.437	0.0769	0.4374	0.3186	0.0808
0.445	0.0801	0.4453	0.3270	0.0832
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m3/s	h1 m	v1 canal (m3/s)	Q _{medido} m3/s
0.413	0.0678	0.4128	0.2667	0.0688
0.415	0.0680	0.4153	0.2729	0.0694
0.421	0.0705	0.4214	0.2868	0.0711
0.438	0.0772	0.4377	0.3082	0.0782
0.447	0.0808	0.4475	0.3172	0.0811
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m3/s	h1 m	v1 canal (m3/s)	Q _{medido} m3/s
0.4125	0.0677	0.4125	0.2637	0.0680
0.4165	0.0681	0.4165	0.2718	0.0693
0.4231	0.0716	0.4231	0.2881	0.0717
0.4362	0.0766	0.4362	0.3029	0.0766
0.4455	0.0801	0.4455	0.3154	0.0803
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m3/s	h1 m	v1 canal (m3/s)	Q _{medido} m3/s
0.412	0.0677	0.4124	0.2666	0.0687
0.415	0.0680	0.4154	0.2723	0.0693
0.420	0.0697	0.4200	0.2858	0.0706
0.438	0.0772	0.4380	0.3045	0.0773
0.446	0.0804	0.4463	0.3161	0.0806

ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.437	0.0701	0.4370	0.3104	0.0715
0.461	0.0730	0.4612	0.3168	0.0759
0.509	0.0819	0.5092	0.3366	0.0831
0.546	0.0876	0.5459	0.3432	0.0891
0.588	0.0942	0.5876	0.2730	0.0967
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal	Q_{medido} m3/s
0.435	0.0701	0.4350	0.3104	0.0715
0.464	0.0730	0.4643	0.3168	0.0759
0.519	0.0819	0.5189	0.3366	0.0831
0.544	0.0876	0.5440	0.3432	0.0891
0.582	0.0942	0.5819	0.2730	0.0967
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal	Q_{medido} m3/s
0.4270	0.0691	0.4270	0.3104	0.0718
0.4610	0.0730	0.4610	0.3267	0.0749
0.5112	0.0821	0.5112	0.3366	0.0851
0.5380	0.0863	0.5380	0.3432	0.0894
0.5821	0.0933	0.5821	0.3465	0.0974
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal	Q_{medido} m3/s
0.433	0.0697	0.4330	0.3104	0.0731
0.462	0.0734	0.4622	0.3267	0.0752
0.513	0.0824	0.5131	0.3264	0.0858
0.543	0.0871	0.5426	0.3432	0.0907
0.584	0.0937	0.5839	0.3465	0.0956

5.3.3 FLUJO TIPO VI

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m ³ /s	h1 m	v ₁ canal (m/s)	Q _{medido} m ³ /s
0.4159	0.0865	0.4159	0.3445	0.0886
0.4198	0.0875	0.4198	0.3524	0.0897
0.4251	0.0883	0.4251	0.3654	0.0914
0.4344	0.0904	0.4344	0.3741	0.0938
0.4431	0.0918	0.4431	0.3667	0.0928
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m ³ /s	h1 m	v ₁ canal (m/s)	Q _{medido} m ³ /s
0.4164	0.0867	0.4164	0.3466	0.0893
0.4209	0.0875	0.4209	0.3538	0.0903
0.4308	0.0897	0.4308	0.3603	0.0913
0.4380	0.0909	0.4380	0.3661	0.0925
0.4446	0.0921	0.4446	0.3708	0.0942
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m ³ /s	h1 m	v ₁ canal (m/s)	Q _{medido} m ³ /s
0.4129	0.0860	0.4129	0.3379	0.0863
0.4203	0.0876	0.4203	0.3520	0.0897
0.4272	0.0889	0.4272	0.3650	0.0917
0.4360	0.0905	0.4360	0.3689	0.0928
0.4405	0.0913	0.4405	0.3729	0.0939
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q _{Teorico} m ³ /s	h1 m	v ₁ canal (m/s)	Q _{medido} m ³ /s
0.4155	0.0867	0.4155	0.3449	0.0886
0.4214	0.0877	0.4214	0.3518	0.0899
0.4308	0.0897	0.4308	0.3592	0.0910
0.4385	0.0911	0.4385	0.3682	0.0931
0.4421	0.0918	0.4421	0.3732	0.0943

ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR				
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.423	0.0874	0.4227	0.2910	0.0896
0.439	0.0916	0.4390	0.3168	0.0933
0.453	0.0945	0.4531	0.3366	0.0963
0.477	0.0995	0.4770	0.3536	0.1002
0.496	0.1038	0.4958	0.3570	0.1063
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.421	0.0870	0.4205	0.1940	0.0895
0.440	0.0917	0.4401	0.2475	0.0963
0.462	0.0967	0.4616	0.2856	0.1005
0.479	0.1002	0.4790	0.3120	0.1020
0.513	0.1076	0.5129	0.3570	0.1109
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.421	0.0871	0.4209	0.1940	0.0893
0.448	0.0936	0.4483	0.2376	0.0956
0.464	0.0968	0.4642	0.2856	0.1008
0.491	0.1026	0.4906	0.3224	0.1062
0.502	0.1052	0.5022	0.3570	0.1081
POR FORMULA		POR MEDIDOR ELECTROMAGNETICO		
h1 m	Q_{Teorico} m3/s	h1 m	V1 canal (m3/s)	Q_{medido} m3/s
0.423	0.0877	0.4226	0.1940	0.0904
0.438	0.0910	0.4379	0.2376	0.0924
0.456	0.0952	0.4560	0.2856	0.0975
0.486	0.1019	0.4862	0.3224	0.1058
0.516	0.1084	0.5163	0.3570	0.1115

5.4 CURVAS SUPERFICIALES

5.4.1 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO IV

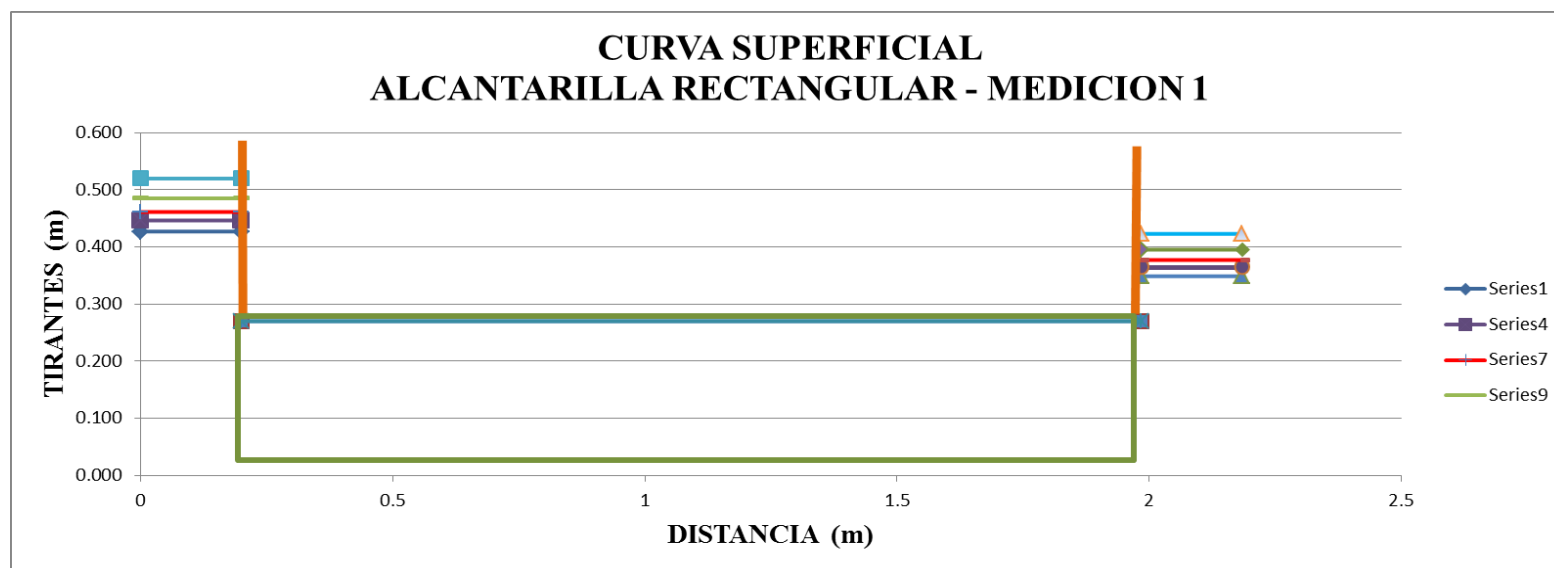
ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO IV

Medicion N° 1

d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.668	0.427	0.668	0.427	0.318	0.291	0.302	0.308	0.311	0.302	0.289	0.310	0.324	0.298	0.311	0.299	0.313	0.300	0.314	0.590	0.349	0.590	0.349
0.270	0.687	0.446	0.687	0.446	0.337	0.309	0.321	0.326	0.329	0.321	0.328	0.341	0.335	0.329	0.318	0.331	0.319	0.333	0.333	0.605	0.364	0.605	0.364
0.270	0.704	0.463	0.704	0.463	0.354	0.325	0.336	0.341	0.344	0.336	0.344	0.355	0.336	0.344	0.333	0.346	0.335	0.349	0.349	0.618	0.377	0.618	0.377
0.270	0.726	0.485	0.726	0.485	0.376	0.346	0.357	0.362	0.365	0.357	0.365	0.375	0.355	0.364	0.355	0.368	0.357	0.371	0.371	0.636	0.395	0.636	0.395
0.270	0.761	0.520	0.761	0.520	0.411	0.380	0.389	0.394	0.398	0.389	0.397	0.406	0.389	0.396	0.388	0.400	0.391	0.405	0.405	0.664	0.423	0.664	0.423

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS

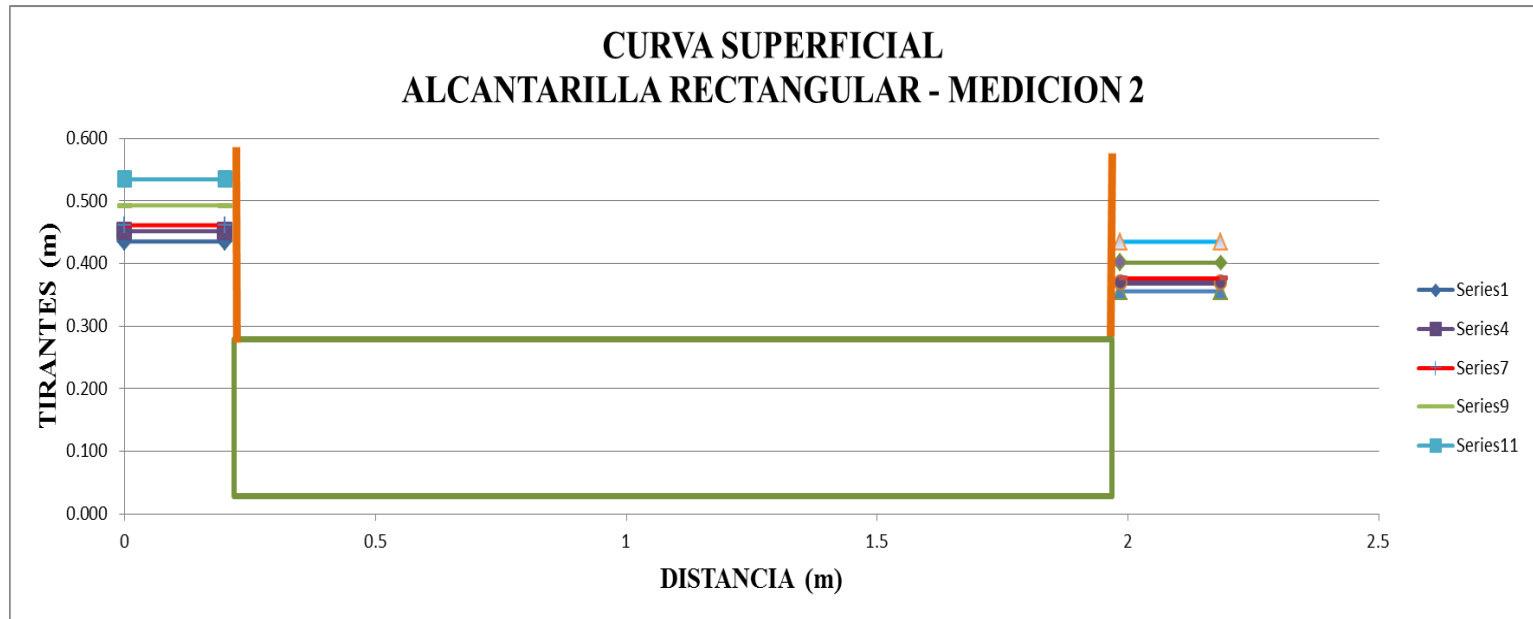
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



**ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 2

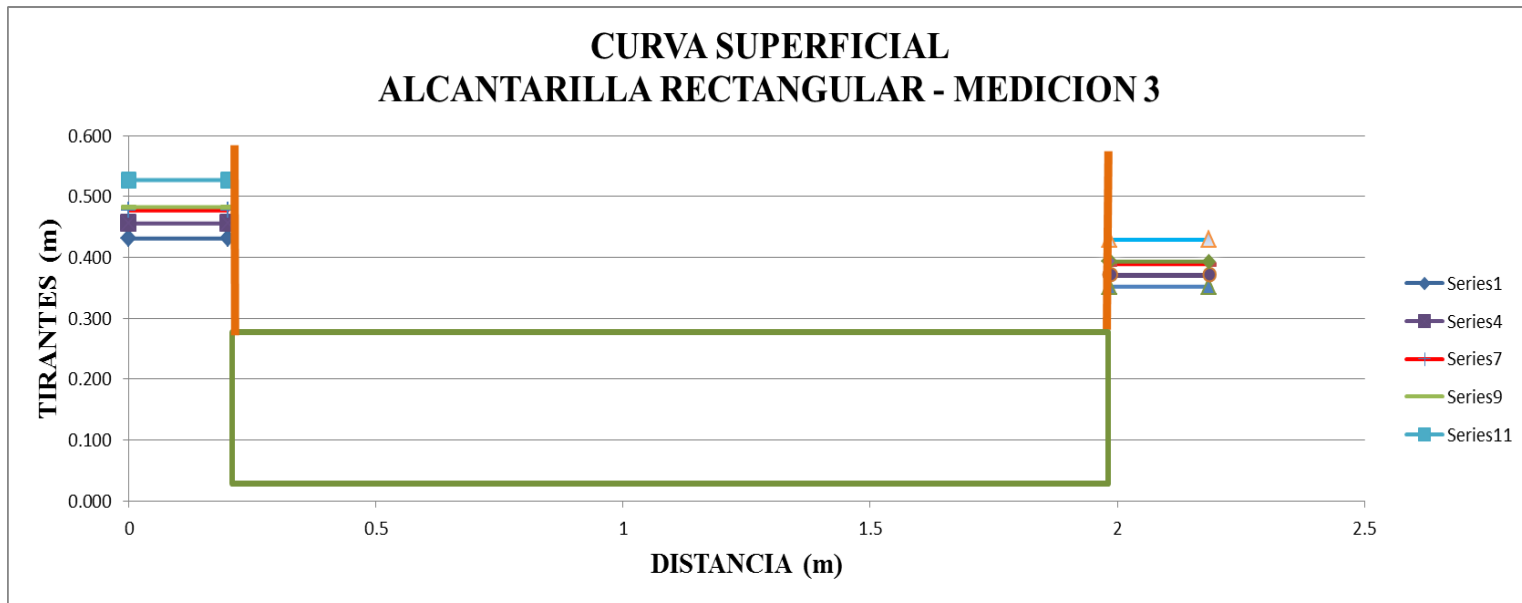
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.676	0.435	0.676	0.435	0.326	0.299	0.310	0.316	0.319	0.310	0.296	0.318	0.331	0.305	0.319	0.307	0.321	0.308	0.322	0.596	0.355	0.596	0.355
0.270	0.693	0.452	0.693	0.452	0.343	0.314	0.326	0.331	0.334	0.326	0.312	0.333	0.346	0.320	0.334	0.323	0.336	0.325	0.339	0.610	0.369	0.610	0.369
0.270	0.702	0.461	0.702	0.461	0.352	0.323	0.335	0.340	0.343	0.335	0.320	0.342	0.354	0.329	0.343	0.332	0.345	0.334	0.348	0.617	0.376	0.617	0.376
0.270	0.734	0.493	0.734	0.493	0.384	0.354	0.364	0.369	0.373	0.364	0.350	0.372	0.382	0.357	0.372	0.362	0.375	0.365	0.379	0.643	0.402	0.643	0.402
0.270	0.776	0.535	0.776	0.535	0.426	0.394	0.404	0.408	0.412	0.404	0.388	0.411	0.419	0.395	0.410	0.402	0.414	0.406	0.420	0.676	0.435	0.676	0.435



**ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 3

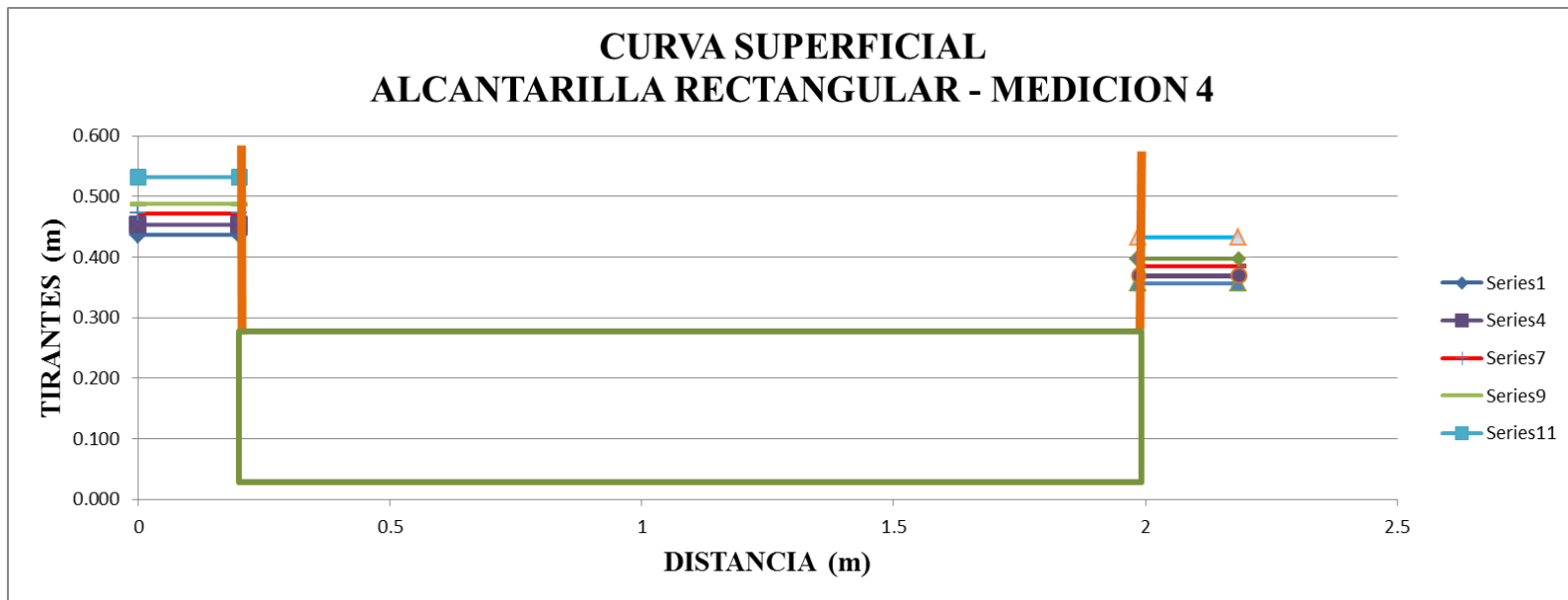
d mt	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.322	0.295	0.306	0.312	0.315	0.306	0.292	0.314	0.327	0.302	0.315	0.303	0.317	0.304	0.318	0.593	0.352	0.593	0.352
0.270	0.697	0.456	0.697	0.456	0.347	0.318	0.330	0.335	0.338	0.330	0.315	0.337	0.349	0.324	0.338	0.327	0.340	0.329	0.343	0.613	0.372	0.613	0.372
0.270	0.718	0.477	0.718	0.477	0.368	0.339	0.350	0.354	0.358	0.350	0.335	0.357	0.368	0.343	0.357	0.347	0.360	0.350	0.364	0.630	0.389	0.630	0.389
0.270	0.724	0.483	0.724	0.483	0.374	0.344	0.355	0.359	0.363	0.355	0.340	0.362	0.373	0.348	0.362	0.352	0.365	0.355	0.369	0.634	0.393	0.634	0.393
0.270	0.768	0.527	0.768	0.527	0.418	0.387	0.397	0.401	0.405	0.397	0.381	0.404	0.412	0.388	0.403	0.395	0.407	0.399	0.413	0.670	0.429	0.670	0.429



**ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 4

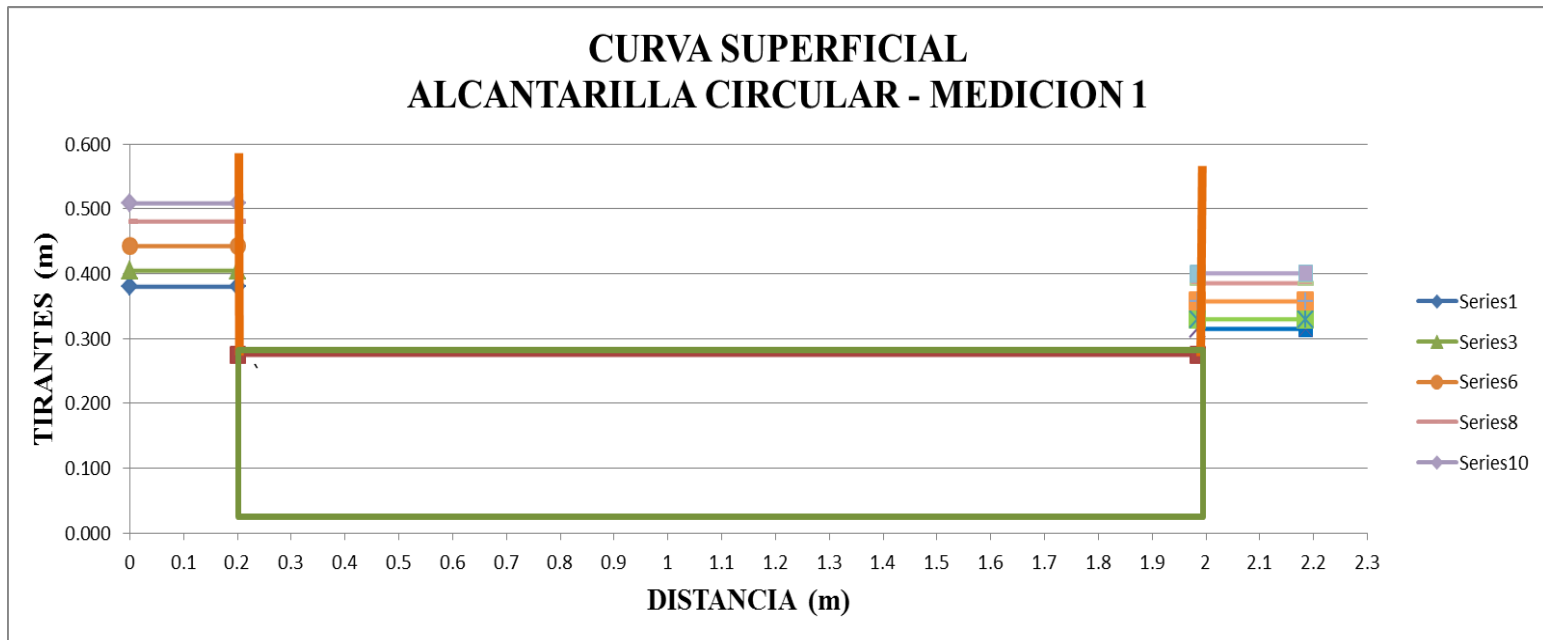
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.678	0.437	0.678	0.437	0.328	0.300	0.312	0.317	0.320	0.312	0.298	0.319	0.332	0.307	0.320	0.308	0.322	0.310	0.324	0.598	0.357	0.598	0.357
0.270	0.694	0.453	0.694	0.453	0.344	0.316	0.327	0.332	0.335	0.327	0.313	0.335	0.347	0.321	0.335	0.324	0.338	0.326	0.340	0.611	0.370	0.611	0.370
0.270	0.713	0.472	0.713	0.472	0.363	0.334	0.345	0.350	0.353	0.345	0.330	0.352	0.363	0.338	0.352	0.342	0.355	0.344	0.358	0.626	0.385	0.626	0.385
0.270	0.729	0.488	0.729	0.488	0.379	0.349	0.359	0.364	0.368	0.359	0.345	0.367	0.377	0.353	0.367	0.357	0.370	0.360	0.374	0.638	0.397	0.638	0.397
0.270	0.773	0.532	0.773	0.532	0.423	0.391	0.401	0.405	0.410	0.401	0.386	0.409	0.417	0.392	0.407	0.399	0.412	0.404	0.417	0.674	0.433	0.674	0.433



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 1

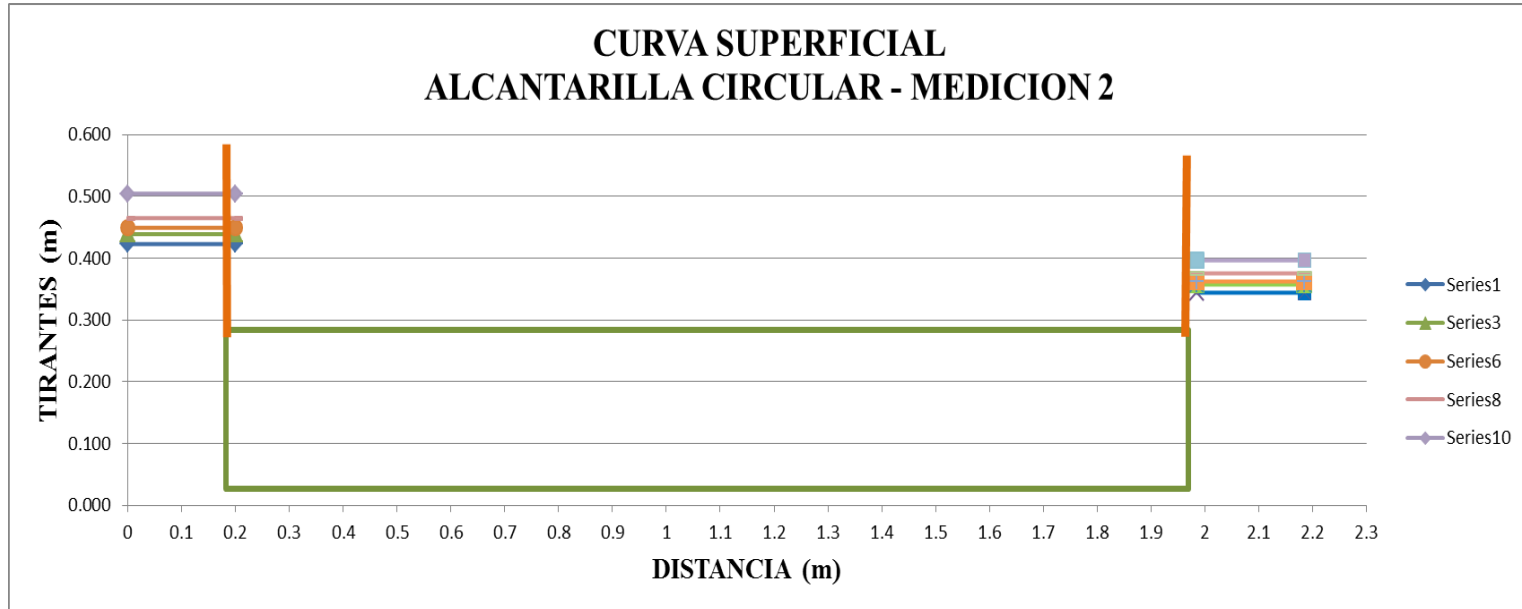
d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m
0.275	0.621	0.380	0.621	0.380	0.279	0.256	0.266	0.271	0.274	0.266	0.254	0.273	0.285	0.262	0.274	0.263	0.275	0.264	0.277	0.556	0.315	0.556	0.315
0.275	0.646	0.405	0.646	0.405	0.298	0.272	0.282	0.287	0.290	0.282	0.270	0.289	0.300	0.277	0.290	0.280	0.291	0.281	0.293	0.571	0.330	0.571	0.330
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.315	0.290	0.303	0.306	0.306	0.302	0.289	0.307	0.323	0.295	0.313	0.296	0.313	0.299	0.316	0.598	0.357	0.598	0.357
0.275	0.722	0.481	0.722	0.481	0.336	0.310	0.324	0.328	0.331	0.316	0.312	0.331	0.334	0.318	0.330	0.320	0.329	0.322	0.337	0.626	0.385	0.626	0.385
0.275	0.750	0.509	0.750	0.509	0.355	0.324	0.336	0.341	0.340	0.333	0.324	0.341	0.347	0.326	0.338	0.331	0.342	0.332	0.343	0.641	0.400	0.641	0.400



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 2

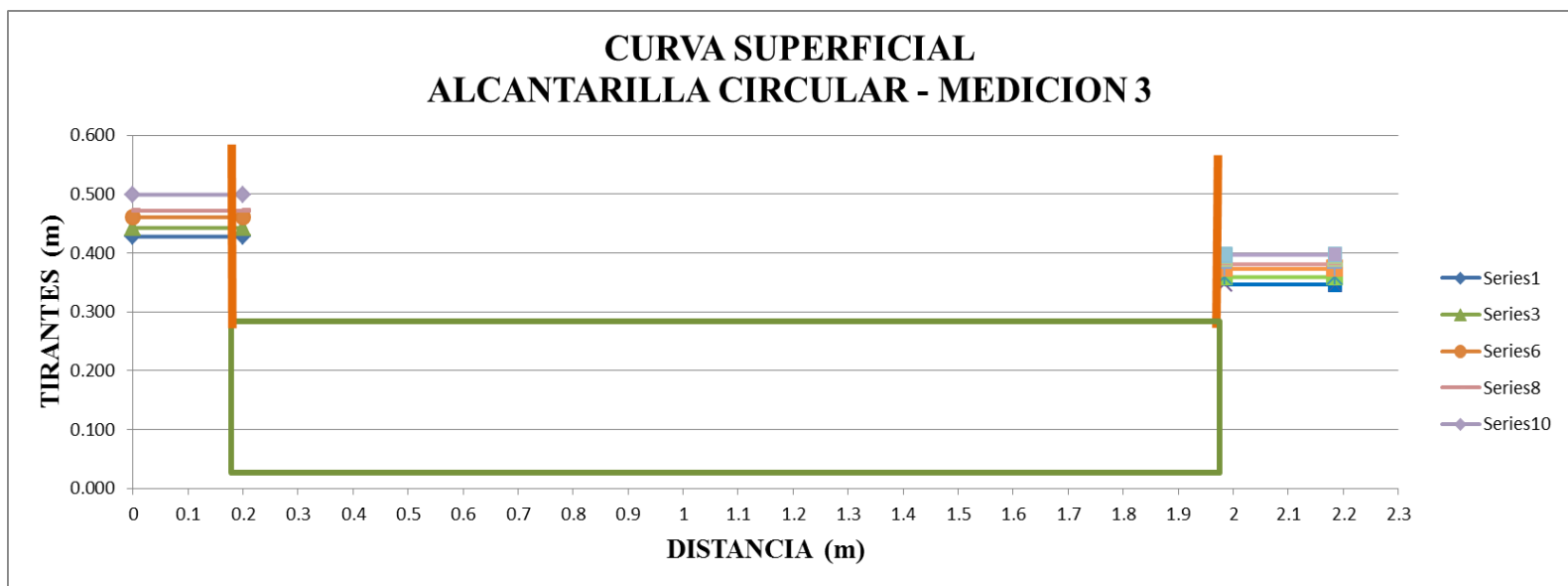
d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.304	0.279	0.288	0.293	0.296	0.289	0.276	0.296	0.306	0.284	0.296	0.284	0.298	0.288	0.300	0.585	0.344	0.585	0.344
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.315	0.288	0.297	0.303	0.306	0.295	0.286	0.306	0.316	0.294	0.306	0.295	0.308	0.298	0.311	0.598	0.357	0.598	0.357
0.275	0.690	0.449	0.690	0.449	0.320	0.296	0.303	0.307	0.310	0.303	0.290	0.310	0.319	0.297	0.310	0.299	0.312	0.302	0.315	0.603	0.362	0.603	0.362
0.275	0.706	0.465	0.706	0.465	0.330	0.308	0.318	0.321	0.322	0.310	0.302	0.321	0.330	0.308	0.321	0.310	0.324	0.315	0.328	0.616	0.375	0.616	0.375
0.275	0.745	0.504	0.745	0.504	0.355	0.325	0.339	0.339	0.340	0.336	0.323	0.342	0.349	0.329	0.342	0.332	0.338	0.337	0.349	0.638	0.397	0.638	0.397



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 3

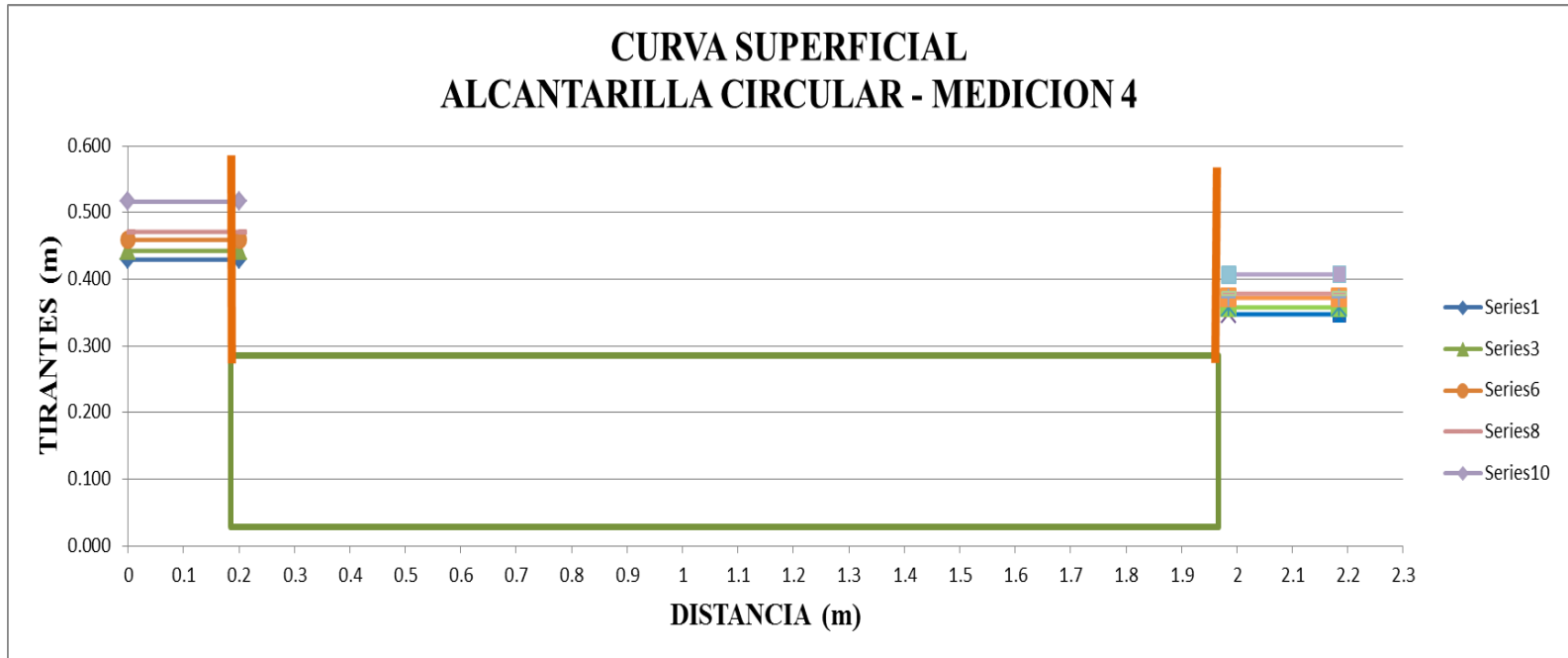
d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m
0.275	0.669	0.428	0.669	0.428	0.307	0.283	0.291	0.295	0.298	0.291	0.278	0.298	0.308	0.287	0.298	0.286	0.300	0.290	0.302	0.588	0.347	0.588	0.347
0.275	0.684	0.443	0.684	0.443	0.316	0.291	0.300	0.305	0.308	0.300	0.288	0.307	0.317	0.295	0.307	0.296	0.310	0.300	0.312	0.600	0.359	0.600	0.359
0.275	0.702	0.461	0.702	0.461	0.330	0.303	0.313	0.316	0.318	0.310	0.299	0.318	0.324	0.307	0.317	0.308	0.318	0.309	0.325	0.614	0.373	0.614	0.373
0.275	0.713	0.472	0.713	0.472	0.335	0.308	0.317	0.322	0.325	0.317	0.305	0.321	0.333	0.311	0.324	0.314	0.327	0.318	0.329	0.622	0.381	0.622	0.381
0.275	0.740	0.499	0.740	0.499	0.351	0.323	0.333	0.336	0.337	0.329	0.320	0.336	0.348	0.327	0.339	0.325	0.339	0.334	0.347	0.638	0.397	0.638	0.397



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO IV**

Medicion N° 4

d m	H1 m	h1 m	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 m	h4 m
0.275	0.592	0.429	0.592	0.429	0.309	0.285	0.291	0.298	0.300	0.293	0.280	0.298	0.309	0.286	0.299	0.289	0.302	0.291	0.303	0.588	0.347	0.588	0.347
0.275	0.610	0.442	0.610	0.442	0.316	0.289	0.299	0.303	0.306	0.299	0.288	0.305	0.315	0.295	0.307	0.298	0.308	0.300	0.313	0.599	0.358	0.598	0.358
0.275	0.638	0.459	0.638	0.459	0.327	0.301	0.310	0.314	0.318	0.310	0.298	0.317	0.326	0.304	0.317	0.306	0.320	0.311	0.323	0.613	0.372	0.613	0.372
0.275	0.683	0.471	0.683	0.471	0.332	0.306	0.315	0.320	0.322	0.315	0.302	0.322	0.331	0.309	0.322	0.311	0.324	0.315	0.328	0.619	0.378	0.619	0.378
0.275	0.710	0.516	0.710	0.516	0.355	0.328	0.337	0.341	0.342	0.337	0.324	0.344	0.351	0.330	0.343	0.333	0.344	0.334	0.350	0.648	0.407	0.648	0.407



5.4.2 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO V

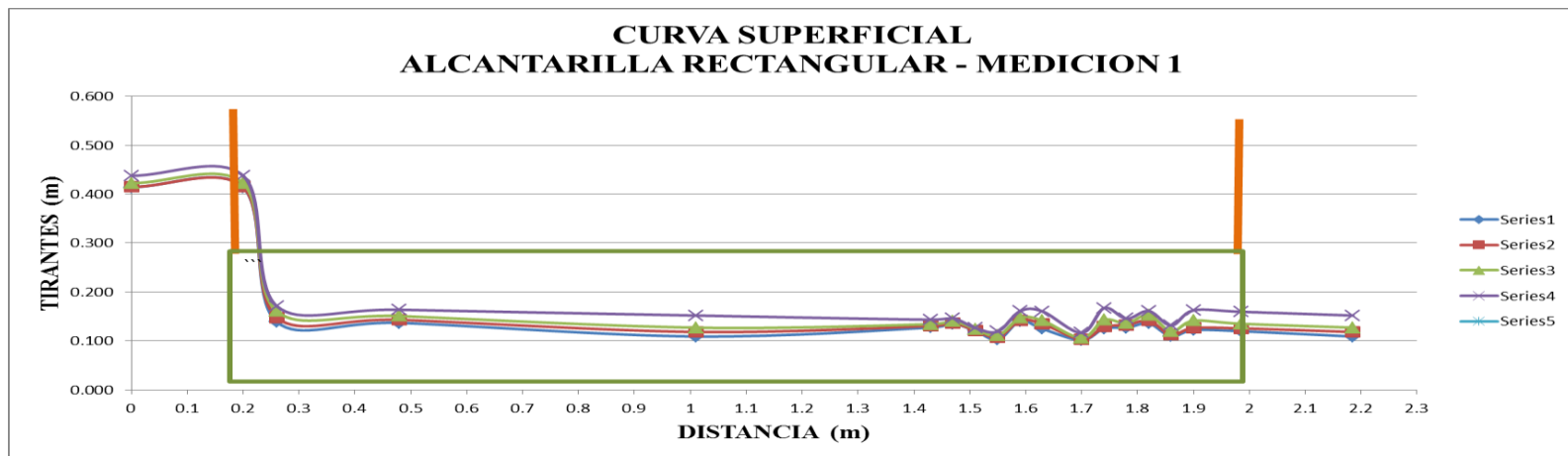
ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO V

Medicion N° 1

d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.655	0.414	0.655	0.414	0.139	0.137	0.109	0.127	0.135	0.120	0.103	0.141	0.124	0.101	0.125	0.127	0.135	0.109	0.122	0.361	0.120	0.422	0.109
0.275	0.656	0.415	0.656	0.415	0.148	0.143	0.118	0.130	0.136	0.121	0.107	0.142	0.134	0.103	0.129	0.132	0.141	0.112	0.126	0.366	0.125	0.438	0.118
0.275	0.663	0.422	0.663	0.422	0.161	0.151	0.127	0.134	0.140	0.124	0.111	0.147	0.141	0.106	0.143	0.136	0.153	0.119	0.141	0.376	0.135	0.474	0.127
0.275	0.678	0.437	0.678	0.437	0.171	0.164	0.152	0.143	0.146	0.126	0.119	0.161	0.160	0.116	0.167	0.145	0.161	0.131	0.162	0.400	0.159	0.494	0.152
0.275	0.686	0.445	0.686	0.445	0.191	0.170	0.170	0.149	0.150	0.128	0.125	0.171	0.174	0.118	0.182	0.152	0.173	0.136	0.176	0.411	0.170	0.447	0.170

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS

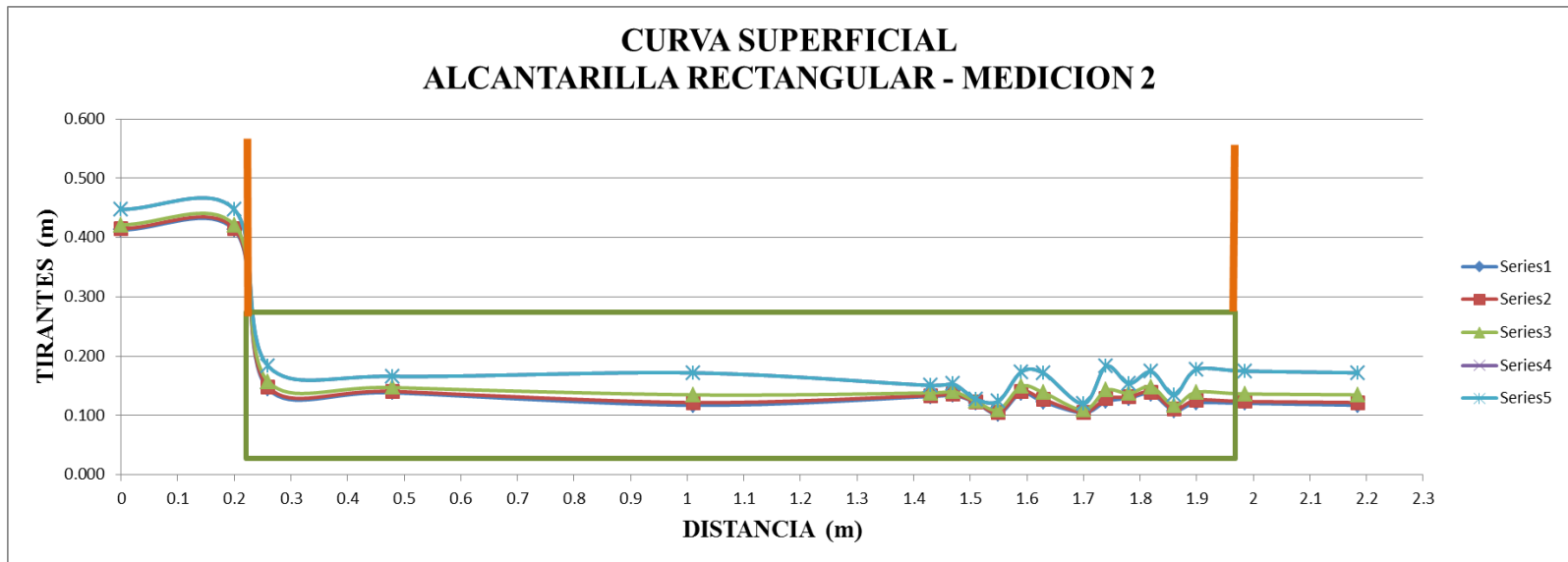
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO V

Medicion N° 2

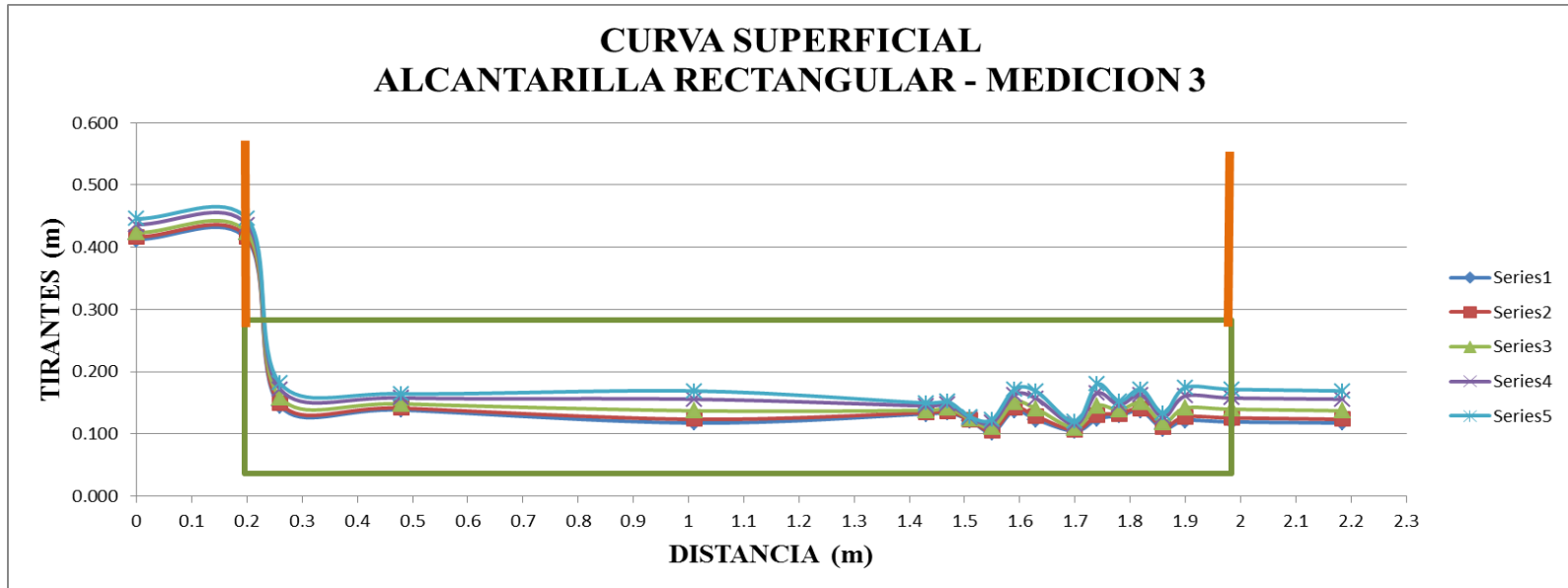
d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.650	0.413	0.650	0.413	0.144	0.138	0.117	0.132	0.134	0.121	0.102	0.138	0.123	0.104	0.124	0.129	0.136	0.108	0.121	0.361	0.120	0.358	0.117
0.275	0.653	0.415	0.653	0.415	0.148	0.141	0.122	0.134	0.136	0.122	0.104	0.141	0.127	0.106	0.129	0.131	0.140	0.110	0.126	0.365	0.124	0.363	0.122
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.157	0.147	0.135	0.138	0.140	0.123	0.110	0.149	0.138	0.109	0.143	0.137	0.148	0.117	0.139	0.377	0.136	0.376	0.135
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.173	0.159	0.158	0.146	0.148	0.126	0.119	0.164	0.159	0.116	0.168	0.148	0.164	0.128	0.163	0.401	0.160	0.399	0.158
0.275	0.688	0.447	0.688	0.447	0.183	0.166	0.172	0.151	0.153	0.128	0.124	0.173	0.171	0.120	0.183	0.154	0.174	0.135	0.177	0.416	0.175	0.413	0.172



**ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO V**

Medicion N° 3

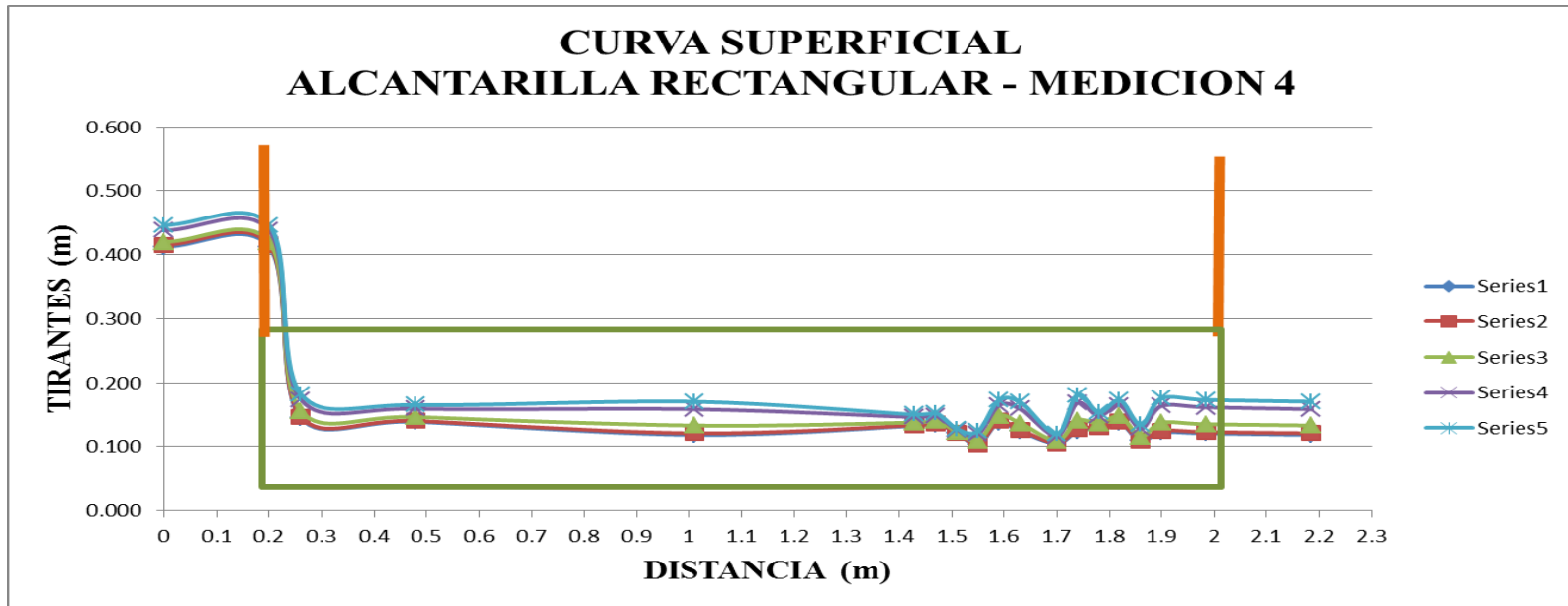
d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.650	0.412	0.650	0.412	0.145	0.138	0.118	0.132	0.135	0.122	0.103	0.138	0.123	0.104	0.124	0.129	0.137	0.108	0.122	0.360	0.119	0.359	0.118
0.275	0.654	0.416	0.654	0.416	0.149	0.141	0.123	0.134	0.137	0.122	0.105	0.142	0.128	0.106	0.130	0.132	0.141	0.111	0.128	0.367	0.126	0.364	0.123
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.159	0.148	0.137	0.138	0.141	0.124	0.110	0.151	0.140	0.110	0.145	0.138	0.150	0.118	0.142	0.381	0.140	0.378	0.137
0.275	0.677	0.436	0.677	0.436	0.172	0.158	0.156	0.145	0.147	0.126	0.118	0.163	0.157	0.115	0.165	0.147	0.163	0.127	0.161	0.399	0.158	0.397	0.156
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.181	0.165	0.169	0.150	0.152	0.127	0.123	0.172	0.168	0.119	0.180	0.153	0.172	0.133	0.175	0.413	0.172	0.410	0.169



ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO V

Medicion N° 4

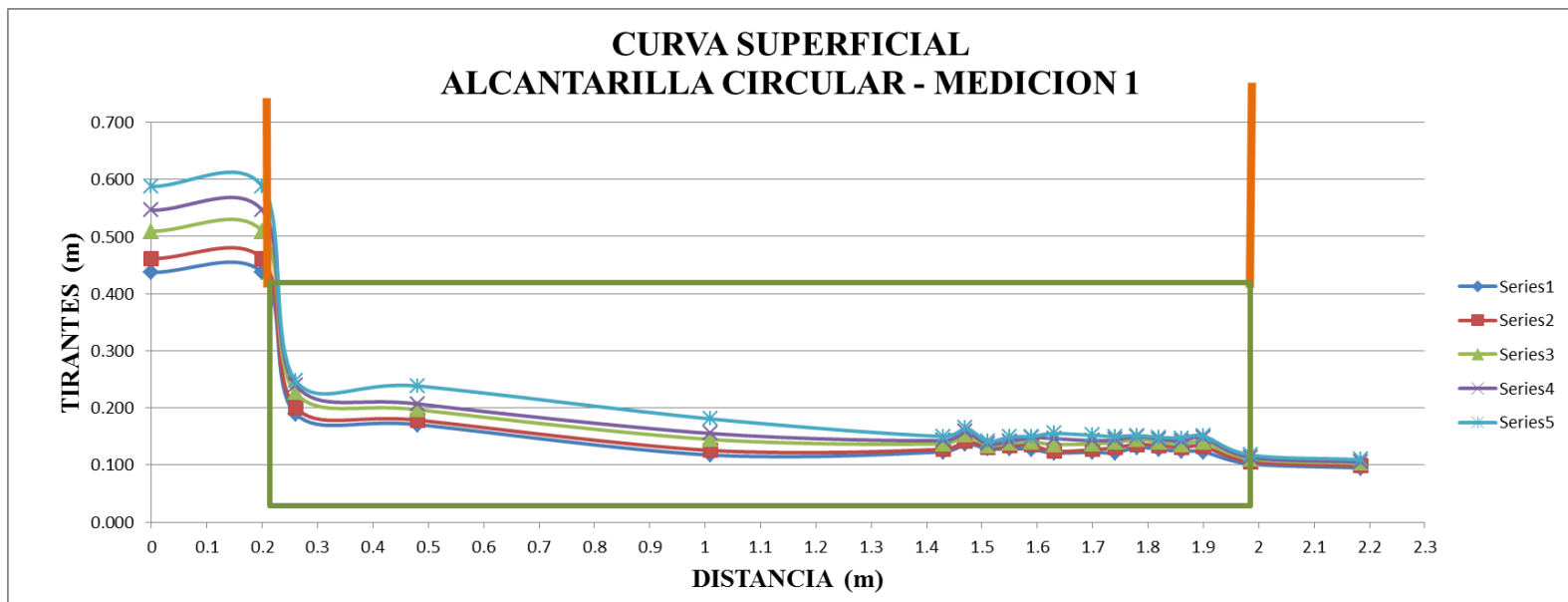
d m	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.651	0.412	0.651	0.412	0.145	0.139	0.118	0.132	0.135	0.122	0.103	0.138	0.123	0.105	0.124	0.130	0.137	0.109	0.122	0.361	0.120	0.359	0.118
0.275	0.652	0.415	0.652	0.415	0.147	0.140	0.121	0.133	0.136	0.122	0.104	0.140	0.126	0.105	0.127	0.131	0.139	0.110	0.125	0.364	0.123	0.362	0.121
0.275	0.661	0.420	0.661	0.420	0.155	0.146	0.133	0.137	0.140	0.123	0.109	0.148	0.136	0.109	0.140	0.136	0.147	0.116	0.137	0.376	0.135	0.374	0.133
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.174	0.159	0.158	0.146	0.148	0.126	0.119	0.164	0.159	0.116	0.168	0.148	0.165	0.128	0.164	0.402	0.161	0.399	0.158
0.275	0.687	0.446	0.687	0.446	0.182	0.165	0.170	0.150	0.152	0.127	0.124	0.172	0.169	0.119	0.181	0.153	0.173	0.134	0.176	0.414	0.173	0.411	0.170



**ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO V**

Medicion N° 1

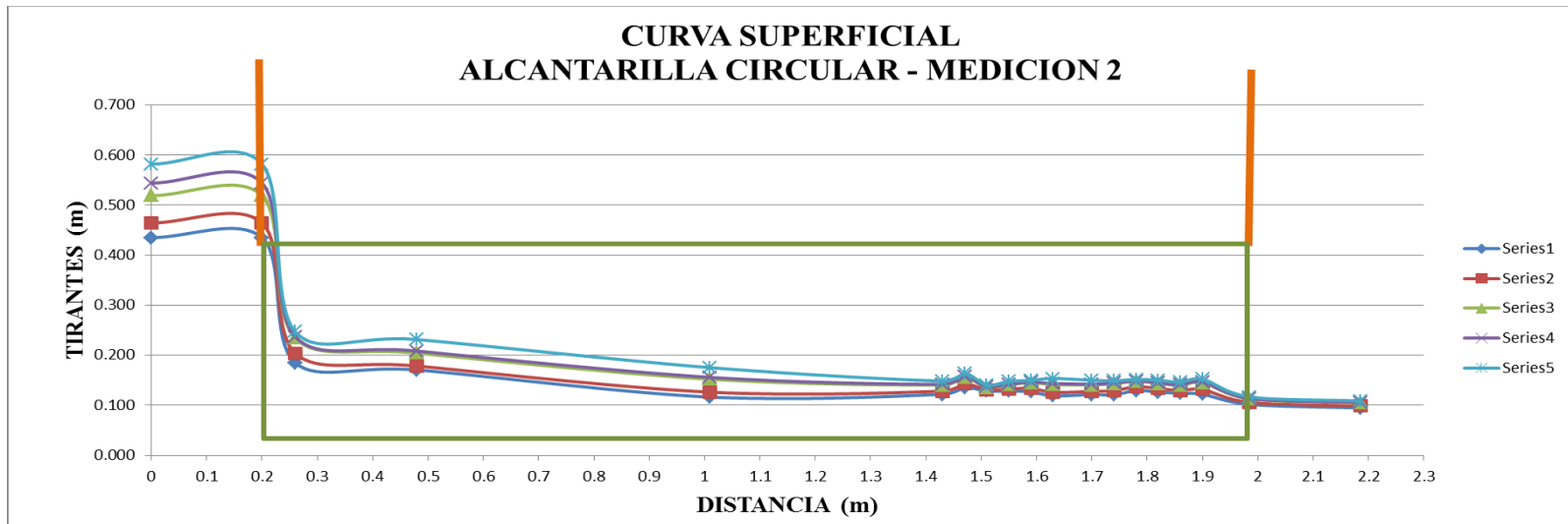
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.697	0.437	0.697	0.437	0.190	0.171	0.117	0.123	0.137	0.129	0.128	0.128	0.121	0.122	0.121	0.131	0.127	0.124	0.123	0.343	0.102	0.336	0.095
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.201	0.179	0.126	0.127	0.142	0.130	0.133	0.135	0.124	0.127	0.130	0.136	0.134	0.131	0.132	0.347	0.106	0.340	0.099
0.275	0.769	0.509	0.769	0.509	0.226	0.197	0.145	0.137	0.153	0.134	0.138	0.141	0.136	0.137	0.140	0.145	0.141	0.135	0.140	0.352	0.111	0.344	0.103
0.275	0.806	0.546	0.806	0.546	0.240	0.207	0.155	0.143	0.159	0.137	0.142	0.148	0.146	0.143	0.144	0.150	0.146	0.142	0.148	0.354	0.113	0.346	0.105
0.275	0.848	0.588	0.848	0.588	0.247	0.238	0.181	0.150	0.165	0.141	0.149	0.150	0.155	0.152	0.150	0.152	0.149	0.147	0.151	0.358	0.117	0.350	0.109



**ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO V**

Medicion N° 2

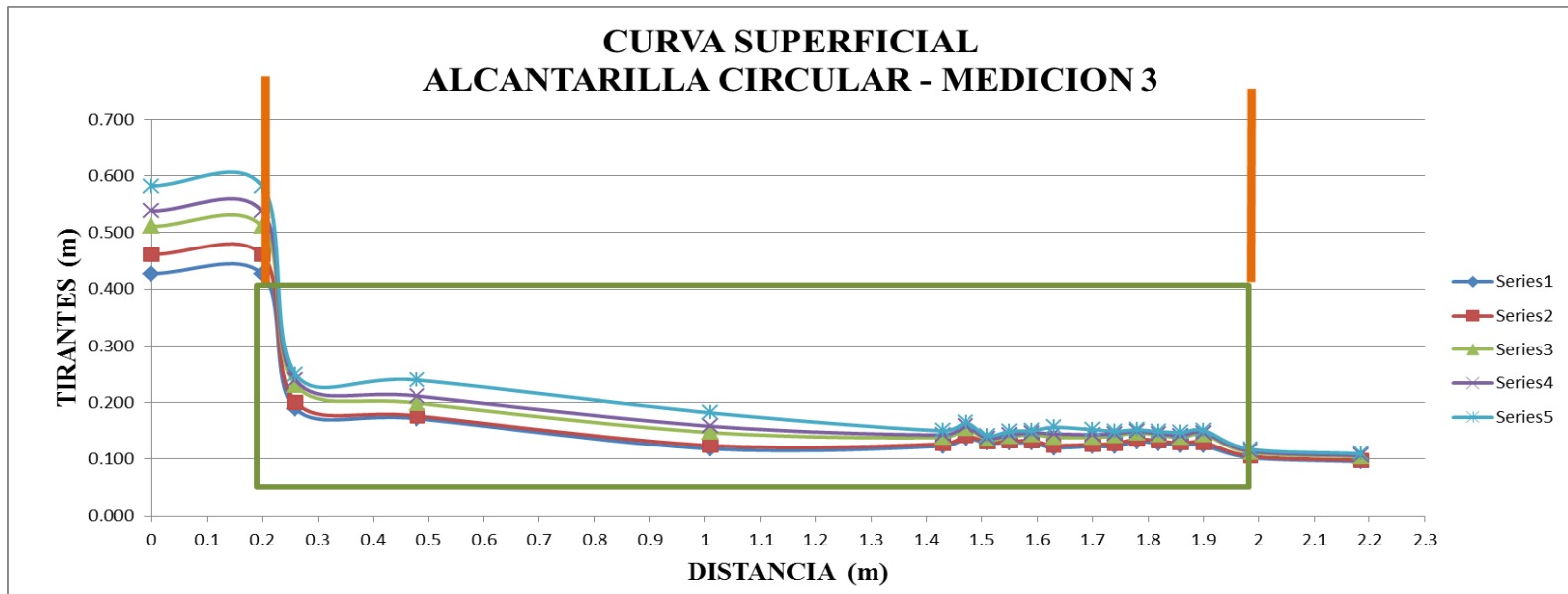
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p3 mt	p5 mt	p7 mt	p9 mt	p11 mt	p13 mt	p15 mt	p17 mt	p19 mt	p21 mt	p23 mt	p25 mt	p27 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.695	0.435	0.695	0.435	0.185	0.171	0.116	0.122	0.136	0.128	0.128	0.127	0.119	0.121	0.121	0.130	0.126	0.124	0.122	0.343	0.102	0.335	0.094
0.275	0.724	0.464	0.724	0.464	0.204	0.178	0.126	0.128	0.143	0.131	0.132	0.134	0.126	0.128	0.129	0.137	0.134	0.129	0.131	0.347	0.106	0.339	0.098
0.275	0.779	0.519	0.779	0.519	0.234	0.204	0.152	0.140	0.156	0.136	0.141	0.145	0.141	0.141	0.143	0.148	0.144	0.140	0.145	0.354	0.113	0.346	0.105
0.275	0.804	0.544	0.804	0.544	0.237	0.208	0.156	0.142	0.158	0.137	0.142	0.146	0.143	0.142	0.144	0.149	0.145	0.141	0.146	0.354	0.113	0.347	0.106
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.247	0.231	0.175	0.149	0.164	0.140	0.148	0.150	0.153	0.150	0.149	0.152	0.150	0.146	0.152	0.358	0.117	0.349	0.108



**ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO V**

Medicion N° 3

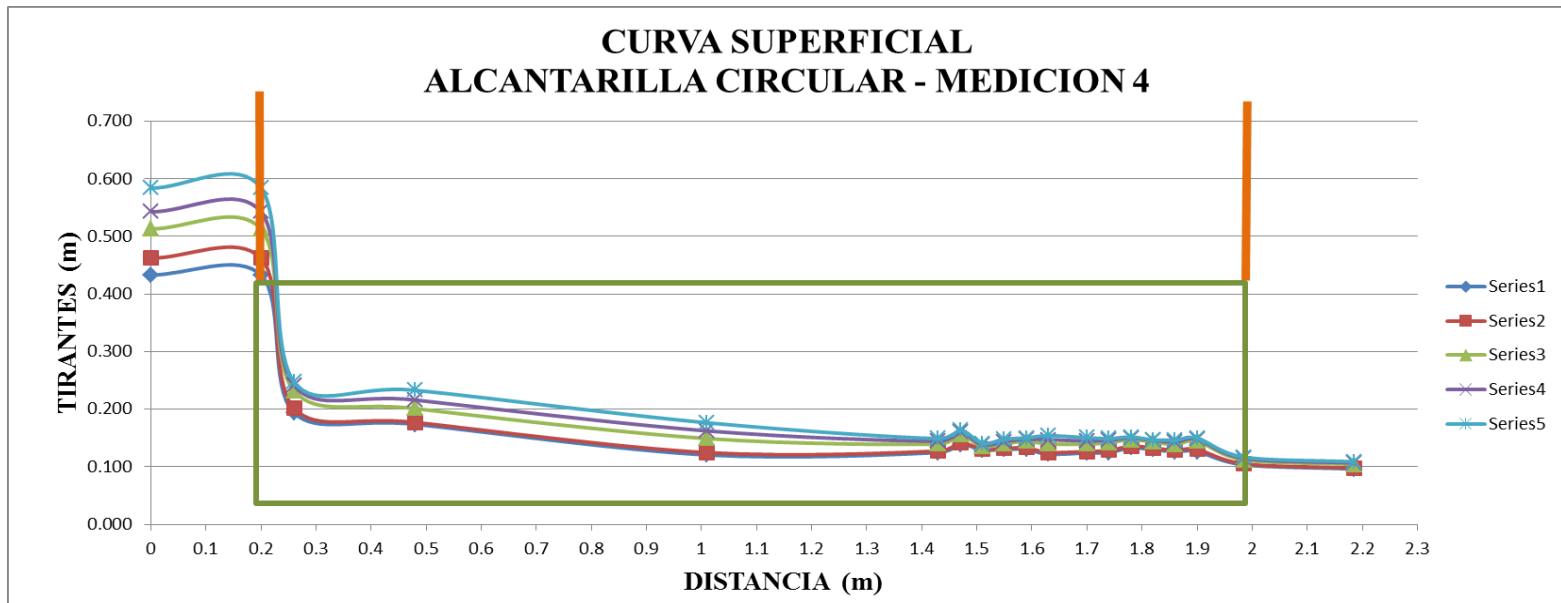
d	H1	h1	H2	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	H3	h3	H4	h4
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt
0.275	0.687	0.427	0.687	0.427	0.189	0.172	0.118	0.123	0.137	0.129	0.129	0.128	0.120	0.122	0.122	0.131	0.128	0.125	0.124	0.343	0.102	0.336	0.095
0.275	0.721	0.461	0.721	0.461	0.201	0.177	0.124	0.127	0.142	0.130	0.131	0.133	0.124	0.126	0.128	0.135	0.132	0.128	0.130	0.346	0.105	0.339	0.098
0.275	0.771	0.511	0.771	0.511	0.230	0.199	0.147	0.139	0.155	0.135	0.139	0.144	0.139	0.139	0.141	0.146	0.143	0.138	0.144	0.353	0.112	0.345	0.104
0.275	0.798	0.538	0.798	0.538	0.239	0.212	0.158	0.143	0.159	0.137	0.143	0.147	0.145	0.143	0.145	0.149	0.145	0.142	0.147	0.355	0.114	0.347	0.106
0.275	0.842	0.582	0.842	0.582	0.249	0.240	0.182	0.150	0.166	0.142	0.149	0.151	0.157	0.153	0.150	0.152	0.149	0.148	0.151	0.358	0.117	0.350	0.109



ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO V

Medicion N° 4

d	H1	h1	H2	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	H3	h3	H4	h4
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt
0.275	0.693	0.433	0.693	0.433	0.194	0.174	0.121	0.125	0.139	0.129	0.130	0.130	0.122	0.124	0.125	0.133	0.130	0.126	0.126	0.344	0.103	0.337	0.096
0.275	0.722	0.462	0.722	0.462	0.201	0.177	0.125	0.127	0.142	0.130	0.132	0.133	0.125	0.127	0.128	0.136	0.133	0.129	0.130	0.346	0.105	0.339	0.098
0.275	0.773	0.513	0.773	0.513	0.232	0.201	0.149	0.139	0.155	0.135	0.140	0.144	0.140	0.139	0.142	0.147	0.143	0.139	0.144	0.353	0.112	0.345	0.104
0.275	0.803	0.543	0.803	0.543	0.241	0.216	0.162	0.144	0.160	0.138	0.144	0.148	0.147	0.145	0.146	0.150	0.146	0.143	0.148	0.356	0.115	0.348	0.107
0.275	0.844	0.584	0.844	0.584	0.247	0.233	0.176	0.149	0.164	0.141	0.148	0.150	0.154	0.151	0.149	0.152	0.147	0.146	0.150	0.358	0.117	0.350	0.109



5.4.3 CURVAS SUPERFICIALES FLUJO TIPO VI

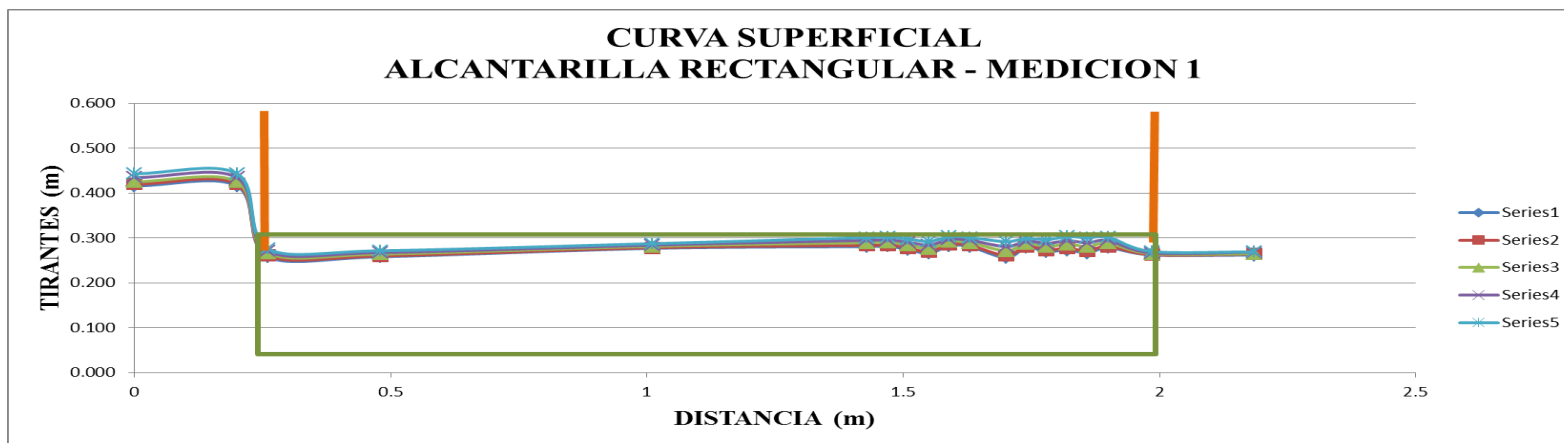
ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO VI

Medicion N° 1

d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.657	0.416	0.657	0.416	0.258	0.258	0.277	0.281	0.282	0.274	0.266	0.283	0.281	0.256	0.279	0.270	0.273	0.267	0.278	0.500	0.262	0.501	0.262
0.270	0.660	0.420	0.660	0.420	0.262	0.260	0.278	0.283	0.285	0.277	0.269	0.285	0.283	0.261	0.281	0.273	0.277	0.271	0.281	0.504	0.263	0.503	0.264
0.270	0.666	0.425	0.666	0.425	0.267	0.264	0.281	0.290	0.291	0.284	0.276	0.292	0.290	0.271	0.288	0.281	0.286	0.281	0.289	0.505	0.265	0.505	0.265
0.270	0.675	0.434	0.675	0.434	0.271	0.267	0.284	0.295	0.296	0.290	0.284	0.297	0.295	0.281	0.293	0.288	0.294	0.289	0.295	0.508	0.267	0.508	0.268
0.270	0.684	0.443	0.684	0.443	0.276	0.272	0.287	0.301	0.302	0.298	0.292	0.303	0.301	0.292	0.299	0.296	0.303	0.300	0.302	0.510	0.270	0.510	0.269

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS

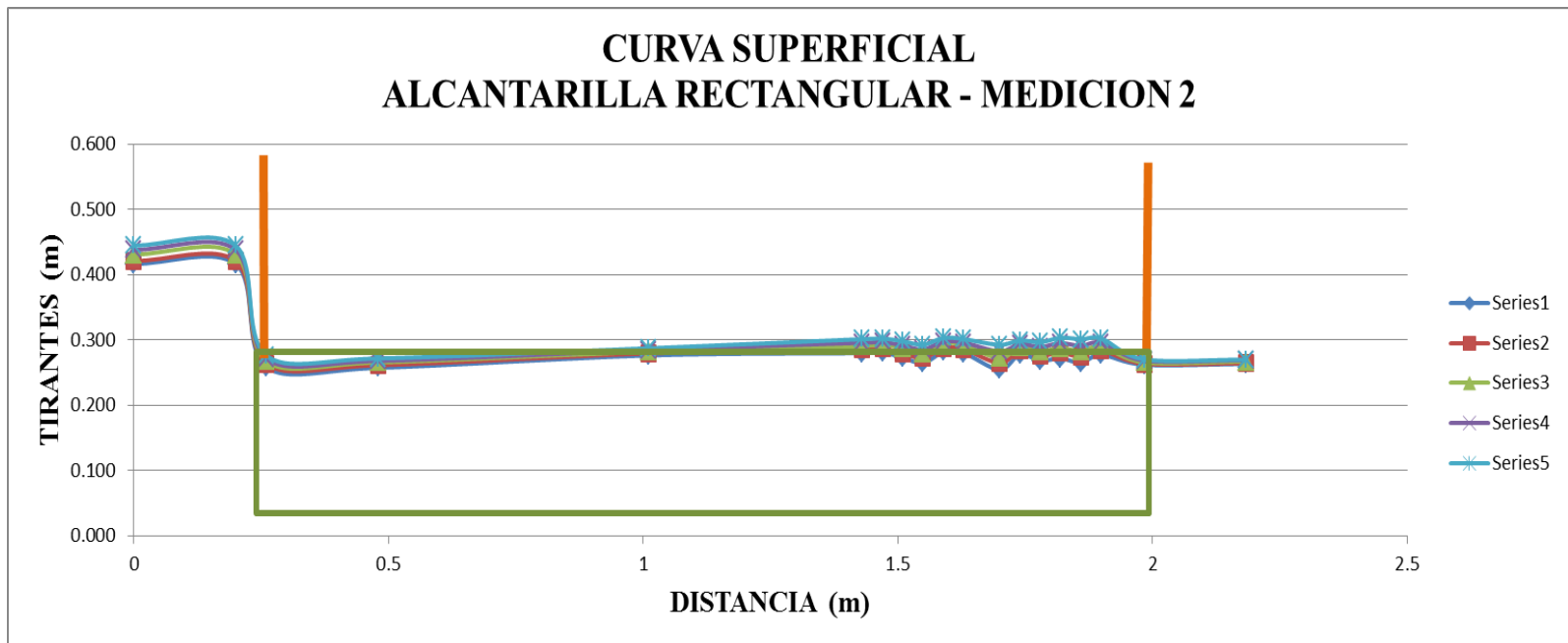
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



**ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO VI**

Medicion N° 2

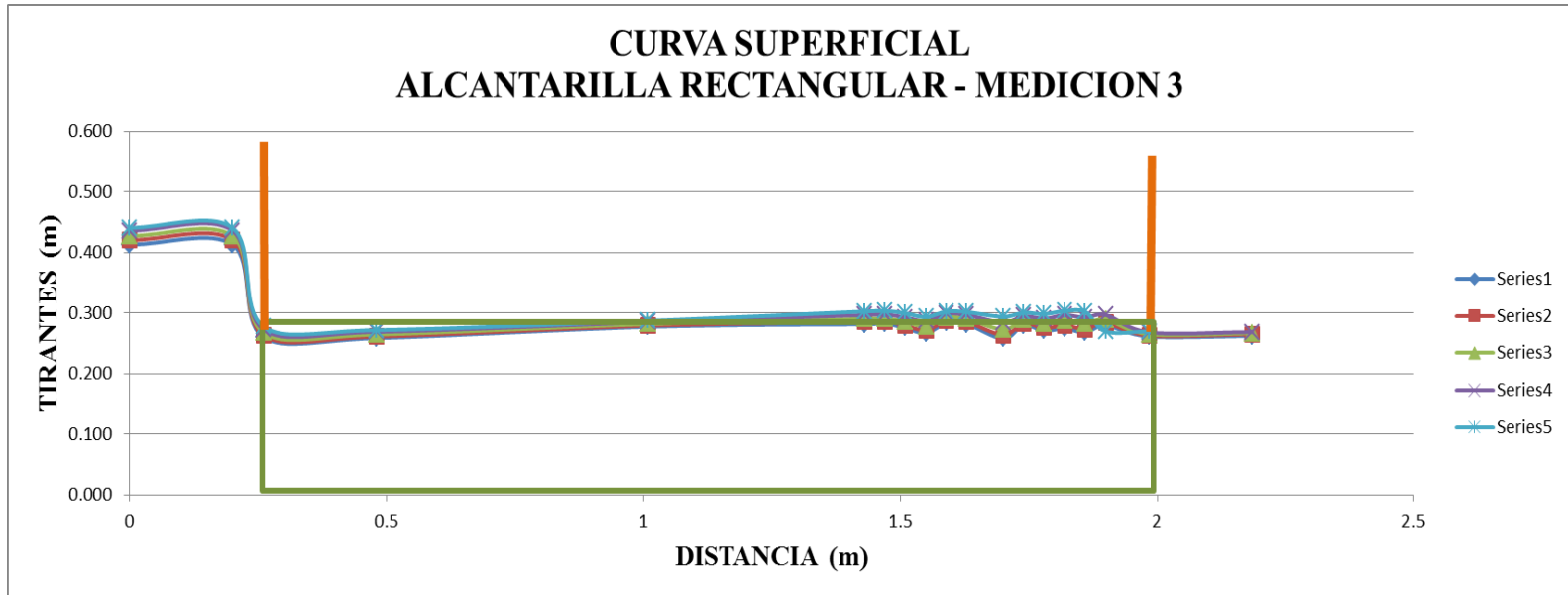
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.657	0.416	0.657	0.416	0.259	0.257	0.276	0.280	0.281	0.273	0.265	0.282	0.280	0.255	0.278	0.268	0.272	0.265	0.277	0.501	0.262	0.503	0.263
0.270	0.662	0.421	0.662	0.421	0.264	0.261	0.279	0.286	0.287	0.280	0.272	0.288	0.286	0.265	0.284	0.276	0.281	0.275	0.284	0.504	0.264	0.507	0.265
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.268	0.266	0.282	0.291	0.294	0.287	0.279	0.295	0.292	0.273	0.289	0.283	0.288	0.283	0.290	0.507	0.266	0.509	0.267
0.270	0.679	0.438	0.679	0.438	0.272	0.268	0.285	0.296	0.297	0.292	0.285	0.298	0.296	0.283	0.294	0.289	0.295	0.291	0.296	0.509	0.268	0.510	0.269
0.270	0.686	0.445	0.686	0.445	0.276	0.272	0.287	0.301	0.302	0.298	0.293	0.303	0.301	0.293	0.299	0.297	0.304	0.301	0.302	0.510	0.270	0.511	0.270



ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO VI

Medicion N° 3

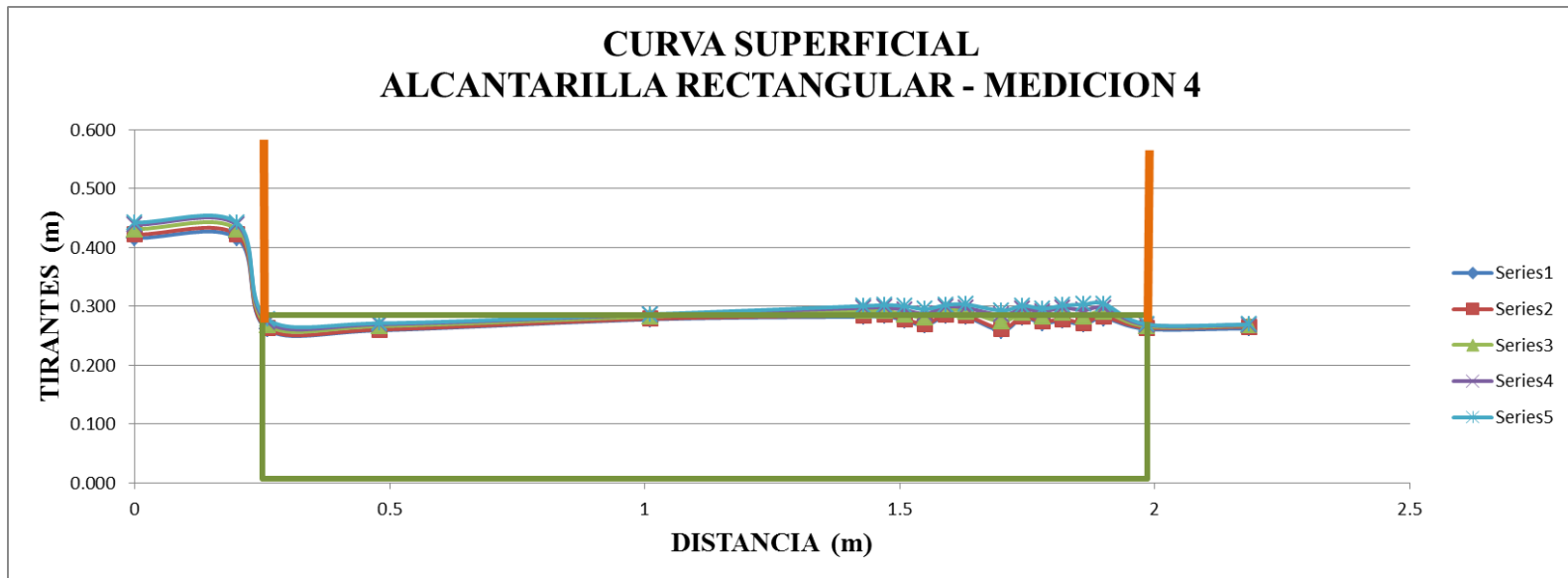
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.654	0.413	0.654	0.413	0.260	0.259	0.277	0.281	0.283	0.275	0.267	0.283	0.281	0.257	0.279	0.271	0.274	0.268	0.279	0.501	0.261	0.504	0.262
0.270	0.659	0.420	0.659	0.420	0.263	0.261	0.279	0.285	0.286	0.279	0.271	0.287	0.285	0.263	0.283	0.275	0.279	0.273	0.283	0.504	0.263	0.505	0.265
0.270	0.668	0.427	0.668	0.427	0.267	0.264	0.282	0.290	0.291	0.285	0.278	0.292	0.290	0.273	0.288	0.282	0.287	0.282	0.289	0.506	0.265	0.507	0.266
0.270	0.677	0.436	0.677	0.436	0.272	0.269	0.285	0.297	0.298	0.293	0.286	0.299	0.297	0.284	0.295	0.290	0.296	0.292	0.297	0.508	0.268	0.509	0.268
0.270	0.682	0.441	0.682	0.441	0.277	0.272	0.287	0.302	0.303	0.299	0.293	0.302	0.301	0.294	0.300	0.298	0.303	0.302	0.303	0.509	0.269	0.511	0.270



**ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO VI**

Medicion N° 4

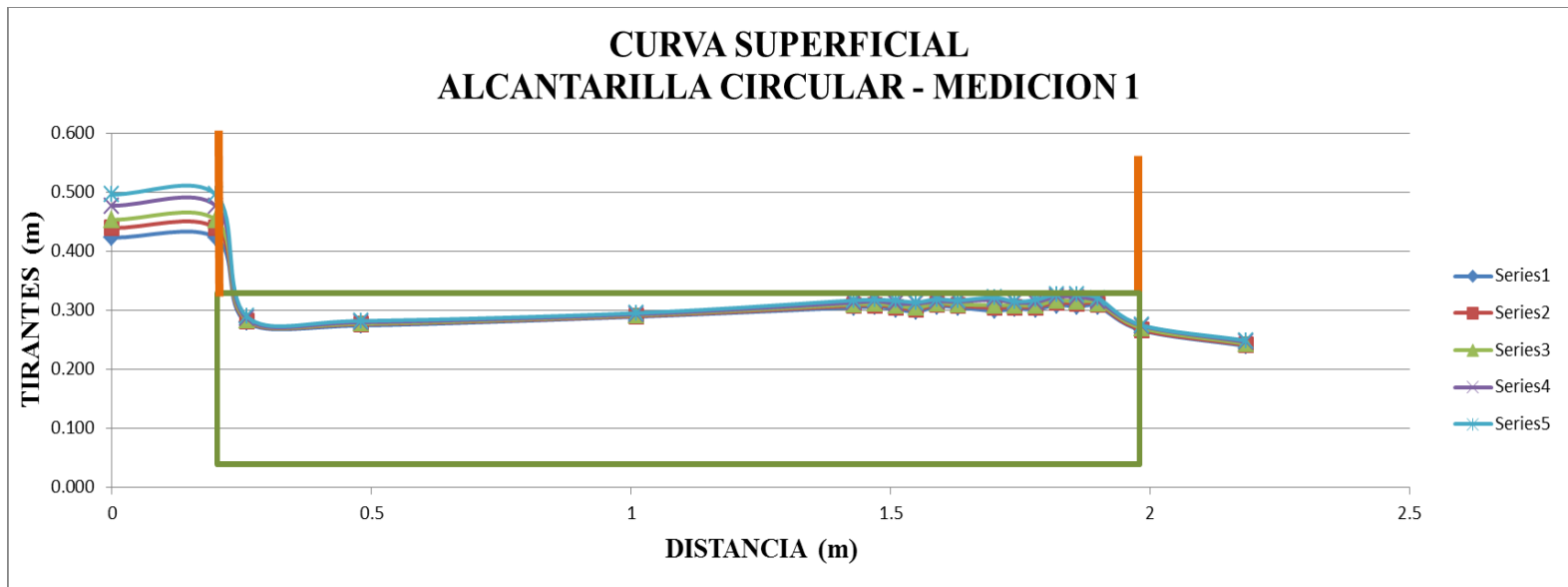
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.270	0.657	0.416	0.657	0.416	0.261	0.259	0.278	0.282	0.283	0.276	0.268	0.284	0.282	0.258	0.280	0.271	0.275	0.269	0.280	0.501	0.261	0.502	0.262
0.270	0.662	0.421	0.662	0.421	0.262	0.260	0.278	0.284	0.285	0.278	0.270	0.286	0.284	0.262	0.282	0.274	0.278	0.272	0.282	0.504	0.263	0.506	0.265
0.270	0.672	0.431	0.672	0.431	0.268	0.266	0.282	0.292	0.292	0.286	0.281	0.293	0.291	0.274	0.289	0.283	0.288	0.283	0.290	0.507	0.266	0.508	0.267
0.270	0.680	0.439	0.680	0.439	0.273	0.269	0.285	0.297	0.298	0.293	0.287	0.299	0.297	0.285	0.295	0.291	0.297	0.293	0.297	0.509	0.268	0.509	0.268
0.270	0.683	0.442	0.683	0.442	0.278	0.271	0.286	0.300	0.302	0.300	0.295	0.302	0.303	0.293	0.301	0.296	0.301	0.303	0.304	0.510	0.269	0.510	0.269



ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI

Medicion N° 1

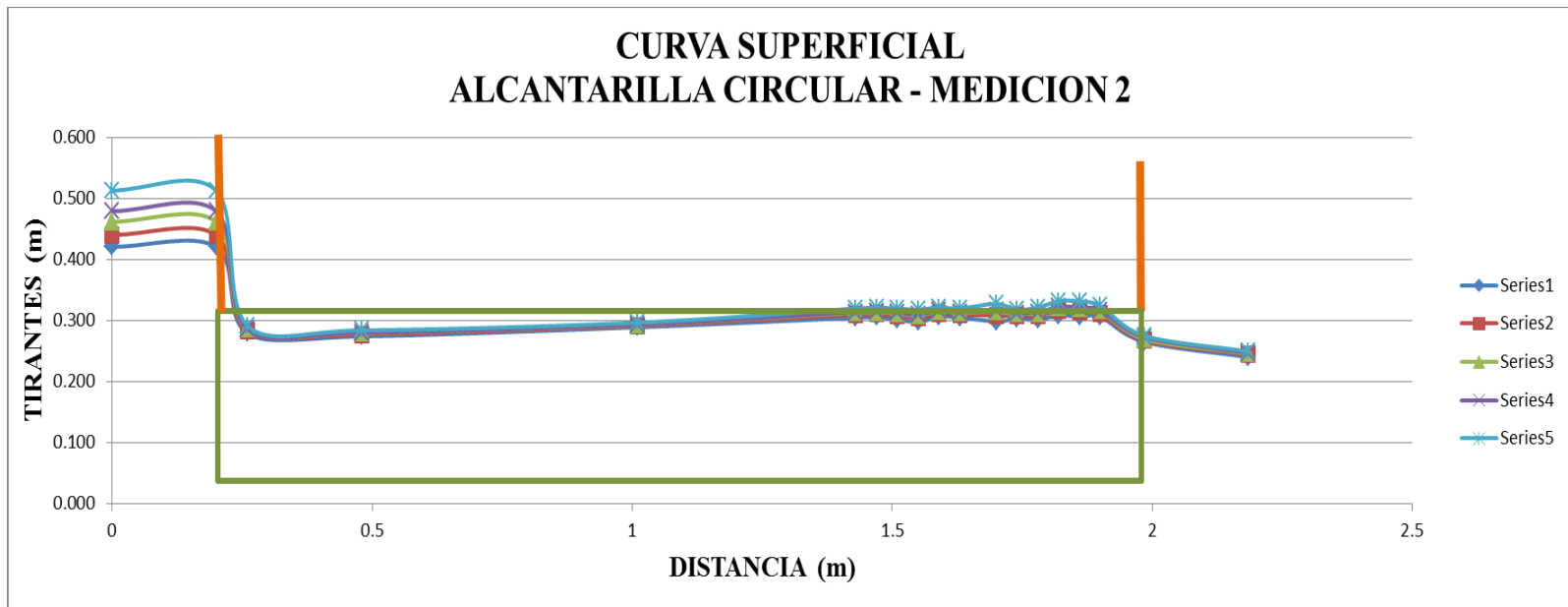
d m	H1 m	h1 m	H2 m	h2 m	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 m	h3 m	H4 m	h4 m
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.279	0.274	0.289	0.305	0.306	0.302	0.297	0.307	0.305	0.299	0.303	0.301	0.309	0.306	0.306	0.509	0.266	0.481	0.240
0.275	0.680	0.439	0.680	0.439	0.282	0.276	0.290	0.308	0.309	0.305	0.301	0.309	0.308	0.304	0.305	0.305	0.313	0.311	0.310	0.515	0.267	0.482	0.241
0.275	0.694	0.453	0.694	0.453	0.283	0.277	0.292	0.310	0.311	0.308	0.304	0.312	0.310	0.308	0.309	0.308	0.316	0.314	0.312	0.515	0.270	0.484	0.243
0.275	0.718	0.477	0.718	0.477	0.286	0.280	0.293	0.313	0.316	0.311	0.311	0.315	0.315	0.318	0.312	0.314	0.323	0.322	0.315	0.515	0.274	0.487	0.246
0.275	0.737	0.496	0.737	0.496	0.289	0.282	0.295	0.317	0.318	0.316	0.314	0.319	0.317	0.321	0.315	0.317	0.327	0.326	0.320	0.515	0.275	0.490	0.249



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Medicion N° 2

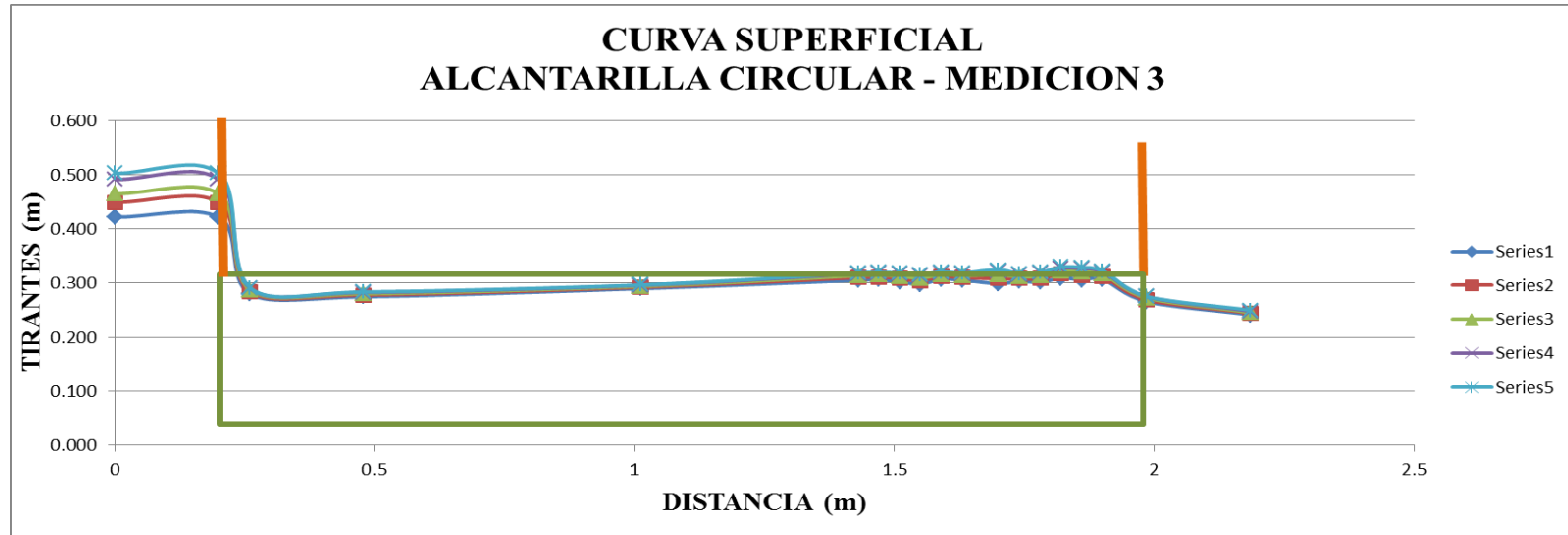
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.279	0.274	0.289	0.305	0.306	0.302	0.297	0.307	0.305	0.299	0.303	0.301	0.309	0.306	0.306	0.506	0.265	0.481	0.240
0.275	0.681	0.440	0.681	0.440	0.283	0.277	0.292	0.310	0.311	0.308	0.304	0.312	0.310	0.308	0.308	0.308	0.316	0.314	0.312	0.509	0.268	0.485	0.244
0.275	0.703	0.462	0.703	0.462	0.286	0.279	0.293	0.313	0.314	0.312	0.308	0.315	0.313	0.314	0.311	0.312	0.321	0.319	0.316	0.511	0.270	0.487	0.246
0.275	0.720	0.479	0.720	0.479	0.287	0.280	0.294	0.314	0.315	0.313	0.310	0.316	0.314	0.316	0.312	0.313	0.323	0.321	0.317	0.514	0.273	0.488	0.247
0.275	0.754	0.513	0.754	0.513	0.292	0.284	0.296	0.320	0.321	0.320	0.318	0.322	0.320	0.327	0.318	0.322	0.332	0.332	0.324	0.516	0.275	0.490	0.249



**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Medicion N° 3

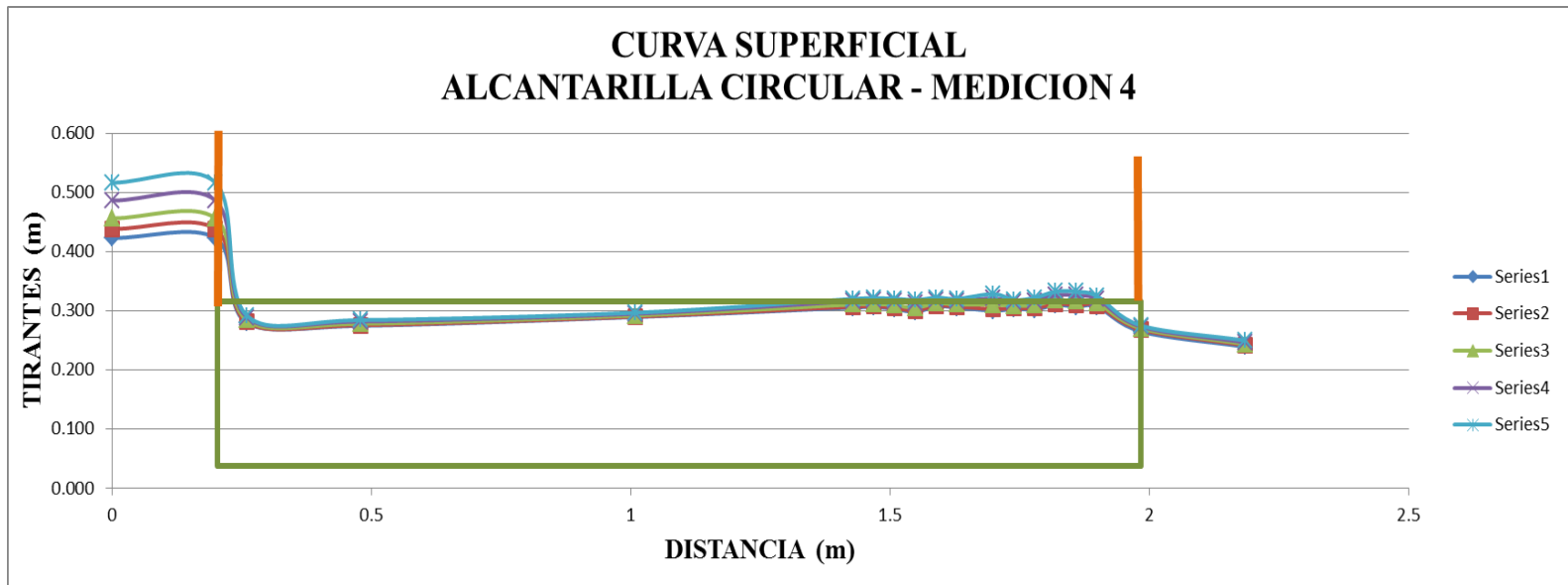
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.662	0.421	0.662	0.421	0.279	0.274	0.289	0.304	0.306	0.302	0.297	0.306	0.304	0.299	0.302	0.301	0.308	0.305	0.306	0.506	0.265	0.482	0.241
0.275	0.689	0.448	0.689	0.448	0.283	0.277	0.291	0.309	0.310	0.307	0.303	0.311	0.309	0.307	0.307	0.307	0.316	0.313	0.312	0.509	0.268	0.484	0.243
0.275	0.705	0.464	0.705	0.464	0.286	0.279	0.293	0.313	0.314	0.312	0.308	0.315	0.313	0.314	0.311	0.312	0.321	0.320	0.316	0.513	0.272	0.486	0.245
0.275	0.732	0.491	0.732	0.491	0.289	0.282	0.295	0.317	0.318	0.316	0.313	0.319	0.317	0.321	0.315	0.317	0.327	0.326	0.320	0.515	0.274	0.488	0.247
0.275	0.743	0.502	0.743	0.502	0.290	0.283	0.296	0.318	0.319	0.318	0.315	0.320	0.318	0.324	0.316	0.319	0.329	0.328	0.322	0.516	0.275	0.490	0.249



ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 m	p3 m	p5 m	p7 m	p9 m	p11 m	p13 m	p15 m	p17 m	p19 m	p21 m	p23 m	p25 m	p27 m	p29 m	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0.275	0.664	0.423	0.664	0.423	0.280	0.274	0.289	0.305	0.306	0.303	0.298	0.307	0.305	0.300	0.303	0.302	0.310	0.307	0.307	0.506	0.265	0.480	0.239
0.275	0.679	0.438	0.679	0.438	0.281	0.276	0.290	0.307	0.308	0.305	0.300	0.309	0.307	0.303	0.305	0.304	0.312	0.309	0.309	0.509	0.268	0.483	0.242
0.275	0.697	0.456	0.697	0.456	0.284	0.278	0.292	0.311	0.312	0.309	0.305	0.313	0.311	0.310	0.309	0.309	0.318	0.316	0.313	0.511	0.270	0.485	0.244
0.275	0.727	0.486	0.727	0.486	0.289	0.282	0.295	0.316	0.317	0.316	0.313	0.318	0.316	0.321	0.314	0.317	0.327	0.326	0.320	0.514	0.273	0.487	0.246
0.275	0.757	0.516	0.757	0.516	0.292	0.284	0.297	0.320	0.321	0.320	0.318	0.322	0.320	0.328	0.318	0.322	0.332	0.332	0.324	0.516	0.275	0.491	0.250



5.5 VARIACIÓN Y LÍNEA DE ENERGÍA

El caudal circulante por la alcantarilla siempre resulta de la aplicación de un balance de energía entre las secciones que funcionan como controles, dado que allí se pueden conocer todas las características del flujo.

5.5.1 FLUJO TIPO IV

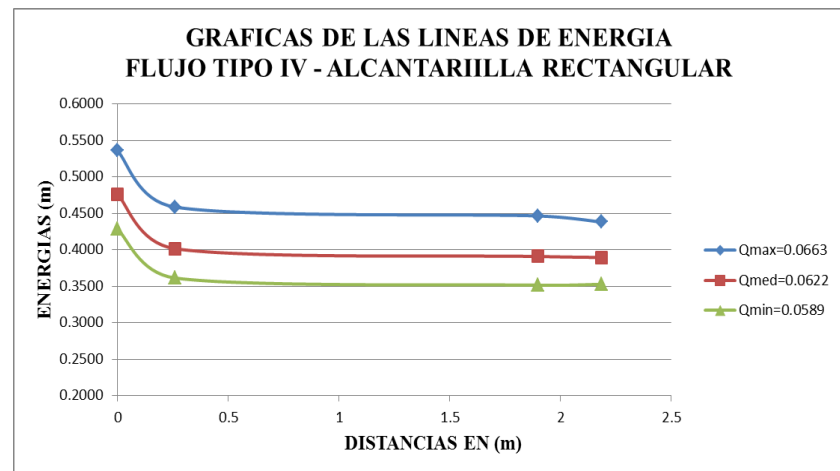
ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO IV

Q m ³ /s	Zh1	h1 mt	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 mt	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 mt	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 mt	Ah4 m ²	Eh4	h1h1 - h4	hfp1 - hfp29	
MAX	0.0663	0	0.53364	0.32018	0.53583	0.007	0.42601	0.09372	0.45852	0	0.42017974	0.09244	0.446396	0	0.4347058	0.260824	0.438	0.0978	0.0121
MED	0.0622	0	0.47365	0.28419	0.47609	0.007	0.36378	0.08003	0.40152	0	0.35918262	0.07902	0.390716	0	0.3857374	0.231442	0.38941	0.0867	0.0108
MIN	0.0589	0	0.4258	0.25548	0.42851	0.007	0.31826	0.07002	0.36127	0	0.31452046	0.06919	0.35139	0	0.3486205	0.209172	0.35266	0.0759	0.0099

ALCANTARILLA
SECCION RECTANGULAR - FLUJO TIPO IV

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q m ³ /s	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4	
MAX	0.0663	0.5358	0.4585	0.4464	0.4380
MED	0.0622	0.4761	0.4015	0.3907	0.3894
MIN	0.0589	0.4285	0.3613	0.3514	0.3527

GRAFICAS DE LAS LINEAS DE ENERGIA
FLUJO TIPO IV - ALCANTARILLA RECTANGULAR



ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR

FLUJO TIPO IV

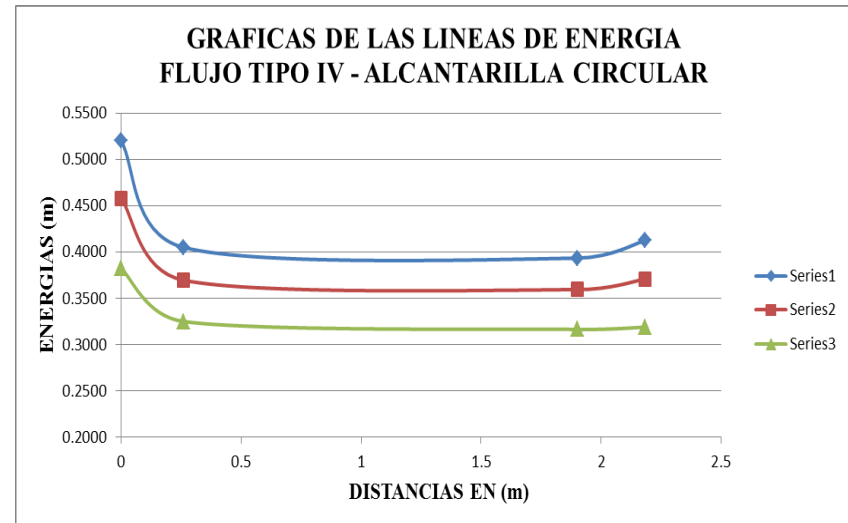
	Q m ³ /s	Zh1	h1 mt	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 mt	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 mt	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 mt	Ah4 m ²	Eh4	hfh1 - h4	hfp1 - hfp29
MAX	0.0688	0	0.51791	0.31075	0.52041	0.007	0.3596832	0.07913	0.405189	0	0.35379	0.07783	0.393588	0	0.4087399	0.245244	0.41275	0.1077	0.0116
MED	0.0619	0	0.45565	0.27339	0.45826	0.007	0.3242311	0.07133	0.369669	0	0.32002	0.07040	0.359476	0	0.3670324	0.220219	0.37107	0.0872	0.0102
MIN	0.0534	0	0.37979	0.22788	0.38259	0.007	0.27976	0.06155	0.3251	0	0.27749	0.06105	0.316457	0	0.3149567	0.188974	0.31902	0.0636	0.0086

ALCANTARILLA

SECCION CIRCULAR - FLUJO TIPO IV

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q m ³ /s	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4	
MAX	0.0688	0.5204	0.4052	0.3936	0.4127
MED	0.0619	0.4583	0.3697	0.3595	0.3711
MIN	0.0534	0.3826	0.3251	0.3165	0.3190

GRAFICAS DE LAS LINEAS DE ENERGIA
FLUJO TIPO IV - ALCANTARILLA CIRCULAR



5.5.2 FLUJO TIPO V

ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR

FLUJO TIPO V

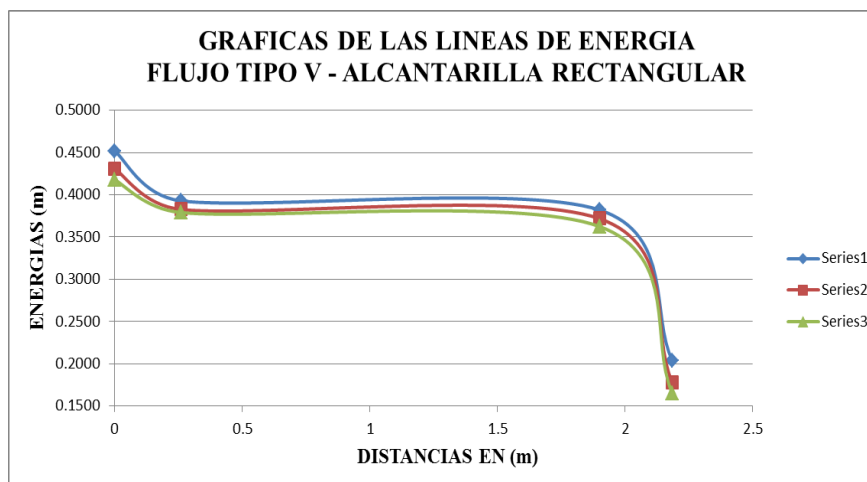
	Q m ³ /s	Zh1	h1 m	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 m	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 m	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 m	Ah4 m ²	Eh4	hfp1 - h4	hfp1 - hfp29
MAX	0.0808	0	0.4473	0.26840	0.45196	0.007	0.1852	0.04073	0.39283	0	0.17842	0.03925	0.382	0	0.1724	0.103437	0.203517	0.2484	0.0108
MED	0.0727	0	0.4267	0.25604	0.43084	0.007	0.1611	0.03545	0.38265	0	0.14519	0.03194	0.37177	0	0.13912	0.083470	0.177807	0.2530	0.0109
MIN	0.0677	0	0.4141	0.24843	0.41784	0.007	0.1463	0.03220	0.37896	0	0.12473	0.02744	0.36247	0	0.11863	0.071181	0.164792	0.2530	0.0165

ALCANTARILLA

SECCION RECTANGULAR - FLUJO TIPO V

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q m ³ /s					
	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4	
MAX	0.0808	0.4520	0.3928	0.3820	0.2035
MED	0.0727	0.4308	0.3827	0.3718	0.1778
MIN	0.0677	0.4178	0.3790	0.3625	0.1648

GRAFICAS DE LAS LINEAS DE ENERGIA
FLUJO TIPO V - ALCANTARILLA RECTANGULAR



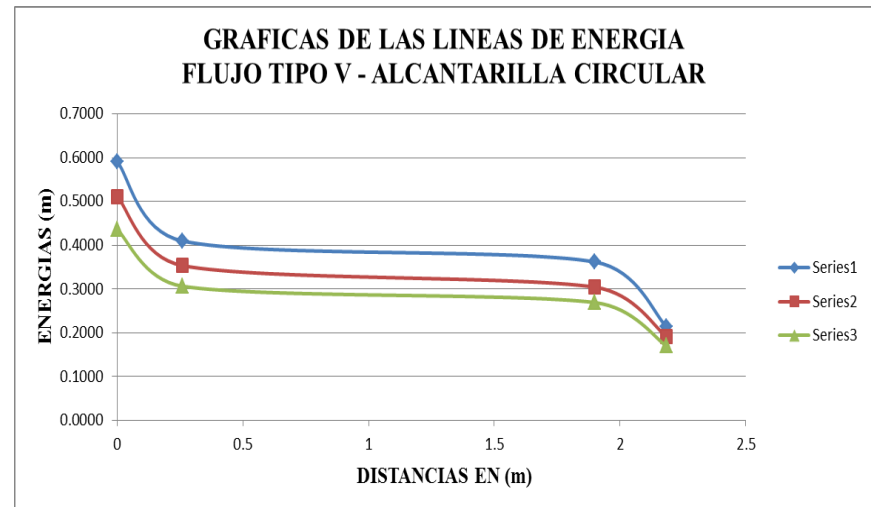
ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR

FLUJO TIPO V

Q m ³ /s	Zh1	h1 mt	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 mt	θ	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 mt	θ	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 mt	Ah4 m ²	Eh4	hfh1 - h4	hfp1 - hfp29	
MAX	0.0942	0	0.587114	0.35227	0.59076	0.007	0.2223261	4.3615	0.05011	0.40951	0	0.15407	4.1115	0.04666	0.361831	0	0.1096974	0.065818	0.214128	0.3766	0.0477
MED	0.0812	0	0.507007	0.30420	0.51064	0.007	0.1934945	4.12667	0.04689	0.35348	0	0.139407	4.012667	0.04516	0.304287	0	0.1025388	0.061523	0.191392	0.3192	0.0492
MIN	0.0691	0	0.432209	0.25933	0.43583	0.007	0.1663543	3.8652	0.04280	0.30634	0	0.125033	3.7652	0.04111	0.269139	0	0.0952795	0.057168	0.169811	0.2660	0.0372

ALCANTARILLA
SECCION CIRCULAR - FLUJO TIPO V

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q m ³ /s	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4	
MAX	0.0942	0.5908	0.4095	0.3618	0.2141
MED	0.0812	0.5106	0.3535	0.3043	0.1914
MIN	0.0691	0.4358	0.3063	0.2691	0.1698



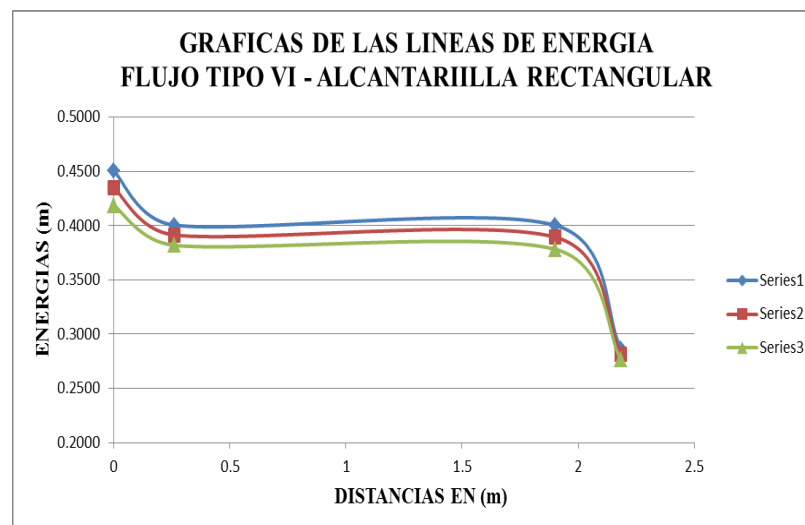
5.5.3 FLUJO TIPO VI

ALCANTARILLA -SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO VI

Q	m ³ /s	Zh1	h1 mt	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 mt	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 mt	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 mt	Ah4 m ²	Eh4	hfh1 - h4	hfp1 - hfp29
MAX	0.0921	0	0.44421	0.26653	0.4503	0.007	0.2770594	0.06095	0.40053	0	0.303057	0.06667	0.4004	0	0.26985195	0.161911	0.286359	0.1639	0.0001
MED	0.0891	0	0.42876	0.25726	0.43488	0.007	0.2675981	0.05887	0.39144	0	0.289871	0.06377	0.38945	0	0.26546477	0.159279	0.281427	0.1535	0.0020
MIN	0.0860	0	0.41262	0.24757	0.41877	0.007	0.2577096	0.05670	0.38196	0	0.276228	0.06077	0.37828	0	0.26079093	0.156475	0.276184	0.1426	0.0037

ALCANTARILLA
SECCION RECTANGULAR - FLUJO TIPO IV

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q	m ³ /s	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4
MAX	0.0921	0.4503	0.4005	0.4004	0.2864
MED	0.0891	0.4349	0.3914	0.3894	0.2814
MIN	0.0860	0.4188	0.3820	0.3783	0.2762

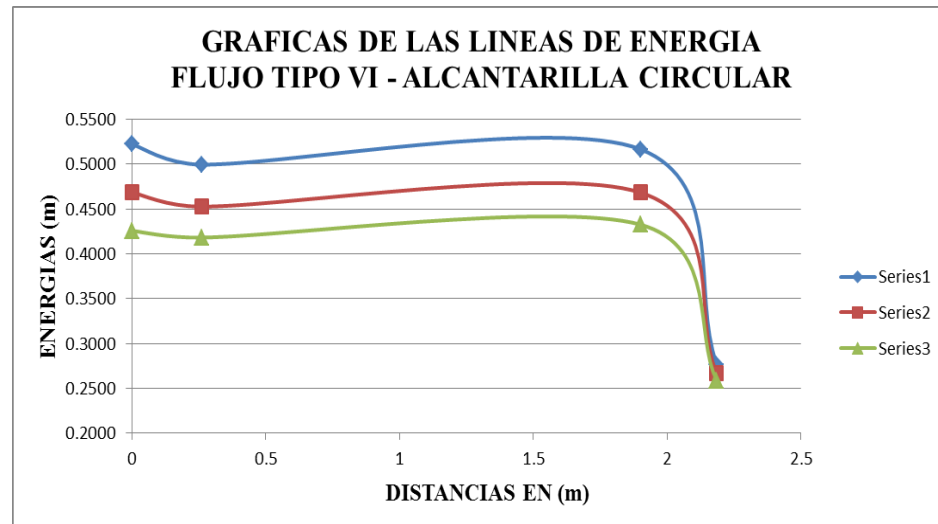


**ALCANTARILLA -SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO VI**

Q	m ³ /s	Zh1	h1 mt	Ah1 m ²	Eh1	Zp1	p1 mt	θ	Ap1 m ²	Ep1	Zp29	p29 mt	θ	Ap29 m ²	Ep29	Zh4	h4 mt	Ah4 m ²	Eh4	h _{h1} - h ₄	h _{fp1} - h _{fp29}
MAX	0.1084	0	0.5161	0.30966	0.522351	0.007	0.29197	4.7854	0.05466	0.49954	0	0.32442	4.93064	0.05584	0.5166409	0	0.25008	0.150050	0.2767	0.2456	0.0171
MED	0.0965	0	0.46235	0.27741	0.468514	0.007	0.28505	4.75075	0.05436	0.45262	0	0.31449	4.889	0.05552	0.4683833	0	0.24459	0.146752	0.26661	0.2019	0.0158
MIN	0.0870	0	0.41965	0.25179	0.425738	0.007	0.27909	4.71977	0.05407	0.41815	0	0.306	4.8515	0.05522	0.4326023	0	0.23984	0.143907	0.25849	0.1673	0.0144

**ALCANTARILLA
SECCION CIRCULAR - FLUJO TIPO V**

DISTANCIA X	0	0.26	1.90	2.185	
Q	m ³ /s	Eh1	Ep1	Ep29	Eh4
MAX	0.1084	0.5224	0.4995	0.5166	0.2767
MED	0.0965	0.4685	0.4526	0.4684	0.2666
MIN	0.0870	0.4257	0.4182	0.4326	0.2585



5.6 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LAS ALCANTARILLAS

5.6.1 FLUJO TIPO IV

Q m ³ /s	h1 mt	Ah1 m ²	Vh1	h2 mt	Ah2 m ²	Vh2	p1 mt	Ap1 m ²	Vp1	p3 mt	Ap3 m ²	Vp3	p5 mt	Ap5 m ²	Vp5	p7 mt	Ap7 m ²	Vp7	
MAX	0.0663	0.53442	0.32065	0.206754	0.53364	0.32018	0.20706	0.426013	0.09372	0.70737	0.3927972	0.08642	0.767185	0.40256	0.08856	0.7485715	0.40664	0.08946	0.74107
MED	0.0622	0.47312	0.28387	0.218954	0.47365	0.28419	0.21871	0.363784	0.08003	0.77662	0.33530877	0.07377	0.842572	0.3462	0.07616	0.8160592	0.35112	0.07725	0.80462
MIN	0.0589	0.42675	0.25605	0.229842	0.4258	0.25548	0.23035	0.318264	0.07002	0.84052	0.28945852	0.06368	0.924163	0.30125	0.06628	0.8879864	0.30685	0.06751	0.8718

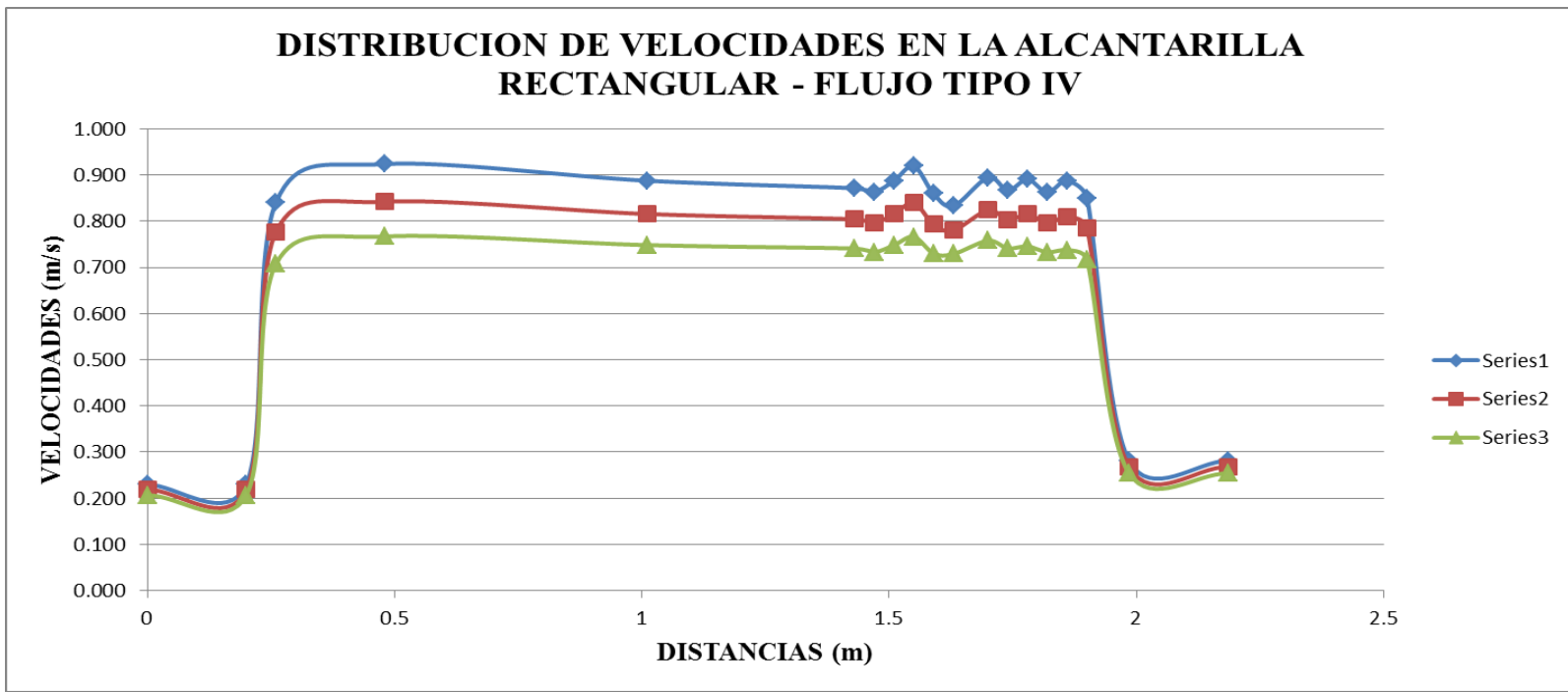
p9 mt	Ap9 m ²	Vp9	p11 mt	Ap11 m ²	Vp11	p13 mt	Ap13 m ²	Vp13	p15 mt	Ap15 m ²	Vp15
0.410935	0.09041	0.7333231	0.40256	0.08856	0.74857	0.39315	0.08649	0.7665	0.41256	0.09076	0.7304369
0.354619	0.07802	0.7966914	0.3462	0.07616	0.81606	0.33626	0.07398	0.84019	0.35613	0.07835	0.7933
0.309704	0.06813	0.8637509	0.30125	0.06628	0.88799	0.29088	0.06399	0.91963	0.31113	0.06845	0.8597806

p17 mt	Ap17 m ²	Vp17	p19 mt	Ap19 m ²	Vp19	p21 mt	Ap21 m ²	Vp21	p23 mt	Ap23 m ²	Vp23
0.4132	0.09091	0.729277	0.39753	0.08746	0.75805	0.406368	0.08940	0.74156	0.40410426	0.08890	0.745719
0.3619	0.07962	0.780667	0.34268	0.07539	0.82445	0.351911	0.07742	0.80282	0.34632176	0.07619	0.815779
0.3210	0.07061	0.833433	0.29893	0.06576	0.89488	0.308479	0.06787	0.86718	0.30023697	0.06605	0.890985

p25 mt	Ap25 m ²	Vp25	p27 mt	Ap27 m ²	Vp27	p29 mt	Ap29 m ²	Vp29	h3 mt	Ah3 m ²	Vh3	h4 mt	Ah4 m ²	Vh4
0.41091	0.09040	0.7333595	0.40853	0.08988	0.73764	0.42018	0.09244	0.7171891	0.43405	0.26043	0.25457	0.43471	0.26082	0.25418
0.35474	0.07804	0.7964116	0.34878	0.07673	0.81002	0.359183	0.07902	0.7865689	0.38609	0.23165	0.26831	0.38574	0.23144	0.26855
0.30994	0.06819	0.8630815	0.30113	0.06625	0.88834	0.31452	0.06919	0.8505225	0.34784	0.20870	0.28198	0.34862	0.20917	0.28135

Q m ³ /s	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)	
MAX	0.0663	0.207	0.207	0.707	0.767	0.749	0.741	0.733	0.749	0.766	0.730	0.729	0.758	0.742	0.746	0.733	0.738	0.717	0.255	0.254
MED	0.0622	0.219	0.219	0.777	0.843	0.816	0.805	0.797	0.816	0.840	0.793	0.781	0.824	0.803	0.816	0.796	0.810	0.787	0.268	0.269
MIN	0.0589	0.230	0.230	0.841	0.924	0.888	0.872	0.864	0.888	0.920	0.860	0.833	0.895	0.867	0.891	0.863	0.888	0.851	0.282	0.281

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																			
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4	
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185	



Q m ³ /s	h1 mt	Ah1 m ²	Vh1	h2 mt	Ah2 m ²	Vh2	p1 mt	θ	Ap1 m ²	Vp1	p3 mt	θ	Ap3 m ²	Vp3	p5 mt	θ	Ap5 m ²	Vp5	
MAX	0.0688	0.51791	0.31075	0.22134	0.51791	0.31075	0.2213359	0.35968	5.06150	0.05673	1.2124	0.3311	4.957398	0.05603	1.2274585	0.342116	4.99943	0.05633	1.22108
MED	0.0619	0.45565	0.27339	0.22658	0.45565	0.27339	0.2265813	0.32423	4.9298	0.05583	1.10947	0.29818	4.81531	0.05492	1.1278504	0.30806	4.86076	0.05530	1.12019
MIN	0.0534	0.37979	0.22788	0.23425	0.37979	0.22788	0.2342533	0.27976	4.72331	0.05410	0.98666	0.25694	4.594493	0.05282	1.0106228	0.265396	4.64429	0.05333	1.00087

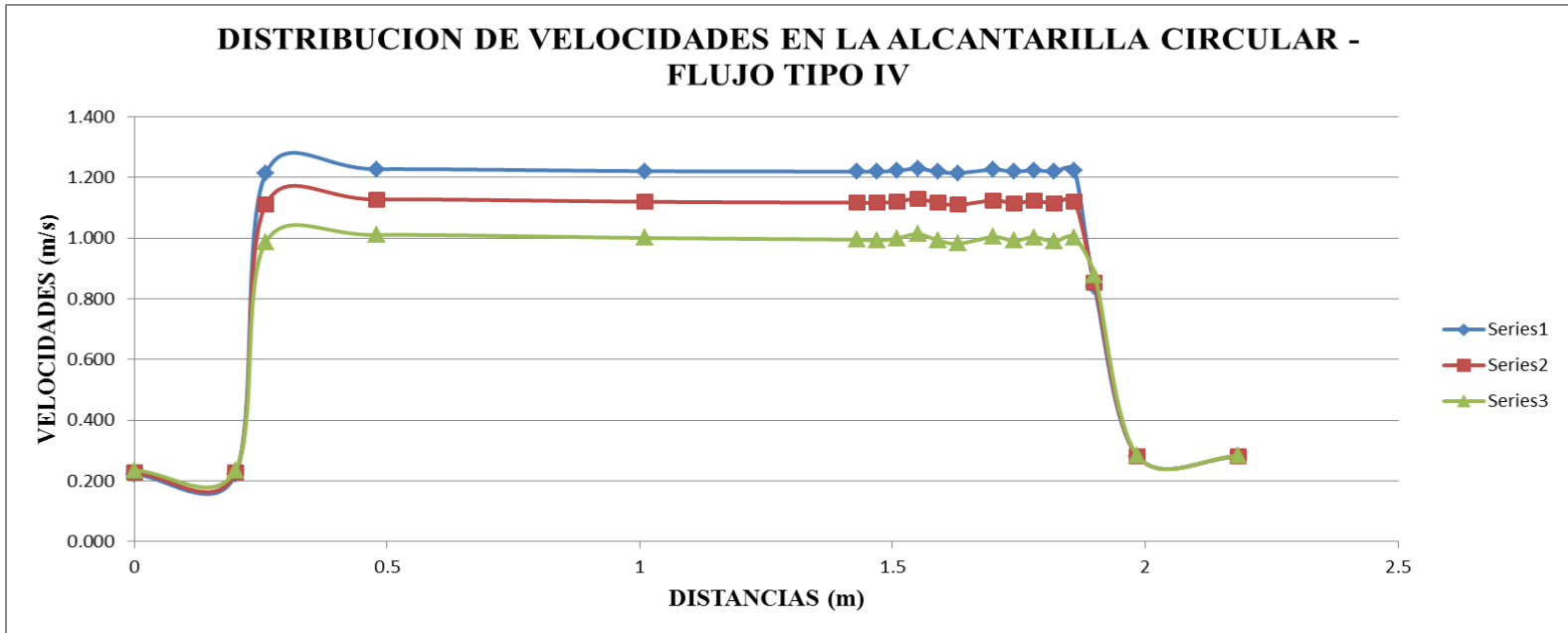
p7 mt	θ	Ap7 m ²	Vp7	p9 mt	θ	Ap9 m ²	Vp9	p11 mt	θ	Ap11 m ²	Vp11	p13 mt	θ	Ap13 m ²	Vp13	p15 mt	θ	Ap15 m ²	Vp15
0.3451144	5.0104	0.05640	1.21948	0.34614	5.01417	0.05643	1.21894	0.33878507	4.987	0.05624	1.22292	0.3284	4.9467	0.05596	1.22915	0.346581	5.01577	0.05644	1.21871
0.312253	4.8793	0.05545	1.1172	0.31445	4.888	0.05551	1.11583	0.30671888	4.85475	0.05525	1.12117	0.29533	4.80172	0.05481	1.13024	0.314043	4.887058	0.05551	1.11598
0.2708476	4.67508	0.05364	0.99516	0.27432	4.6941	0.05383	0.99174	0.26628492	4.6493	0.05338	0.99993	0.25396	4.57632	0.05263	1.01434	0.272972	4.6868	0.05375	0.99304

p17 mt	θ	Ap17 m ²	Vp17	p19 mt	θ	Ap19 m ²	Vp19	p21 mt	θ	Ap21 m ²	Vp21	p23 mt	θ	Ap23 m ²	Vp23	p25 mt	θ	Ap25 m ²
0.3539	5.0417	0.05660	1.21507	0.33344	4.96653	0.05610	1.226036	0.346271	5.01465	0.05643	1.218867	0.33611	4.976828	0.05617	1.22446	0.347022	5.01737	0.05645
0.3237	4.9277	0.05582	1.10978	0.30202	4.8332	0.05507	1.124774	0.314581	4.88939	0.05553	1.11561	0.30374	4.84121	0.05514	1.12342	0.316198	4.89633	0.05558
0.2851	4.7510	0.05436	0.98203	0.26237	4.62676	0.05316	1.004234	0.274455	4.69491	0.05383	0.991597	0.26301	4.630496	0.05319	1.00351	0.27703	4.70881	0.05397

Vp25	p27 mt	θ	Ap27 m ²	Vp27	p29 mt	θ	Ap29 m ²	Vp29	h3 mt	Ah3 m ²	Vh3	h4 mt	Ah4 m ²	Vh4
1.21848	0.3406218	4.99388	0.05629	1.22189	0.45946	5.32787	0.05808	1.1841419	0.40873989	0.24524	0.28045	0.40874	0.24524	0.28045
1.11453	0.3069682	4.85583	0.05526	1.12099	0.35624	5.04982	0.05666	1.0933361	0.3670324	0.22022	0.28129	0.36703	0.22022	0.28129
0.98916	0.2647663	4.64063	0.05330	1.00157	0.2481	4.53963	0.05223	1.0221119	0.3149567	0.18897	0.28248	0.31496	0.18897	0.28248

Q m ³ /s	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)	
MAX	0.0688	0.221	0.221	1.212	1.227	1.221	1.219	1.219	1.223	1.229	1.219	1.215	1.226	1.219	1.224	1.218	1.222	0.839	0.280	0.280
MED	0.0619	0.227	0.227	1.109	1.128	1.120	1.117	1.116	1.121	1.130	1.116	1.110	1.125	1.116	1.123	1.115	1.121	0.853	0.281	0.281
MIN	0.0534	0.234	0.234	0.987	1.011	1.001	0.995	0.992	1.000	1.014	0.993	0.982	1.004	0.992	1.004	0.989	1.002	0.879	0.282	0.282

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																			
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4	
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185	



5.6.2 FLUJO TIPO V

Q m ³ /s	h1 mt	Ah1 m ²	Vh1	h2 mt	Ah2 m ²	Vh2	p1 mt	θ	Ap1 m ²	Vp1	p3 mt	θ	Ap3 m ²	Vp3	p5 mt	θ	Ap5 m ²	Vp5	
MAX	0.0942	0.587114	0.35227	0.26745	0.58711	0.35227	0.267447	0.222326	4.3615	0.05011	1.88024	0.2319943	4.4311	0.05097	1.848426	0.1782963	3.9842	0.04472	2.10679
MED	0.0812	0.507007	0.30420	0.26703	0.50701	0.30420	0.267031	0.193494	4.1266	0.04689	1.732528	0.19855458	4.17088	0.04753	1.709118	0.1450891	3.6274	0.03870	2.09879
MIN	0.0691	0.432209	0.25933	0.26658	0.43221	0.25933	0.266579	0.166354	3.8646	0.04279	1.61569	0.16762125	3.8779	0.04301	1.607446	0.1159429	3.254	0.03182	2.1725

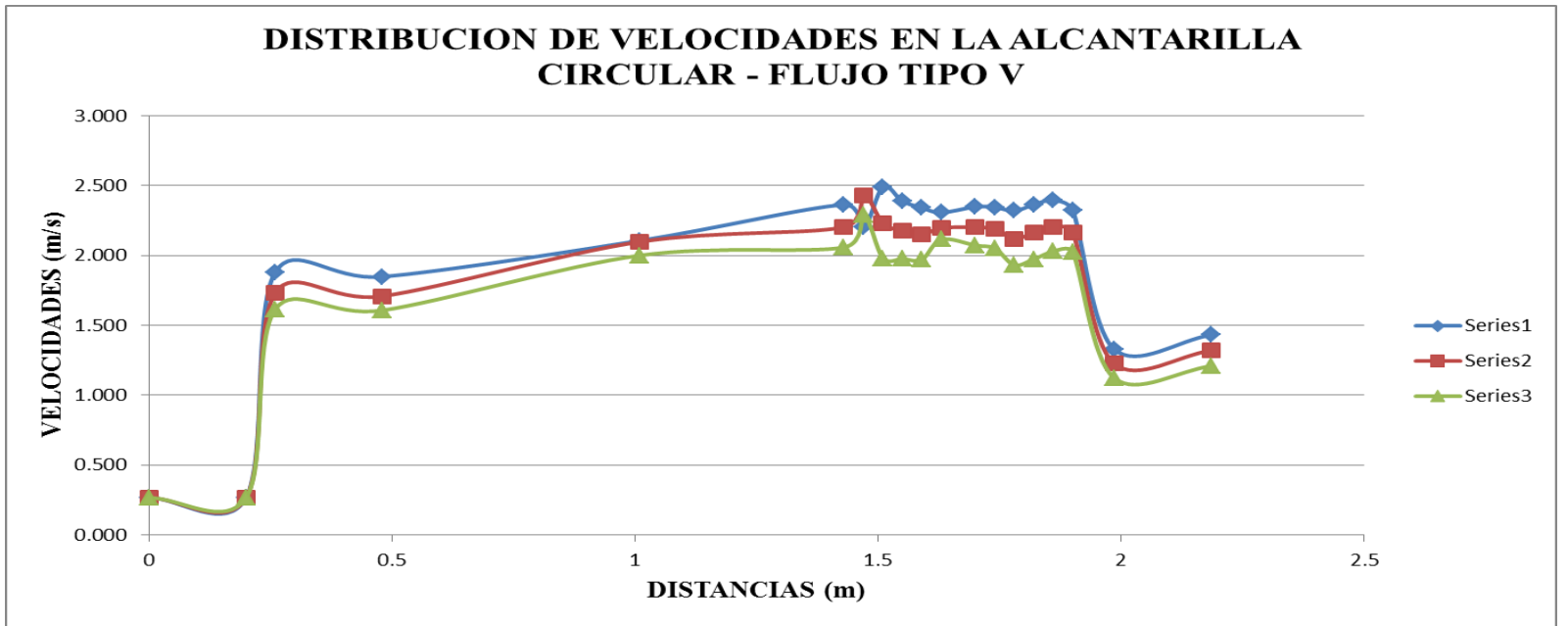
p7 mt	θ	Ap7 m ²	Vp7	p9 mt	θ	Ap9 m ²	Vp9	p11 mt	θ	Ap11 m ²	Vp11	p13 mt	Ap13 m ²	Vp13	p15 mt	θ	Ap15 m ²	Vp15
0.15061	3.6926	0.03986	2.3638505	0.1664934	3.8652	0.04280	2.201390445	0.14091695	3.5786	0.03783	2.49045	0.14854	0.03944	2.38901	0.152592	3.714	0.04023	2.3419
0.13654	3.525	0.03686	2.20388318	0.1518116	3.7062	0.03340	2.432197892	0.13465912	3.5016	0.03643	2.22973	0.13855	0.03730	2.17789	0.140727	3.5763	0.03779	2.14965
0.12272	3.3471	0.03357	2.05932655	0.1373035	3.5344	0.03021	2.288585423	0.12816543	3.4189	0.03491	1.98041	0.12844	0.03497	1.97668	0.128863	3.4278	0.03507	1.9711

p17 mt	θ	Ap17 m ²	Vp17	p19 mt	θ	Ap19 m ²	Vp19	p21 mt	θ	Ap21 m ²	Vp21	p23 mt	θ	Ap23 m ²	Vp23
0.1556	3.7488	0.04083	2.30736	0.1519911	3.7073	0.04011	2.34872	0.152191	3.71058	0.04017	2.3453744	0.154402	3.7354	0.04060	2.3204941
0.1370	3.5307	0.03696	2.19769	0.1367168	3.52707	0.03690	2.20163	0.13757	3.5378	0.03709	2.1900435	0.143154	3.60545	0.03831	2.120266
0.1192	3.2995	0.03268	2.11557	0.1218357	3.3351	0.03334	2.0732	0.123252	3.3542	0.03370	2.0512137	0.131844	3.46611	0.03578	1.9321217

p25 mt	θ	Ap25 m ²	Vp25	p27 mt	θ	Ap27 m ²	Vp27	p29 mt	θ	Ap29 m ²	Vp29	h3 mt	Ah3 m ²	Vh3	Ah4 m ²	Vh4
0.150652	3.6924	0.03985	2.36406	0.14792	3.6613	0.03931	2.396949	0.15407	3.7317	0.04054	2.3241579	0.117982	0.07079	1.33089	0.06582	1.43141
0.139665	3.5626	0.03754	2.16382	0.13634	3.5221	0.03681	2.207048	0.139407	3.5602	0.03750	2.1663215	0.110285	0.06617	1.22761	0.06152	1.32034
0.128619	3.42466	0.03501	1.97437	0.12476	3.3742	0.03408	2.028733	0.125033	3.3774	0.03414	2.0251867	0.102479	0.06149	1.12431	0.05717	1.20926

	Q m ³ /s	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)
MAX	0.0942	0.267	0.267	1.880	1.848	2.107	2.364	2.201	2.490	2.389	2.342	2.307	2.349	2.345	2.320	2.364	2.397	2.324	1.331	1.431
MED	0.0812	0.267	0.267	1.733	1.709	2.099	2.204	2.432	2.230	2.178	2.150	2.198	2.202	2.190	2.120	2.164	2.207	2.166	1.228	1.320
MIN	0.0691	0.267	0.267	1.616	1.607	2.001	2.059	2.289	1.980	1.977	1.971	2.116	2.073	2.051	1.932	1.974	2.029	2.025	1.124	1.209

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																		
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



Q m ³ /s	h1 mt	Ah1 m ²	Vh1	h2 mt	Ah2 m ²	Vh2	p1 mt	Ap1 m ²	Vp1	p3 mt	Ap3 m ²	Vp3	p5 mt	Ap5 m ²	Vp5	p7 mt	Ap7 m ²	Vp7	
MAX	0.0808	0.44733	0.26840	0.301142	0.44733	0.26840	0.3011	0.18515	0.04073	1.98429	0.16781	0.03692	2.18932	0.172395	0.03793	2.1311114	0.150604	0.03313	2.43946763
MED	0.0727	0.42673	0.25604	0.2840373	0.42673	0.25604	0.284	0.16113	0.03545	2.05157	0.15072	0.03316	2.19325	0.139116	0.03061	2.37618887	0.139116	0.03061	2.376188308
MIN	0.0677	0.41405	0.24843	0.2726639	0.41405	0.24843	0.2727	0.14634	0.03220	2.10396	0.1402	0.03084	2.19615	0.118634	0.02610	2.5953767	0.132046	0.02905	2.331769073

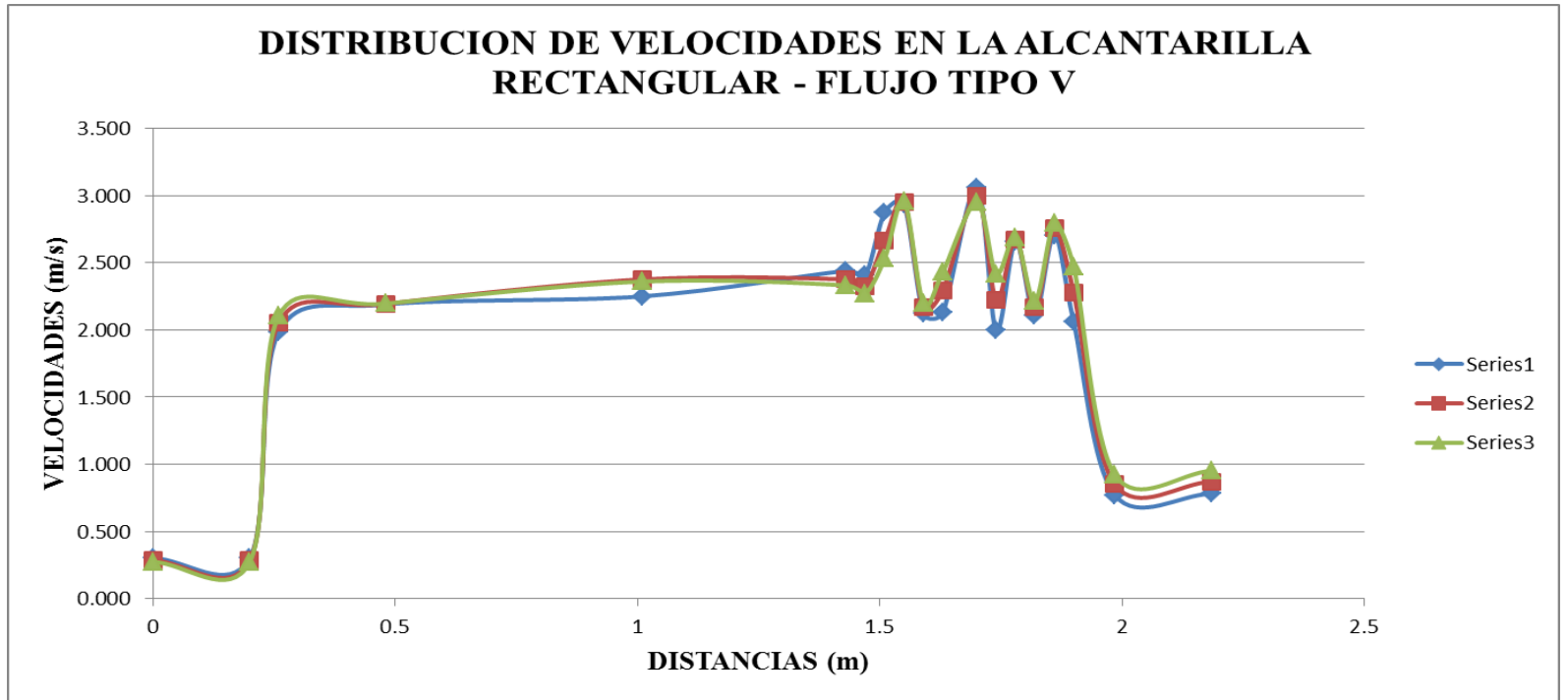
p9 mt	Ap9 m ²	Vp9	p11 mt	Ap11 m ²	Vp11	p13 mt	Ap13 m ²	Vp13	p15 mt	Ap15 m ²	Vp15
0.15269	0.03359	2.40609	0.1278411	0.02813	2.87383	0.125035	0.02751	2.938335904	0.1732816	0.03812	2.120212
0.14206	0.03125	2.32698	0.1239878	0.02728	2.666119	0.11211	0.02466	2.9485821	0.152644	0.03358	2.165602
0.13551	0.02981	2.27211	0.1216162	0.02676	2.531738	0.104156	0.02291	2.956152291	0.1399424	0.03079	2.200193

p17 mt	Ap17 m ²	Vp17	p19 mt	Ap19 m ²	Vp19	p21 mt	Ap21 m ²	Vp21	p23 mt	Ap23 m ²	Vp23
0.1725	0.03795	2.1298889	0.11996	0.02639	3.0627	0.18398	0.04048	1.99688	0.13823	0.03041	2.65791
0.1441	0.03170	2.2942148	0.11034	0.02427	2.9959	0.14886	0.03275	2.22064	0.12358	0.02719	2.67494
0.1266	0.02785	2.4320097	0.10442	0.02297	2.9487	0.12724	0.02799	2.41975	0.11456	0.02520	2.68759

p25 mt	Ap25 m ²	Vp25	p27 mt	Ap27 m ²	Vp27	p29 mt	Ap29 m ²	Vp29	h3 mt	Ah3 m ²	Vh3	h4 mt	Ah4 m ²	Vh4
0.174145	0.03831	2.10970411	0.135739	0.02986	2.70661543	0.17842	0.03925	2.05917	0.1749377	0.10496	0.770051	0.172395	0.10344	0.781407512
0.152418	0.03353	2.16881074	0.119947	0.02639	2.755925303	0.14519	0.03194	2.27683	0.1425764	0.08555	0.850124	0.139116	0.08347	0.871269251
0.139046	0.03059	2.21437075	0.110228	0.02425	2.793297037	0.12473	0.02744	2.46845	0.1226595	0.07360	0.920409	0.118634	0.07118	0.951638122

Q	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)	
MAX	0.0808	0.301	0.301	1.984	2.189	2.250	2.439	2.406	2.874	2.938	2.120	2.130	3.063	1.997	2.658	2.110	2.707	2.059	0.770	0.781
MED	0.0727	0.284	0.284	2.052	2.193	2.376	2.376	2.327	2.666	2.949	2.166	2.294	2.996	2.221	2.675	2.169	2.756	2.277	0.850	0.871
MIN	0.0677	0.273	0.273	2.104	2.196	2.360	2.332	2.272	2.532	2.956	2.200	2.432	2.949	2.420	2.688	2.214	2.793	2.468	0.920	0.952

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																		
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



5.6.3 FLUJO TIPO VI

Q	m ³ /s	h1 mt	Ah1 m ²	Vh1	h2 mt	Ah2 m ²	Vh2	p1 mt	Ap1 m ²	Vp1	p3 mt	Ap3 m ²	Vp3	p5 mt	Ap5 m ²	Vp5
MAX	0.0921	0.444209	0.26653	0.34571	0.44421	0.26653	0.34571	0.2770594	0.06095	1.51168	0.27202	0.05984	1.53969	0.28731	0.06321	1.45773253
MED	0.0891	0.42876	0.25726	0.34649	0.42876	0.25726	0.34649	0.2675981	0.05887	1.51409	0.26472	0.05824	1.53055	0.28186	0.06201	1.43746035
MIN	0.0860	0.412624	0.24757	0.34733	0.41262	0.24757	0.34733	0.2577096	0.05670	1.5167	0.25703	0.05655	1.52071	0.27607	0.06074	1.41580985

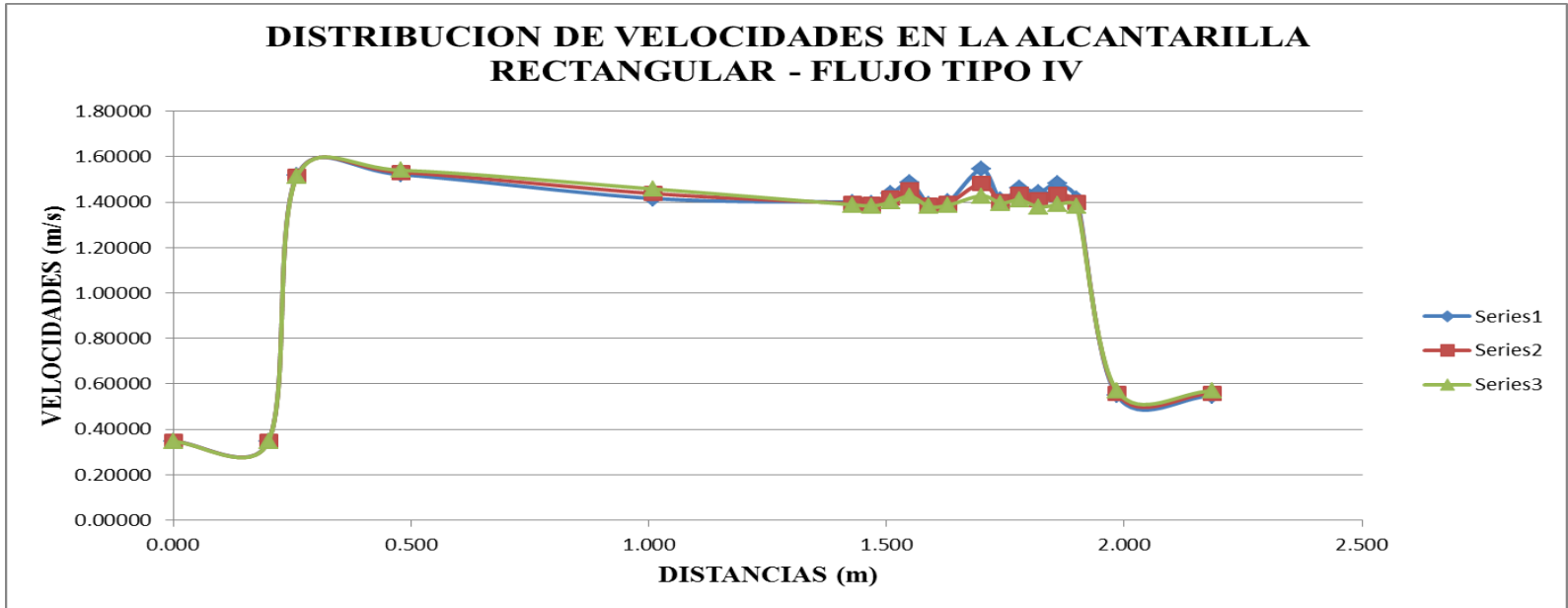
p7 mt	Ap7 m ²	Vp7	p9 mt	Ap9 m ²	Vp9	p11 mt	Ap11 m ²	Vp11	p13 mt	Ap13 m ²	Vp13	p15 mt	Ap15 m ²	Vp15
0.301751	0.06639	1.38799	0.30296	0.06665	1.382445	0.2990701	0.06580	1.40043	0.2937678	0.06463	1.4257023	0.303437	0.06676	1.380270321
0.290703	0.06395	1.39375	0.29183	0.06420	1.388361	0.2858677	0.06289	1.41733	0.2787985	0.06134	1.4532625	0.292586	0.06437	1.384780606
0.279187	0.06142	1.40002	0.28023	0.06165	1.394801	0.2722175	0.05989	1.43587	0.2634364	0.05796	1.4837308	0.281264	0.06188	1.389684979

p17 mt	Ap17 m ²	Vp17	p19 mt	Ap19 m ²	Vp19	p21 mt	Ap21 m ²	Vp21	p23 mt	Ap23 m ²	Vp23	p25 mt	Ap25 m ²	Vp25
0.3020	0.06644	1.38682	0.29332	0.06453	1.42786	0.300034	0.06601	1.39593	0.29724	0.06539	1.40905	0.30377	0.06683	1.37874941
0.2908	0.06397	1.39334	0.27335	0.06014	1.48222	0.2887582	0.06353	1.40314	0.28258	0.06217	1.43384	0.28758	0.06327	1.40889618
0.2791	0.06140	1.40045	0.25324	0.05571	1.54347	0.2770167	0.06094	1.41099	0.2675	0.05885	1.46119	0.271	0.05962	1.44231047

p27 mt	Ap27 m ²	Vp27	p29 mt	Ap29 m ²	Vp29	h3 mt	Ah3 m ²	Vh3	h4 mt	Ah4 m ²	Vh4
0.301677	0.06637	1.38832	0.30306	0.06667	1.382001	0.2698519	0.16191	0.56909	0.2700736	0.16204	0.5686203
0.282816	0.06222	1.43262	0.28987	0.06377	1.397751	0.2654648	0.15928	0.55963	0.2661775	0.15971	0.5581291
0.263705	0.05802	1.48222	0.27623	0.06077	1.415021	0.2607909	0.15647	0.54955	0.2620187	0.15721	0.5469783

Q m ³ /s	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)	
MAX	0.09214	0.34571	0.34571	1.51168	1.53969	1.45773	1.38799	1.38245	1.40043	1.42570	1.38027	1.38682	1.42786	1.39593	1.40905	1.37875	1.38832	1.38200	0.56909	0.56862
MED	0.08914	0.34649	0.34649	1.51409	1.53055	1.43746	1.39375	1.38836	1.41733	1.45326	1.38478	1.39334	1.48222	1.40314	1.43384	1.40890	1.43262	1.39775	0.55963	0.55813
MIN	0.08599	0.34733	0.34733	1.51670	1.52071	1.41581	1.40002	1.39480	1.43587	1.48373	1.38968	1.40045	1.54347	1.41099	1.46119	1.44231	1.48222	1.41502	0.54955	0.54698

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																		
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0.000	0.200	0.260	0.480	1.010	1.430	1.470	1.510	1.550	1.590	1.630	1.700	1.740	1.780	1.820	1.860	1.900	1.985	2.185



Q	m ³ /s	h1	Ah1	Vh1	h2	Ah2	Vh2	p1	θ	Ap1	Vp1	p3	θ	Ap3	Vp3	p5	θ	Ap5	Vp5	p7	θ	Ap7	Vp7
		mt	m ²		mt	m ²		mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²	
MAX	0.1084	0.5161	0.30966	0.35019	0.516101	0.30966	0.35019	0.29197	4.78539	0.05466	1.98373	0.28428	4.7468	0.05432	1.9963352	0.29672	4.80838	0.05486	1.97653	0.32019	4.91318	0.05571	1.94658
MED	0.0965	0.46235	0.27741	0.34778	0.46235	0.27741	0.34778	0.28505	4.75075	0.05436	1.77491	0.27876	4.71802	0.05405	1.7848472	0.29257	4.78833	0.05469	1.76404	0.31178	4.87722	0.05543	1.74051
MIN	0.0870	0.41965	0.25179	0.34566	0.419649	0.25179	0.34566	0.27909	4.71977	0.05407	1.60967	0.27398	4.69232	0.05381	1.6174778	0.28896	4.7705	0.05453	1.59597	0.30455	4.8449	0.05517	1.57756

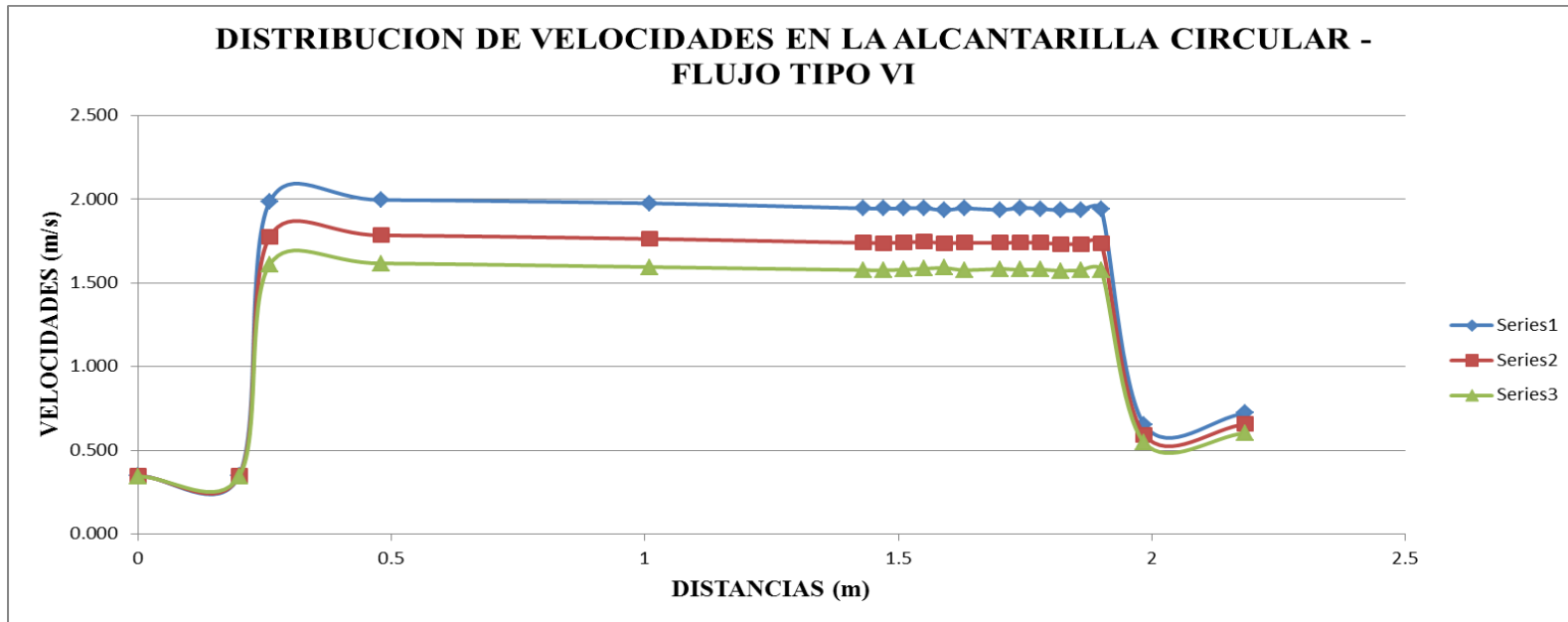
p9	θ	Ap9	Vp9	p11	θ	Ap11	Vp11	p13	θ	Ap13	Vp13	p15	θ	Ap15	Vp15
mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²	
0.32139	4.91818	0.05575	1.9452607	0.3202928	4.9136	0.05571	1.9464669	0.3185493	4.9063	0.05566	1.94841	0.32215	4.92132	0.07087	1.93547
0.31291	4.88215	0.05547	1.7392902	0.3103666	4.87098	0.05538	1.7420644	0.3069859	4.85596	0.05526	1.74587	0.31374	4.88576	0.06902	1.73951
0.30562	4.84978	0.05521	1.5764235	0.3018758	4.83262	0.05507	1.5804707	0.2971456	4.81043	0.05488	1.58585	0.30652	4.85385	0.06743	1.59066

p17	θ	Ap17	Vp17	p19	θ	Ap19	Vp19	p21	θ	Ap21	Vp21	p23	θ	Ap23	Vp23
mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²	
0.3203	4.9136	0.05571	1.946467	0.32849	4.94706	0.05596	1.93784	0.31833	4.90538	0.05565	1.94865	0.3222503	4.92174	0.05577	1.94433
0.3118	4.87731	0.05543	1.740487	0.31224	4.87923	0.05545	1.74001	0.30988	4.86886	0.05536	1.7426	0.3107668	4.87277	0.05539	1.74162
0.3045	4.84468	0.05517	1.577616	0.2986	4.8173	0.05494	1.58417	0.30261	4.83601	0.05510	1.57966	0.3009881	4.82849	0.05503	1.58146

p25	θ	Ap25	Vp25	p27	θ	Ap27	Vp27	p29	θ	Ap29	Vp29	h3	Ah3	Vh3	h4	Ah4	Vh4
mt		m ²		mt		m ²		mt		m ²		mt	m ²		mt	m ²	
0.332618	4.96334	0.05608	1.9338	0.332458	4.96271	0.05607	1.933958	0.3244164	4.93063	0.05584	1.94202346	0.276284678	0.16577	0.6541573	0.25008	0.15005	0.72269
0.319568	4.91059	0.05569	1.73243	0.317846	4.90334	0.05563	1.734152	0.3144947	4.88902	0.05552	1.73760642	0.270364242	0.16222	0.5947308	0.24459	0.14675	0.65741
0.308494	4.86268	0.05531	1.57345	0.305504	4.84926	0.05521	1.576546	0.3060044	4.851522	0.05522	1.57601821	0.265252924	0.15915	0.5468601	0.23984	0.14391	0.60479

Q	m ³ /s	Vh1 (m/s)	Vh2 (m/s)	Vp1 (m/s)	Vp3 (m/s)	Vp5 (m/s)	Vp7 (m/s)	Vp9 (m/s)	Vp11 (m/s)	Vp13 (m/s)	Vp15 (m/s)	Vp17 (m/s)	Vp19 (m/s)	Vp21 (m/s)	Vp23 (m/s)	Vp25 (m/s)	Vp27 (m/s)	Vp29 (m/s)	Vh3 (m/s)	Vh4 (m/s)
MAX	0.1084	0.350	0.350	1.984	1.996	1.977	1.947	1.945	1.946	1.948	1.935	1.946	1.938	1.949	1.944	1.934	1.934	1.942	0.654	0.723
MED	0.0965	0.348	0.348	1.775	1.785	1.764	1.741	1.739	1.742	1.746	1.740	1.740	1.740	1.743	1.742	1.732	1.734	1.738	0.595	0.657
MIN	0.0870	0.346	0.346	1.610	1.617	1.596	1.578	1.576	1.580	1.586	1.591	1.578	1.584	1.580	1.581	1.573	1.577	1.576	0.547	0.605

DISTANCIAS DE PIEZOMETROS																		
h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0	0.2	0.26	0.48	1.01	1.43	1.47	1.51	1.55	1.59	1.63	1.7	1.74	1.78	1.82	1.86	1.9	1.985	2.185



5.7 ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Una alcantarilla fluirá llena cuando su salida se encuentre sumergida, o cuando no está sumergida pero la profundidad a la entrada es alta y su cuerpo es largo.
- La carga o tirante aguas arriba de la alcantarilla y tirante aguas abajo son las variables más importantes para el cálculo del caudal, por lo que tienen que ser medidas con la mayor precisión.
- Dentro de las tablas de comparación de caudales. Podemos diferenciar que entre esos dos resultados hay una mínima variación.
- Las líneas de energía en flujo tipo IV podemos visualizar que son simétricas dado que la alcantarilla está totalmente sumergida.
- Las líneas de energía en flujo tipo V podemos visualizar que al final hay una bajante muy notoria dado que en la alcantarilla aguas arriba está totalmente llena y aguas abajo está parcialmente llena donde $h_4 < D$
- En el flujo tipo IV observando los tirantes en ambas alcantarillas notamos que estas tienen poca variación dado que en este tipo de flujo las alcantarillas trabajan ahogadas aguas arriba y aguas abajo.
- Por medio de las gráficas hacemos notar que en la alcantarilla de sección rectangular presenta una velocidad no uniforme, esto se presenta aguas abajo de dicha alcantarilla, mientras que la alcantarilla circular presenta una velocidad uniforme en toda la longitud de la misma.
- La curva superficial en el flujo tipo V, se puede observar en las gráficas que en la alcantarilla rectangular aguas arriba se trabaja ahogada, y aguas abajo se tiene que obtener un h_4 menor que la altura de la alcantarilla para cumplir con sus verificaciones, y esto hace que se genere una turbulencia mínima aguas debajo de la alcantarilla, mientras que la alcantarilla circular presenta un flujo uniforme hasta aguas abajo de dicha alcantarilla.
- La velocidad en el flujo tipo V en la alcantarilla rectangular es muy variada aguas abajo de dicha alcantarilla, mientras que en la alcantarilla circular la velocidad no presenta mucha variación aguas debajo de dicha alcantarilla.

- La velocidad en el flujo tipo VI y IV no presenta mucha variación en ambas alcantarillas dado que ésta trabaja ahogada aguas arriba como aguas abajo.
- La curvas superficiales en el flujo tipo IV Y VI son parecidas ya que ambas alcantarillas trabajan ahogadas aguas arriba y aguas abajo.

CONCLUSIONES

Para lograr el comportamiento del flujo según la clasificación correspondiente se trabajó con caudales grandes debido a que se necesita una profundidad mínima para cumplir con las condiciones que restringe cada tipo de flujo.

Las restricciones para definir el tipo de flujo sirven de gran ayuda para caracterizar el flujo que pasa por la alcantarilla. Estas restricciones como se ven en la teoría están en función de la carga aguas arriba, del diámetro y la pendiente de la alcantarilla.

Para que en todos los tipos de flujos se cumplan con todas sus verificaciones se procedió a utilizar la compuerta aguas abajo.

La alcantarilla trabaja favorablemente cuando se tiene conocimiento del caudal que transita por ella y del comportamiento del flujo a través de la alcantarilla.

Con este trabajo se da inicio, y se abren grandes posibilidades a la realización de trabajos de investigación sobre modelos en el medio. Con el presente proyecto se pretende dar una visión general y eminentemente práctica de la utilidad de los modelos físicos a escala reducida que en este caso se tomó de alcantarillas de sección rectangular y circular.

Los modelos hidráulicos han encontrado creciente aplicación para controlar y modificar diseños analíticos de estructuras hidráulicas. La definición de una escala apropiada para la construcción del modelo dependió de varios factores: la disponibilidad de espacio físico y equipos (bombas), los costos de construcción, tirantes y velocidades mínimas y máximas que se esperaba medir.

RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto nos permite sacar las siguientes recomendaciones: Antes de realizar las mediciones se deberá revisar en conjunto todo el equipo necesario y material a utilizar para realizar la medición respectiva controlar las válvulas del agua al canal, niveles de referencia en el piezómetro, compuertas aguas arriba y aguas abajo.

Se determina el nivel de circulación en el canal sin la alcantarilla.

Los piezométricos no tienen que estar con burbujas de aire porque en ese caso se tiene mediciones erróneas.

La medición de la carga aguas arriba y aguas abajo debe medirse por lo menos unas cuatro veces.

Es necesario que los aparatos a utilizar se encuentren en buenas condiciones, para así poder lograr resultados más puntuales al momento de realizar las mediciones.

Para tener buenas lecturas y cumplir con las verificaciones de cada flujo se logran elevando o bajando la compuerta aguas abajo.

Las curvas superficiales serán graficadas para así dar una mejor manera de visualizar el fenómeno que presenta cada perfil en los diferentes tipos de flujos.