

1.1 INTRODUCCIÓN

Grandes principios de la física, ingeniería e hidráulica basan sus inicios de investigación en la creación de modelos a escala reducida para observar su funcionamiento y reacciones que se presentaran en dicho modelo

Muchos fenómenos ocurren en la naturaleza y dentro del campo de la hidráulica son tan complejos que no es fácil tratarlos únicamente con modelos matemáticos casi siempre idealizados, lo que permiten simplificaciones importantes, que a su vez causan efectos que deben ser valorados mediante ensayos experimentales, a través de modelos físicos a escala reducida o de tipo analógica.

Todas las ciencias de los objetos reales trabajan con situaciones más o menos idealizadas que constituyen inevitablemente simplificaciones, en verdad deformaciones, de la realidad. Tanto los modelos matemáticos como los modelos físicos manifiestan esquematizaciones del mundo natural.

En la actualidad se disponen de técnicas avanzadas en la modelación física de sucesos hidráulicos que sumadas al desarrollo de instrumentos de medición y equipos generadores de fenómenos a escala, posibilitan predecir con alto grado de certidumbre lo que pueda ocurrir en el prototipo, y por tanto, se alcanzan óptimos resultados en los aspectos de funcionalidad, estabilidad y economía de las estructuras a construir. Esto justifica ampliamente la utilización de modelos hidráulicos.

Por lo tanto un modelo físico a escala reducida, que en lo sucesivo se denominará **modelo hidráulico**, representa a escala al objeto real o prototipo tal como un fenómeno, una estructura o máquina, y cumple ciertas condiciones matemáticas.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio del comportamiento de una estructura hidráulica mediante la observación del comportamiento en su modelo físico reducido es una de las herramientas de diseño y optimización de los proyectos.

Este diseño pretende efectuar un estudio de investigación de las características y principios hidráulicos fundamentales involucrados en el diseño de alcantarillas.

Para lograr el cumplimiento de los propósitos 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 utilización 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 se realiza mediante la aplicación de los conocimientos obtenidos 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 estas no son tomadas en cuenta al momento de su diseño.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.-

- ❖ Investigar, analizar y experimentar las características del flujo hidráulico tipo uno, tipo dos y tipo tres 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

- ❖ Estudio detallado de las características de los flujos hidráulicos tipo uno, tipo dos, tipo tres 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.
- ❖ Establecer las relaciones (Curvas) Relación de tirantes y caudales tanto de entrada como en la salida de la alcantarilla para así con el sólo hecho de conocer el tirante de entrada o el caudal a ser evacuado por la alcantarilla.
- ❖ Conocimientos de todas las peculiaridades físicas e hidráulicas del prototipo y sobre todo el funcionamiento de la misma para los diferentes estados de flujo de una 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 esta 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 evacua 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 posibilite 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 elaborada 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 superficial y velocidades, los cuáles nos permitirán realizar los cálculos respectivos y posteriormente analizar las comparaciones entre las alcantarillas de sección rectangular y circular.

2.1 CONCEPTOS GENERALES - ALCANTARILLAS

Las alcantarillas son utilizadas en el drenaje transversal de la carretera cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

Se entiende por alcantarilla una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, sea de hasta 6 m, mientras que la adopción del largo debe ser de manera que cubra el total del coronamiento de la obra para evitar que se provoque disminuciones en la capacidad de la calzada, ni afectar las condiciones de seguridad y confort en la circulación de los vehículos.

Debe considerarse también que algunas de estas obras debido a su tamaño o altura de terraplén, pueden constituir un serio peligro para la seguridad de los usuarios y para el funcionamiento de la carretera, por lo tanto debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico en la carretera, el peso de la tierra sobre ella, las cargas durante la construcción, etc., es decir, también debe cumplir requisitos de tipo estructural.

Generalmente, se considera a las alcantarillas como estructuras menores, sin embargo, aunque su costo individual es relativamente pequeño, el costo total de ellas es significativo, de tal forma que su incidencia económica en una obra caminera pavimentada puede valorizarse del orden del 8% al 15% del costo total de la obra.

Desde el punto de vista de la hidráulica las alcantarillas pueden fluir llenas o parcialmente llenas dependiendo de ciertos factores tales como: Diámetro, longitud, rugosidad y principalmente los niveles de agua, tanto a la entrada como a la salida.

2.2 TIPOLOGÍA

De acuerdo a su función podemos clasificarlas en:

2.2.1 ALCANTARILLA TRANSVERSAL.-

El drenaje transversal tiene por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma tenga que cruzar de un lado a otro de la carretera, de forma que no se produzcan destrozos en esta última.

2.2.2 ALCANTARILLA LONGITUDINAL.-

Canaliza las aguas caídas sobre la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad.

Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes. Para ello se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros y bajantes.

2.3 ELECCIÓN DEL TIPO DE ALCANTARILLA

2.3.1 FORMA Y SECCIÓN

Las formas usuales de alcantarillas son: Circulares, cuadrada y múltiples. En casos muy especiales puede resultar económico el uso de arcos parabólicos de grandes dimensiones, los que requerirán de un tratamiento especial que no se ha considerado en este manual. La alcantarilla circular es una de las más usadas y resiste en forma satisfactoria, en la mayoría de los casos, las cargas a que son sometidas. Existen distintos tipos de tubos circulares que se utilizan con este propósito.

Las alcantarillas de cajón cuadradas o rectangulares pueden ser diseñadas para evacuar grandes caudales y pueden acomodarse con cambios de altura, a distintas limitaciones que puedan existir, tales como alturas de terraplén o tirantes permisibles

de agua en la entrada. Como generalmente se construyen en el lugar, deberá tomarse en cuenta, el tiempo de construcción al compararlas con las circulares prefabricadas.

En los cauces naturales que presentan caudales de diseño trascendente, si la rasante es baja respecto del fondo del cauce, se suelen ocupar alcantarillas múltiples. Sin embargo, cuando se ensancha un canal para acomodar una batería de alcantarillas múltiples, se tiende a producir depósito de sedimentos tanto en el canal como en la alcantarilla, situación que deberá tenerse presente.

En las zonas de escasa vegetación, las tormentas intensas, pueden producir un considerable arrastre de sólidos mezclados con vegetación seca, los cuáles tienden a obstruir las alcantarillas, en especial si estas disminuyen la velocidad del flujo en el cauce natural. Esta situación es más grave cuando la sección de escurrimiento se divide, usando alcantarillas múltiples. En estos casos se recomienda seleccionar obras con la mayor sección transversal libre, sin sub-divisiones, aun cuando la obra sea de costo mayor. Por igual motivo, conviene instalarlas con una pendiente tal, que acelere el flujo, aun cuando ello obligue a revestir el cauce a la entrada y a la salida de la estructura.

En la elección del tipo de alcantarillas se considerarán los siguientes factores:

- a. Factores físicos y estructurales
 - Durabilidad
 - Altura disponible para la alcantarilla
 - Carga de tierra sobre ella
 - Condiciones de apoyo
 - Rigidez de la alcantarilla
 - Resistencia al impacto
 - Tipo de terreno existente
- b. Factores hidráulicos
 - Caudal de diseño
 - Forma, pendiente y área del cauce

- Velocidad de aproximación
 - Carga hidráulica total admisible
 - Arrastre de sedimentos
 - Condiciones de entrada y salida
 - Pendiente de la alcantarilla
 - Rugosidad del conducto
 - Longitud y tamaño de la alcantarilla
 - Sección transversal
- c. Factores de construcción y mantenimiento
- Accesibilidad del lugar
 - Disponibilidad de materiales
- d. Costos de la obra

2.3.2 MATERIALES

Los materiales más usados para las alcantarillas son el hormigón (armado in situ o prefabricado) y el acero corrugado. En la elección del material de la alcantarilla se deben tomar en cuenta la durabilidad, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión e impermeabilidad.

No es posible dar reglas generales para la elección del material ya que depende del tipo de suelo, del agua y de la disponibilidad de los materiales en el lugar. Sin embargo, deberá tenerse presente al menos lo siguiente:

- Si se trata de caminos pavimentados la alcantarilla debe asegurar una impermeabilidad que evite la saturación del terraplén adyacente, lo cual puede acarrear asentamientos del terraplén con el consecuente daño al pavimento.
- Alcantarillas bajo terraplenes con altura superior a 5 m, deberán construirse preferentemente de hormigón armado, por la dificultad que conlleva el reemplazo.

En definitiva el costo de las alcantarillas está altamente influenciado por la selección del material, forma y sección de ellas.

2.4 UBICACIÓN Y PENDIENTE

La adecuada elección de la ubicación, alineación y pendiente de una alcantarilla es importante, ya que de ella depende su comportamiento hidráulico, los costos de construcción y mantenimiento, la estabilidad hidráulica de la corriente natural y la seguridad de la carretera.

2.4.1 UBICACIÓN

En general, se obtendrá el mejor emplazamiento de una alcantarilla cuando ésta se proyecta siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural, ya que existe un balance de factores, tales como, la pendiente del cauce, la velocidad del agua y su capacidad de transportar materiales en suspensión y arrastre de fondo. Cuando se cambia cualquiera de estos factores es imprescindible compensar con alteraciones en otro de ellos. Por ejemplo, si se acorta un canal largo, se aumenta la pendiente y como consecuencia, crece la velocidad. Un incremento en la velocidad tiene como efecto secundario problemas de erosión, que agrandan la sección hasta que las pérdidas por fricción compensan el aumento de pendiente y reducen la velocidad hasta límites bajo aquellos que producen erosión. En un caso como el expuesto o en general para prevenir la erosión se puede revestir el cauce, o darle al canal una forma tal que reduzca la velocidad, debido al aumento de la rugosidad.

Al alargar un canal corto ocurre la situación contraria. Se produce una disminución de la pendiente y como consecuencia disminuye la velocidad. Con esto, la capacidad para transportar materiales en suspensión se reduce y éstos se depositan. Para estos casos es necesario tratar de mantener la velocidad original variando la forma del canal o disminuyendo la rugosidad.

Desde el punto de vista económico el reemplazo de la ubicación natural del cauce por otra normal o casi normal al eje del camino, implica la disminución del largo del conducto, el acondicionamiento del cauce y la construcción adicional de un canal de entrada y/o de salida. Estos cambios deben ser diseñados en forma cuidadosa para

evitar una mala alineación del canal natural y los problemas de erosión o de depósito de sedimentos, tanto en la alcantarilla como en el terraplén y propiedades vecinas.

Como consideraciones generales conviene destacar los siguientes aspectos:

- La corriente debe cruzar la carretera en la primera oportunidad, ya que se evita de esta manera posibles derrumbes y deslizamientos por conducir la corriente paralela al pie del terraplén y aguas arriba de él.
- Si la oblicuidad del canal con respecto a la normal al eje de la carretera es pequeña, conviene hacer la alcantarilla normal al eje y si es grande, conviene reducirla. No hay disminuciones importantes de costos cuando se reduce una oblicuidad moderada. Los límites entre estos casos deberán determinarse por comparación de costos.
- Se debe considerar la posibilidad de incluir obras de encauce y conducción aguas arriba de la obra de paso.
- Resulta relevante, en ciertos casos, consultar características históricas del cauce a lugareños como parte de los antecedentes que se estudien para determinar el emplazamiento de las alcantarillas.

Las distintas soluciones que podrían darse en el caso general, de un cauce con fuerte esviate aparecen en la Figura 2-1.

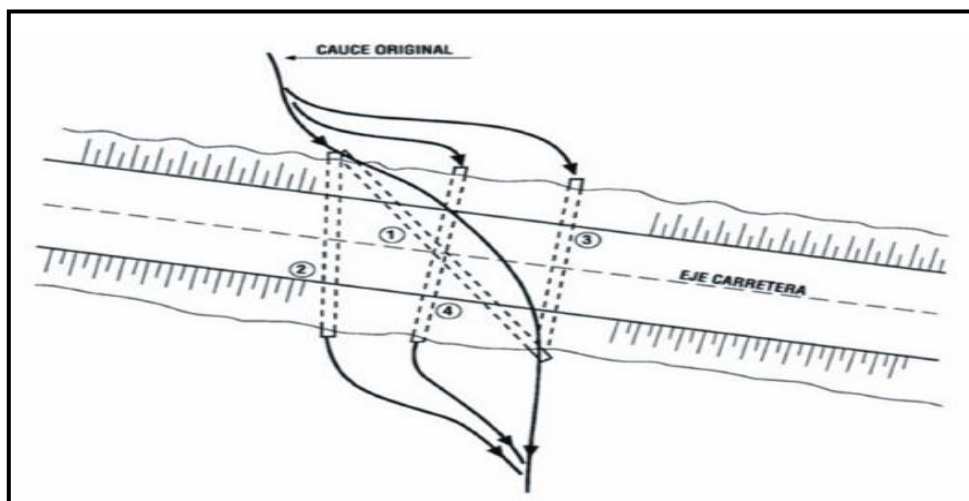


FIGURA 2-1: CAUCES CON FUERTE ESVAJE RESPECTO DEL EJE DEL CAMINO

Caso 1: Se conserva la entrada y salida del canal natural (en general, si este es muy sinuoso aguas debajo de la carretera, conviene hacer la alcantarilla recta). Esta solución de la longitud máxima de alcantarilla. Colocando la alcantarilla ligeramente a un lado del canal natural se puede obtener por lo general una mejor función, siendo imprescindible desviar la corriente.

Caso 2: La entrada se coloca en el canal natural y la salida se desplaza para tener una alcantarilla casi normal al eje de la carretera. Como en este caso se ha alargado la línea de flujo, esto será a costa de reducir la pendiente. Las estructuras de entrada y de salida, y la alimentación del canal deben hacerse a tal modo de minimizar los efectos de cambios bruscos de dirección. Ello podría aumentar la sección de la alcantarilla comparada con la de la solución anterior. En los efectos será necesario considerar estructuras especiales de entrada y salida, la construcción del canal a la salida y su mantención.

Caso 3: Se ha desplazado la entrada de modo que la salida descargue directamente en el canal natural. El canal de acercamiento a la alcantarilla debe tener una buena alineación con ella para no necesitar una entrada o salida especial.

El tamaño de la alcantarilla puede ser influenciado por el hecho que al aumentar la longitud de flujo debe reducirse la pendiente. Habrá costos adicionales por construcción y mantención del canal, un posible mayor diámetro y protección del terraplén en la entrada.

Caso 4: En este caso se ha desplazado, tanto la entrada como la salida. No se obtiene un mejoramiento hidráulico con esta solución y sólo conviene usarla cuando hay restricciones de espacios para otras soluciones. En este caso se requieren estructuras especiales de entrada y de salida de canales de acercamiento en los dos extremos, los que deben considerarse en el costo, además de una posible mayor sección de la alcantarilla debido a la disminución de la pendiente.

2.4.2 PENDIENTE

La mayoría de las alcantarillas se colocan siguiendo la pendiente natural del cauce, sin embargo, en ciertos casos puede resultar aconsejable variar la situación existente. Estas modificaciones de pendiente pueden usarse para disminuir la erosión en el o en los tubos de la alcantarilla, inducir el depósito de sedimentos, mejorar las condiciones hidráulicas, acortar las alcantarillas o reducir los requerimientos estructurales. Sin embargo, las alteraciones de la pendiente deben ser estudiadas en forma cuidadosa de tal modo de no producir efectos indeseables.

En la Figura 2-2: se indica la ubicación de alcantarillas, respecto de la pendiente del cauce con sus respectivas estructuras especiales de salida o de entrada.

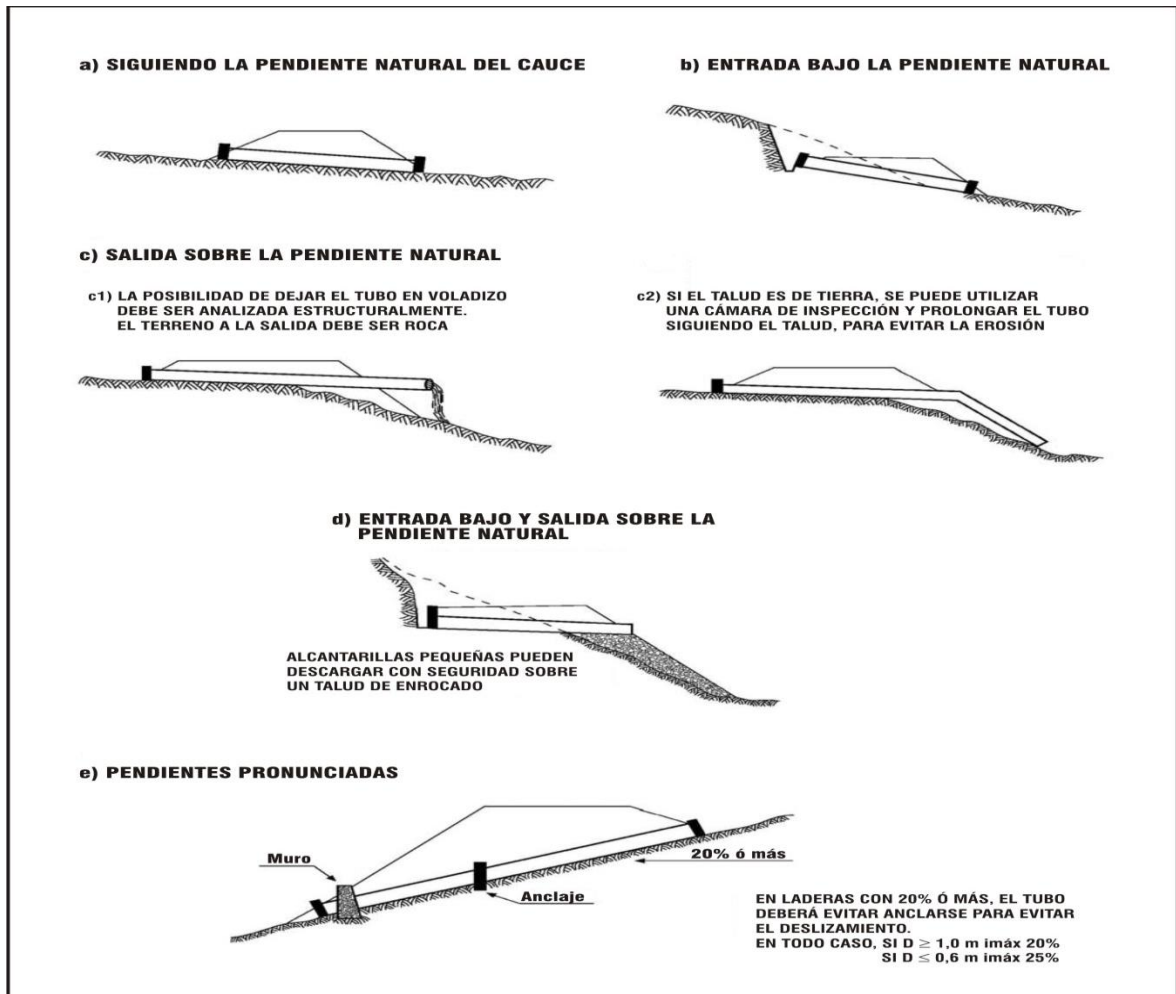


FIGURA 2-2: UBICACIÓN DE ALCANTARILLAS, RESPECTO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE

En general, al cambiar la pendiente en cada uno de estos casos, debe tenerse especial cuidado que el terreno de fundación de la alcantarilla no permita asentamientos, debiendo ser terreno natural firme o relleno estructural debidamente compactado, en caso contrario las fuerzas de corte causadas por el asentamiento de terraplenes importantes, pueden causar el colapso total de la estructura.

2.5 ABRASIÓN

Se trata de un fenómeno físico y su magnitud dependerá de la frecuencia, caudal y duración del evento, cantidad y características del material de arrastre, velocidad del escurrimiento, y material componente del conducto. Este proceso adquiere mayor gravedad cuando se presenta simultáneamente alguna acción corrosiva del agua o del suelo adyacente.

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.

2.6 CORROSIÓN

Se define como corrosión a la acción química, electrolítica y/u orgánica que produce un medio ambiente agresivo sobre un material, originando su deterioro. En función de la agresividad potencial del medio ambiente se pueden clasificar las obras de arte en las siguientes categorías:

- Expuestas a aguas blandas: son aquellas obras que estarán en contacto con aguas blandas durante periodos significativos (por ejemplo superiores al 10% del tiempo de servicio de la estructura). Se consideran aguas blandas, aquellas en que el tenor de cloruros o sulfatos es menor a 250mg/L.
- Especiales: Son aquellas obras cuyas características no están comprendidas en las dos categorías ya descritas.

2.7 EROSIÓN

Las obras que se construyen cerca o dentro del cauce de un río están expuestas a la acción erosiva del mismo. Cuando se consideran los riesgos no sólo se debe tener en cuenta la inundación, sino también la estabilidad de las márgenes.

Deben preverse obras complementarias a la salida del conducto de manera de controlar posibles procesos erosivos. Las medidas más usuales consisten en la construcción de saltos, rápidos, gaviones, bateas hidráulicas y disipadores de energía, etc.

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:

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

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

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

En la gran parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el compartimiento del flujo sólo 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 debido al descenso uniforme en la elevación del fondo del canal.

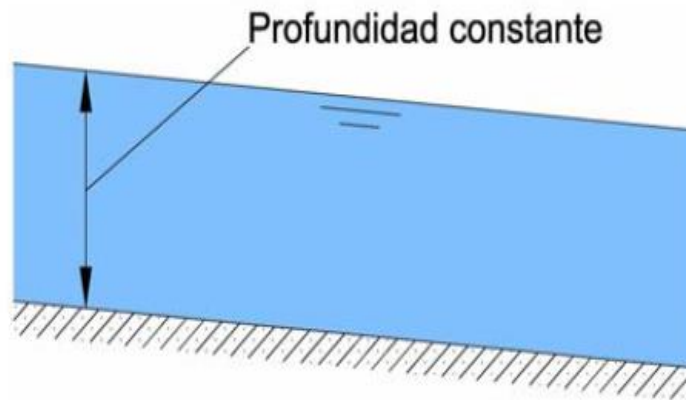


FIGURA 3-1: FLUJO UNIFORME PERMANENTE

- **Flujo uniforme no permanente:** El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuará 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.

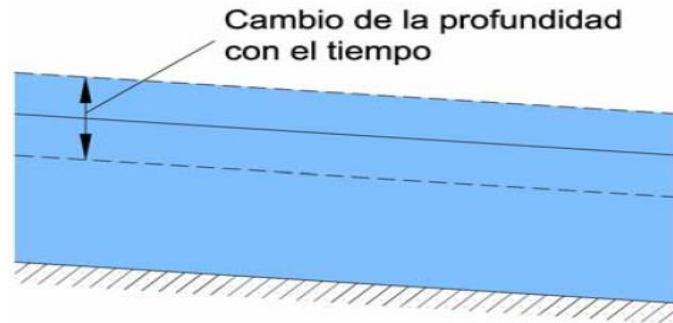


FIGURA 3-2: FLUJO UNIFORME NO PERMANENTE

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.

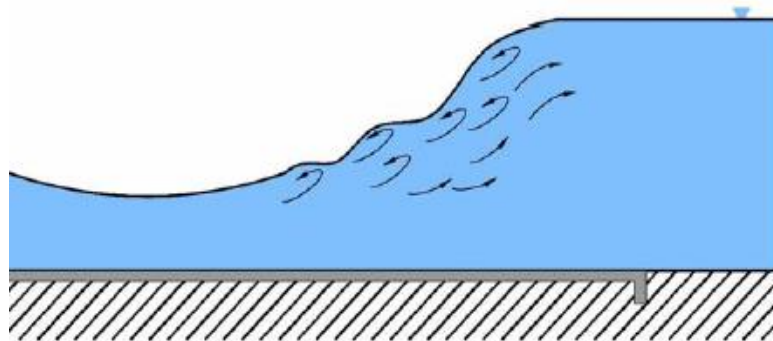


FIGURA 3-3: FLUJO RÁPIDAMENTE VARIADO

- **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.

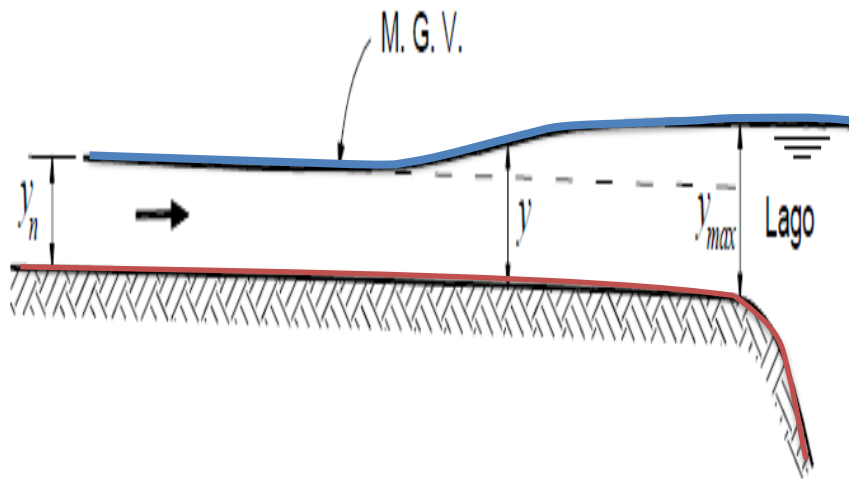


FIGURA 3-4: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

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.

3.3.1 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:

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

Dónde:

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

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

ónde:

F: Número de Froude (adimensional)

V: Velocidad media del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

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, 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

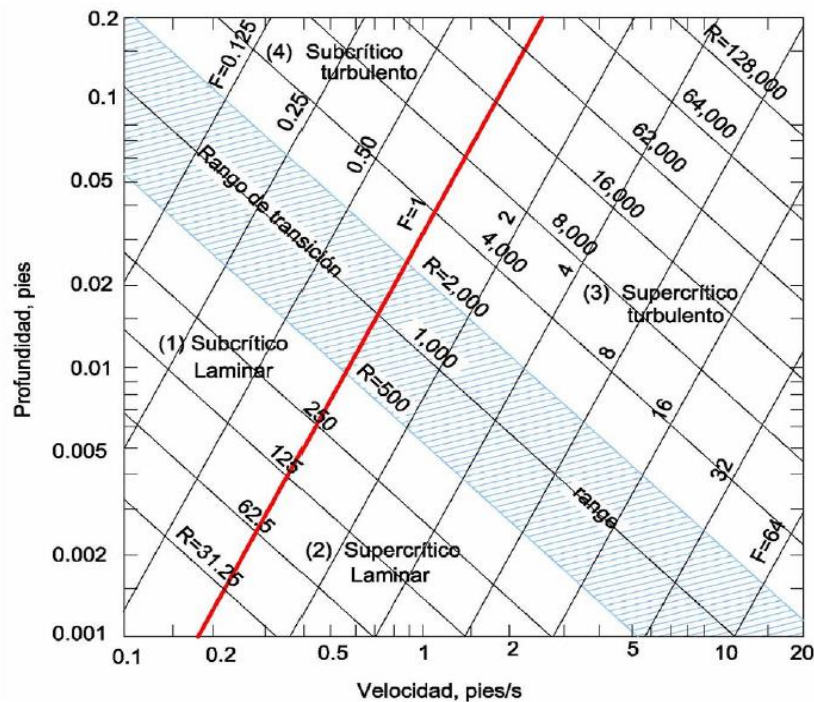


FIGURA 3-5: RELACIÓN PROFUNDIDAD-VELOCIDAD PARA CUATRO REGÍMENES DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS.

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 cuáles 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.

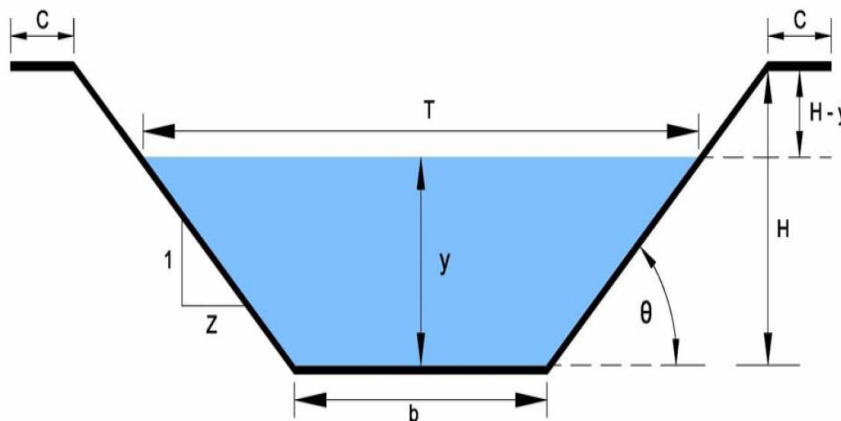


FIGURA 3-6: ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL.

Dónde:

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, hacer 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.

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

3.5.1 RELACIONES GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES MAS 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**

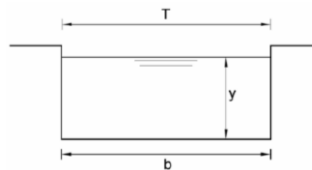


FIGURA 3-7: SECCIÓN RECTANGULAR

De la Figura 3-7 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*

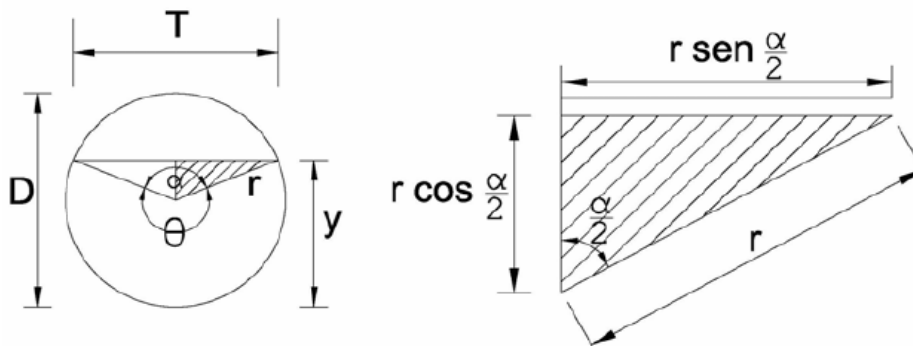


FIGURA 3-8: SECCIÓN CIRCULAR

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*

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

Dónde:

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

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

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

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

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

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**

$$P = \theta * r$$

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

✓ **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:

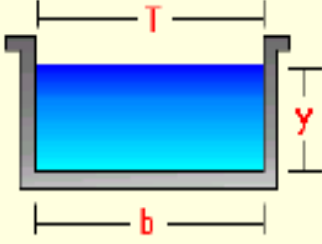
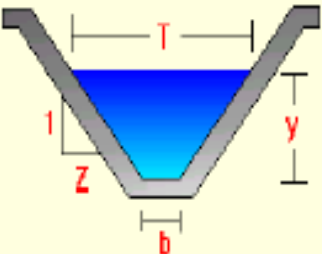
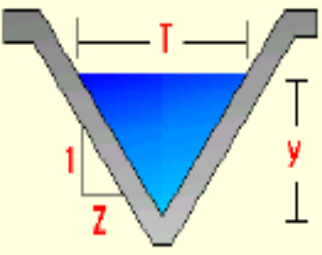
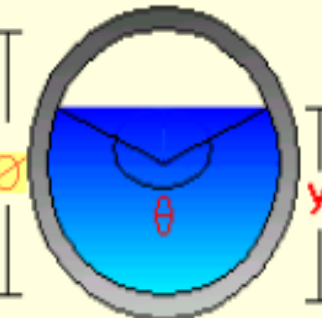
Sección Rectangular	Área mojada	Perímetro mojado	Radio hidráulico
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	b	y	$by^{1.5}$
Sección Trapezoidal	Área mojada	Perímetro mojado	Radio hidráulico
	$(b + Zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$
	Ancho superficial	Profund. hidráulica	Factor de sección
	$b + 2Zy$	$\frac{(b + Zy)y}{b + 2Zy}$	$\frac{[(b + Zy)y]^5}{\sqrt{b + 2Zy}}$
Sección Triangular	Área mojada	Perímetro 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	Área mojada	Perímetro 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

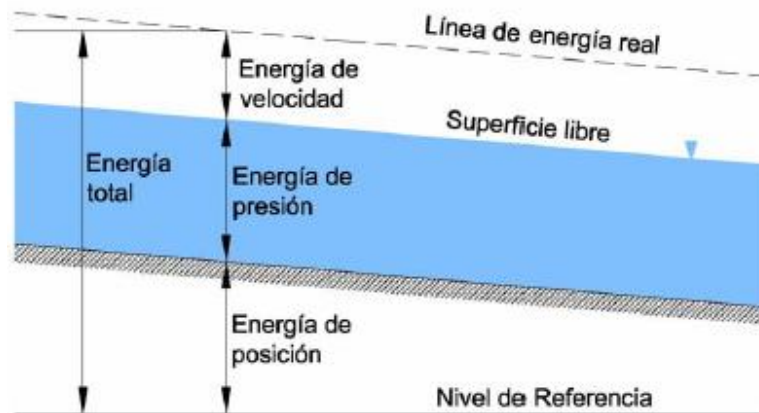


FIGURA 3-9: ENERGÍA TOTAL EN UNA SECCION DE UN CANAL

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:

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

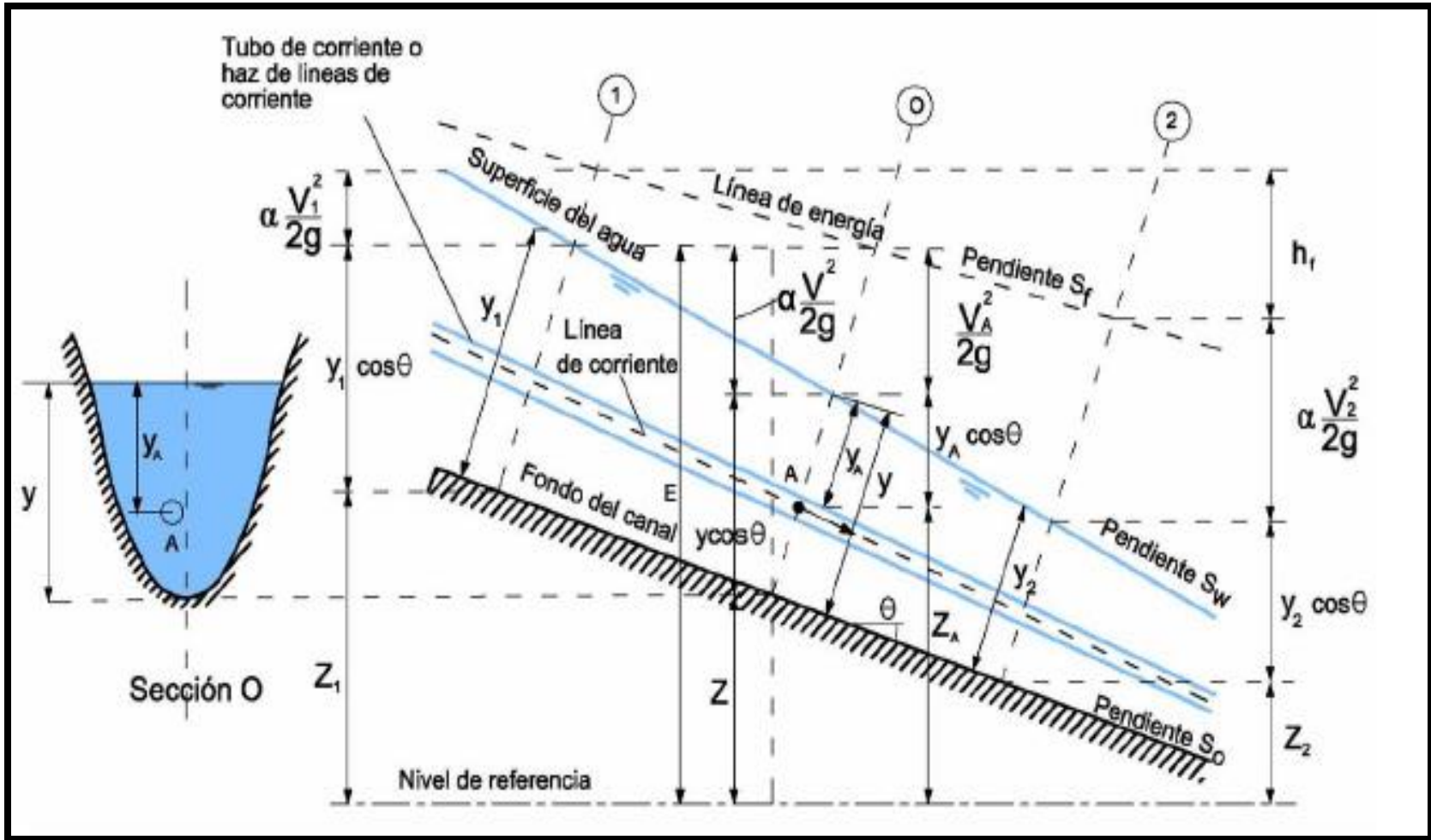


FIGURA 3-10: ENERGIA DE UN FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Dónde:

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

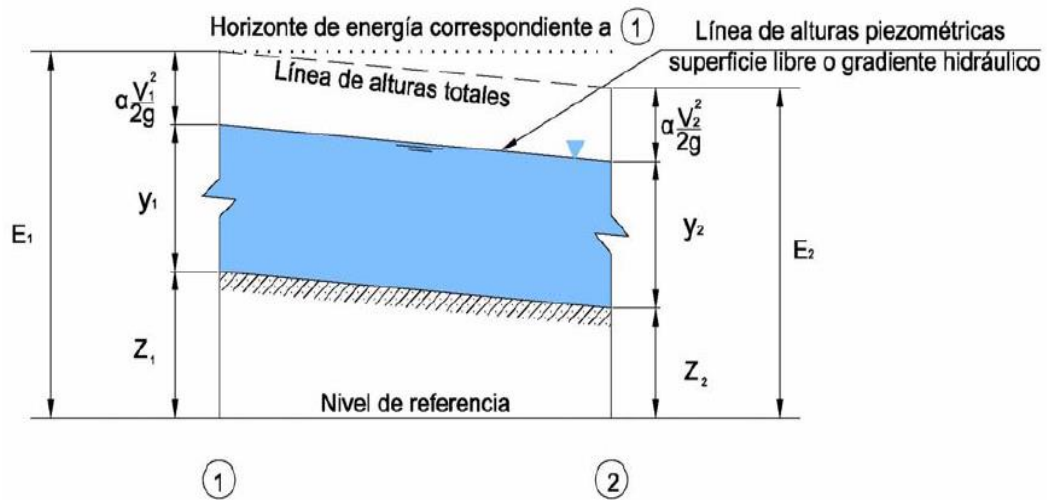


FIGURA 3-11: LÍNEA DE ALTURAS TOTALES, PIEZOMÉTRICAS Y HORIZONTE DE ENERGÍA

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:

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

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

Dónde:

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

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:

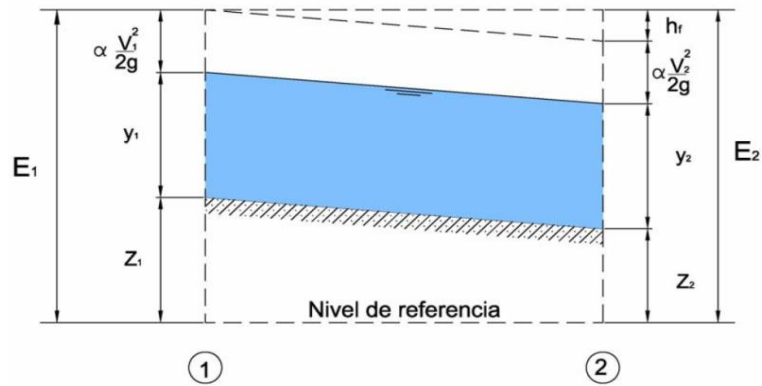


FIGURA 3-12: ENERGÍAS EN LAS SECCIONES 1 Y 2

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

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

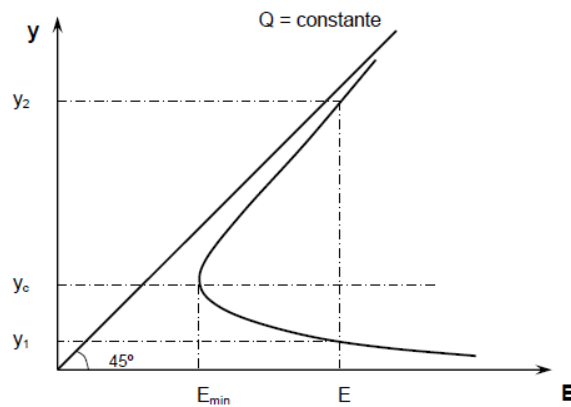


FIGURA 3-13: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

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 $V^2 / 2g$.

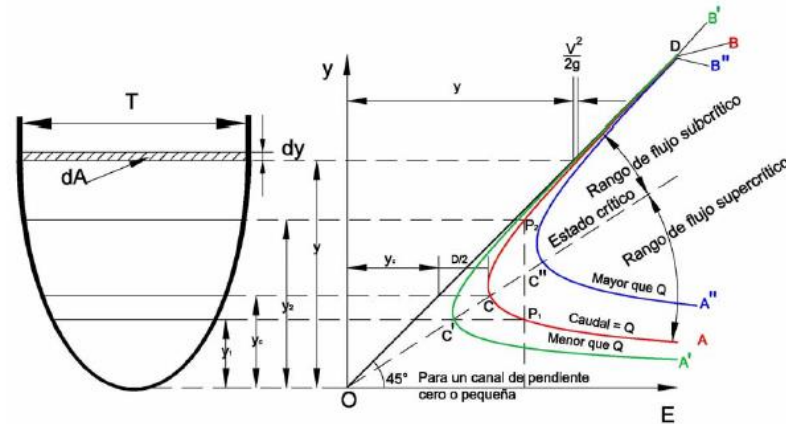


FIGURA 3-14: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

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 este. La Figura 3-15 muestra este fenómeno.

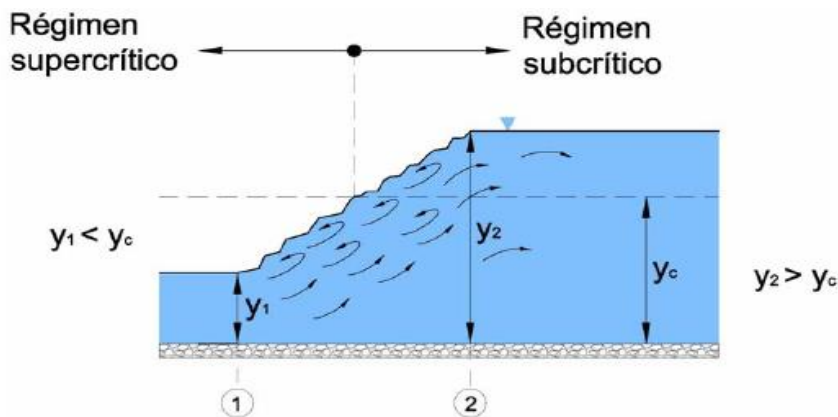


FIGURA 3-14: RESALTO HIDRÁULICO

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

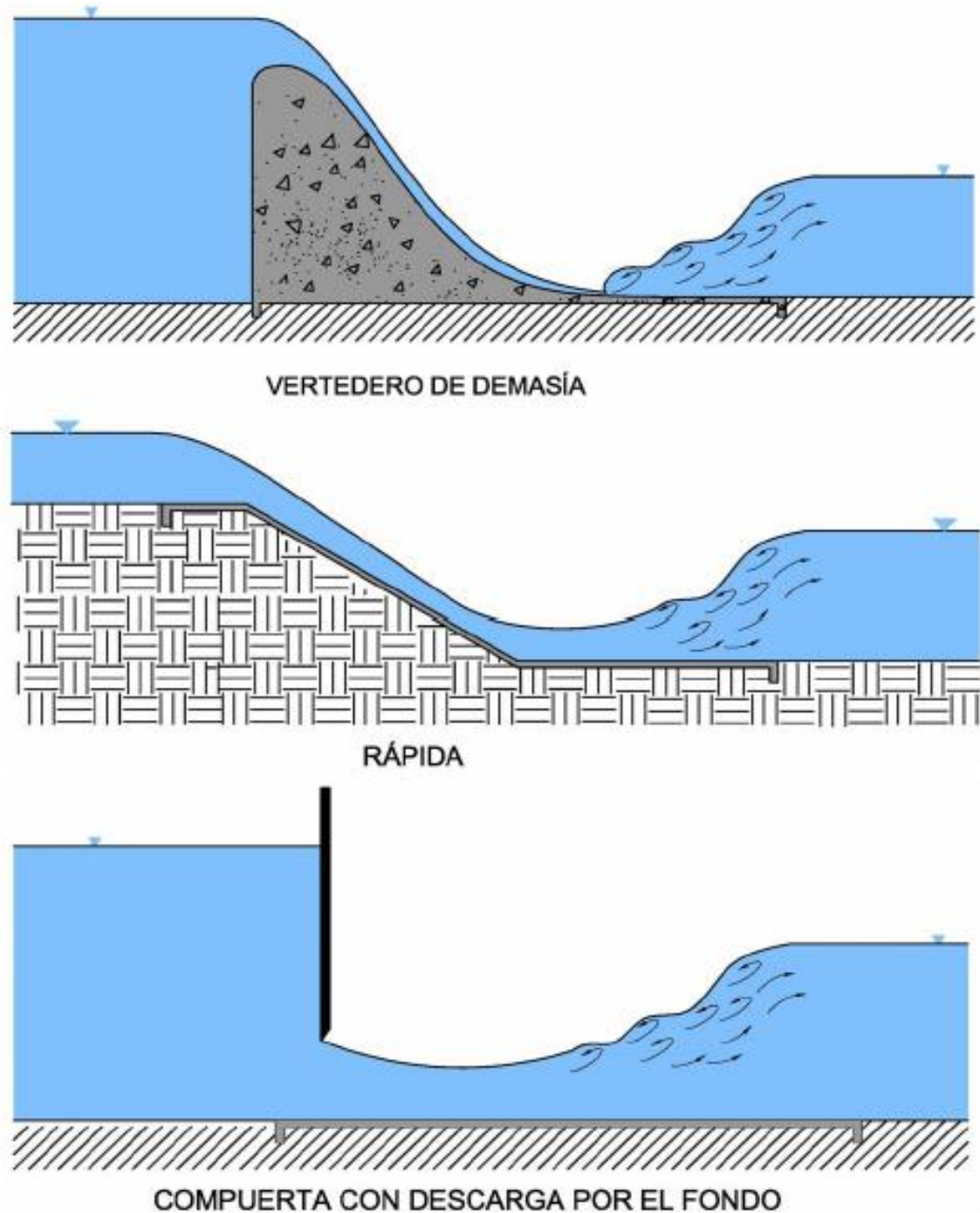


FIGURA 3-16: LUGARES APROPIADOS PARA FORMARSE EL RESALTO HIDRÁULICO

En un resalto como el que se muestra en la figura 3-16 se puede realizar las siguientes observaciones:

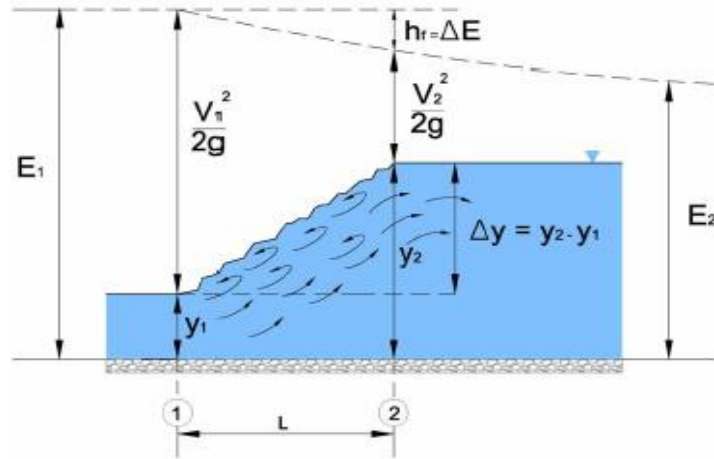


FIGURA 3-17: ELEMENTOS DEL RESALTO HIDRÁULICO

- 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 esta 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. dónde:

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 cuáles 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 el que se desarrolla el resalto.

- c) Se considera que la distribución de velocidades en las secciones (1) y (2) de la Figura 3-17 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:

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

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

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

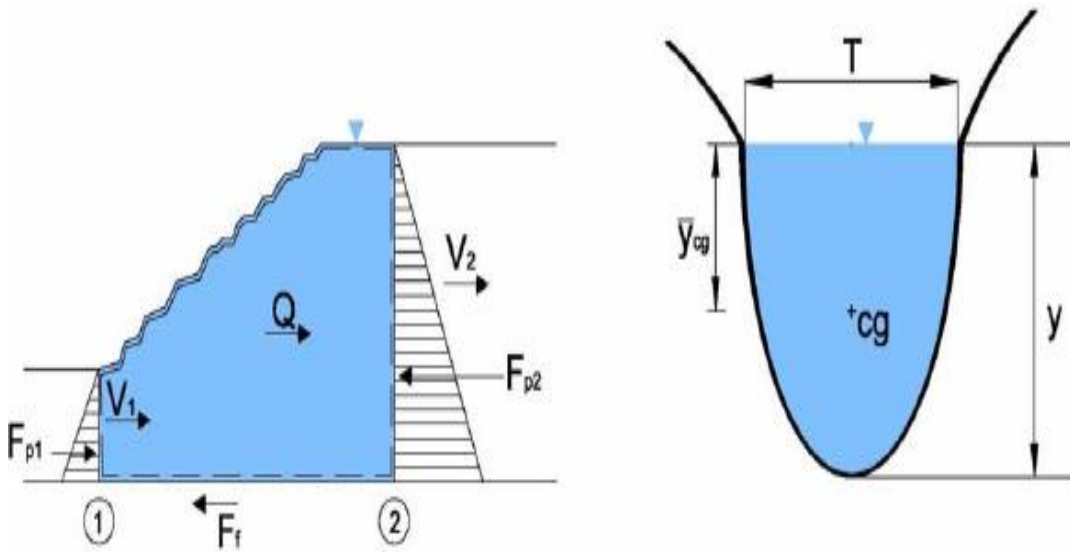


FIGURA 3-18: VOLUMEN DE CONTROL

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

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

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

Dónde:

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*

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

Dónde:

y_1 = tirante conjugado menor del resultado

y_2 = tirante conjugado mayor del resultado

q = Q/b caudal unitario

F_2 = Número 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*

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

Dónde:

ϕ = 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, se debe 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, determinar 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

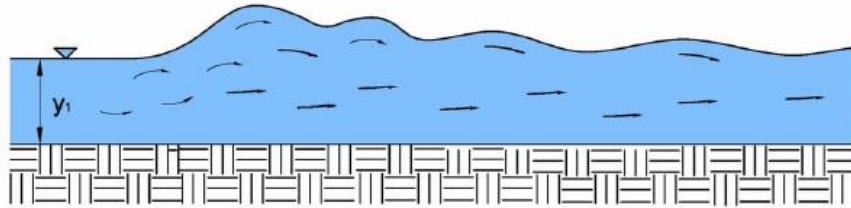


FIGURA 3-19: RESALTO ONDULADO

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**:

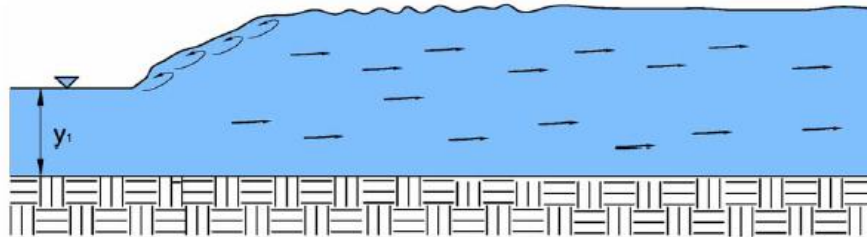


FIGURA 3-20: RESALTO DÉBIL

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**:

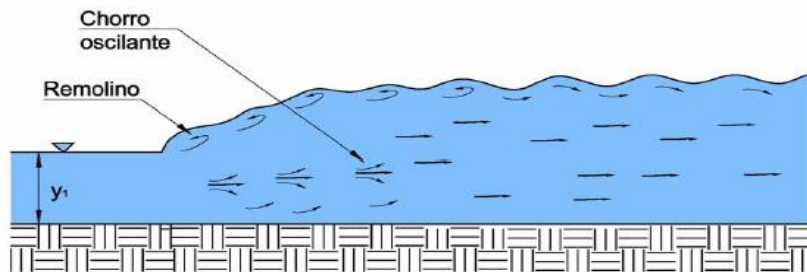


FIGURA 3-21: RESALTO OSCILANTE

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_I está comprendido entre 4.5 y 9.0 es un *resalto estable y equilibrado*:

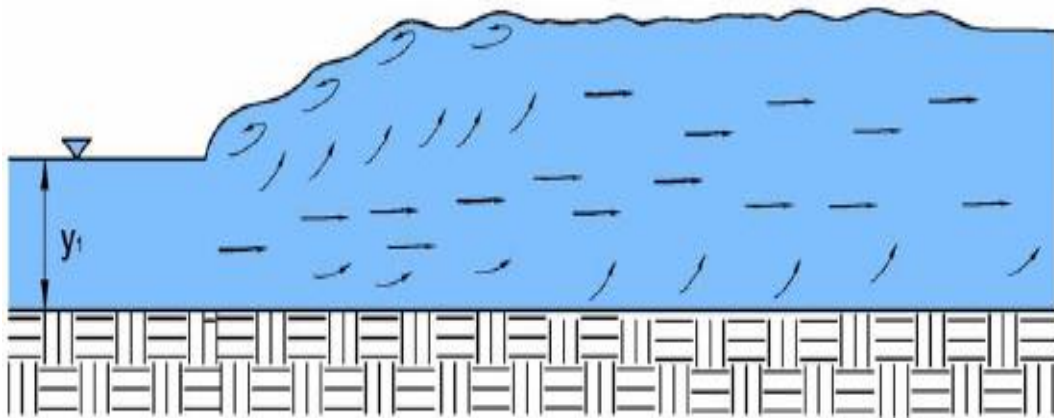


FIGURA 3-22: RESALTO ESTABLE

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

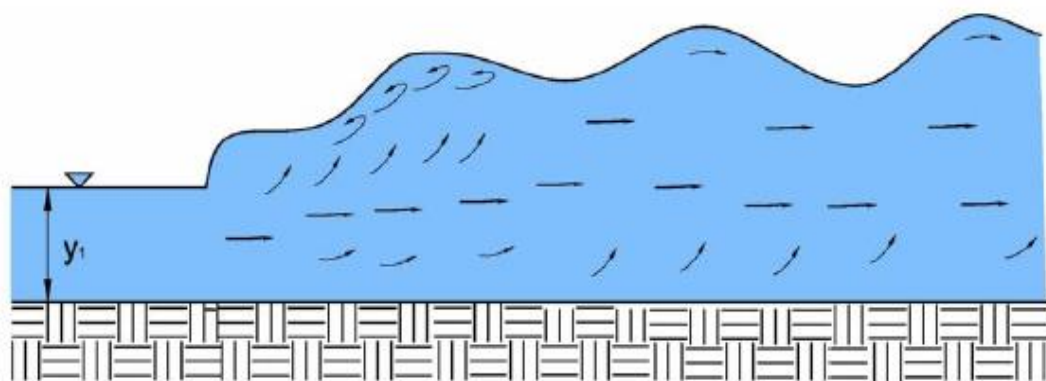


FIGURA 3-23: RESALTO FUERTE

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 .

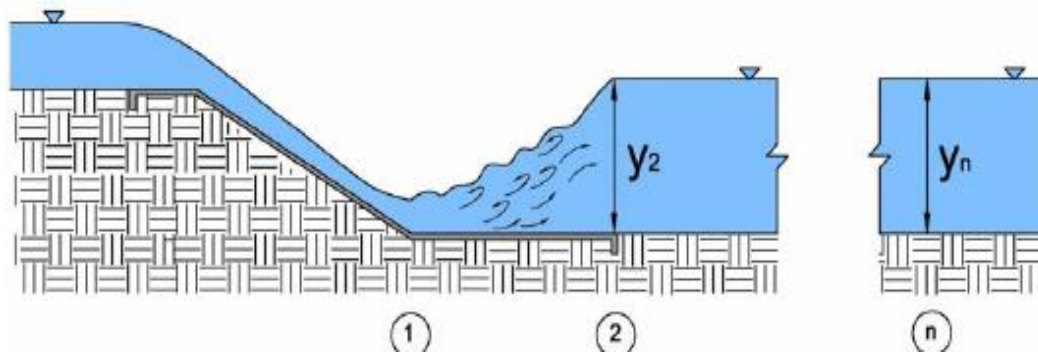


FIGURA 3-24: UBICACIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO

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 .

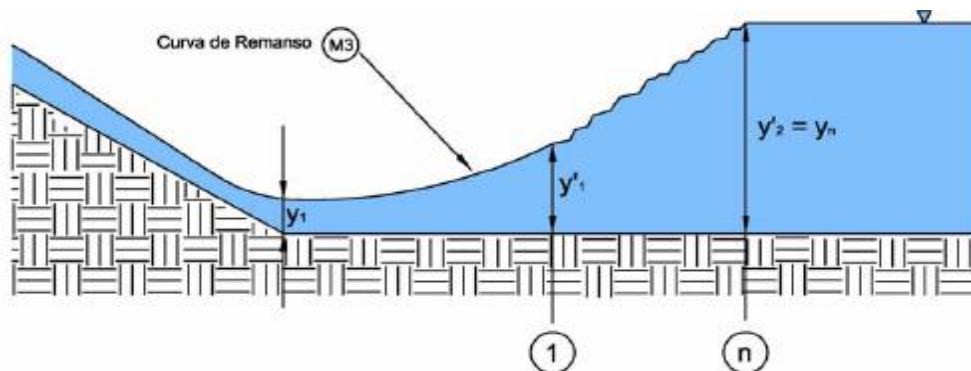


FIGURA 3-25: RESALTO BARRIDO

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.

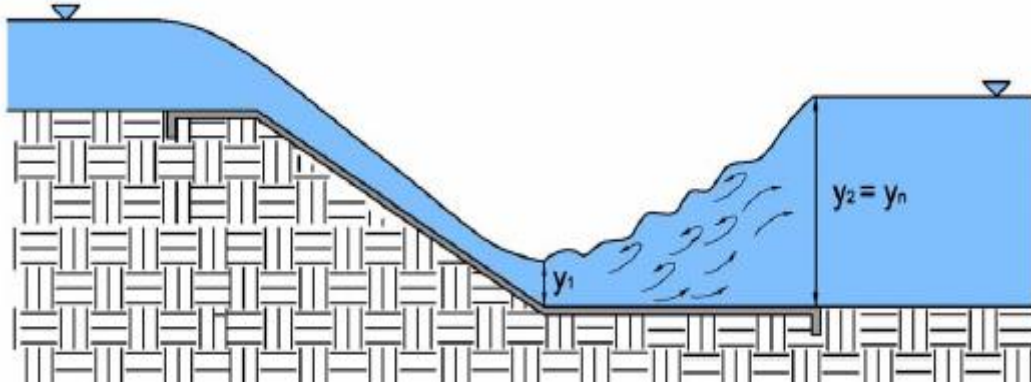


FIGURA 3-26: RESALTO CLARO

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.

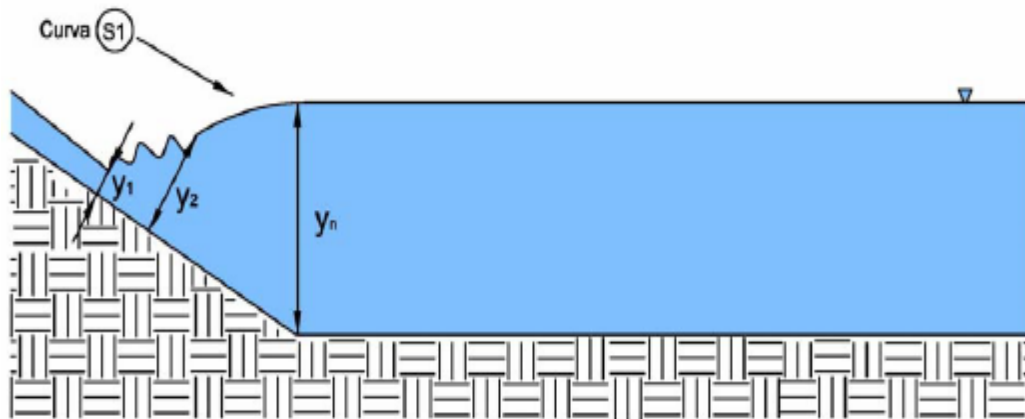


FIGURA 3-27: RESALTO AHOGADO

3.7 FLUJO CRÍTICO

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

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

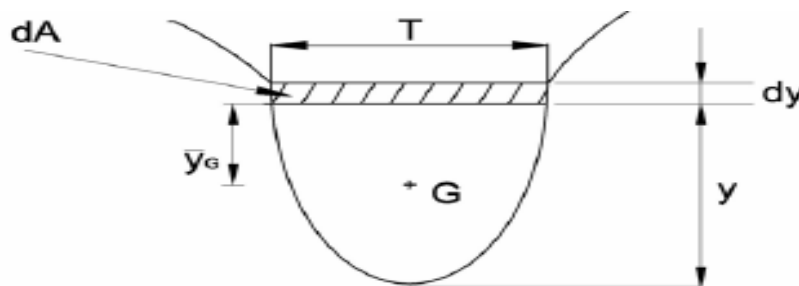


FIGURA 3-28: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

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:

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

Dónde:

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 $F=1$; esta 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:

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

Si el estado crítico del flujo existe a través de toda la longitud de un canal o a lo largo de un tramo de este, 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 demostrará 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 el, 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 $F = V/\sqrt{g * D}$, explicado 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 posibles 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:

Si: $y < y_c$, ó $F > 1$ ó $V < V_c$ ó $S < S_c$

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

2. Flujo crítico:

Si: $y = y_c$, ó $F = 1$ ó $V = V_c$ ó $S = S_c$

3. Flujo subcrítico o lento:

Si: $y > y_c$, ó $F < 1$ ó $V < V_c$ ó $S < S_c$

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

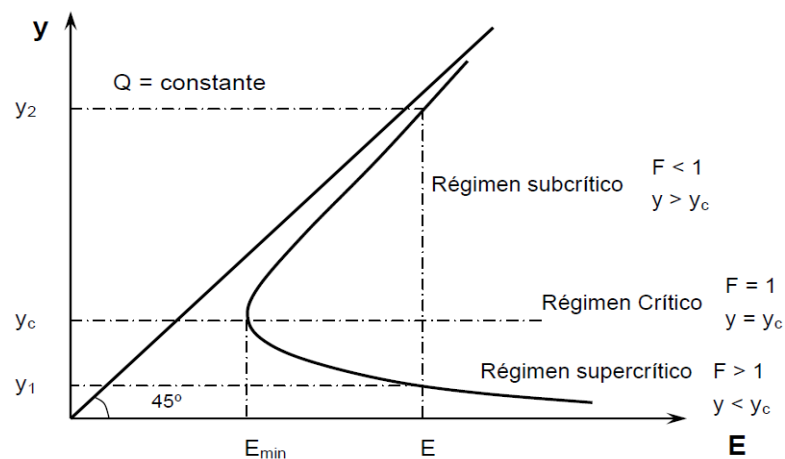


FIGURA 3-29: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA

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

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

dónde:

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:

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dy} &= \frac{d}{dy} \left(y + \frac{Q^2}{2 * g} A^{-2} \right) = 0 \\ \Rightarrow \frac{Q^2}{g * A^3} * \frac{dA}{dy} &= 1 \end{aligned} \quad (3.44)$$

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

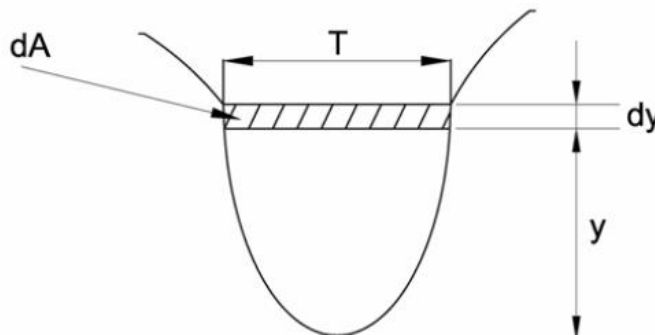


FIGURA 3-30: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL

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

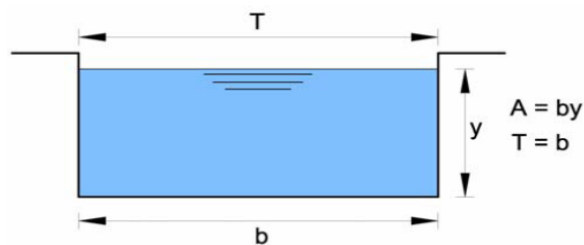


FIGURA 3-31: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL RECTANGULAR

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:

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

$$\frac{V_c^2}{g} = \frac{A_c}{T_c} = \frac{b * y_c}{b}$$

$$\frac{V_c^2}{g} = y_c \quad (3.48)$$

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

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:

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

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

c) 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

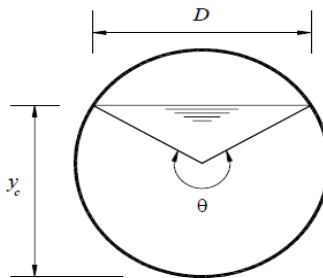


FIGURA 3-32: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CANAL CIRCULAR

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 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

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

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

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

Teniendo en cuenta consideraciones trigonométricas se puede sustituir

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

Luego,

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

En el sistema métrico

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

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.

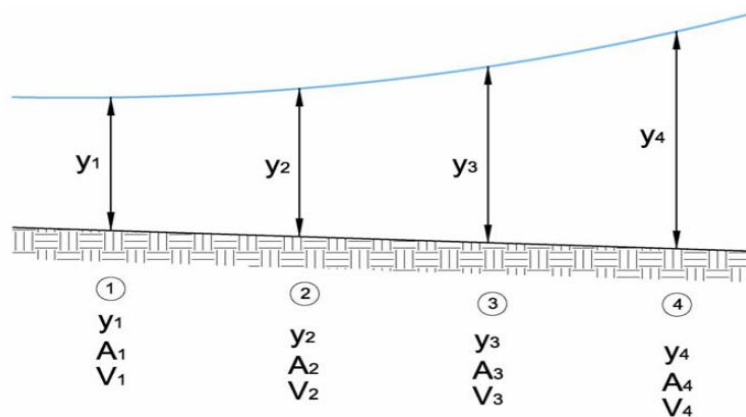


FIGURA 3-33: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

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. Esta 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 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, esta 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 solo 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, y 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 aguas arriba de pendiente suave y el de aguas debajo de pendiente fuerte, como se muestran es la Figura 3-38

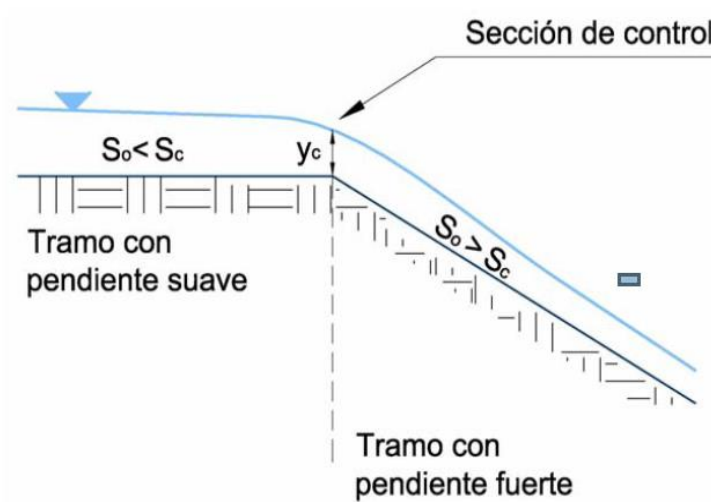


FIGURA 3-34: EJEMPLO DE UNA SECCIÓN DE CONTROL

3.8 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.

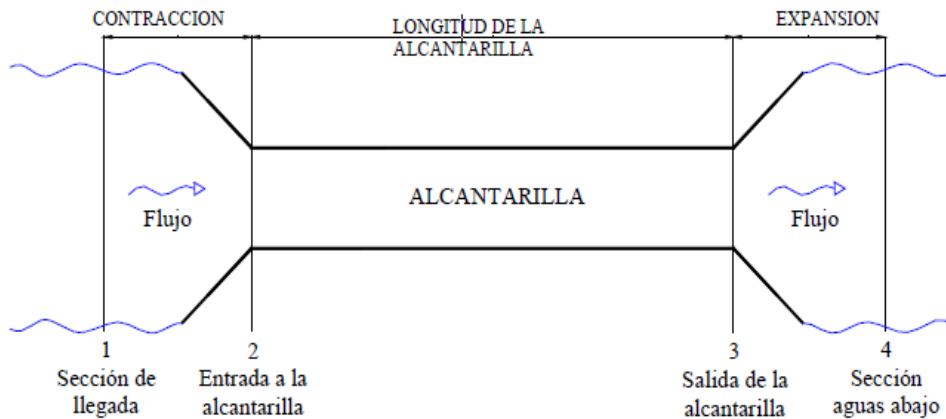


FIGURA 3-35: VISTA EN PLANTA DE UNA ALCANTARILLA

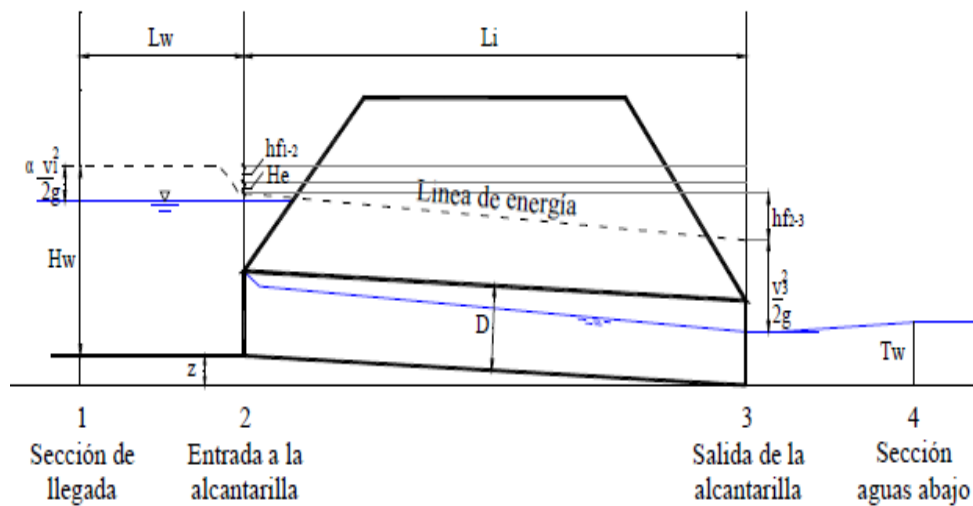


FIGURA 3-36: DEFINICIÓN ESQUEMÁTICA DEL FLUJO EN ALCANTARILLAS

3.8.1 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 3-90.

- (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.

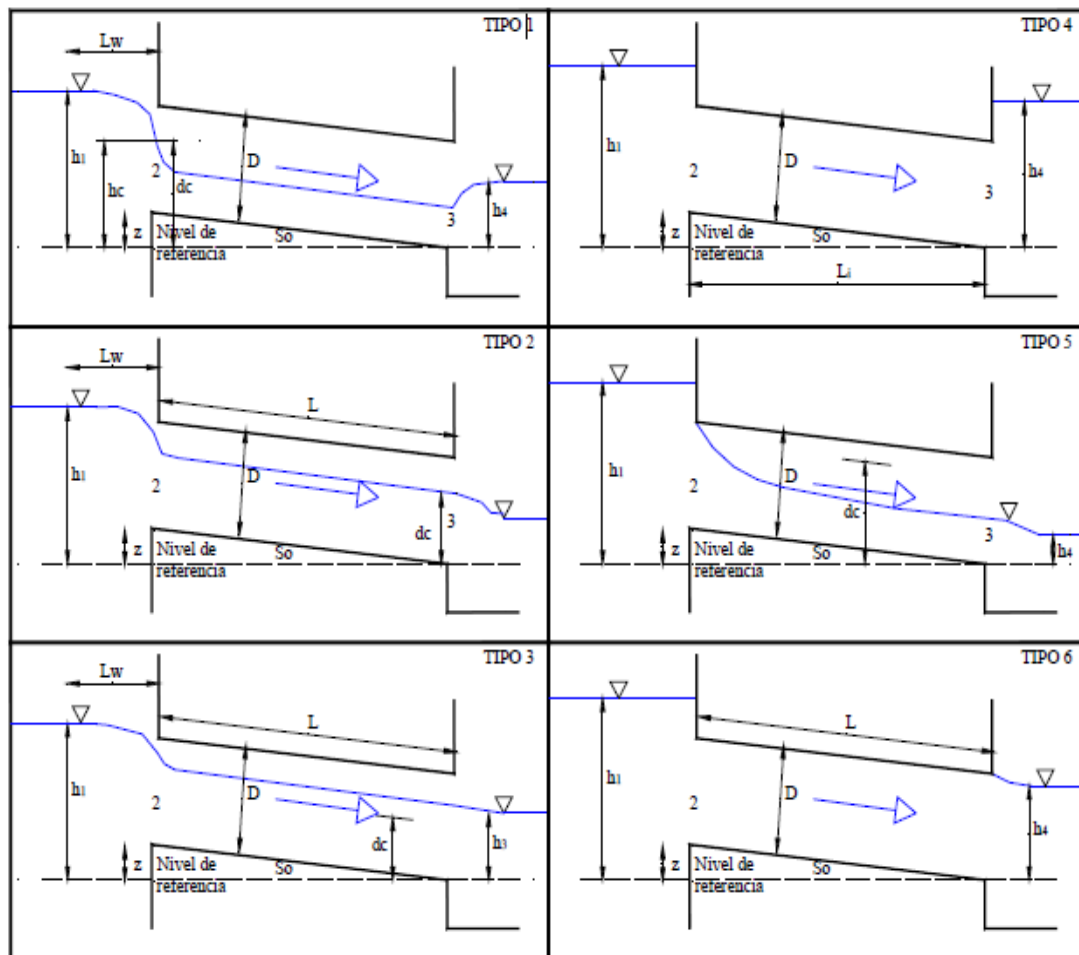


FIGURA 3-37 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS

De la figura 3 -38 se estudiarán en el presente proyecto el flujo en alcantarillas tipo I, tipo II y tipo III para las secciones rectangular y circular.

TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS		ECUACION DE GASTO
Tipo 1	Tirante crítico a la entrada ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_4/h_c < 1.0$ $S_0 > S_c$	$Q = C_{D1} A_c \sqrt{2g \left(h_1 - z + a_1 \frac{v_1^2}{2g} - y_c - h_{f1-2} \right)}$
Tipo 2	Tirante crítico a la salida ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_4/h_c < 1.0$ $S_0 < S_c$	$Q = C_{D2} A_c \sqrt{2g \left(h_1 - z + a_1 \frac{v_1^2}{2g} - y_c - h_{f1-2} - h_{f2-3} \right)}$
Tipo 3	Flujo subcrítico en toda la alcantarilla ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_4/h_c > 1.0$ $h_4/D \leq 1.0$	$Q = C_{D3} A_3 \sqrt{2g \left(h_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2g} - h_3 - h_{f1-2} - h_{f2-3} \right)}$

TABLA 3-2 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FLUJO EN ALCANTARILLAS

3.8.1.1 FLUJO TIPO I

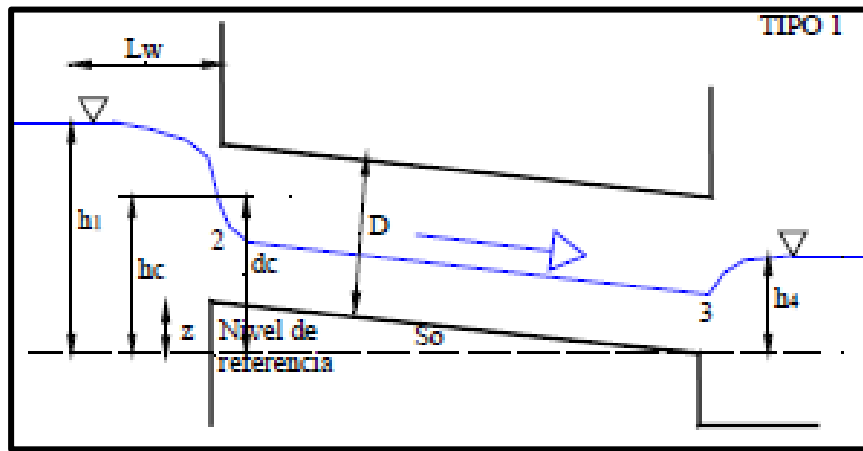


FIGURA 3-38: FLUJO TIPO I

Para flujo tipo 1, tirante crítico a la entrada, la ecuación de la energía se aplica entre la sección de llegada (1) y la entrada de la alcantarilla (2). El flujo es supercrítico en la alcantarilla y subcrítico aguas arriba de la entrada de la alcantarilla. Para que se presente este tipo de flujo, deben cumplirse los siguientes requisitos:

- 1.- Relación carga-diámetro $y_1/D < 1.5$
- 2.- Pendiente de la alcantarilla $S_0 >$ pendiente crítica S_c
- 3.- Relación entre tirante aguas abajo y tirante crítico $y_4/y_c < 1.0$

La ecuación de la energía para el flujo tipo 1 es:

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = Z + y_c + K_e \frac{V_2^2}{2 * g} + h_{f_{1-2}} \quad (3.74)$$

con: $1 + K_e = \frac{1}{C_{D1}^2}$ se tiene

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = Z + y_c + \frac{V_2^2}{C_{D1}^2 * 2 * g} + h_{f_{1-2}} \quad (3.75)$$

Las pérdidas por fricción se calculan como

$$h_{f_{1-2}} = \frac{L_W * Q^2}{K_1 * K_C} \quad \text{donde} \quad k = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}}$$

Introduciendo la ecuación de continuidad ($Q = v_2 * A_c$) en la ecuación (3.75), se tiene

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = Z + y_c + \frac{Q^2}{C_{D1}^2 * A_c^2 * 2 * g} + h_{f_{1-2}} \quad (3.76)$$

Con lo que

$$Q = C_{D1} * A_c \sqrt{2g * \left(h_1 - Z + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} - y_c - h_{f_{1-2}} \right)} \quad (3.77)$$

Dónde:

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

V_1 : Velocidad media en la sección 1 (FIGURA 3-38)

g : Aceleración de gravedad (m/s^2)

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

k_e : Coeficiente de pérdida de carga en la entrada (tabla 3-3: coeficientes de perdida de carga en la entrada (k_e) para alcantarillas de hormigón) adimensional.

A_c : Área de la sección transversal mojada correspondiente a la sección crítica (m^2)

$h_{f_{1-2}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 1- 2 (VER FIGURA 3-38) (m.)

C_{D1} : Coeficiente de gasto, flujo tipo 1 (VER FIGURA 3-41) adimensional.

y_c : d_c : Tirante crítico (m.)

L_w : Distancia entre la sección de llegada y la sección de entrada a la alcantarilla (VER FIGURA 3-38) (m.)

V_2 : Velocidad media en la sección 2 (FIGURA 3-38)

Forma de la alcantarilla	Geometría y terminación de la entrada	Ke
Circular	Conducto prolongado fuera del terraplén, con enchufe dirigido hacia aguas arriba	0,2
Circular	Idem anterior, pero con espiga dirigida hacia aguas arriba	0,5
Circular	Con muro de cabeza, con o sin aleros, con enchufe dirigido hacia aguas arriba	0,2
Circular	Idem anterior, pero con espiga dirigida hacia aguas arriba	0,5
Circular	Cualquier condición, pero con el borde del conducto redondeado ($r = D/12$)	0,2
Circular (*)	Idem anterior con el borde del conducto achaflanado	0,2
Circular	Cortado en bisel, conformado al talud del terraplén	0,7
Circular	Con sección terminal de entrada, conformada al talud del terraplén	0,5
Cajon	Con muro de cabeza en ángulo recto respecto al eje de la alcantarilla, sin aleros. Bordes de aristas vivas	0,5
Cajon	Con muro de cabeza en ángulo recto respecto al eje de la alcantarilla, sin aleros. Bborders redondeados ($r=D/12$)	0,2
Cajon (*)	Idem anterior, pero con aleros formando ángulos entre 30° y 75° con el eje del conducto. Borde de la clave con aristas vivas	0,5
Cajon	Idem anterior, pero con aleros paralelos (prolongando los estribos). Borde dde la clave con aristas vivas	0,7
Cajon	Idem anterior, pero con aleros curvos, identificados con los estribos en correspondencia con el comienzo de la seccion transversal completa de la alcantarilla. Bordde de la seccion transversal completa de la alcantarilla. Borede de la clave redondeado ($r= D/4$)	0,1

TABLA 3-3: COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE CARGA EN LA ENTRADA (Ke) PARA ALCANTARILLAS DE HORMIGÓN

3.8.1.2 FLUJO TIPO II

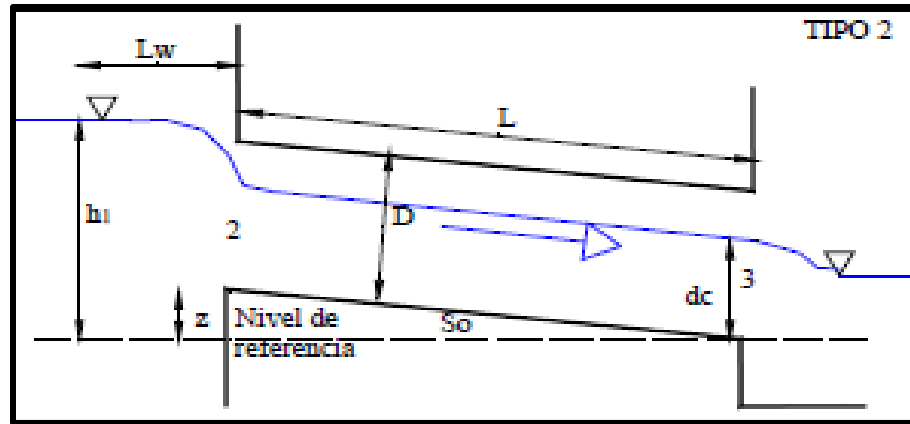


FIGURA 3-39: FLUJO TIPO II

Para flujo tipo II, tirante crítico a la salida, la ecuación de la energía se aplica entre la sección de llegada (1) y la sección de salida de la alcantarilla (3). El flujo es subcrítico en la alcantarilla. Se asume que el tirante crítico tiene lugar en la sección de salida de la alcantarilla (3).

Para que se presente este tipo de flujo, se deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- Relación carga - diámetro $y_1/D < 1.5$
- 2.- Pendiente de la alcantarilla $S_o < \text{pendiente crítica } S_c$
- 3.- Relación entre tirante aguas abajo y tirante crítico $y_4/y_c < 1.0$

Por lo tanto, la ecuación de la energía para el flujo tipo II es:

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = y_c + \frac{V_3^2}{2 * g} + K_e \frac{V_3^2}{2 * g} + h_{f_{1-2}} + h_{f_{2-3}} \quad (3.78)$$

$$\text{con: } 1 + K_e = \frac{1}{C_{D2}^2}$$

e introduciendo la ecuación de continuidad $Q = V_3 * A_c$ se tiene

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = y_c + \frac{Q^2}{C_{D2}^2 * A_c^2 * 2 * g} + h_{f_{1-2}} + h_{f_{2-3}} \quad (3.79)$$

Resultando:

$$Q = C_{D2} * A_c \sqrt{2g * \left(h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} - y_c - h_{f_{1-2}} - h_{f_{2-3}} \right)} \quad (3.80)$$

Las pérdidas por fricción para flujo tipo 2 se calculan como

$$h_{f_{1-2}} = \frac{L_W * Q^2}{K_1 * K_2} \quad y \quad h_{f_{2-3}} = \frac{L * Q^2}{K_2 * K_C}$$

Dónde:

$$k = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}}$$

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

V_1 : Velocidad media en la sección 1 (FIGURA 3-39)

V_3 : Velocidad media en la sección 3 (FIGURA 3-39)

g : Aceleración de gravedad (m/s²)

k_e : Coeficiente de pérdida de carga en la entrada (tabla 3-3: coeficientes de perdida de carga en la entrada (k_e) para alcantarillas de hormigón) adimensional.

A_c : Área de la sección transversal mojada correspondiente a la sección crítica (m²)

$h_{f_{1-2}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 1-2 (VER FIGURA 3-39) (m.)

$h_{f_{2-3}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 2-3 (VER FIGURA 3-39) (m.)

C_{D2} : Coeficiente de gasto, flujo tipo 2 (VER FIGURA 4-41) adimensional.

y_c : d_c : Tirante critico (m.)

L_W : Distancia entre la sección de llegada y la sección de entrada a la alcantarilla (VER FIGURA 3-39) (m.)

L : Longitud de la alcantarilla (VER FIGURA 3-39) (m.)

El factor de sección K_2 en las ecuaciones, requiere la determinación del tirante en la sección de entrada de la alcantarilla.

3.8.1.3 FLUJO TIPO III

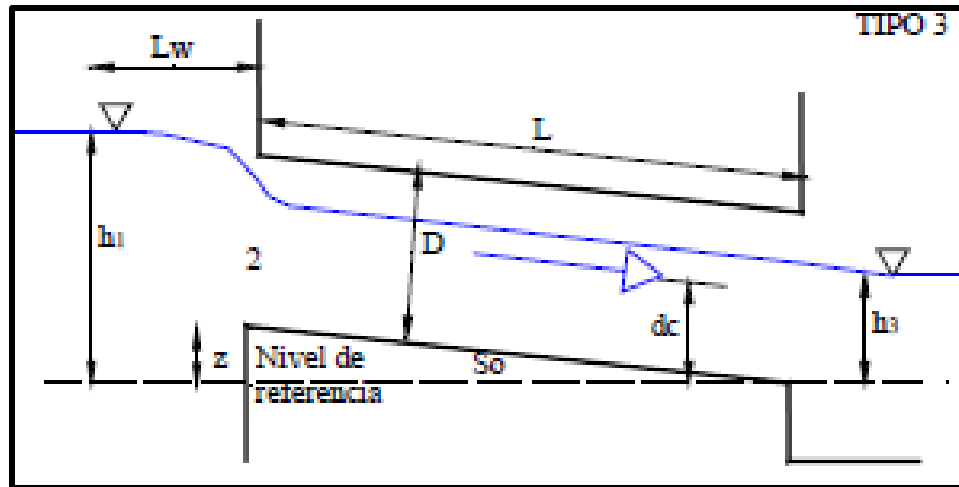


FIGURA 3-40: FLUJO TIPO III

Para flujo tipo 3, alcantarilla parcialmente llena y flujo subcrítico, la ecuación de la energía se aplica entre la sección de llegada (1) y la sección de salida de la alcantarilla (3). Se asume flujo subcrítico a través de la sección de llegada, el cuerpo de la alcantarilla, la sección de salida y la sección aguas abajo (4). Para que se presente este tipo de flujo, deben cumplirse los siguientes requisitos:

1. Relación carga - diámetro $y_1/D < 1.5$
2. Relación entre tirante aguas abajo y tirante crítico $y_4/y_c > 1.0$, pero no será suficiente para ahogar la salida de la alcantarilla ($y_4/D \leq 1.0$)

La ecuación de la energía resultante es:

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = h_3 + \frac{V_3^2}{2 * g} + K_e \frac{V_3^2}{2 * g} + h_{f_{1-2}} + h_{f_{2-3}} \quad (3.81)$$

con: $1 + K_e = \frac{1}{C_{D3}^2}$

e introduciendo la ecuación de continuidad $Q = V_3 * A_3$ se tiene

$$h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} = h_3 + \frac{Q^2}{C_{D3}^2 * A_3^2 * 2 * g} + h_{f_{1-2}} + h_{f_{2-3}} \quad (3.82)$$

Resultando:

$$Q = C_{D3} * A_3 \sqrt{2g * \left(h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 * g} - h_3 - h_{f_{1-2}} - h_{f_{2-3}} \right)} \quad (3.83)$$

Las pérdidas por fricción se calculan según:

$$h_{f_{1-2}} = \frac{L_w * Q^2}{K_1 * K_2} \quad \text{y} \quad h_{f_{2-3}} = \frac{L * Q^2}{K_2 * K_3}$$

Dónde:

$$k = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}}$$

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.)

V_1 : Velocidad media en la sección 1 (FIGURA 3-40)

V_3 : Velocidad media en la sección 3 (FIGURA 3-40)

g : Aceleración de gravedad (m/s^2)

k_e : Coeficiente de pérdida de carga en la entrada (tabla 3-3: coeficientes de pérdida de carga en la entrada (k_e) para alcantarillas de hormigón) adimensional.

A_3 : Área de la sección transversal mojada correspondiente a la sección 3 (m^2).

$h_{f_{1-2}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 1-2 (VER FIGURA 3-40) (m.)

$h_{f_{2-3}}$: Pérdida de carga por fricción en el tramo 2-3 (VER FIGURA 3-40) (m.)

C_{D3} : Coeficiente de gasto, flujo tipo 3 (VER FIGURA 4-40) adimensional.

L_w : Distancia entre la sección de llegada y la sección de entrada a la alcantarilla (VER FIGURA 3-40) (m.)

El cálculo del factor de sección K_2 , en las ecuaciones, requiere determinar el tirante en la sección de entrada de la alcantarilla (1).

3.8.2 COEFICIENTE DE GASTO PARA LOS FLUJOS TIPO I, II, III

El coeficiente de gasto para alcantarillas de arista cuadrada colocadas en una pared vertical es una función de y_1/D , donde el coeficiente de gasto base para este caso se puede determinar con la figura 3-45.

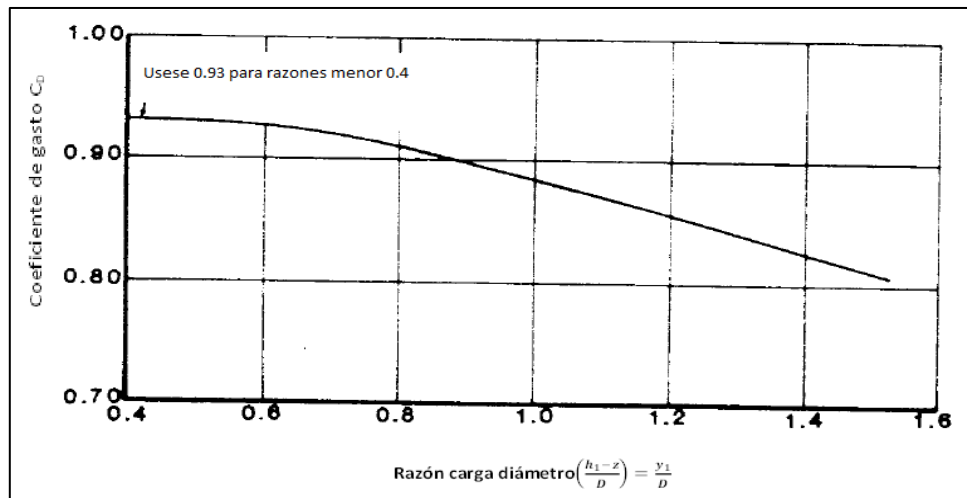


FIGURA 3-41: COEFICIENTE BASE DE GASTO PARA FLUJO TIPO 1, 2 Y 3 EN ALCANTARILLAS CIRCULARES CON ENTRADAS CUADRADAS MONTADAS A PAÑO EN PARED VERTICAL (BODHAINE, 1976)

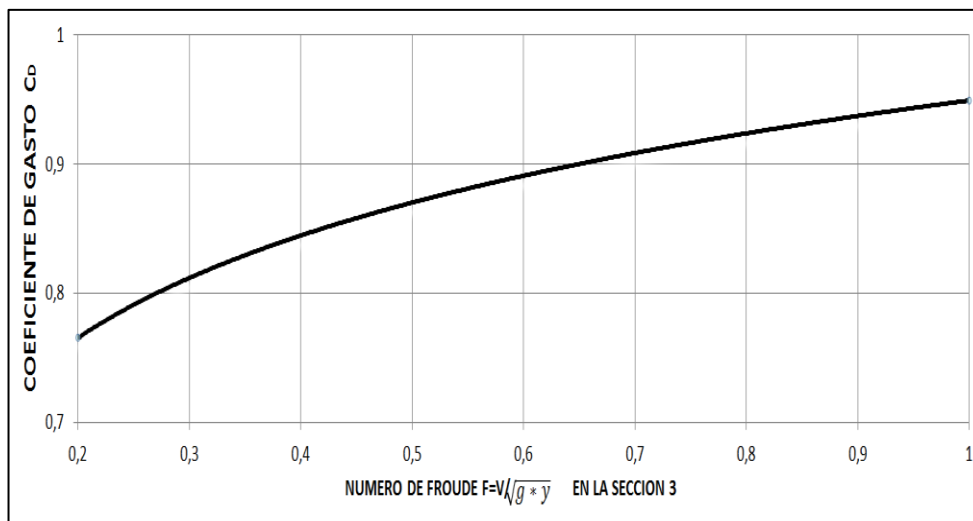


FIGURA 3-42: COEFICIENTE DE GASTO BASE PARA FLUJOS TIPO 1, 2 Y 3 EN ALCANTARILLAS RECTANGULARES CON ENTRADA CUADRADA MONTADAS A PAÑO EN PARED VERTICAL (BODHAINE, 1976)

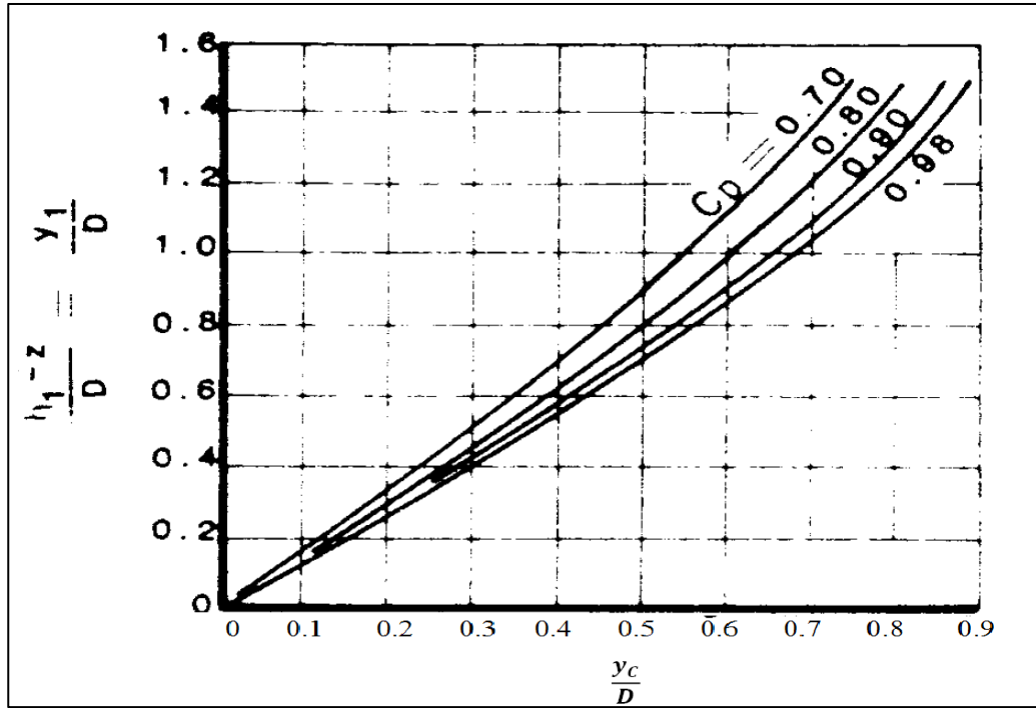


FIGURA 3-43: RELACIÓN y/D , C_D Y TIRANTE CRITICO PARA ALCANTARILLAS CIRCULARES (BODHAINE, 1976)

4.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio del presente trabajo es la 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, estos 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 ($b=60$ cm) y un alto de 90cm ($h=90$ 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 el agua a un tanque elevado de nivel constante, el cual descarga el caudal al canal Rehbock.

Sección de ensayo		Altura de Alcantarilla		Caudal de ensayo	
Base (m)	Altura(m)	H (m)	b (m.)	Mínimo (lt/seg)	Máximo (lt/seg)
0,60	0,90	0,27	0,22	10,00	150,00

TABLA 4-1: DIMENSIONES PARA LA MODELACIÓN

En esta tabla se presentan las magnitudes de las dimensiones a utilizar en la modelación física de la alcantarilla en función 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 las dimensiones de las alcantarilla de sección rectangular con una base $b=0.22$ m. y una altura de 0.27 m, en la alcantarilla circular se utilizó un diámetro 0,275m (27.5cm) en un largo de conducto de 178.5 cm en ambos modelos 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 PIEZOMÉTRICA

La variación de caudales para la modelación se la ejecuto 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 admite 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 17,6 l/seg hasta 65.7 l/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 del 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 hacer una comparación del comportamiento del flujo hidráulico en ambas tuberías.

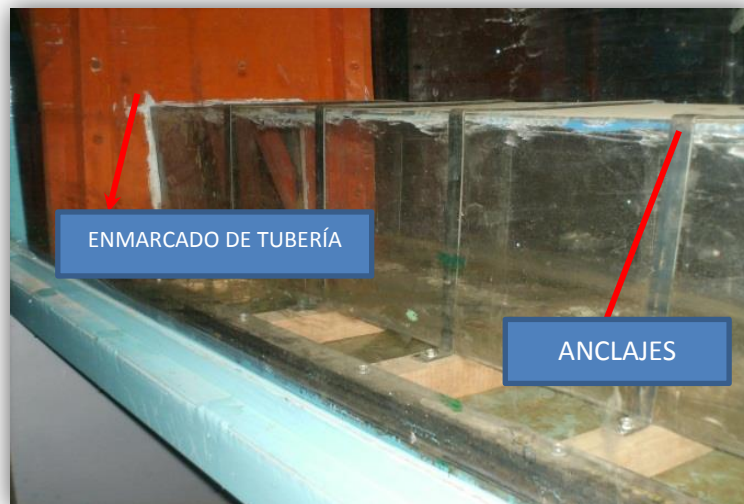
Esta actividad se desarrolló en un chapista por lo que ellos cuentan con herramientas para facilitar el armado de la tubería con lámina de acrílico (material transparente).



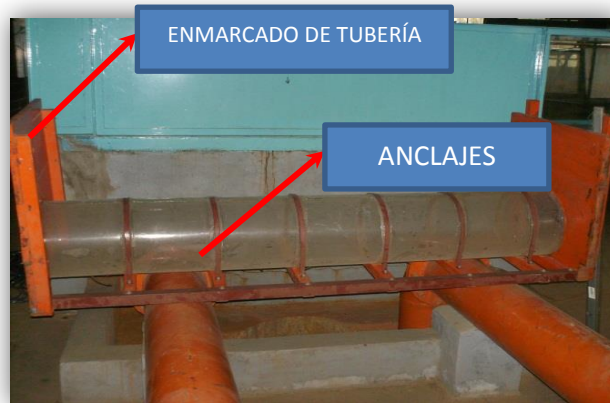
b) ENMARCADO, COLOCACIÓN DE ANCLAJES Y MANGUERAS HIDRÁULICAS

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 la finalidad 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 modo 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 cuáles están conectadas al tablero piezométrico por medio de mangueras hidráulicas transparentes las que posibilitan 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 ensayará 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.



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
PIEZOMÉTRICO

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



d) OPERACIÓN DEL MODELO

Una vez instalado todos los componentes imprescindibles 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 estos 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 estos 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 estas son negativas se tratará de sub-presiones (Succión). La diferencia entre las lectura iniciales tomadas con la mira y las lectura tomadas durante los ensayos serán los tirantes que se presentan en esos puntos de análisis en donde fueron colocados las tomas piezométrica.



4.5 DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO 1

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

d	H1	h1	H2	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	H3	h3	H4	h4	Q	V _{1(0,6y)}
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	m3/s	canal (m/s)
0,27	0,444	0,203	0,438	0,197	0,162	0,138	0,108	0,098	0,080	0,090	0,343	0,102	0,287	0,082	0,0176	0,137
0,27	0,527	0,286	0,518	0,277	0,215	0,167	0,138	0,126	0,106	0,110	0,367	0,126	0,338	0,121	0,0350	0,212
0,27	0,560	0,319	0,553	0,312	0,230	0,182	0,152	0,140	0,117	0,115	0,382	0,141	0,352	0,135	0,0421	0,211
0,27	0,579	0,338	0,573	0,332	0,243	0,191	0,167	0,148	0,125	0,123	0,391	0,150	0,362	0,145	0,0485	0,232
0,27	0,606	0,365	0,599	0,358	0,259	0,203	0,181	0,162	0,136	0,133	0,408	0,167	0,375	0,160	0,0581	0,276

d	H1	h1	H2	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	H3	h3	H4	h4	Q	V _{1(0,6y)}
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	m3/s	canal (m/s)
0,27	0,489	0,248	0,479	0,238	0,191	0,154	0,124	0,113	0,089	0,099	0,356	0,115	0,318	0,103	0,0265	0,175
0,27	0,513	0,272	0,505	0,264	0,207	0,164	0,134	0,122	0,101	0,105	0,364	0,123	0,332	0,115	0,0322	0,207
0,27	0,552	0,311	0,548	0,307	0,229	0,180	0,151	0,137	0,116	0,114	0,379	0,138	0,350	0,133	0,0415	0,218
0,27	0,607	0,366	0,600	0,359	0,256	0,201	0,179	0,159	0,134	0,129	0,405	0,164	0,373	0,157	0,0562	0,248
0,27	0,627	0,386	0,620	0,379	0,267	0,213	0,195	0,172	0,143	0,138	0,422	0,181	0,384	0,169	0,0652	0,293

d	H1	h1	H2	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	H3	h3	H4	h4	Q	V _{1(0,6y)}
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	m3/s	canal (m/s)
0,27	0,495	0,254	0,489	0,248	0,194	0,157	0,126	0,115	0,092	0,100	0,358	0,117	0,321	0,106	0,0278	0,173
0,27	0,532	0,291	0,523	0,282	0,218	0,172	0,143	0,130	0,109	0,109	0,371	0,130	0,341	0,124	0,0367	0,219
0,27	0,560	0,319	0,553	0,312	0,233	0,182	0,154	0,140	0,118	0,116	0,382	0,141	0,353	0,136	0,0431	0,216
0,27	0,585	0,344	0,580	0,339	0,248	0,194	0,169	0,152	0,129	0,124	0,396	0,155	0,366	0,150	0,0512	0,241
0,27	0,625	0,384	0,619	0,378	0,265	0,211	0,192	0,170	0,141	0,137	0,419	0,178	0,382	0,167	0,0635	0,287

d	H1	h1	H2	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	H3	h3	H4	h4	Q	V _{1(0,6y)}
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	m3/s	canal (m/s)
0,27	0,493	0,252	0,483	0,242	0,193	0,156	0,125	0,114	0,091	0,100	0,357	0,116	0,320	0,105	0,0273	0,172
0,27	0,536	0,295	0,528	0,287	0,223	0,175	0,146	0,133	0,112	0,111	0,374	0,133	0,345	0,128	0,0386	0,227
0,27	0,556	0,315	0,549	0,308	0,230	0,180	0,152	0,138	0,116	0,115	0,380	0,139	0,351	0,134	0,0417	0,212
0,27	0,574	0,333	0,568	0,327	0,238	0,186	0,159	0,144	0,122	0,119	0,387	0,146	0,358	0,141	0,0458	0,222
0,27	0,618	0,377	0,611	0,370	0,263	0,208	0,188	0,166	0,139	0,134	0,414	0,173	0,379	0,164	0,0612	0,281

**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1**

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,479	0,238	0,451	0,210	0,140	0,125	0,120	0,110	0,106	0,105	0,349	0,108	0,342	0,101	0,0271	0,180
0,275	0,503	0,262	0,475	0,234	0,159	0,142	0,137	0,129	0,116	0,115	0,360	0,119	0,355	0,114	0,0324	0,214
0,275	0,539	0,298	0,507	0,266	0,184	0,166	0,160	0,152	0,131	0,132	0,381	0,140	0,376	0,135	0,0420	0,226
0,275	0,554	0,313	0,525	0,284	0,196	0,179	0,172	0,163	0,138	0,140	0,393	0,152	0,385	0,144	0,0460	0,238
0,275	0,584	0,343	0,553	0,312	0,224	0,203	0,193	0,185	0,159	0,160	0,413	0,172	0,406	0,165	0,0573	0,287

Medicion N° 2

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,476	0,235	0,443	0,202	0,140	0,124	0,119	0,110	0,103	0,102	0,350	0,109	0,341	0,100	0,0267	0,180
0,275	0,499	0,258	0,469	0,228	0,155	0,139	0,134	0,125	0,107	0,112	0,361	0,120	0,356	0,115	0,0315	0,212
0,275	0,525	0,284	0,491	0,250	0,174	0,157	0,152	0,143	0,126	0,128	0,373	0,132	0,370	0,129	0,0380	0,214
0,275	0,556	0,315	0,524	0,283	0,196	0,178	0,171	0,163	0,137	0,140	0,392	0,151	0,385	0,144	0,0461	0,237
0,275	0,580	0,339	0,553	0,312	0,209	0,190	0,182	0,174	0,159	0,160	0,410	0,169	0,406	0,165	0,0563	0,288

Medicion N° 3

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,482	0,241	0,451	0,210	0,144	0,128	0,123	0,114	0,109	0,105	0,348	0,107	0,343	0,102	0,0280	0,184
0,275	0,504	0,263	0,473	0,232	0,159	0,143	0,138	0,129	0,118	0,117	0,362	0,121	0,357	0,116	0,0329	0,217
0,275	0,540	0,299	0,512	0,271	0,183	0,166	0,160	0,151	0,134	0,133	0,381	0,140	0,376	0,135	0,0412	0,220
0,275	0,552	0,311	0,524	0,283	0,191	0,173	0,167	0,159	0,142	0,141	0,393	0,152	0,382	0,141	0,0442	0,230
0,275	0,581	0,340	0,552	0,311	0,211	0,192	0,184	0,176	0,152	0,153	0,406	0,165	0,397	0,156	0,0550	0,280

Medicion N° 4

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,479	0,238	0,446	0,205	0,143	0,127	0,122	0,113	0,105	0,109	0,354	0,113	0,343	0,102	0,0277	0,184
0,275	0,510	0,269	0,476	0,235	0,162	0,146	0,141	0,132	0,122	0,120	0,366	0,125	0,360	0,119	0,0341	0,220
0,275	0,534	0,293	0,498	0,257	0,181	0,164	0,158	0,150	0,133	0,132	0,381	0,140	0,375	0,134	0,0406	0,222
0,275	0,549	0,308	0,513	0,272	0,187	0,169	0,163	0,155	0,138	0,137	0,392	0,151	0,379	0,138	0,0426	0,224
0,275	0,577	0,336	0,550	0,309	0,210	0,191	0,182	0,174	0,158	0,159	0,410	0,169	0,404	0,163	0,0597	0,308

**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO II**

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b 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	Q m3/s	V _{1(0,6y)} canal (m/s)
0,22	0,426	0,185	0,422	0,181	0,135	0,118	0,115	0,118	0,118	0,117	0,119	0,120	0,121	0,122	0,121	0,118	0,117	0,118	0,112	0,346	0,105	0,344	0,103	0,0253	0,2256
0,22	0,459	0,218	0,451	0,210	0,159	0,143	0,137	0,131	0,129	0,132	0,132	0,130	0,135	0,138	0,136	0,132	0,133	0,130	0,127	0,366	0,125	0,361	0,120	0,0326	0,2368
0,22	0,492	0,251	0,485	0,244	0,176	0,166	0,153	0,146	0,147	0,145	0,148	0,147	0,150	0,152	0,153	0,148	0,145	0,142	0,140	0,374	0,133	0,369	0,128	0,0389	0,2455
0,22	0,514	0,273	0,508	0,267	0,192	0,181	0,170	0,162	0,164	0,165	0,163	0,165	0,169	0,170	0,168	0,166	0,164	0,156	0,155	0,389	0,148	0,381	0,140	0,0458	0,2684
0,22	0,569	0,328	0,563	0,322	0,219	0,207	0,191	0,186	0,188	0,187	0,190	0,189	0,192	0,193	0,189	0,187	0,182	0,179	0,177	0,403	0,162	0,390	0,149	0,0616	0,3255

Medicion N° 2

b 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	Q m3/s	V _{1(0,6y)} canal (m/s)
0,22	0,441	0,200	0,436	0,195	0,145	0,129	0,125	0,124	0,123	0,123	0,125	0,125	0,127	0,129	0,128	0,124	0,124	0,123	0,121	0,358	0,117	0,355	0,114	0,0284	0,2343
0,22	0,460	0,219	0,455	0,213	0,158	0,144	0,138	0,133	0,133	0,133	0,134	0,134	0,137	0,139	0,138	0,135	0,134	0,131	0,129	0,366	0,125	0,362	0,121	0,0325	0,2346
0,22	0,491	0,250	0,484	0,243	0,178	0,166	0,156	0,148	0,148	0,149	0,149	0,149	0,153	0,155	0,154	0,150	0,149	0,144	0,142	0,377	0,136	0,372	0,131	0,0394	0,25
0,22	0,526	0,285	0,519	0,278	0,198	0,188	0,176	0,165	0,167	0,167	0,167	0,167	0,171	0,173	0,171	0,168	0,165	0,159	0,157	0,390	0,149	0,382	0,141	0,0486	0,2724
0,22	0,580	0,339	0,575	0,334	0,223	0,210	0,194	0,192	0,195	0,193	0,197	0,196	0,198	0,199	0,194	0,192	0,187	0,185	0,183	0,407	0,166	0,392	0,151	0,0657	0,336

Medicion N° 3

b 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	Q m3/s	V _{1(0,6y)} canal (m/s)
0,22	0,438	0,197	0,432	0,191	0,143	0,127	0,122	0,122	0,122	0,122	0,123	0,123	0,125	0,127	0,126	0,123	0,122	0,122	0,120	0,357	0,116	0,354	0,113	0,0277	0,2325
0,22	0,484	0,243	0,477	0,236	0,174	0,161	0,153	0,144	0,145	0,145	0,146	0,146	0,149	0,151	0,151	0,147	0,146	0,141	0,139	0,375	0,134	0,370	0,129	0,0379	0,2467
0,22	0,493	0,252	0,486	0,245	0,179	0,167	0,158	0,149	0,149	0,150	0,150	0,150	0,154	0,156	0,155	0,152	0,150	0,145	0,143	0,378	0,137	0,372	0,131	0,0400	0,2513
0,22	0,520	0,279	0,513	0,272	0,195	0,184	0,172	0,162	0,163	0,163	0,164	0,164	0,168	0,170	0,168	0,165	0,162	0,156	0,155	0,388	0,147	0,380	0,139	0,0468	0,2686
0,22	0,563	0,322	0,558	0,317	0,217	0,205	0,190	0,184	0,186	0,185	0,187	0,187	0,190	0,191	0,187	0,185	0,181	0,177	0,175	0,402	0,161	0,390	0,149	0,0598	0,3215

Medicion N° 4

b 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	Q m3/s	V _{1(0,6y)} canal (m/s)
0,22	0,428	0,187	0,423	0,182	0,136	0,119	0,115	0,118	0,117	0,117	0,119	0,119	0,120	0,122	0,121	0,117	0,117	0,118	0,116	0,353	0,112	0,352	0,111	0,0257	0,2271
0,22	0,462	0,221	0,455	0,214	0,159	0,145	0,138	0,134	0,134	0,134	0,135	0,135	0,138	0,140	0,139	0,135	0,134	0,132	0,129	0,366	0,125	0,360	0,119	0,0328	0,2353
0,22	0,491	0,250	0,484	0,243	0,178	0,166	0,157	0,148	0,148	0,149	0,149	0,149	0,153	0,155	0,154	0,150	0,149	0,144	0,142	0,378	0,137	0,368	0,127	0,0395	0,2502
0,22	0,528	0,287	0,521	0,280	0,199	0,189	0,176	0,166	0,167	0,167	0,168	0,168	0,172	0,173	0,172	0,169	0,166	0,160	0,158	0,390	0,149	0,377	0,136	0,0489	0,273
0,22	0,565	0,324	0,559	0,318	0,217	0,206	0,190	0,184	0,187	0,186	0,188	0,188	0,191	0,192	0,188	0,186	0,181	0,177	0,175	0,402	0,161	0,386	0,145	0,0602	0,3224

**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO II**

Diametro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,428	0,187	0,422	0,181	0,132	0,125	0,120	0,114	0,118	0,117	0,120	0,119	0,117	0,116	0,118	0,120	0,117	0,115	0,112	0,344	0,103	0,342	0,101	0,0260	0,220
0,275	0,446	0,205	0,438	0,197	0,150	0,135	0,136	0,127	0,131	0,134	0,138	0,138	0,140	0,142	0,140	0,139	0,139	0,135	0,132	0,364	0,123	0,362	0,121	0,0304	0,257
0,275	0,472	0,231	0,461	0,220	0,168	0,154	0,155	0,149	0,152	0,156	0,162	0,156	0,160	0,159	0,160	0,162	0,159	0,156	0,155	0,387	0,146	0,384	0,143	0,0365	0,253
0,275	0,492	0,251	0,487	0,246	0,182	0,168	0,164	0,167	0,170	0,175	0,178	0,176	0,174	0,181	0,178	0,174	0,171	0,167	0,165	0,399	0,158	0,401	0,160	0,0423	0,272
0,275	0,511	0,27	0,505	0,264	0,195	0,180	0,175	0,179	0,183	0,187	0,192	0,191	0,195	0,192	0,187	0,184	0,184	0,182	0,180	0,415	0,174	0,413	0,172	0,0477	0,303

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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,4273	0,186	0,421	0,180	0,131	0,124	0,118	0,112	0,117	0,116	0,118	0,118	0,118	0,115	0,117	0,118	0,115	0,113	0,110	0,342	0,101	0,341	0,100	0,0257	0,218
0,275	0,4423	0,201	0,435	0,194	0,147	0,134	0,135	0,125	0,129	0,131	0,136	0,134	0,134	0,136	0,136	0,137	0,136	0,133	0,130	0,361	0,120	0,359	0,118	0,0297	0,256
0,275	0,4646	0,224	0,458	0,217	0,165	0,150	0,151	0,145	0,148	0,153	0,158	0,154	0,156	0,159	0,158	0,158	0,156	0,152	0,150	0,383	0,142	0,380	0,139	0,0355	0,254
0,275	0,4975	0,257	0,493	0,252	0,186	0,173	0,168	0,172	0,175	0,179	0,183	0,180	0,183	0,183	0,181	0,178	0,175	0,172	0,170	0,403	0,162	0,401	0,160	0,0440	0,277
0,275	0,531	0,290	0,517	0,276	0,212	0,185	0,187	0,181	0,189	0,193	0,195	0,199	0,201	0,198	0,198	0,190	0,186	0,185	0,183	0,421	0,180	0,416	0,175	0,0533	0,315

Medicion N° 3

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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,4325	0,191	0,426	0,185	0,137	0,127	0,125	0,117	0,121	0,121	0,125	0,124	0,124	0,123	0,124	0,125	0,123	0,121	0,118	0,349	0,108	0,348	0,107	0,0271	0,224
0,275	0,4491	0,208	0,441	0,200	0,154	0,139	0,141	0,131	0,135	0,138	0,143	0,141	0,145	0,144	0,143	0,144	0,144	0,140	0,138	0,369	0,128	0,366	0,125	0,0315	0,262
0,275	0,4783	0,237	0,473	0,232	0,174	0,160	0,159	0,157	0,160	0,165	0,169	0,165	0,166	0,170	0,169	0,167	0,164	0,161	0,159	0,393	0,152	0,389	0,148	0,0390	0,263
0,275	0,4945	0,253	0,49	0,249	0,184	0,171	0,167	0,170	0,173	0,177	0,181	0,178	0,177	0,181	0,179	0,176	0,173	0,170	0,168	0,401	0,160	0,400	0,159	0,0432	0,276
0,275	0,5242	0,283	0,514	0,273	0,205	0,184	0,182	0,182	0,188	0,192	0,199	0,203	0,204	0,203	0,192	0,188	0,196	0,195	0,192	0,419	0,178	0,413	0,172	0,0513	0,311

Medicion N° 4

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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,275	0,4244	0,183	0,419	0,178	0,127	0,122	0,114	0,111	0,115	0,113	0,115	0,115	0,109	0,110	0,113	0,114	0,110	0,108	0,105	0,338	0,097	0,337	0,096	0,0249	0,215
0,275	0,4396	0,199	0,432	0,191	0,145	0,132	0,132	0,123	0,127	0,128	0,133	0,132	0,134	0,133	0,133	0,134	0,133	0,130	0,127	0,358	0,117	0,356	0,115	0,0290	0,253
0,275	0,4619	0,221	0,455	0,214	0,164	0,148	0,150	0,143	0,146	0,150	0,155	0,152	0,155	0,157	0,156	0,156	0,154	0,150	0,149	0,381	0,140	0,378	0,137	0,0348	0,252
0,275	0,4891	0,248	0,484	0,243	0,181	0,167	0,164	0,166	0,169	0,173	0,177	0,174	0,173	0,177	0,176	0,174	0,170	0,167	0,165	0,399	0,158	0,399	0,158	0,0418	0,272
0,275	0,5185	0,278	0,511	0,270	0,201	0,183	0,179	0,181	0,186	0,190	0,196	0,198	0,203	0,198	0,190	0,186	0,190	0,188	0,186	0,423	0,182	0,415	0,174	0,0497	0,307

**ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III**

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b 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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,220	0,422	0,181	0,420	0,179	0,150	0,142	0,140	0,139	0,141	0,135	0,137	0,144	0,130	0,146	0,133	0,126	0,123	0,132	0,122	0,364	0,123	0,355	0,114	0,0242	0,221
0,220	0,469	0,228	0,461	0,220	0,175	0,168	0,163	0,158	0,158	0,153	0,157	0,162	0,148	0,164	0,155	0,142	0,143	0,153	0,142	0,383	0,142	0,376	0,135	0,0346	0,240
0,220	0,520	0,279	0,510	0,269	0,201	0,192	0,187	0,179	0,177	0,173	0,177	0,183	0,173	0,188	0,178	0,163	0,165	0,173	0,164	0,407	0,166	0,401	0,160	0,0459	0,260
0,220	0,527	0,286	0,520	0,279	0,206	0,198	0,192	0,184	0,182	0,178	0,184	0,189	0,178	0,195	0,183	0,169	0,170	0,178	0,171	0,414	0,173	0,409	0,168	0,0480	0,269
0,220	0,538	0,297	0,531	0,290	0,215	0,209	0,204	0,195	0,190	0,187	0,193	0,198	0,189	0,206	0,191	0,180	0,179	0,190	0,182	0,425	0,184	0,419	0,183	0,0516	0,301

Medicion N° 2

b 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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,220	0,416	0,175	0,417	0,176	0,148	0,140	0,139	0,138	0,140	0,134	0,136	0,143	0,129	0,145	0,131	0,125	0,121	0,131	0,121	0,363	0,122	0,354	0,113	0,0232	0,219
0,220	0,437	0,196	0,432	0,191	0,159	0,151	0,148	0,145	0,147	0,141	0,143	0,150	0,136	0,151	0,140	0,131	0,130	0,139	0,128	0,370	0,129	0,362	0,121	0,0278	0,224
0,220	0,474	0,233	0,465	0,224	0,177	0,169	0,164	0,159	0,159	0,154	0,158	0,163	0,150	0,165	0,156	0,143	0,144	0,153	0,143	0,384	0,143	0,377	0,136	0,0356	0,242
0,220	0,519	0,278	0,510	0,269	0,201	0,193	0,187	0,179	0,177	0,173	0,178	0,184	0,172	0,188	0,178	0,163	0,165	0,174	0,165	0,407	0,166	0,402	0,161	0,0456	0,263
0,220	0,539	0,298	0,532	0,291	0,216	0,209	0,204	0,195	0,190	0,187	0,193	0,198	0,190	0,207	0,192	0,180	0,179	0,189	0,182	0,425	0,184	0,420	0,184	0,0520	0,303

Medicion N° 3

b 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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,220	0,483	0,207	0,474	0,201	0,164	0,156	0,152	0,149	0,150	0,145	0,148	0,154	0,140	0,155	0,145	0,134	0,134	0,143	0,132	0,374	0,133	0,366	0,125	0,0302	0,241
0,220	0,501	0,226	0,491	0,218	0,174	0,166	0,161	0,156	0,157	0,151	0,155	0,161	0,147	0,162	0,153	0,140	0,142	0,150	0,140	0,381	0,140	0,374	0,133	0,0342	0,240
0,220	0,517	0,247	0,506	0,238	0,184	0,176	0,170	0,164	0,164	0,159	0,163	0,169	0,156	0,171	0,162	0,148	0,150	0,159	0,149	0,390	0,149	0,384	0,143	0,0385	0,247
0,220	0,534	0,269	0,522	0,260	0,196	0,188	0,182	0,175	0,173	0,169	0,174	0,179	0,167	0,183	0,173	0,159	0,160	0,169	0,160	0,402	0,161	0,396	0,155	0,0435	0,259
0,220	0,561	0,299	0,547	0,293	0,217	0,210	0,205	0,196	0,192	0,188	0,194	0,200	0,191	0,208	0,193	0,182	0,181	0,190	0,184	0,427	0,186	0,421	0,185	0,0526	0,305

Medicion N° 4

b 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	Q m3/s	V _{1(0.6y)} canal (m/s)
0,220	0,471	0,195	0,463	0,191	0,158	0,150	0,147	0,145	0,146	0,140	0,143	0,149	0,135	0,151	0,140	0,130	0,129	0,147	0,128	0,369	0,128	0,361	0,120	0,0276	0,233
0,220	0,502	0,228	0,492	0,220	0,175	0,167	0,162	0,157	0,157	0,152	0,156	0,161	0,148	0,163	0,154	0,141	0,142	0,160	0,141	0,382	0,141	0,375	0,134	0,0346	0,240
0,220	0,522	0,253	0,511	0,244	0,187	0,179	0,174	0,167	0,167	0,162	0,166	0,171	0,159	0,174	0,165	0,151	0,153	0,171	0,152	0,393	0,152	0,387	0,146	0,0399	0,249
0,220	0,545	0,282	0,532	0,273	0,203	0,196	0,190	0,182	0,180	0,176	0,181	0,186	0,175	0,192	0,180	0,166	0,168	0,186	0,168	0,411	0,170	0,405	0,164	0,0468	0,265
0,220	0,563	0,301	0,549	0,295	0,219	0,212	0,208	0,198	0,193	0,190	0,197	0,202	0,194	0,211	0,195	0,184	0,183	0,182	0,186	0,430	0,189	0,424	0,188	0,0535	0,308

**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO III**

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medición 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	Q m3/s	V _{I(0,6y)} canal (m/s)
0,275	0,428	0,187	0,426	0,185	0,150	0,152	0,149	0,150	0,152	0,149	0,154	0,152	0,155	0,152	0,150	0,145	0,142	0,145	0,143	0,381	0,140	0,380	0,139	0,0304	0,257
0,275	0,470	0,229	0,462	0,221	0,194	0,190	0,185	0,180	0,178	0,179	0,181	0,177	0,175	0,175	0,172	0,168	0,167	0,167	0,165	0,401	0,160	0,399	0,158	0,0371	0,281
0,275	0,483	0,242	0,478	0,237	0,213	0,208	0,203	0,201	0,205	0,200	0,200	0,200	0,200	0,196	0,193	0,189	0,186	0,185	0,182	0,418	0,177	0,415	0,174	0,0429	0,284
0,275	0,492	0,251	0,488	0,247	0,224	0,216	0,213	0,208	0,206	0,205	0,205	0,206	0,206	0,203	0,199	0,197	0,194	0,190	0,186	0,422	0,181	0,420	0,179	0,0446	0,287
0,275	0,516	0,275	0,506	0,265	0,245	0,236	0,230	0,225	0,218	0,216	0,216	0,223	0,216	0,219	0,216	0,209	0,203	0,201	0,196	0,433	0,192	0,432	0,191	0,0488	0,305

Medición 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	Q m3/s	V _{I(0,6y)} canal (m/s)
0,275	0,436	0,195	0,43	0,189	0,165	0,160	0,153	0,155	0,156	0,155	0,159	0,157	0,157	0,157	0,154	0,149	0,147	0,149	0,147	0,385	0,144	0,383	0,142	0,0317	0,257
0,275	0,474	0,233	0,465	0,224	0,195	0,189	0,184	0,188	0,184	0,186	0,188	0,185	0,184	0,182	0,179	0,173	0,170	0,173	0,171	0,407	0,166	0,405	0,164	0,0391	0,291
0,275	0,483	0,242	0,479	0,238	0,216	0,198	0,190	0,197	0,199	0,199	0,200	0,199	0,192	0,196	0,192	0,179	0,177	0,184	0,181	0,418	0,177	0,415	0,174	0,0428	0,283
0,275	0,494	0,253	0,484	0,243	0,223	0,217	0,214	0,202	0,197	0,207	0,208	0,210	0,195	0,206	0,203	0,187	0,182	0,192	0,188	0,425	0,184	0,423	0,182	0,0455	0,291
0,275	0,531	0,290	0,531	0,29	0,259	0,247	0,243	0,240	0,243	0,222	0,223	0,235	0,230	0,230	0,227	0,220	0,217	0,208	0,203	0,440	0,199	0,440	0,199	0,0516	0,305

Medición N° 3

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	Q m3/s	V _{I(0,6y)} canal (m/s)
0,275	0,435	0,194	0,436	0,195	0,173	0,161	0,158	0,156	0,159	0,155	0,159	0,157	0,163	0,157	0,154	0,154	0,150	0,149	0,147	0,385	0,144	0,383	0,142	0,0317	0,259
0,275	0,468	0,227	0,46	0,219	0,196	0,188	0,182	0,180	0,185	0,177	0,179	0,176	0,187	0,174	0,171	0,176	0,169	0,166	0,164	0,400	0,159	0,398	0,157	0,0367	0,280
0,275	0,481	0,24	0,489	0,248	0,216	0,210	0,205	0,200	0,198	0,200	0,200	0,200	0,196	0,196	0,193	0,182	0,179	0,185	0,182	0,418	0,177	0,415	0,174	0,0429	0,286
0,275	0,496	0,255	0,491	0,25	0,227	0,218	0,213	0,211	0,214	0,208	0,209	0,211	0,200	0,207	0,204	0,187	0,184	0,193	0,189	0,426	0,185	0,424	0,183	0,0458	0,291
0,275	0,519	0,278	0,504	0,263	0,239	0,231	0,221	0,225	0,225	0,215	0,216	0,222	0,211	0,218	0,215	0,200	0,196	0,200	0,196	0,433	0,192	0,431	0,190	0,0486	0,300

Medición N° 4

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	Q m3/s	V _{I(0,6y)} canal (m/s)
0,275	0,430	0,189	0,428	0,187	0,164	0,158	0,154	0,159	0,156	0,149	0,154	0,153	0,151	0,153	0,150	0,143	0,146	0,145	0,143	0,381	0,140	0,380	0,139	0,0305	0,256
0,275	0,460	0,219	0,452	0,211	0,191	0,187	0,182	0,185	0,184	0,172	0,174	0,171	0,175	0,169	0,166	0,166	0,163	0,162	0,160	0,396	0,155	0,394	0,153	0,0354	0,280
0,275	0,470	0,229	0,471	0,23	0,206	0,198	0,192	0,196	0,190	0,190	0,191	0,188	0,190	0,186	0,182	0,174	0,175	0,176	0,174	0,410	0,169	0,407	0,166	0,0400	0,279
0,275	0,487	0,246	0,48	0,239	0,219	0,206	0,200	0,195	0,193	0,204	0,204	0,205	0,196	0,202	0,198	0,180	0,176	0,189	0,185	0,422	0,181	0,419	0,178	0,0443	0,291
0,275	0,520	0,279	0,511	0,27	0,249	0,242	0,238	0,235	0,237	0,219	0,220	0,229	0,217	0,225	0,221	0,211	0,208	0,204	0,200	0,437	0,196	0,436	0,195	0,0502	0,309

5.1 VERIFICACIONES SEGÚN EL TIPO DE FLUJO QUE SE PRESENTA EN ALCANTARILLAS

Para la veracidad de los datos obtenidos en laboratorio, cada tipo de flujo debe cumplir con las verificaciones proporcionadas en el Capítulo 3 sección 3.9.1.1.

5.1.1 FLUJO TIPO I

ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO I

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So>Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,479	0,238	0,342	0,101	0,673	OK	2,9687	0,126	0,8040	OK	0,0264	0,4082	0,0045	0,0302	OK
0,275	0,503	0,262	0,355	0,114	0,760	OK	3,2475	0,145	0,7874	OK	0,0317	0,4465	0,0048	0,0302	OK
0,275	0,539	0,298	0,376	0,135	0,891	OK	3,4553	0,159	0,8492	OK	0,0356	0,4751	0,0050	0,0302	OK
0,275	0,554	0,313	0,385	0,144	0,945	OK	3,5833	0,168	0,8591	OK	0,0379	0,4927	0,0052	0,0302	OK
0,275	0,584	0,343	0,406	0,165	1,055	OK	3,9823	0,194	0,8522	OK	0,0447	0,5476	0,0056	0,0302	OK

Medicion N° 2

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So>Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,476	0,235	0,341	0,100	0,662	OK	2,9575	0,125	0,8009	OK	0,0275	0,4697	0,0054	0,0302	OK
0,275	0,499	0,258	0,356	0,115	0,745	OK	3,2178	0,143	0,8057	OK	0,0314	0,5055	0,0057	0,0302	OK
0,275	0,525	0,284	0,370	0,129	0,840	OK	3,3376	0,151	0,8546	OK	0,0332	0,5219	0,0058	0,0302	OK
0,275	0,556	0,315	0,385	0,144	0,953	OK	3,5862	0,168	0,8581	OK	0,0369	0,5556	0,0061	0,0302	OK
0,275	0,580	0,339	0,406	0,165	1,040	OK	3,9716	0,193	0,8552	OK	0,0424	0,6059	0,0066	0,0302	OK

Medicion N° 3

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So>Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,482	0,241	0,343	0,102	0,684	OK	3,0020	0,128	0,7974	OK	0,0281	0,4758	0,0054	0,0302	OK
0,275	0,504	0,263	0,357	0,116	0,764	OK	3,2638	0,146	0,7951	OK	0,0321	0,5118	0,0057	0,0302	OK
0,275	0,540	0,299	0,376	0,135	0,895	OK	3,4340	0,158	0,8570	OK	0,0347	0,5351	0,0059	0,0302	OK
0,275	0,552	0,311	0,382	0,141	0,938	OK	3,5333	0,164	0,8584	OK	0,0361	0,5485	0,0061	0,0302	OK
0,275	0,581	0,340	0,397	0,156	1,044	OK	3,9344	0,191	0,8185	OK	0,0419	0,6012	0,0065	0,0302	OK

Medicion N° 4

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So>Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,479	0,238	0,343	0,102	0,673	OK	2,9910	0,127	0,8022	OK	0,0280	0,4743	0,0054	0,0302	OK
0,275	0,510	0,269	0,360	0,119	0,785	OK	3,3058	0,149	0,7999	OK	0,0327	0,5175	0,0058	0,0302	OK
0,275	0,534	0,293	0,375	0,134	0,873	OK	3,4156	0,156	0,8574	OK	0,0344	0,5326	0,0059	0,0302	OK
0,275	0,549	0,308	0,379	0,138	0,927	OK	3,4856	0,161	0,8567	OK	0,0354	0,5421	0,0060	0,0302	OK
0,275	0,577	0,336	0,404	0,163	1,029	OK	4,0635	0,199	0,8205	OK	0,0437	0,6173	0,0067	0,0302	OK

**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO 1**

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

d mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	yc alcan. m	(h1-z)/H(alc)	Verifi. <1,5	h4/yc	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So>Sc
0,27	0,444	0,203	0,287	0,082	0,0838	0,5481	OK	0,9784	OK	0,0184	0,3876	0,0048	0,0302	OK
0,27	0,527	0,286	0,338	0,121	0,1408	0,8556	OK	0,8595	OK	0,0310	0,5016	0,0057	0,0302	OK
0,27	0,560	0,319	0,352	0,135	0,1510	0,9778	OK	0,8943	OK	0,0332	0,5219	0,0058	0,0302	OK
0,27	0,579	0,338	0,362	0,145	0,1670	1,0481	OK	0,8680	OK	0,0368	0,5541	0,0061	0,0302	OK
0,27	0,606	0,365	0,375	0,160	0,1974	1,1481	OK	0,8106	OK	0,0434	0,6148	0,0066	0,0302	OK

Medicion N° 2

d mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	yc alcan. m	(h1-z)/H(alc)	Verifi. <1,5	h4/yc	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So>Sc
0,27	0,489	0,248	0,318	0,103	0,1124	0,7148	OK	0,9167	OK	0,0247	0,4448	0,0052	0,0302	OK
0,27	0,513	0,272	0,332	0,115	0,1340	0,8037	OK	0,8606	OK	0,0295	0,4881	0,0055	0,0302	OK
0,27	0,552	0,311	0,350	0,133	0,1516	0,9481	OK	0,8805	OK	0,0334	0,5232	0,0058	0,0302	OK
0,27	0,607	0,366	0,373	0,157	0,1843	1,1524	OK	0,8532	OK	0,0405	0,5886	0,0064	0,0302	OK
0,27	0,627	0,386	0,384	0,169	0,2131	1,2241	OK	0,7920	OK	0,0469	0,6463	0,0069	0,0302	OK

Medicion N° 3

d mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	yc alcan. m	(h1-z)/H(alc)	Verifi. <1,5	h4/yc	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So>Sc
0,27	0,495	0,254	0,321	0,106	0,1137	0,7370	OK	0,9319	OK	0,0250	0,4474	0,0052	0,0302	OK
0,27	0,532	0,291	0,341	0,124	0,1453	0,8741	OK	0,8562	OK	0,0320	0,5106	0,0057	0,0302	OK
0,27	0,560	0,319	0,353	0,136	0,1533	0,9778	OK	0,8892	OK	0,0337	0,5267	0,0059	0,0302	OK
0,27	0,585	0,344	0,366	0,150	0,1732	1,0704	OK	0,8651	OK	0,0381	0,5664	0,0062	0,0302	OK
0,27	0,625	0,384	0,382	0,167	0,2094	1,2185	OK	0,7964	OK	0,0461	0,6389	0,0068	0,0302	OK

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	yc alcan. m	(h1-z)/H(alc)	Verifi. <1,5	h4/yc	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So>Sc
0,27	0,493	0,252	0,320	0,105	0,1123	0,7296	OK	0,9334	OK	0,0247	0,4446	0,0052	0,0302	OK
0,27	0,536	0,295	0,345	0,128	0,1503	0,8889	OK	0,8523	OK	0,0331	0,5206	0,0058	0,0302	OK
0,27	0,556	0,315	0,351	0,134	0,1500	0,9630	OK	0,8923	OK	0,0330	0,5200	0,0058	0,0302	OK
0,27	0,574	0,333	0,358	0,141	0,1608	1,0296	OK	0,8772	OK	0,0354	0,5416	0,0060	0,0302	OK
0,27	0,618	0,377	0,379	0,164	0,2043	1,1936	OK	0,8023	OK	0,0450	0,6287	0,0068	0,0302	OK

5.1.2 FLUJO TIPO II

ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO II

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ_c	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So<Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,428	0,187	0,342	0,101	0,655	OK	2,9310	0,123	0,8208	OK	0,0257	0,4030	0,0045	0,0039	OK
0,275	0,446	0,205	0,362	0,121	0,720	OK	3,1776	0,140	0,8644	OK	0,0304	0,4369	0,0047	0,0039	OK
0,275	0,472	0,231	0,384	0,143	0,815	OK	3,2897	0,148	0,9684	OK	0,0325	0,4523	0,0049	0,0039	OK
0,275	0,492	0,251	0,401	0,160	0,887	OK	3,4765	0,160	0,9974	OK	0,0360	0,4780	0,0050	0,0039	OK
0,275	0,511	0,27	0,413	0,172	0,956	OK	3,7156	0,176	0,9749	OK	0,0403	0,5109	0,0053	0,0039	OK

Medicion N° 2

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ_c	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So<Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,4273	0,186	0,341	0,100	0,652	OK	2,9196	0,122	0,8171	OK	0,0255	0,4014	0,0045	0,0039	OK
0,275	0,4423	0,201	0,359	0,118	0,706	OK	3,1539	0,138	0,8534	OK	0,0299	0,4337	0,0047	0,0039	OK
0,275	0,4646	0,224	0,380	0,139	0,788	OK	3,2605	0,146	0,9534	OK	0,0319	0,4483	0,0048	0,0039	OK
0,275	0,4975	0,257	0,401	0,160	0,907	OK	3,5273	0,164	0,9765	OK	0,0369	0,4850	0,0051	0,0039	OK
0,275	0,531	0,290	0,416	0,175	1,029	OK	3,8724	0,187	0,9377	OK	0,0429	0,5325	0,0055	0,0039	OK

Medicion N° 3

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ_c	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So<Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,4325	0,191	0,348	0,107	0,671	OK	2,9687	0,126	0,8486	OK	0,0264	0,4082	0,0045	0,0039	OK
0,275	0,4491	0,208	0,366	0,125	0,731	OK	3,1742	0,140	0,8961	OK	0,0303	0,4365	0,0047	0,0039	OK
0,275	0,4783	0,237	0,389	0,148	0,837	OK	3,4156	0,156	0,9490	OK	0,0348	0,4696	0,0050	0,0039	OK
0,275	0,4945	0,253	0,400	0,159	0,896	OK	3,5422	0,165	0,9645	OK	0,0372	0,4871	0,0051	0,0039	OK
0,275	0,5242	0,283	0,413	0,172	1,004	OK	3,7738	0,180	0,9543	OK	0,0413	0,5189	0,0054	0,0039	OK

Medicion N° 4

D	H1	h1	H4	h4	(H1-z)/D	Verifi.	θ_c	y_c	$h4/y_c$	Verifi.	Ac	Pc	Sc	So	So<Sc
mt	mt	mt	mt	mt		<1,5	rad	m		<1	m ²	m			
0,275	0,4244	0,183	0,337	0,096	0,642	OK	2,9386	0,124	0,7762	OK	0,0259	0,4041	0,0045	0,0039	OK
0,275	0,4396	0,199	0,356	0,115	0,697	OK	3,0881	0,134	0,8601	OK	0,0287	0,4246	0,0046	0,0039	OK
0,275	0,4619	0,221	0,378	0,137	0,778	OK	3,2832	0,147	0,9286	OK	0,0324	0,4514	0,0048	0,0039	OK
0,275	0,4891	0,248	0,399	0,158	0,877	OK	3,5006	0,162	0,9750	OK	0,0364	0,4813	0,0051	0,0039	OK
0,275	0,5185	0,278	0,415	0,174	0,984	OK	3,7291	0,177	0,9813	OK	0,0405	0,5128	0,0053	0,0039	OK

**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO II**

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	y _c m	(h ₁ -z) /H _(alc)	Verifi. <1,5	h ₄ /y _c	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So<Sc
0,22	0,426	0,185	0,344	0,103	0,0253	0,1097	0,6593	OK	0,939	OK	0,0241	0,439	0,0052	0,0039	OK
0,22	0,459	0,218	0,361	0,120	0,0326	0,1264	0,781	OK	0,952	OK	0,0278	0,473	0,0054	0,0039	OK
0,22	0,492	0,251	0,369	0,128	0,0389	0,1422	0,9033	OK	0,900	OK	0,0313	0,504	0,0057	0,0039	OK
0,22	0,514	0,273	0,381	0,140	0,0458	0,1597	0,9852	OK	0,877	OK	0,0351	0,539	0,0060	0,0039	OK
0,22	0,569	0,328	0,390	0,149	0,0616	0,2052	1,1889	OK	0,726	OK	0,0452	0,630	0,0068	0,0039	OK

Medicion N° 2

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	y _c m	(h ₁ -z) /H _(alc)	Verifi. <1,5	h ₄ /y _c	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So<Sc
0,22	0,441	0,200	0,355	0,114	0,0284	0,1185	0,7148	OK	0,962	OK	0,0261	0,457	0,0053	0,0039	OK
0,22	0,460	0,219	0,362	0,121	0,0325	0,1262	0,786	OK	0,957	OK	0,0278	0,472	0,0054	0,0039	OK
0,22	0,491	0,250	0,372	0,131	0,0394	0,1434	0,8983	OK	0,910	OK	0,0316	0,507	0,0057	0,0039	OK
0,22	0,526	0,285	0,382	0,141	0,0486	0,1661	1,0313	OK	0,847	OK	0,0365	0,552	0,0061	0,0039	OK
0,22	0,580	0,339	0,392	0,151	0,0657	0,2142	1,2295	OK	0,704	OK	0,0471	0,648	0,0069	0,0039	OK

Medicion N° 3

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	y _c m	(h ₁ -z) /H _(alc)	Verifi. <1,5	h ₄ /y _c	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So<Sc
0,22	0,438	0,197	0,354	0,113	0,0277	0,1166	0,7023	OK	0,968	OK	0,0256	0,453	0,0053	0,0039	OK
0,22	0,484	0,243	0,370	0,129	0,0379	0,1398	0,875	OK	0,920	OK	0,0307	0,500	0,0056	0,0039	OK
0,22	0,493	0,252	0,372	0,131	0,0400	0,1449	0,9075	OK	0,906	OK	0,0319	0,510	0,0057	0,0039	OK
0,22	0,520	0,279	0,380	0,139	0,0468	0,162	1,0068	OK	0,858	OK	0,0356	0,544	0,0060	0,0039	OK
0,22	0,563	0,322	0,390	0,149	0,0598	0,2012	1,1683	OK	0,739	OK	0,0443	0,622	0,0067	0,0039	OK

Medicion N° 4

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	Q m ³ /s	y _c m	(h ₁ -z) /H _(alc)	Verifi. <1,5	h ₄ /y _c	Verifi. <1	Ac m ²	Pc m	Sc	So	So<Sc
0,22	0,428	0,187	0,352	0,111	0,0257	0,1109	0,6658	OK	1,000	OK	0,0244	0,442	0,0052	0,0039	OK
0,22	0,462	0,221	0,360	0,119	0,0328	0,1269	0,791	OK	0,940	OK	0,0279	0,474	0,0054	0,0039	OK
0,22	0,491	0,250	0,368	0,127	0,0395	0,1437	0,8998	OK	0,881	OK	0,0316	0,507	0,0057	0,0039	OK
0,22	0,528	0,287	0,377	0,136	0,0489	0,1668	1,0354	OK	0,814	OK	0,0367	0,554	0,0061	0,0039	OK
0,22	0,565	0,324	0,386	0,145	0,0602	0,2021	1,1727	OK	0,719	OK	0,0445	0,624	0,0067	0,0039	OK

5.1.3 FLUJO TIPO III

ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO III

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medición N° 1

D mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	(H1-z)/D	Verifi. <1,5	θ rad	y_c m	$h4/y_c$	Verifi. >1	$h4/H_{(alc)}$	Verifi. ≤ 1
0,275	0,428	0,187	0,380	0,139	0,655	OK	3,1368	0,137	1,011	OK	0,513	OK
0,275	0,470	0,229	0,399	0,158	0,807	OK	3,3565	0,152	1,037	OK	0,585	OK
0,275	0,483	0,242	0,415	0,174	0,855	OK	3,5333	0,164	1,061	OK	0,646	OK
0,275	0,492	0,251	0,420	0,179	0,887	OK	3,5833	0,168	1,069	OK	0,663	OK
0,275	0,516	0,275	0,432	0,191	0,975	OK	3,7038	0,176	1,087	OK	0,707	OK

Medición N° 2

D mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	(H1-z)/D	Verifi. <1,5	θ rad	y_c m	$h4/y_c$	Verifi. >1	$h4/H_{(alc)}$	Verifi. ≤ 1
0,275	0,436	0,195	0,383	0,142	0,684	OK	3,1810	0,140	1,015	OK	0,527	OK
0,275	0,474	0,233	0,405	0,164	0,822	OK	3,4187	0,156	1,045	OK	0,606	OK
0,275	0,483	0,242	0,415	0,174	0,855	OK	3,5303	0,164	1,061	OK	0,645	OK
0,275	0,494	0,253	0,423	0,182	0,894	OK	3,6095	0,169	1,073	OK	0,673	OK
0,275	0,531	0,290	0,440	0,199	1,029	OK	3,7821	0,181	1,099	OK	0,736	OK

Medición N° 3

D mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	(H1-z)/D	Verifi. <1,5	θ rad	y_c m	$h4/y_c$	Verifi. >1	$h4/H_{(alc)}$	Verifi. ≤ 1
0,275	0,435	0,194	0,383	0,142	0,680	OK	3,1810	0,140	1,015	OK	0,527	OK
0,275	0,468	0,227	0,398	0,157	0,799	OK	3,3439	0,151	1,035	OK	0,580	OK
0,275	0,481	0,24	0,415	0,174	0,847	OK	3,5333	0,164	1,061	OK	0,646	OK
0,275	0,496	0,255	0,424	0,183	0,901	OK	3,6181	0,170	1,074	OK	0,676	OK
0,275	0,519	0,278	0,431	0,190	0,985	OK	3,6982	0,175	1,086	OK	0,705	OK

Medición N° 4

D mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	(H1-z)/D	Verifi. <1,5	θ rad	y_c m	$h4/y_c$	Verifi. >1	$h4/H_{(alc)}$	Verifi. ≤ 1
0,275	0,430	0,189	0,380	0,139	0,662	OK	3,1402	0,137	1,011	OK	0,514	OK
0,275	0,460	0,219	0,394	0,153	0,770	OK	3,3026	0,149	1,030	OK	0,567	OK
0,275	0,470	0,229	0,407	0,166	0,807	OK	3,4462	0,158	1,049	OK	0,615	OK
0,275	0,487	0,246	0,419	0,178	0,870	OK	3,5745	0,167	1,067	OK	0,660	OK
0,275	0,520	0,279	0,436	0,195	0,989	OK	3,7431	0,178	1,093	OK	0,722	OK

**ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III**

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	y _c m	(h _{1-z}) / H _(alc)	Verifi. <1,5	h4/y _c	Verifi. >1	h ₄ /H _(alc)	Verifi. ≤1
0,220	0,422	0,181	0,355	0,114	0,1065	0,644	OK	1,070	OK	0,422	OK
0,220	0,469	0,228	0,376	0,135	0,1315	0,819	OK	1,026	OK	0,500	OK
0,220	0,520	0,279	0,401	0,160	0,1588	1,007	OK	1,008	OK	0,593	OK
0,220	0,527	0,286	0,409	0,168	0,1648	1,033	OK	1,020	OK	0,622	OK
0,220	0,538	0,297	0,419	0,183	0,1825	1,074	OK	1,003	OK	0,678	OK

Medicion N° 2

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	y _c m	(h _{1-z}) / H _(alc)	Verifi. <1,5	h4/y _c	Verifi. >1	h ₄ /H _(alc)	Verifi. ≤1
0,220	0,416	0,175	0,354	0,113	0,1036	0,622	OK	1,087	OK	0,417	OK
0,220	0,437	0,196	0,362	0,121	0,1137	0,700	OK	1,061	OK	0,447	OK
0,220	0,474	0,233	0,377	0,136	0,1341	0,837	OK	1,018	OK	0,505	OK
0,220	0,519	0,278	0,402	0,161	0,1592	1,002	OK	1,010	OK	0,595	OK
0,220	0,539	0,298	0,420	0,184	0,1833	1,077	OK	1,004	OK	0,681	OK

Medicion N° 3

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	y _c m	(h _{1-z}) / H _(alc)	Verifi. <1,5	h4/y _c	Verifi. >1	h ₄ /H _(alc)	Verifi. ≤1
0,220	0,483	0,207	0,366	0,125	0,1235	0,741	OK	1,014	OK	0,464	OK
0,220	0,501	0,226	0,374	0,133	0,1305	0,811	OK	1,022	OK	0,494	OK
0,220	0,517	0,247	0,384	0,143	0,1412	0,888	OK	1,013	OK	0,530	OK
0,220	0,534	0,269	0,396	0,155	0,1543	0,971	OK	1,006	OK	0,575	OK
0,220	0,561	0,299	0,421	0,185	0,1847	1,082	OK	1,002	OK	0,685	OK

Medicion N° 4

b mt	H1 mt	h1 mt	H4 mt	h4 mt	y _c m	(h _{1-z}) / H _(alc)	Verifi. <1,5	h4/y _c	Verifi. >1	h ₄ /H _(alc)	Verifi. ≤1
0,220	0,471	0,195	0,361	0,120	0,1163	0,697	OK	1,034	OK	0,445	OK
0,220	0,502	0,228	0,375	0,134	0,1315	0,819	OK	1,021	OK	0,497	OK
0,220	0,522	0,253	0,387	0,146	0,1446	0,912	OK	1,012	OK	0,542	OK
0,220	0,545	0,282	0,405	0,164	0,1620	1,019	OK	1,012	OK	0,607	OK
0,220	0,563	0,301	0,424	0,188	0,1868	1,089	OK	1,006	OK	0,696	OK

5.2 CÁLCULO DE LOS CAUDALES PARA CADA TIPO DE FLUJO

5.2.1 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO I

SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO I

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

d	H1	h1	$V_{1(0.6y)}$	Q1	Y_c	Ac	Pc	V_3	NF ₃	C _D	n1	K1	Kc	Lw	h_{F1-2}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m ³ /s	alcant. m	m ²	m	(m ³ /s)			canal	canal	alcant			m ³ /s
0,27	0,444	0,203	0,137	0,0167	0,0838	0,0184	0,3876	0,273	0,2731	0,827	0,01155	2,580	0,269	0,20	0,000081	0,0172
0,27	0,527	0,286	0,212	0,0364	0,1408	0,0310	0,5016	0,481	0,4331	0,838	0,01123	4,246	0,538	0,20	0,000116	0,0349
0,27	0,560	0,319	0,211	0,0404	0,1510	0,0332	0,5219	0,478	0,4062	0,842	0,01112	4,958	0,588	0,20	0,000112	0,0420
0,27	0,579	0,338	0,232	0,0470	0,1670	0,0368	0,5541	0,523	0,4309	0,846	0,01106	5,379	0,669	0,20	0,000123	0,0474
0,27	0,606	0,365	0,276	0,0604	0,1974	0,0434	0,6148	0,602	0,4702	0,852	0,01099	5,989	0,824	0,20	0,000148	0,0559

Medicion N° 2

d	H1	h1	$V_{1(0.6y)}$	Q1	Y_c	Ac	Pc	V_3	NF ₃	C _D	n1	K1	Kc	Lw	h_{F1-2}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m ³ /s	alcant. m	m ²	m	(m ³ /s)			canal	canal	alcant			m ³ /s
0,27	0,489	0,248	0,175	0,0260	0,1124	0,0247	0,4448	0,386	0,3637	0,832	0,0114	3,458	0,400	0,20	0,000097	0,0261
0,27	0,513	0,272	0,207	0,0338	0,1340	0,0295	0,4881	0,435	0,396	0,835	0,0113	3,951	0,504	0,20	0,000115	0,0318
0,27	0,552	0,311	0,218	0,0407	0,1516	0,0334	0,5232	0,500	0,4297	0,841	0,0111	4,783	0,591	0,20	0,000117	0,0406
0,27	0,607	0,366	0,248	0,0545	0,1843	0,0405	0,5886	0,571	0,4503	0,851	0,0110	6,015	0,757	0,20	0,000131	0,0551
0,27	0,627	0,386	0,293	0,0678	0,2131	0,0469	0,6463	0,600	0,4505	0,857	0,0109	6,460	0,906	0,20	0,000157	0,0621

Medicion N° 3

d	H1	h1	$V_{1(0.6y)}$	Q1	Y_c	Ac	Pc	V_3	NF ₃	C _D	n1	K1	Kc	Lw	h_{F1-2}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m ³ /s	alcant. m	m ²	m	(m ³ /s)			canal	canal	alcant			m ³ /s
0,27	0,495	0,254	0,173	0,0264	0,1137	0,0250	0,4474	0,398	0,372	0,832	0,0113	3,580	0,406	0,20	0,000096	0,0271
0,27	0,532	0,291	0,219	0,0382	0,1453	0,0320	0,5106	0,469	0,415	0,838	0,0112	4,352	0,560	0,20	0,000120	0,0362
0,27	0,560	0,319	0,216	0,0414	0,1533	0,0337	0,5267	0,510	0,434	0,843	0,0111	4,958	0,600	0,20	0,000115	0,0423
0,27	0,585	0,344	0,241	0,0497	0,1732	0,0381	0,5664	0,551	0,447	0,847	0,0110	5,513	0,700	0,20	0,000128	0,0492
0,27	0,625	0,384	0,287	0,0660	0,2094	0,0461	0,6389	0,595	0,451	0,856	0,0109	6,425	0,887	0,20	0,000153	0,0614

Medicion N° 4

d	H1	h1	$V_{1(0.6y)}$	Q1	Y_c	Ac	Pc	V_3	NF ₃	C _D	n1	K1	Kc	Lw	h_{F1-2}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m ³ /s	alcant. m	m ²	m	(m ³ /s)			canal	canal	alcant			m ³ /s
0,27	0,493	0,252	0,172	0,0259	0,1123	0,0247	0,4446	0,393	0,369	0,833	0,0114	3,539	0,400	0,20	0,000095	0,0267
0,27	0,536	0,295	0,227	0,0401	0,1503	0,0331	0,5206	0,482	0,421	0,840	0,0112	4,438	0,585	0,20	0,000124	0,0374
0,27	0,556	0,315	0,212	0,0400	0,1500	0,0330	0,5200	0,502	0,430	0,842	0,0111	4,871	0,583	0,20	0,000113	0,0412
0,27	0,574	0,333	0,222	0,0444	0,1608	0,0354	0,5416	0,525	0,439	0,845	0,0111	5,267	0,637	0,20	0,000118	0,0458
0,27	0,618	0,377	0,281	0,0636	0,2043	0,0450	0,6287	0,588	0,451	0,855	0,0110	6,270	0,861	0,20	0,000150	0,0594

ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 5,5 cm

Medicion N° 1

D _{mt}	H _{1mt}	h _{1mt}	V _{1(0.6y)} canal (m/s)	Q ₁ canal m ³ /s	θ _c rad	y _c m	Ac m ²	P _c m	C _D	n _l canal	K ₁ canal	K _c alcant	L _w	h _{F1-2}	Q _{Tteorico} m ³ /s
0,275	0,479	0,238	0,180	0,0257	2,9687	0,126	0,0264	0,4082	0,915	0,01140	3,258	0,474	0,20	0,00009	0,0260
0,275	0,503	0,262	0,214	0,0337	3,2475	0,145	0,0317	0,4465	0,908	0,01131	3,744	0,604	0,20	0,00010	0,0324
0,275	0,539	0,298	0,226	0,0403	3,4553	0,159	0,0356	0,4751	0,898	0,01119	4,502	0,702	0,20	0,00010	0,0416
0,275	0,554	0,313	0,238	0,0446	3,5833	0,168	0,0379	0,4927	0,885	0,01114	4,827	0,762	0,20	0,00011	0,0454
0,275	0,584	0,343	0,287	0,0590	3,9823	0,194	0,0447	0,5476	0,880	0,01105	5,491	0,934	0,20	0,00014	0,0547

Medicion N° 2

D _{mt}	H _{1mt}	h _{1mt}	V _{1(0.6y)} canal (m/s)	Q ₁ canal m ³ /s	θ rad	y _c m	Ac m ²	P _c m	C _D	n _l canal	K ₁ canal	K _c alcant	L _w	h _{F1-2}	Q _{Tteorico} m ³ /s
0,275	0,476	0,235	0,180	0,0254	2,9575	0,125	0,0275	0,4697	0,916	0,01142	3,200	0,460	0,20	0,00009	0,0266
0,275	0,499	0,258	0,212	0,0328	3,2178	0,143	0,0314	0,5055	0,903	0,01133	3,662	0,547	0,20	0,00011	0,0314
0,275	0,525	0,284	0,214	0,0365	3,3376	0,151	0,0332	0,5219	0,897	0,01123	4,204	0,588	0,20	0,00011	0,0374
0,275	0,556	0,315	0,237	0,0447	3,5862	0,168	0,0369	0,5556	0,885	0,01113	4,871	0,673	0,20	0,00012	0,0446
0,275	0,580	0,339	0,288	0,0586	3,9716	0,193	0,0424	0,6059	0,880	0,01106	5,401	0,802	0,20	0,00016	0,0510

Medicion N° 3

D _{mt}	H _{1mt}	h _{1mt}	V _{1(0.6y)} canal (m/s)	Q ₁ canal m ³ /s	θ rad	y _c m	Ac m ²	P _c m	C _D	n _l canal	K ₁ canal	K _c alcant	L _w	h _{F1-2}	Q _{Tteorico} m ³ /s
0,275	0,482	0,241	0,184	0,0266	3,0020	0,128	0,0281	0,4758	0,918	0,01139	3,318	0,475	0,20	0,00009	0,0280
0,275	0,504	0,263	0,217	0,0342	3,2638	0,146	0,0321	0,5118	0,905	0,01131	3,765	0,563	0,20	0,00011	0,0326
0,275	0,540	0,299	0,220	0,0396	3,4340	0,158	0,0347	0,5351	0,898	0,01118	4,524	0,621	0,20	0,00011	0,0411
0,275	0,552	0,311	0,230	0,0429	3,5333	0,164	0,0361	0,5485	0,886	0,01114	4,783	0,655	0,20	0,00012	0,0436
0,275	0,581	0,340	0,280	0,0572	3,9344	0,191	0,0419	0,6012	0,878	0,01106	5,424	0,789	0,20	0,00015	0,0511

Medicion N° 4

D _{mt}	H _{1mt}	h _{1mt}	V _{1(0.6y)} canal (m/s)	Q ₁ canal m ³ /s	θ rad	y _c m	Ac m ²	P _c m	C _D	n _l canal	K ₁ canal	K _c alcant	L _w	h _{F1-2}	Q _{Tteorico} m ³ /s
0,275	0,479	0,238	0,184	0,0263	2,9910	0,127	0,0280	0,4743	0,912	0,01140	3,258	0,471	0,20	0,00009	0,0271
0,275	0,510	0,269	0,220	0,0355	3,3058	0,149	0,0327	0,5175	0,899	0,01129	3,889	0,577	0,20	0,00011	0,0339
0,275	0,534	0,293	0,222	0,0390	3,4156	0,156	0,0344	0,5326	0,892	0,01120	4,395	0,615	0,20	0,00011	0,0394
0,275	0,549	0,308	0,224	0,0413	3,4856	0,161	0,0354	0,5421	0,882	0,01115	4,718	0,639	0,20	0,00011	0,0425
0,275	0,577	0,336	0,308	0,0621	4,0635	0,199	0,0437	0,6173	0,880	0,01107	5,334	0,831	0,20	0,00017	0,0502

5.2.2 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO II

SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b mt	HI mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m3/s	y_c m	Ac m ²	Pc m	V_3 (m ³ /s)	NF ₃	C _D	nl	K1	K2	Kc	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{T teorico} m3/s
0,22	0,426	0,185	0,2256	0,025	0,1097	0,0241	0,439	0,4016	0,40	0,839	0,0116	2,248	2,180	0,388	0,20	0,000026	0,001325	0,0248
0,22	0,459	0,218	0,2368	0,031	0,1264	0,0278	0,473	0,4347	0,39	0,838	0,0115	2,866	2,721	0,467	0,20	0,000025	0,001347	0,0315
0,22	0,492	0,251	0,2455	0,037	0,1422	0,0313	0,504	0,4875	0,43	0,839	0,0114	3,517	3,386	0,545	0,20	0,000023	0,001322	0,0386
0,22	0,514	0,273	0,2684	0,044	0,1597	0,0351	0,539	0,5158	0,43	0,840	0,0113	3,972	3,855	0,632	0,20	0,000025	0,001417	0,0444
0,22	0,569	0,328	0,3255	0,064	0,2052	0,0452	0,630	0,6337	0,50	0,846	0,0111	5,157	5,032	0,865	0,20	0,000032	0,001683	0,0602

Medicion N° 2

b mt	HI mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m3/s	y_c m	Ac m ²	Pc m	V_3 (m ³ /s)	NF ₃	C _D	nl	K1	K2	Kc	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{T teorico} m3/s
0,22	0,441	0,200	0,2343	0,028	0,1185	0,0261	0,457	0,403	0,38	0,838	0,0116	2,524	2,428	0,429	0,20	0,000146	0,001354	0,0278
0,22	0,460	0,219	0,2346	0,031	0,1262	0,0278	0,472	0,4335	0,39	0,838	0,0115	2,891	2,779	0,466	0,20	0,000142	0,001314	0,0317
0,22	0,491	0,250	0,25	0,037	0,1434	0,0316	0,507	0,4816	0,42	0,839	0,0114	3,489	3,359	0,551	0,20	0,000146	0,001352	0,0385
0,22	0,526	0,285	0,2724	0,047	0,1661	0,0365	0,552	0,5432	0,45	0,842	0,0112	4,234	4,095	0,664	0,20	0,000155	0,001428	0,0475
0,22	0,580	0,339	0,336	0,068	0,2142	0,0471	0,648	0,6615	0,52	0,847	0,0111	5,400	5,300	0,912	0,20	0,000190	0,001724	0,0634

Medicion N° 3

b mt	HI mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m3/s	y_c m	Ac m ²	Pc m	V_3 (m ³ /s)	NF ₃	C _D	nl	K1	K2	Kc	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{T teorico} m3/s
0,22	0,438	0,197	0,2325	0,027	0,1166	0,0256	0,453	0,3975	0,37	0,837	0,0116	2,461	2,367	0,420	0,20	0,000146	0,001350	0,0271
0,22	0,484	0,243	0,2467	0,036	0,1398	0,0307	0,500	0,4714	0,41	0,838	0,0114	3,362	3,234	0,533	0,20	0,000145	0,001343	0,0370
0,22	0,493	0,252	0,2513	0,038	0,1449	0,0319	0,510	0,4857	0,42	0,841	0,0114	3,540	3,408	0,558	0,20	0,000146	0,001356	0,0392
0,22	0,520	0,279	0,2686	0,045	0,162	0,0356	0,544	0,5312	0,44	0,842	0,0113	4,094	3,955	0,644	0,20	0,000153	0,001416	0,0458
0,22	0,563	0,322	0,3215	0,062	0,2012	0,0443	0,622	0,6193	0,49	0,847	0,0111	5,034	4,912	0,844	0,20	0,000182	0,001665	0,0586

Medicion N° 4

b mt	HI mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m3/s	y_c m	Ac m ²	Pc m	V_3 (m ³ /s)	NF ₃	C _D	nl	K1	K2	Kc	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{T teorico} m3/s
0,22	0,428	0,187	0,2271	0,025	0,1109	0,0244	0,442	0,3817	0,36	0,839	0,0116	2,280	2,195	0,393	0,20	0,000144	0,001339	0,0252
0,22	0,462	0,221	0,2353	0,031	0,1269	0,0279	0,474	0,4356	0,39	0,838	0,0115	2,917	2,804	0,470	0,20	0,000142	0,001315	0,0320
0,22	0,491	0,250	0,2502	0,038	0,1437	0,0316	0,507	0,4823	0,42	0,839	0,0114	3,498	3,367	0,552	0,20	0,000146	0,001353	0,0386
0,22	0,528	0,287	0,273	0,047	0,1668	0,0367	0,554	0,5452	0,45	0,842	0,0112	4,258	4,118	0,668	0,20	0,000155	0,001430	0,0478
0,22	0,565	0,324	0,3224	0,063	0,2021	0,0445	0,624	0,6221	0,49	0,845	0,0111	5,060	4,939	0,849	0,20	0,000182	0,001669	0,0588

ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO II

Diámetro de la alcantarilla 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alca 5,5

Medicion N° 1

D	H1	h1	V _{1(0.6y)}	Q1	θc	y _c	Ac	Pc	C _D	n1	K1	K2	Kc	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teórico}
mt	mt	mt	canal	canal	rad	m	m ²	m		canal	canal	canal	alcant				m ³ /s
0,275	0,428	0,187	0,220	0,0247	2,9310	0,123	0,0257	0,4030	0,9170	0,01202	2,210	2,111	0,457	0,20	0,00012	0,00113	0,0252
0,275	0,446	0,205	0,257	0,0316	3,1776	0,140	0,0304	0,4369	0,9050	0,01186	2,547	2,409	0,571	0,20	0,00014	0,00130	0,0298
0,275	0,472	0,231	0,253	0,0350	3,2897	0,148	0,0325	0,4523	0,8980	0,01177	3,030	2,833	0,624	0,20	0,00013	0,00124	0,0361
0,275	0,492	0,251	0,272	0,0410	3,4765	0,160	0,0360	0,4780	0,8910	0,01166	3,428	3,335	0,712	0,20	0,00014	0,00126	0,0416
0,275	0,511	0,27	0,303	0,0491	3,7156	0,176	0,0403	0,5109	0,8840	0,01160	3,802	3,688	0,822	0,20	0,00015	0,00142	0,0472

Medicion N° 2

D	H1	h1	V _{1(0.6y)}	Q1	θc	y _c	Ac	Pc	C _D	n1	K1	K2	Kc	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teórico}
mt	mt	mt	canal	canal	rad	m	m ²	m		canal	canal	canal	alcant				m ³ /s
0,275	0,4273	0,186	0,218	0,0244	2,9196	0,122	0,0255	0,4014	0,9250	0,01203	2,198	2,100	0,452	0,20	0,00012	0,00112	0,0252
0,275	0,4423	0,201	0,256	0,0309	3,1539	0,138	0,0299	0,4337	0,9180	0,01190	2,476	2,344	0,560	0,20	0,00014	0,00130	0,0293
0,275	0,4646	0,224	0,254	0,0341	3,2605	0,146	0,0319	0,4483	0,9020	0,01177	2,898	2,777	0,610	0,20	0,00013	0,00122	0,0345
0,275	0,4975	0,257	0,277	0,0427	3,5273	0,164	0,0369	0,4850	0,8970	0,01165	3,534	3,445	0,736	0,20	0,00014	0,00128	0,0435
0,275	0,531	0,290	0,315	0,0549	3,8724	0,187	0,0429	0,5325	0,8840	0,01158	4,196	3,933	0,890	0,20	0,00016	0,00154	0,0531

Medicion N° 3

D	H1	h1	V _{1(0.6y)}	Q1	θc	y _c	Ac	Pc	C _D	n1	K1	K2	Kc	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teórico}
mt	mt	mt	canal	canal	rad	m	m ²	m		canal	canal	canal	alcant				m ³ /s
0,275	0,4325	0,191	0,224	0,0257	2,9687	0,126	0,0264	0,4082	0,9230	0,01198	2,294	2,179	0,474	0,20	0,00012	0,00115	0,0265
0,275	0,4491	0,208	0,262	0,0328	3,1742	0,140	0,0303	0,4365	0,9020	0,01185	2,605	2,471	0,569	0,20	0,00014	0,00136	0,0305
0,275	0,4783	0,237	0,263	0,0374	3,4156	0,156	0,0348	0,4696	0,9050	0,01171	3,159	3,058	0,684	0,20	0,00013	0,00120	0,0386
0,275	0,4945	0,253	0,276	0,0419	3,5422	0,165	0,0372	0,4871	0,8980	0,01166	3,474	3,386	0,743	0,20	0,00014	0,00125	0,0429
0,275	0,5242	0,283	0,311	0,0528	3,7738	0,180	0,0413	0,5189	0,8820	0,01155	4,071	3,878	0,848	0,20	0,00016	0,00152	0,0508

Medicion N° 4

D	H1	h1	V _{1(0.6y)}	Q1	θc	y _c	Ac	Pc	C _D	n1	K1	K2	Kc	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teórico}
mt	mt	mt	canal	canal	rad	m	m ²	m		canal	canal	canal	alcant				m ³ /s
0,275	0,4244	0,183	0,215	0,0237	2,9386	0,124	0,0259	0,4041	0,9240	0,01206	2,144	2,059	0,460	0,20	0,00011	0,00105	0,0246
0,275	0,4396	0,199	0,253	0,0302	3,0881	0,134	0,0287	0,4246	0,9160	0,01192	2,426	2,297	0,529	0,20	0,00014	0,00134	0,0284
0,275	0,4619	0,221	0,252	0,0334	3,2832	0,147	0,0324	0,4514	0,9100	0,01178	2,846	2,721	0,621	0,20	0,00013	0,00118	0,0342
0,275	0,4891	0,248	0,272	0,0405	3,5006	0,162	0,0364	0,4813	0,9010	0,01167	3,369	3,279	0,724	0,20	0,00013	0,00124	0,0415
0,275	0,5185	0,278	0,307	0,0512	3,7291	0,177	0,0405	0,5128	0,8890	0,01158	3,955	3,804	0,828	0,20	0,00016	0,00148	0,0495

5.2.3 CÁLCULO DEL CAUDAL PARA EL FLUJO TIPO III

ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO III

Seccion de la alcantarilla base: 22 cm altura: 27 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relacion a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

b mt	H1 mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m ³ /s	y_c m	V_3 (m ³ /s)	A_3 m ²	NF ₃	C _D	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0,220	0,422	0,181	0,221	0,0240	0,1065	0,328	0,027	0,299	0,811	0,0117	0,0117	0,0120	2,176	2,140	1,212	0,20	0,000025	0,000395	0,0238
0,220	0,469	0,228	0,240	0,0329	0,1315	0,406	0,031	0,344	0,828	0,0114	0,0115	0,0119	3,060	2,904	1,510	0,20	0,000024	0,000440	0,0341
0,220	0,520	0,279	0,260	0,0436	0,1588	0,461	0,037	0,361	0,833	0,0113	0,0113	0,0117	4,098	3,889	1,912	0,20	0,000024	0,000457	0,0459
0,220	0,527	0,286	0,269	0,0461	0,1648	0,462	0,038	0,355	0,831	0,0112	0,0113	0,0117	4,246	4,098	2,034	0,20	0,000024	0,000455	0,0478
0,220	0,538	0,297	0,301	0,0537	0,1825	0,468	0,040	0,348	0,829	0,0112	0,0112	0,0116	4,481	4,331	2,230	0,20	0,000030	0,000533	0,0509

Medicion N° 2

b mt	H1 mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m ³ /s	y_c m	V_3 (m ³ /s)	A_3 m ²	NF ₃	C _D	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0,220	0,416	0,175	0,219	0,0230	0,1036	0,317	0,027	0,290	0,808	0,0117	0,0117	0,0120	2,069	2,087	1,195	0,20	0,000024	0,000378	0,0225
0,220	0,437	0,196	0,224	0,0264	0,1137	0,360	0,028	0,320	0,819	0,0116	0,0116	0,0119	2,451	2,365	1,300	0,20	0,000024	0,000405	0,0271
0,220	0,474	0,233	0,242	0,0338	0,1341	0,415	0,031	0,350	0,830	0,0114	0,0115	0,0119	3,156	2,990	1,528	0,20	0,000024	0,000447	0,0351
0,220	0,519	0,278	0,263	0,0438	0,1592	0,457	0,037	0,357	0,832	0,0113	0,0113	0,0117	4,069	3,881	1,920	0,20	0,000024	0,000459	0,0456
0,220	0,539	0,298	0,303	0,0541	0,1833	0,470	0,041	0,350	0,829	0,0112	0,0112	0,0116	4,497	4,358	2,237	0,20	0,000030	0,000536	0,0511

Medicion N° 3

b mt	H1 mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m ³ /s	y_c m	V_3 (m ³ /s)	A_3 m ²	NF ₃	C _D	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0,220	0,483	0,207	0,241	0,0299	0,1235	0,379	0,029	0,332	0,824	0,0115	0,0116	0,0119	2,656	2,540	1,363	0,20	0,000026	0,000461	0,0295
0,220	0,501	0,226	0,240	0,0325	0,1305	0,406	0,031	0,346	0,828	0,0115	0,0115	0,0119	3,023	2,868	1,482	0,20	0,000024	0,000443	0,0336
0,220	0,517	0,247	0,247	0,0366	0,1412	0,430	0,033	0,355	0,831	0,0114	0,0114	0,0118	3,433	3,249	1,629	0,20	0,000024	0,000451	0,0383
0,220	0,534	0,269	0,259	0,0418	0,1543	0,450	0,035	0,358	0,832	0,0113	0,0113	0,0118	3,892	3,700	1,828	0,20	0,000024	0,000460	0,0435
0,220	0,561	0,299	0,305	0,0547	0,1847	0,471	0,041	0,348	0,829	0,0112	0,0112	0,0116	4,526	4,395	2,269	0,20	0,000030	0,000536	0,0515

Medicion N° 4

b mt	H1 mt	h1 mt	$V_{1(0,6y)}$ canal (m/s)	Q1 canal m ³ /s	y_c m	V_3 (m ³ /s)	A_3 m ²	NF ₃	C _D	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h_{F1-2}	h_{F2-3}	Q _{Teorico} m ³ /s
0,220	0,471	0,195	0,233	0,0273	0,1163	0,358	0,028	0,319	0,819	0,0116	0,0116	0,0119	2,435	2,351	1,295	0,20	0,000026	0,000438	0,0269
0,220	0,502	0,228	0,240	0,0329	0,1315	0,409	0,031	0,347	0,829	0,0114	0,0115	0,0119	3,061	2,902	1,495	0,20	0,000024	0,000445	0,0341
0,220	0,522	0,253	0,249	0,0379	0,1446	0,436	0,034	0,357	0,832	0,0113	0,0114	0,0118	3,565	3,376	1,682	0,20	0,000024	0,000452	0,0398
0,220	0,545	0,282	0,265	0,0449	0,1620	0,460	0,037	0,356	0,832	0,0112	0,0113	0,0117	4,163	3,980	1,975	0,20	0,000024	0,000458	0,0467
0,220	0,563	0,301	0,308	0,0556	0,1868	0,472	0,042	0,347	0,829	0,0112	0,0112	0,0116	4,565	4,446	2,319	0,20	0,000031	0,000536	0,0520

**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO III**

Diámetro de la alcantarilla D: 27,5 cm
 Longitud de la alcantarilla L: 178,5 cm
 Desnivel en la entrada con relación a la salida de la alcantarilla Z: 0,7 cm

Medicion N° 1

D	H1	h1	H3	h3	V _{1(0,6y)}	Q1	θ	y _c	C _D	A ₃	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m3/s	rad	m		m ²										m ³ /s
0,275	0,428	0,187	0,381	0,140	0,257	0,0289	3,1368	0,137	0,9250	0,0308	0,0116	0,0116	0,01188	2,284	2,248	1,475	0,20	0,000032	0,000449	0,0282
0,275	0,470	0,229	0,401	0,160	0,281	0,0386	3,3565	0,152	0,9160	0,0353	0,0114	0,0115	0,01176	3,080	2,924	1,815	0,20	0,000033	0,000501	0,0384
0,275	0,483	0,242	0,418	0,177	0,284	0,0412	3,5333	0,164	0,9010	0,0389	0,0114	0,0114	0,01168	3,338	3,238	2,102	0,20	0,000031	0,000445	0,0407
0,275	0,492	0,251	0,422	0,181	0,287	0,0433	3,5833	0,168	0,8990	0,0399	0,0114	0,0114	0,01165	3,519	3,438	2,185	0,20	0,000031	0,000445	0,0430
0,275	0,516	0,275	0,433	0,192	0,305	0,0503	3,7038	0,176	0,8870	0,0423	0,0113	0,0113	0,01160	4,014	3,806	2,385	0,20	0,000033	0,000497	0,0490

Medicion N° 2

D	H1	h1	H3	h3	V _{1(0,6y)}	Q1	θ	y _c	C _D	A ₃	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m3/s	rad	m		m ²										m ³ /s
0,275	0,436	0,195	0,385	0,144	0,257	0,0301	3,1810	0,140	0,9180	0,0317	0,0116	0,0116	0,01185	2,431	2,321	1,542	0,20	0,000032	0,000452	0,0299
0,275	0,474	0,233	0,407	0,166	0,291	0,0407	3,4187	0,156	0,9100	0,0366	0,0114	0,0115	0,01173	3,159	2,982	1,915	0,20	0,000035	0,000517	0,0391
0,275	0,483	0,242	0,418	0,177	0,283	0,0411	3,5303	0,164	0,9010	0,0389	0,0114	0,0114	0,01168	3,338	3,258	2,098	0,20	0,000031	0,000441	0,0407
0,275	0,494	0,253	0,425	0,184	0,291	0,0441	3,6095	0,169	0,8970	0,0405	0,0113	0,0114	0,01164	3,558	3,358	2,228	0,20	0,000033	0,000465	0,0434
0,275	0,531	0,290	0,440	0,199	0,305	0,0531	3,7821	0,181	0,8890	0,0439	0,0112	0,0112	0,01157	4,331	4,331	2,514	0,20	0,000030	0,000463	0,0532

Medicion N° 3

D	H1	h1	H3	h3	V _{1(0,6y)}	Q1	θ	y _c	C _D	A ₃	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m3/s	rad	m		m ²										m ³ /s
0,275	0,435	0,194	0,385	0,144	0,259	0,0301	3,1810	0,140	0,9230	0,0317	0,0116	0,0116	0,01185	2,413	2,431	1,542	0,20	0,000031	0,000432	0,0298
0,275	0,468	0,227	0,400	0,159	0,280	0,0382	3,3439	0,151	0,9120	0,0350	0,0115	0,0115	0,01177	3,037	2,885	1,795	0,20	0,000033	0,000502	0,0377
0,275	0,481	0,24	0,418	0,177	0,286	0,0412	3,5333	0,164	0,9010	0,0389	0,0114	0,0114	0,01168	3,298	3,458	2,102	0,20	0,000030	0,000416	0,0402
0,275	0,496	0,255	0,426	0,185	0,291	0,0444	3,6181	0,170	0,8980	0,0406	0,0113	0,0114	0,01164	3,594	3,499	2,243	0,20	0,000031	0,000449	0,0439
0,275	0,519	0,278	0,433	0,192	0,300	0,0501	3,6982	0,175	0,8890	0,0422	0,0113	0,0113	0,01160	4,077	3,765	2,375	0,20	0,000033	0,000500	0,0499

Medicion N° 4

D	H1	h1	H3	h3	V _{1(0,6y)}	Q1	θ	y _c	C _D	A ₃	n1	n2	n3	K1	K2	K3	Lw	h _{F1-2}	h _{F2-3}	Q _{Teorico}
mt	mt	mt	mt	mt	canal (m/s)	canal m3/s	rad	m		m ²										m ³ /s
0,275	0,430	0,189	0,381	0,140	0,256	0,0290	3,1402	0,137	0,9270	0,0308	0,0116	0,0116	0,01187	2,321	2,284	1,480	0,20	0,000032	0,000443	0,0288
0,275	0,460	0,219	0,396	0,155	0,280	0,0368	3,3026	0,149	0,9160	0,0342	0,0115	0,0115	0,01179	2,881	2,731	1,729	0,20	0,000034	0,000512	0,0359
0,275	0,470	0,229	0,410	0,169	0,279	0,0384	3,4462	0,158	0,9080	0,0371	0,0114	0,0114	0,01172	3,080	3,099	1,960	0,20	0,000031	0,000433	0,0377
0,275	0,487	0,246	0,422	0,181	0,291	0,0430	3,5745	0,167	0,9010	0,0398	0,0114	0,0114	0,01166	3,424	3,278	2,170	0,20	0,000033	0,000463	0,0418
0,275	0,520	0,279	0,437	0,196	0,309	0,0517	3,7431	0,178	0,8930	0,0431	0,0113	0,0113	0,01159	4,098	3,910	2,450	0,20	0,000033	0,000498	0,0504

5.3 RESUMEN DE CAUDALES

A continuación se presentan tablas de los caudales calculados y los caudales medidos en el medidor electromagnético. Con dichas tablas posteriormente se elabora un análisis de los resultados.

5.3.1 CAUDAL FLUJO TIPO I

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,203	0,0172	0,203	0,137	0,0176
2	0,286	0,0349	0,286	0,212	0,0350
3	0,319	0,0420	0,319	0,211	0,0421
4	0,338	0,0474	0,338	0,232	0,0485
5	0,365	0,0559	0,365	0,276	0,0581

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,248	0,0261	0,248	0,175	0,0265
2	0,272	0,0318	0,272	0,207	0,0322
3	0,311	0,0406	0,311	0,218	0,0415
4	0,366	0,0551	0,3662	0,248	0,0562
5	0,386	0,0621	0,3855	0,293	0,0652

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,254	0,0271	0,254	0,173	0,0278
2	0,291	0,0362	0,291	0,219	0,0367
3	0,319	0,0423	0,319	0,216	0,0431
4	0,344	0,0492	0,344	0,241	0,0512
5	0,384	0,0614	0,384	0,287	0,0635

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,252	0,0267	0,252	0,172	0,0273
2	0,295	0,0374	0,295	0,227	0,0386
3	0,315	0,0412	0,315	0,212	0,0417
4	0,333	0,0458	0,333	0,222	0,0458
5	0,377	0,0594	0,3773	0,281	0,0612

b) SECCIÓN CIRCULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,238	0,0260	0,238	0,180	0,0271
2	0,262	0,0324	0,262	0,214	0,0324
3	0,298	0,0416	0,298	0,226	0,0420
4	0,313	0,0454	0,313	0,238	0,0460
5	0,343	0,0547	0,343	0,287	0,0573

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,2351	0,0266	0,2351	0,180	0,0267
2	0,258	0,0314	0,258	0,212	0,0315
3	0,284	0,0374	0,284	0,214	0,0380
4	0,315	0,0446	0,315	0,237	0,0461
5	0,339	0,0510	0,339	0,288	0,0563

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,241	0,0280	0,241	0,184	0,0280
2	0,263	0,0326	0,263	0,217	0,0329
3	0,299	0,0411	0,299	0,220	0,0412
4	0,311	0,0436	0,311	0,230	0,0442
5	0,34	0,0511	0,34	0,280	0,0550

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,238	0,0271	0,238	0,184	0,0277
2	0,269	0,0339	0,269	0,220	0,0341
3	0,293	0,0394	0,293	0,222	0,0406
4	0,308	0,0425	0,308	0,224	0,0426
5	0,336	0,0502	0,336	0,308	0,0597

5.3.2 CAUDAL FLUJO TIPO II

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,185	0,0248	0,185	0,226	0,0253
2	0,218	0,0315	0,218	0,237	0,0326
3	0,251	0,0386	0,2509	0,245	0,0389
4	0,273	0,0444	0,273	0,268	0,0458
5	0,328	0,0602	0,328	0,326	0,0616

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,200	0,0278	0,2	0,234	0,0284
2	0,219	0,0317	0,2193	0,235	0,0325
3	0,250	0,0385	0,2495	0,250	0,0394
4	0,285	0,0475	0,2855	0,272	0,0486
5	0,339	0,0634	0,339	0,336	0,0657

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,197	0,0271	0,1966	0,232	0,0277
2	0,243	0,0370	0,2432	0,247	0,0379
3	0,252	0,0392	0,252	0,251	0,0400
4	0,279	0,0458	0,2788	0,269	0,0468
5	0,322	0,0586	0,3225	0,321	0,0598

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	hl	Q	hl	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,187	0,0252	0,1868	0,227	0,0257
2	0,221	0,0320	0,2207	0,235	0,0328
3	0,250	0,0386	0,2499	0,250	0,0395
4	0,287	0,0478	0,2865	0,273	0,0489
5	0,324	0,0588	0,3236	0,322	0,0602

b) SECCIÓN CIRCULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por fórmula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,187	0,0252	0,187	0,220	0,0260
2	0,205	0,0298	0,205	0,257	0,0304
3	0,231	0,0361	0,231	0,253	0,0365
4	0,251	0,0416	0,251	0,272	0,0423
5	0,27	0,0472	0,27	0,303	0,0477

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por fórmula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,1863	0,0252	0,186	0,218	0,0257
2	0,2013	0,0293	0,201	0,256	0,0297
3	0,2236	0,0345	0,224	0,254	0,0355
4	0,2565	0,0435	0,257	0,277	0,0440
5	0,29	0,0531	0,29	0,315	0,0533

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por fórmula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,1915	0,0265	0,191	0,224	0,0271
2	0,2081	0,0305	0,208	0,262	0,0315
3	0,2373	0,0386	0,237	0,263	0,0390
4	0,2535	0,0429	0,253	0,276	0,0432
5	0,2832	0,0508	0,283	0,311	0,0513

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por fórmula			Medidor		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,1834	0,0246	0,183	0,215	0,0249
2	0,1986	0,0284	0,199	0,253	0,0290
3	0,2209	0,0342	0,221	0,252	0,0348
4	0,2481	0,0415	0,248	0,272	0,0418
5	0,2775	0,0495	0,278	0,307	0,0497

5.3.3 CAUDAL FLUJO TIPO III

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,181	0,0238	0,181	0,221	0,0242
2	0,228	0,0000	0,228	0,240	0,0346
3	0,279	0,0000	0,279	0,260	0,0459
4	0,286	0,0000	0,286	0,269	0,0480
5	0,297	0,0000	0,297	0,301	0,0516

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,175	0,0225	0,175	0,219	0,0232
2	0,196	0,0000	0,1961	0,224	0,0278
3	0,233	0,0000	0,2329	0,242	0,0356
4	0,278	0,0000	0,2776	0,263	0,0456
5	0,298	0,0000	0,2978	0,303	0,0520

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,207	0,0295	0,207	0,241	0,0302
2	0,226	0,0000	0,2261	0,240	0,0342
3	0,247	0,0000	0,2467	0,247	0,0385
4	0,269	0,0000	0,2692	0,259	0,0435
5	0,299	0,0000	0,2991	0,305	0,0526

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor Electromagnetico		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,195	0,0269	0,1952	0,233	0,0276
2	0,228	0,0000	0,228	0,240	0,0346
3	0,253	0,0000	0,2533	0,249	0,0399
4	0,282	0,0000	0,2821	0,265	0,0468
5	0,301	0,0000	0,3009	0,308	0,0535

b) SECCIÓN CIRCULAR

Medicion N°1

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,187	0,0282	0,187	0,257	0,0289
2	0,229	0,0384	0,229	0,281	0,0386
3	0,242	0,0407	0,242	0,284	0,0412
4	0,251	0,0430	0,251	0,287	0,0433
5	0,275	0,0490	0,275	0,305	0,0503

Medicion N°2

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,195	0,0299	0,195	0,257	0,0301
2	0,233	0,0391	0,233	0,291	0,0407
3	0,242	0,0407	0,242	0,283	0,0411
4	0,253	0,0434	0,253	0,291	0,0441
5	0,290	0,0532	0,29	0,305	0,0531

Medicion N°3

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,194	0,0298	0,194	0,259	0,0301
2	0,227	0,0377	0,227	0,280	0,0382
3	0,240	0,0402	0,24	0,286	0,0412
4	0,255	0,0439	0,255	0,291	0,0444
5	0,278	0,0499	0,278	0,300	0,0501

Medicion N°4

COMPARACION DE METODOS					
Por formula			Medidor		
Med	h1	Q	h1	V	Q
	Tirante (m)	Caudal m3/s	Tirante (m)	Veloc. (m/s)	Caudal m3/s
1	0,189	0,0288	0,189	0,256	0,0290
2	0,219	0,0359	0,219	0,280	0,0368
3	0,229	0,0377	0,229	0,279	0,0384
4	0,246	0,0418	0,246	0,291	0,0430
5	0,279	0,0504	0,279	0,309	0,0517

5.4 CURVAS SUPERFICIALES

El estudio y dibujo de las curvas superficiales se realizaron con los tirantes obtenidos en laboratorio a través del tablero piezométrico y la mira limnimétrica en cada punto según corresponda la ubicación del dato a obtener

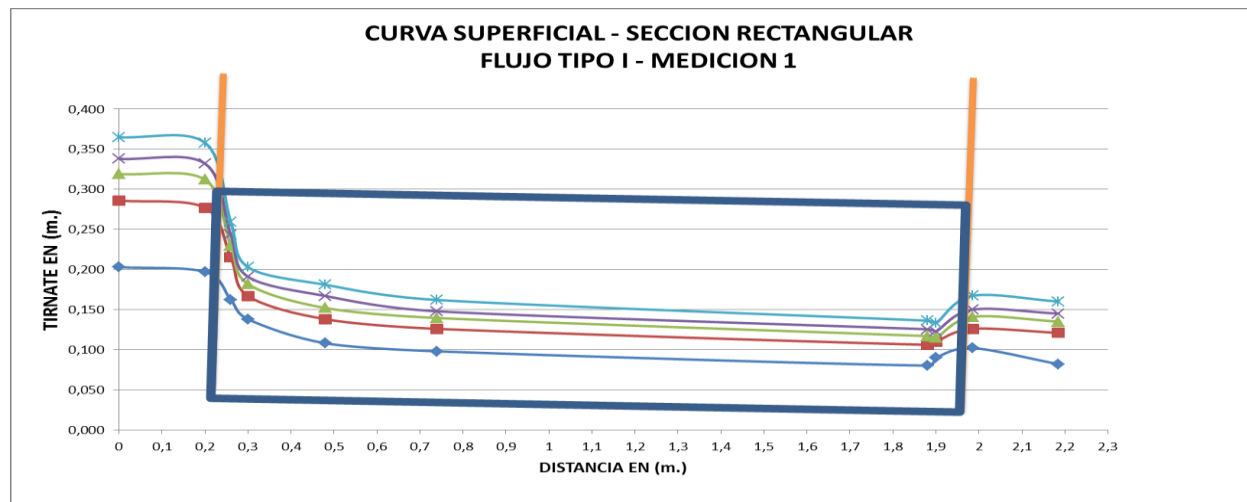
5.4.1 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO I

a) SECCIÓN RECTANGULAR

SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO I

Medicion N° 1

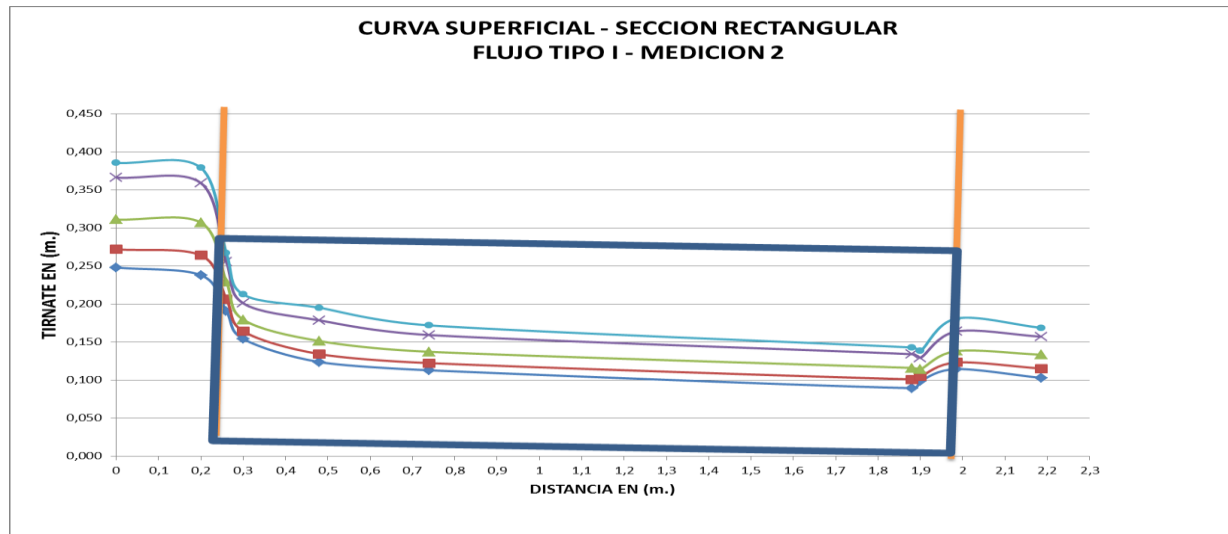
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,27	0,444	0,203	0,438	0,197	0,162	0,138	0,108	0,098	0,080	0,090	0,343	0,102	0,287	0,082
0,27	0,527	0,286	0,518	0,277	0,215	0,167	0,138	0,126	0,106	0,110	0,367	0,126	0,338	0,121
0,27	0,560	0,319	0,553	0,312	0,230	0,182	0,152	0,140	0,117	0,115	0,382	0,141	0,352	0,135
0,27	0,579	0,338	0,573	0,332	0,243	0,191	0,167	0,148	0,125	0,123	0,391	0,150	0,362	0,145
0,27	0,606	0,365	0,599	0,358	0,259	0,203	0,181	0,162	0,136	0,133	0,408	0,167	0,375	0,160



**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 2

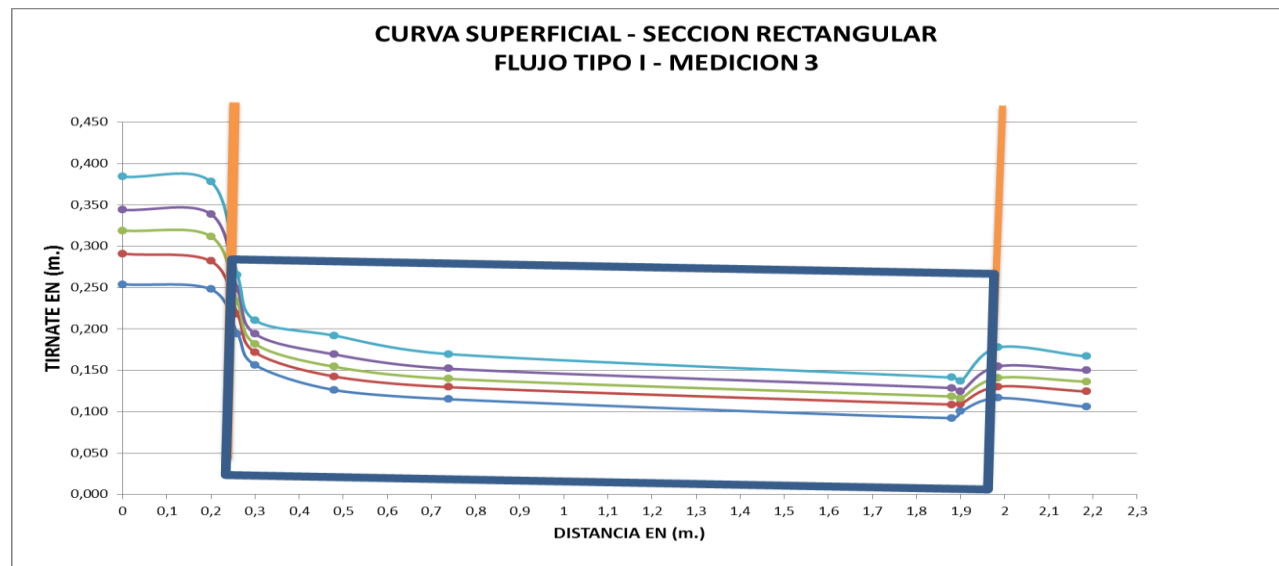
d	mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,27		0,489	0,248	0,479	0,238	0,191	0,154	0,124	0,113	0,089	0,099	0,356	0,115	0,318	0,103
0,27		0,513	0,272	0,505	0,264	0,207	0,164	0,134	0,122	0,101	0,105	0,364	0,123	0,332	0,115
0,27		0,552	0,311	0,548	0,307	0,229	0,180	0,151	0,137	0,116	0,114	0,379	0,138	0,350	0,133
0,27		0,607	0,366	0,600	0,359	0,256	0,201	0,179	0,159	0,134	0,129	0,405	0,164	0,373	0,157
0,27		0,627	0,386	0,620	0,379	0,267	0,213	0,195	0,172	0,143	0,138	0,422	0,181	0,384	0,169



**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 3

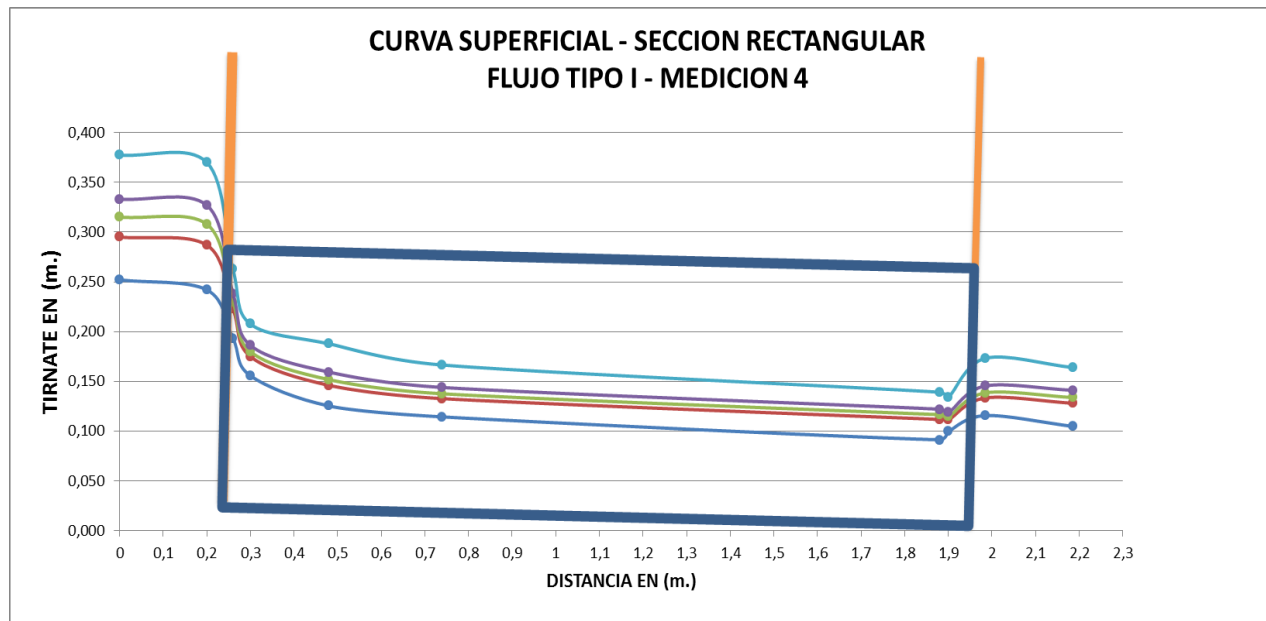
d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,27	0,495	0,254	0,489	0,248	0,194	0,157	0,126	0,115	0,092	0,100	0,358	0,117	0,321	0,106
0,27	0,532	0,291	0,523	0,282	0,218	0,172	0,143	0,130	0,109	0,109	0,371	0,130	0,341	0,124
0,27	0,560	0,319	0,553	0,312	0,233	0,182	0,154	0,140	0,118	0,116	0,382	0,141	0,353	0,136
0,27	0,585	0,344	0,580	0,339	0,248	0,194	0,169	0,152	0,129	0,124	0,396	0,155	0,366	0,150
0,27	0,625	0,384	0,619	0,378	0,265	0,211	0,192	0,170	0,141	0,137	0,419	0,178	0,382	0,167



**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 4

d mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,27	0,493	0,252	0,483	0,242	0,193	0,156	0,125	0,114	0,091	0,100	0,357	0,116	0,320	0,105
0,27	0,536	0,295	0,528	0,287	0,223	0,175	0,146	0,133	0,112	0,111	0,374	0,133	0,345	0,128
0,27	0,556	0,315	0,549	0,308	0,230	0,180	0,152	0,138	0,116	0,115	0,380	0,139	0,351	0,134
0,27	0,574	0,333	0,568	0,327	0,238	0,186	0,159	0,144	0,122	0,119	0,387	0,146	0,358	0,141
0,27	0,618	0,377	0,611	0,370	0,263	0,208	0,188	0,166	0,139	0,134	0,414	0,173	0,379	0,164



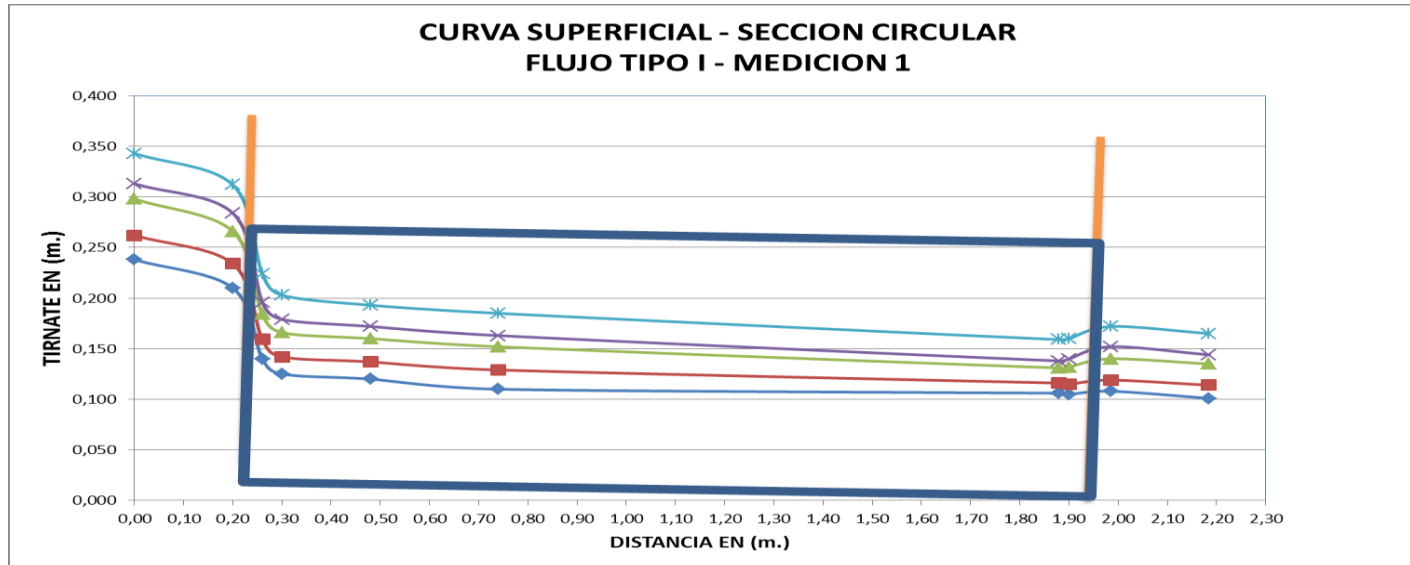
b) SECCIÓN CIRCULAR

**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 1

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,275	0,479	0,238	0,451	0,210	0,140	0,125	0,120	0,110	0,106	0,105	0,349	0,108	0,342	0,101
0,275	0,503	0,262	0,475	0,234	0,159	0,142	0,137	0,129	0,116	0,115	0,36	0,119	0,355	0,114
0,275	0,539	0,298	0,507	0,266	0,184	0,166	0,160	0,152	0,131	0,132	0,381	0,140	0,376	0,135
0,275	0,554	0,313	0,525	0,284	0,196	0,179	0,172	0,163	0,138	0,140	0,393	0,152	0,385	0,144
0,275	0,584	0,343	0,553	0,312	0,224	0,203	0,193	0,185	0,159	0,160	0,413	0,172	0,406	0,165

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,99	2,19

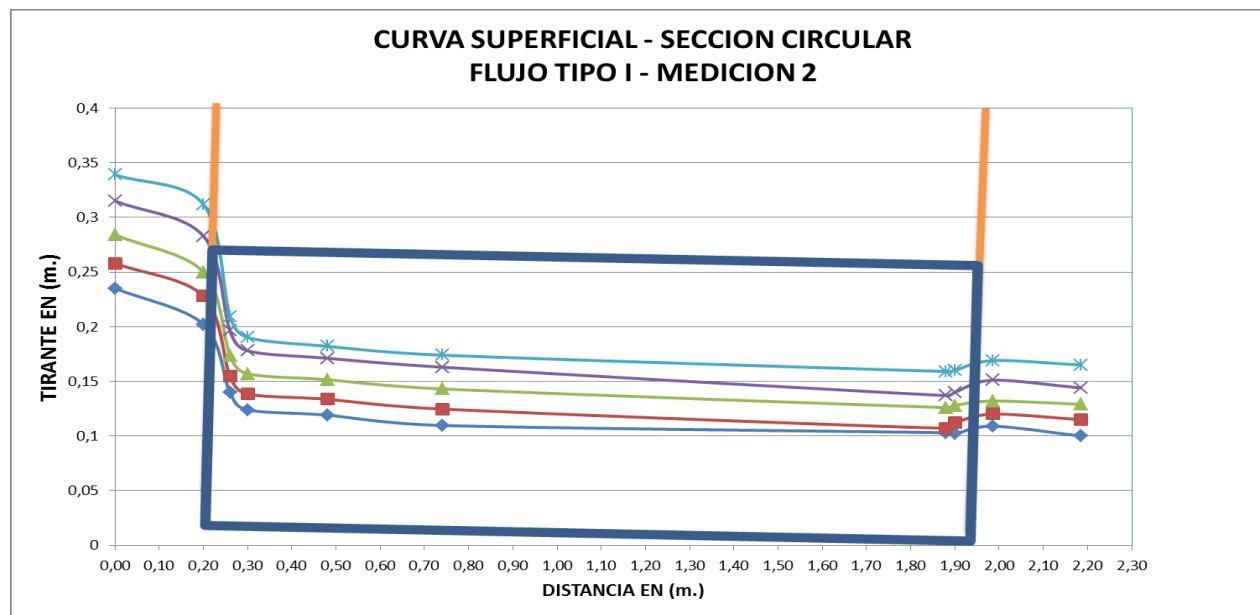


**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 2

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,275	0,4761	0,2351	0,4431	0,2021	0,140	0,124	0,1191	0,110	0,103	0,102	0,35	0,109	0,341	0,1
0,275	0,499	0,258	0,469	0,228	0,155	0,1386	0,1336	0,125	0,107	0,112	0,361	0,12	0,356	0,115
0,275	0,525	0,284	0,491	0,25	0,174	0,157	0,1515	0,143	0,126	0,128	0,373	0,132	0,37	0,129
0,275	0,556	0,315	0,524	0,283	0,196	0,1779	0,1711	0,163	0,137	0,14	0,392	0,151	0,385	0,144
0,275	0,580	0,339	0,553	0,312	0,209	0,1902	0,1821	0,174	0,159	0,16	0,410	0,169	0,406	0,165

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,99	2,19

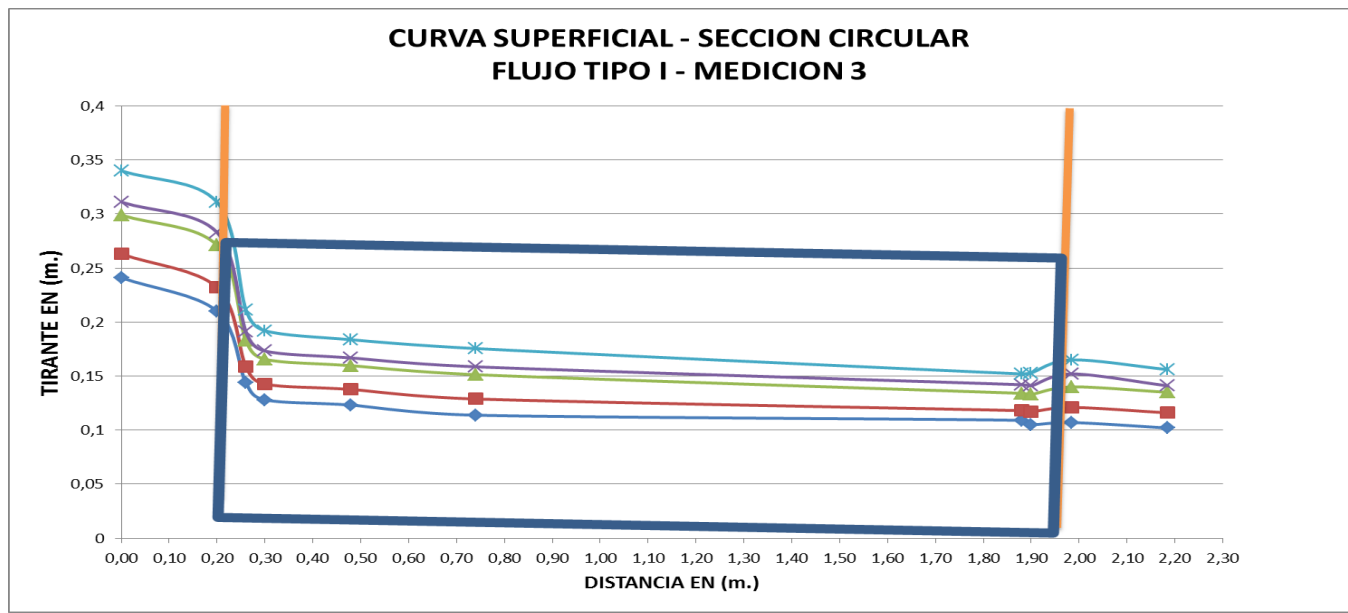


**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1**

Medición N° 3

D	H1	h1	H2	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	H3	h3	H4	h4
mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt	mt
0,275	0,482	0,241	0,451	0,21	0,144	0,128	0,1231	0,114	0,109	0,105	0,348	0,107	0,343	0,102
0,275	0,504	0,263	0,473	0,232	0,159	0,1427	0,1376	0,129	0,118	0,117	0,362	0,121	0,357	0,116
0,275	0,54	0,299	0,512	0,271	0,183	0,1656	0,1596	0,151	0,134	0,133	0,381	0,14	0,376	0,135
0,275	0,552	0,311	0,524	0,283	0,191	0,1732	0,1668	0,159	0,142	0,141	0,393	0,152	0,382	0,141
0,275	0,581	0,34	0,552	0,311	0,211	0,192	0,1836	0,176	0,152	0,153	0,406	0,165	0,397	0,156

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,99	2,19

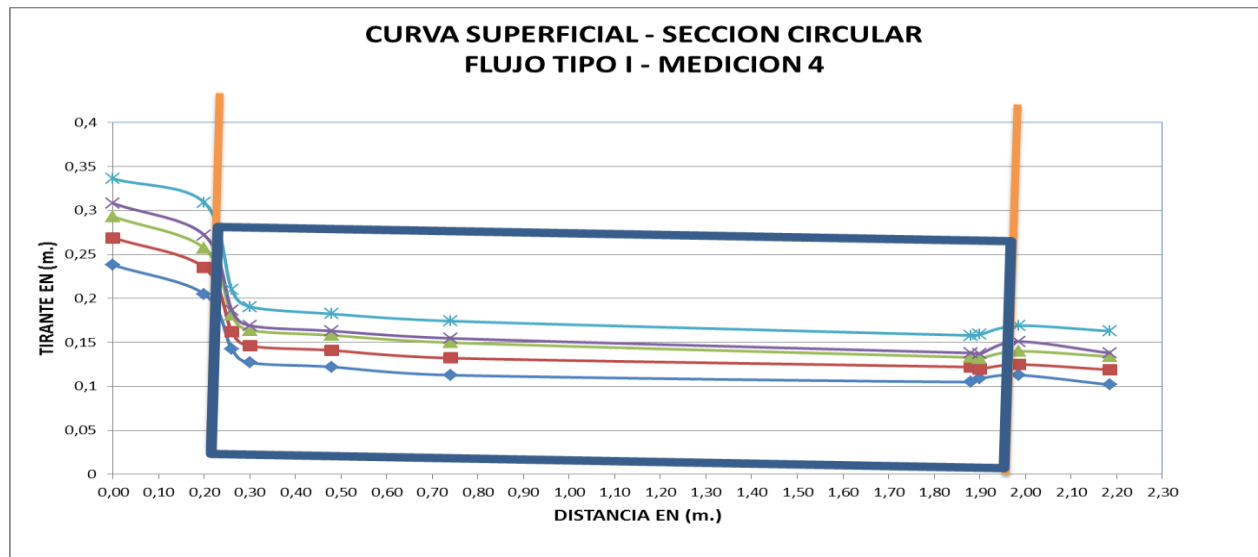


**ALCANTARILLA SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO 1**

Medicion N° 4

D mt	H1 mt	h1 mt	H2 mt	h2 mt	p1 mt	p2 mt	p3 mt	p4 mt	p28 mt	p29 mt	H3 mt	h3 mt	H4 mt	h4 mt
0,275	0,479	0,238	0,446	0,205	0,143	0,1271	0,1222	0,113	0,105	0,109	0,354	0,113	0,343	0,102
0,275	0,51	0,269	0,476	0,235	0,162	0,1461	0,141	0,132	0,122	0,12	0,366	0,125	0,36	0,119
0,275	0,534	0,293	0,498	0,257	0,181	0,164	0,1582	0,150	0,133	0,132	0,381	0,14	0,375	0,134
0,275	0,549	0,308	0,513	0,272	0,187	0,1692	0,163	0,155	0,138	0,137	0,392	0,151	0,379	0,138
0,275	0,577	0,336	0,550	0,309	0,210	0,1906	0,1825	0,174	0,158	0,159	0,410	0,169	0,404	0,163

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,99	2,19



5.4.2 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO II

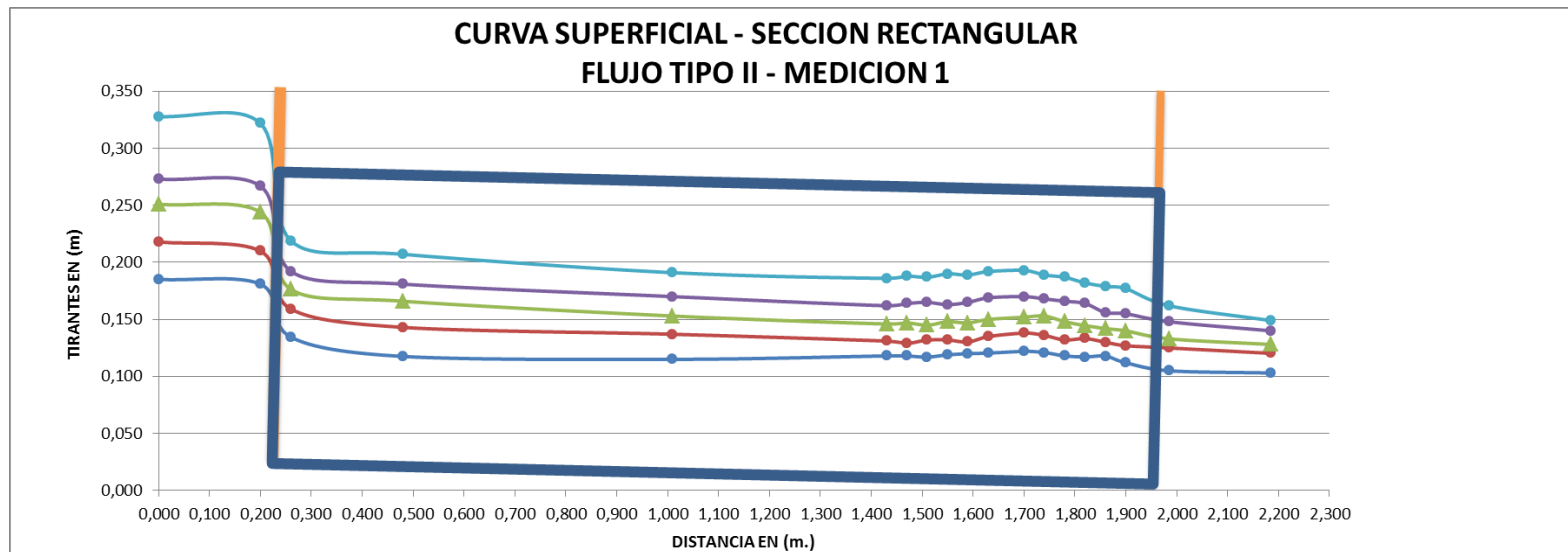
a) SECCIÓN RECTANGULAR

SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II

Medicion N° 1

b 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
0,22	0,426	0,185	0,422	0,181	0,135	0,118	0,115	0,118	0,118	0,117	0,119	0,120	0,121	0,122	0,121	0,118	0,117	0,118	0,112	0,346	0,105	0,344	0,103
0,22	0,459	0,218	0,451	0,210	0,159	0,143	0,137	0,131	0,129	0,132	0,132	0,130	0,135	0,138	0,136	0,132	0,133	0,130	0,127	0,366	0,125	0,361	0,120
0,22	0,492	0,251	0,485	0,244	0,176	0,166	0,153	0,146	0,147	0,145	0,148	0,147	0,150	0,152	0,153	0,148	0,145	0,142	0,140	0,374	0,133	0,369	0,128
0,22	0,514	0,273	0,508	0,267	0,192	0,181	0,170	0,162	0,164	0,165	0,163	0,165	0,169	0,170	0,168	0,166	0,164	0,156	0,155	0,389	0,148	0,381	0,140
0,22	0,569	0,328	0,563	0,322	0,219	0,207	0,191	0,186	0,188	0,187	0,190	0,189	0,192	0,193	0,189	0,187	0,182	0,179	0,177	0,403	0,162	0,390	0,149

DISTANCIA HORIZONTAL	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

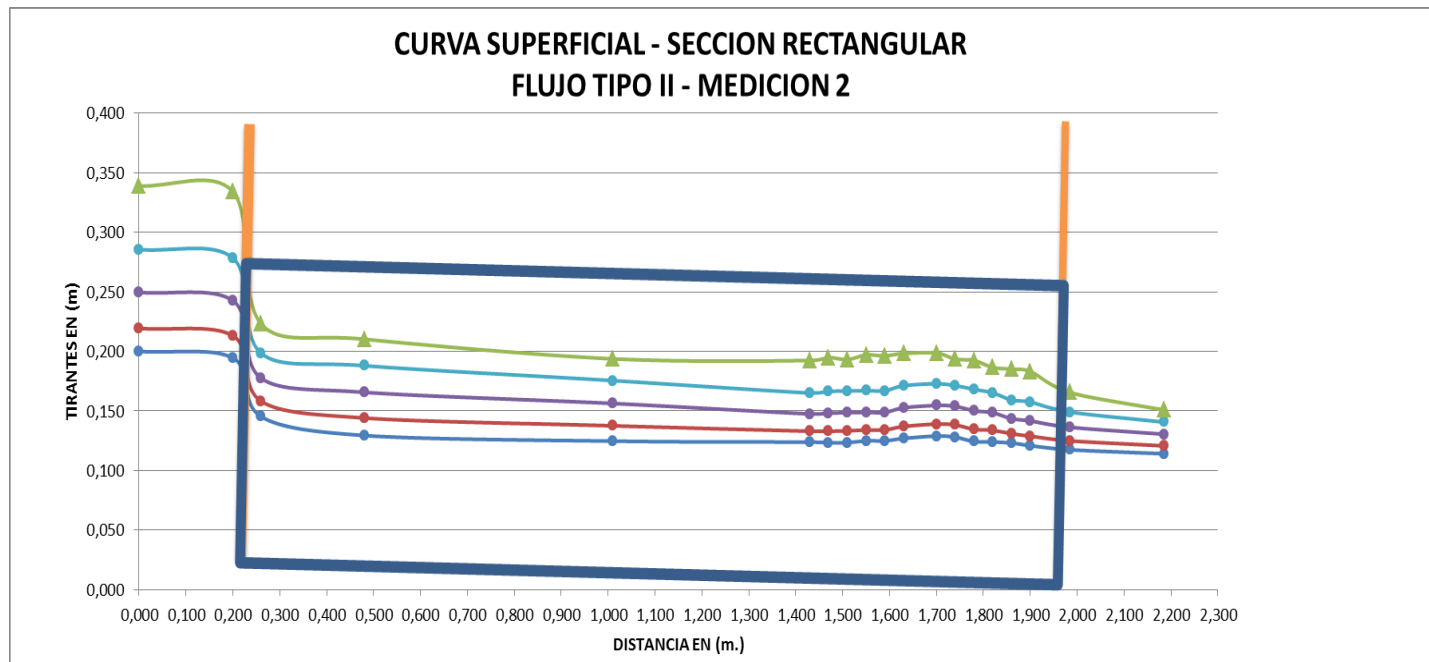


**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO II**

Medicion N° 2

b 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
0,22	0,441	0,200	0,436	0,195	0,145	0,129	0,125	0,124	0,123	0,123	0,125	0,125	0,127	0,129	0,128	0,124	0,124	0,123	0,121	0,358	0,117	0,355	0,114
0,22	0,460	0,219	0,455	0,213	0,158	0,144	0,138	0,133	0,133	0,133	0,134	0,134	0,137	0,139	0,138	0,135	0,134	0,131	0,129	0,366	0,125	0,362	0,121
0,22	0,491	0,250	0,484	0,243	0,178	0,166	0,156	0,148	0,148	0,149	0,149	0,149	0,153	0,155	0,154	0,150	0,149	0,144	0,142	0,377	0,136	0,372	0,131
0,22	0,526	0,285	0,519	0,278	0,198	0,188	0,176	0,165	0,167	0,167	0,167	0,167	0,171	0,173	0,171	0,168	0,165	0,159	0,157	0,390	0,149	0,382	0,141
0,22	0,580	0,339	0,575	0,334	0,223	0,210	0,194	0,192	0,195	0,193	0,197	0,196	0,198	0,199	0,194	0,192	0,187	0,185	0,183	0,407	0,166	0,392	0,151

DISTANCIA HORIZONTAL	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

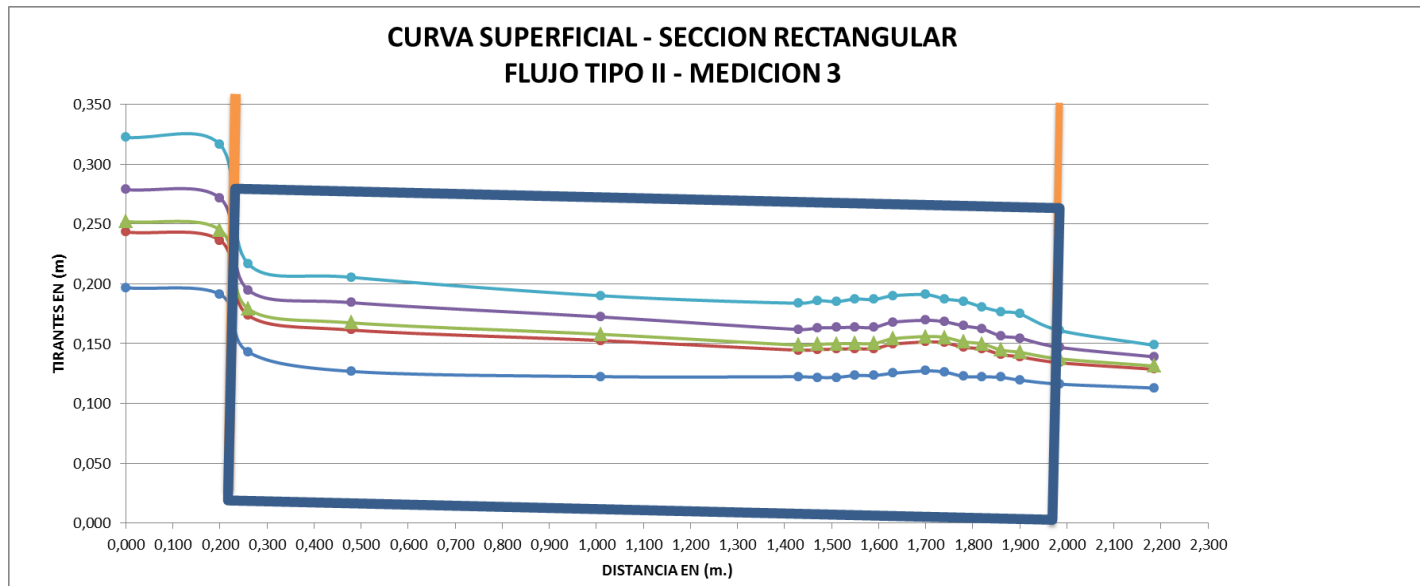


**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO II**

Medicion N° 3

b 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
0,22	0,438	0,197	0,432	0,191	0,143	0,127	0,122	0,122	0,122	0,122	0,123	0,123	0,125	0,127	0,126	0,123	0,122	0,122	0,120	0,357	0,116	0,354	0,113
0,22	0,484	0,243	0,477	0,236	0,174	0,161	0,153	0,144	0,145	0,145	0,146	0,146	0,149	0,151	0,151	0,147	0,146	0,141	0,139	0,375	0,134	0,370	0,129
0,22	0,493	0,252	0,486	0,245	0,179	0,167	0,158	0,149	0,149	0,150	0,150	0,150	0,154	0,156	0,155	0,152	0,150	0,145	0,143	0,378	0,137	0,372	0,131
0,22	0,520	0,279	0,513	0,272	0,195	0,184	0,172	0,162	0,163	0,163	0,164	0,164	0,168	0,170	0,168	0,165	0,162	0,156	0,155	0,388	0,147	0,380	0,139
0,22	0,563	0,322	0,558	0,317	0,217	0,205	0,190	0,184	0,186	0,185	0,187	0,187	0,190	0,191	0,187	0,185	0,181	0,177	0,175	0,402	0,161	0,390	0,149

DISTANCIA HORIZONTAL	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

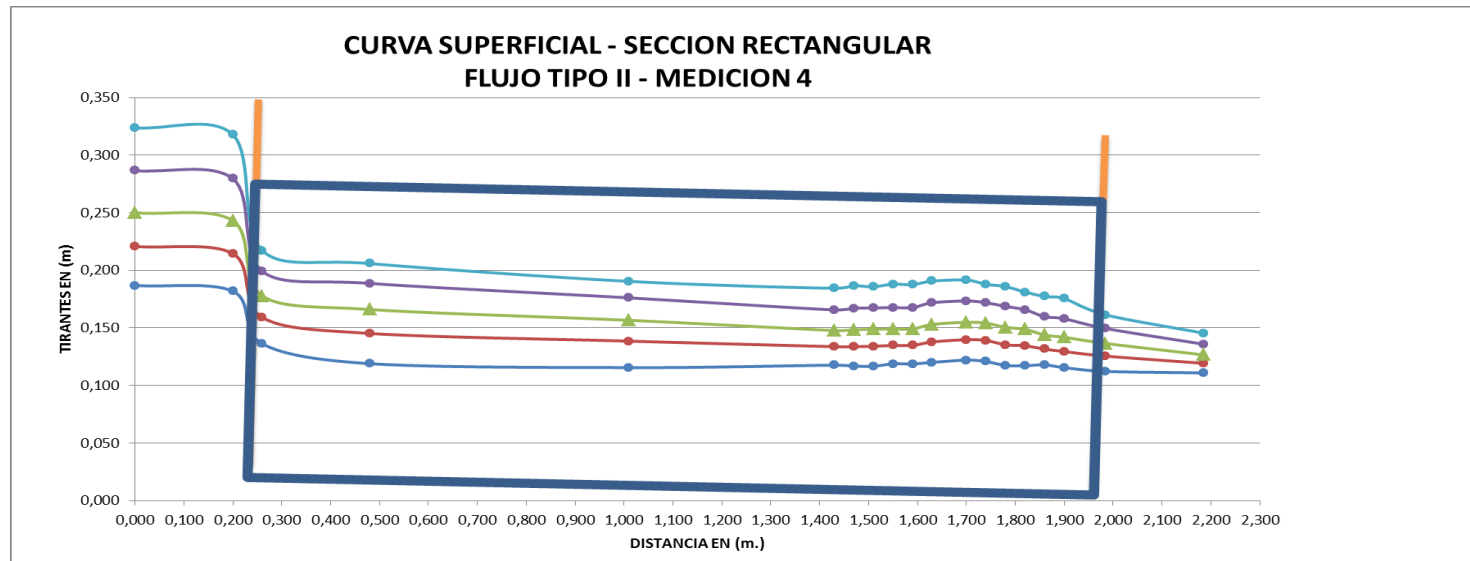


**SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO II**

Medicion N° 4

b 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
0,22	0,428	0,187	0,423	0,182	0,136	0,119	0,115	0,118	0,117	0,117	0,119	0,119	0,120	0,122	0,121	0,117	0,117	0,118	0,116	0,353	0,112	0,352	0,111
0,22	0,462	0,221	0,455	0,214	0,159	0,145	0,138	0,134	0,134	0,134	0,135	0,135	0,138	0,140	0,139	0,135	0,134	0,132	0,129	0,366	0,125	0,360	0,119
0,22	0,491	0,250	0,484	0,243	0,178	0,166	0,157	0,148	0,148	0,149	0,149	0,149	0,153	0,155	0,154	0,150	0,149	0,144	0,142	0,378	0,137	0,368	0,127
0,22	0,528	0,287	0,521	0,280	0,199	0,189	0,176	0,166	0,167	0,167	0,168	0,168	0,172	0,173	0,172	0,169	0,166	0,160	0,158	0,390	0,149	0,377	0,136
0,22	0,565	0,324	0,559	0,318	0,217	0,206	0,190	0,184	0,187	0,186	0,188	0,188	0,191	0,192	0,188	0,186	0,181	0,177	0,175	0,402	0,161	0,386	0,145

DISTANCIA HORIZONTAL	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



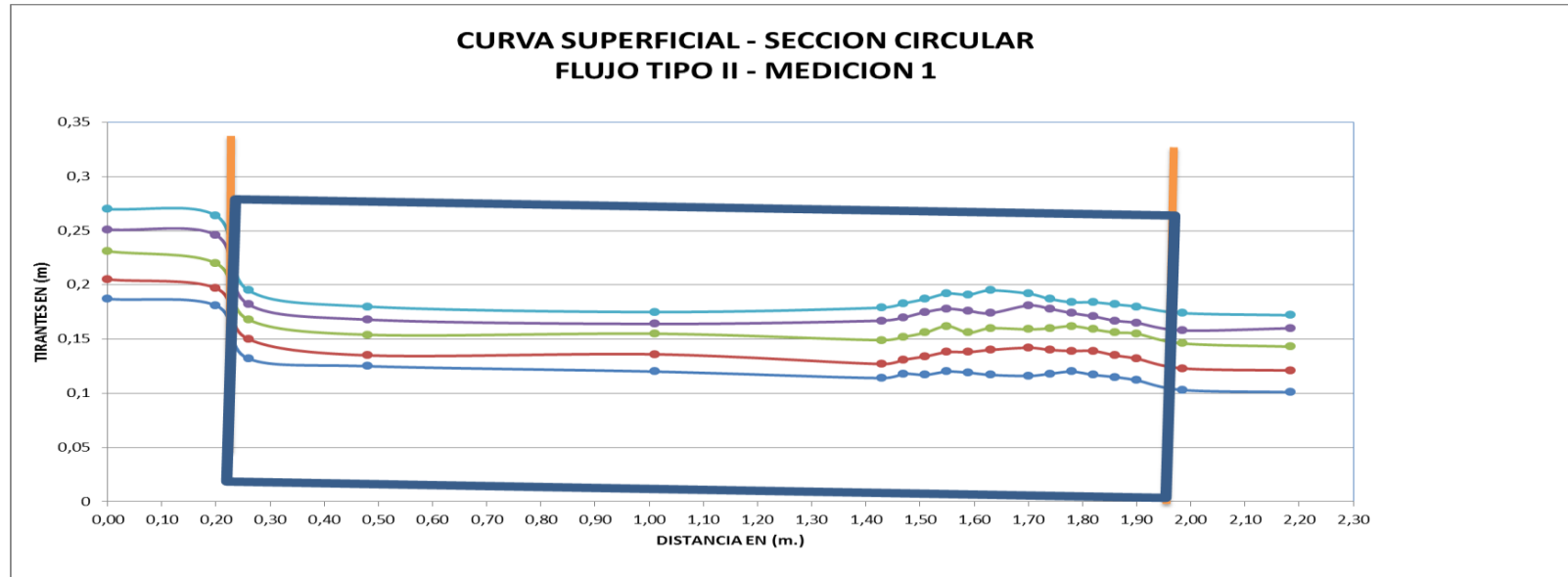
b) SECCIÓN CIRCULAR

ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO II

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	0,428	0,187	0,422	0,181	0,132	0,125	0,120	0,114	0,118	0,117	0,120	0,119	0,117	0,116	0,118	0,120	0,117	0,115	0,112	0,344	0,103	0,342	0,101
0,275	0,446	0,205	0,438	0,197	0,150	0,135	0,136	0,127	0,131	0,134	0,138	0,138	0,140	0,142	0,140	0,139	0,139	0,135	0,132	0,364	0,123	0,362	0,121
0,275	0,472	0,231	0,461	0,220	0,168	0,154	0,155	0,149	0,152	0,156	0,162	0,156	0,160	0,159	0,160	0,162	0,159	0,156	0,155	0,387	0,146	0,384	0,143
0,275	0,492	0,251	0,487	0,246	0,182	0,168	0,164	0,167	0,170	0,175	0,178	0,176	0,174	0,181	0,178	0,174	0,171	0,167	0,165	0,399	0,158	0,401	0,160
0,275	0,511	0,27	0,505	0,264	0,195	0,180	0,175	0,179	0,183	0,187	0,192	0,191	0,195	0,192	0,187	0,184	0,184	0,182	0,180	0,415	0,174	0,413	0,172

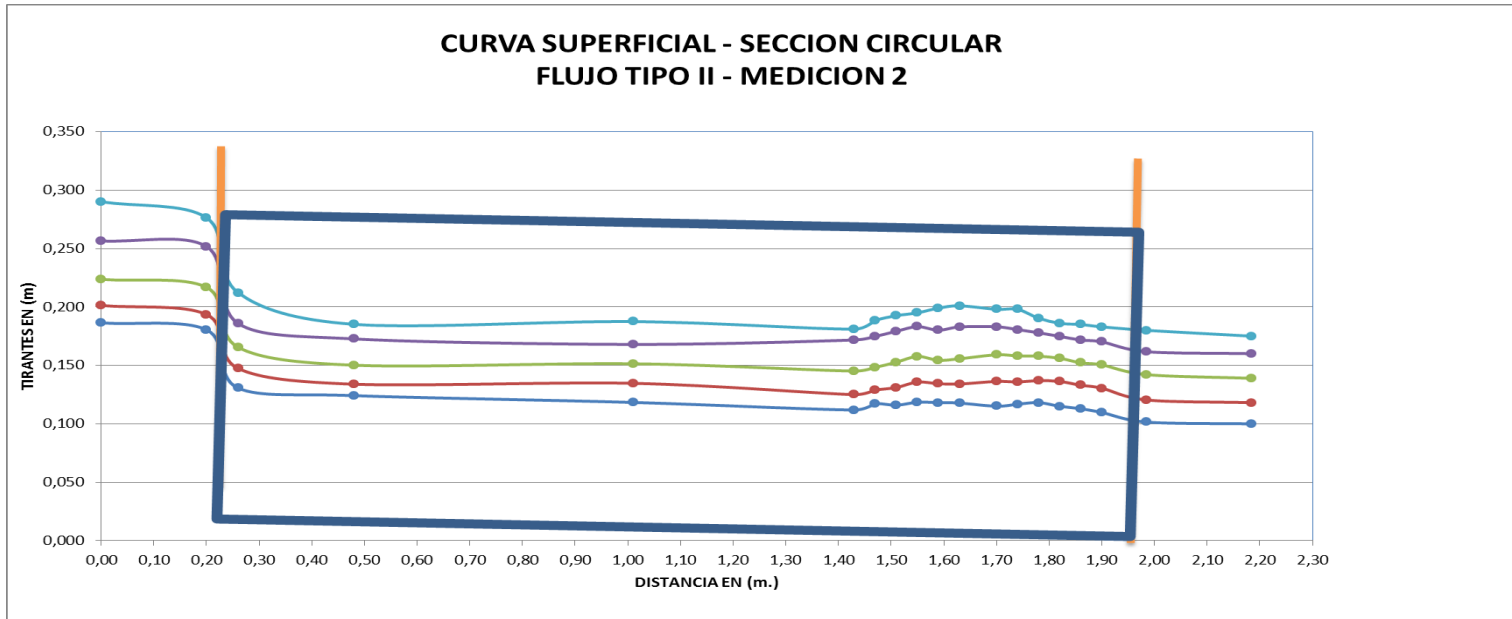
DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185



ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO II
 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	0,427	0,186	0,421	0,180	0,131	0,124	0,118	0,112	0,117	0,116	0,118	0,118	0,118	0,115	0,117	0,118	0,115	0,113	0,110	0,342	0,101	0,341	0,100
0,275	0,442	0,201	0,435	0,194	0,147	0,134	0,135	0,125	0,129	0,131	0,136	0,134	0,134	0,136	0,136	0,137	0,136	0,133	0,130	0,361	0,120	0,359	0,118
0,275	0,465	0,224	0,458	0,217	0,165	0,150	0,151	0,145	0,148	0,153	0,158	0,154	0,156	0,159	0,158	0,158	0,156	0,152	0,150	0,383	0,142	0,380	0,139
0,275	0,498	0,257	0,493	0,252	0,186	0,173	0,168	0,172	0,175	0,179	0,183	0,180	0,183	0,183	0,181	0,178	0,175	0,172	0,170	0,403	0,162	0,401	0,160
0,275	0,531	0,290	0,517	0,276	0,212	0,185	0,187	0,181	0,189	0,193	0,195	0,199	0,201	0,198	0,198	0,190	0,186	0,185	0,183	0,421	0,180	0,416	0,175

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

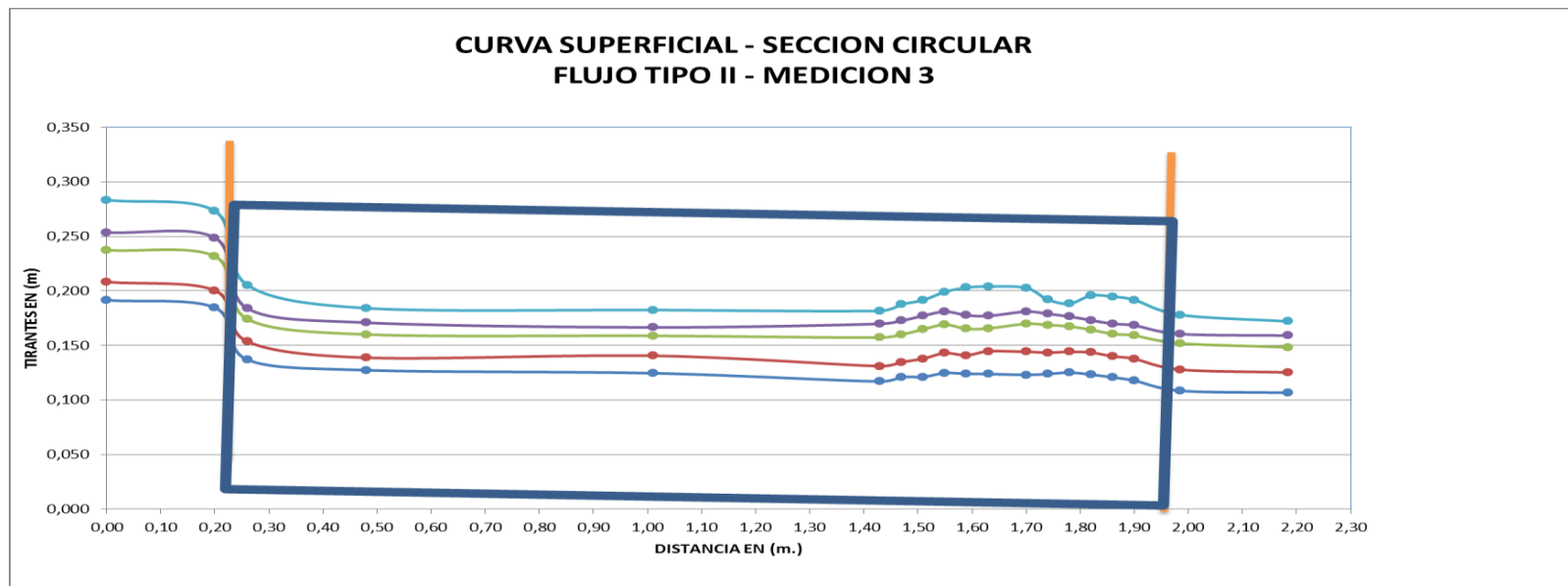


**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO II**

Medicion N° 3

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	0,432	0,191	0,426	0,185	0,137	0,127	0,125	0,117	0,121	0,121	0,125	0,124	0,124	0,123	0,124	0,125	0,123	0,121	0,118	0,349	0,108	0,348	0,107
0,275	0,449	0,208	0,441	0,200	0,154	0,139	0,141	0,131	0,135	0,138	0,143	0,141	0,145	0,144	0,143	0,144	0,144	0,140	0,138	0,369	0,128	0,366	0,125
0,275	0,478	0,237	0,473	0,232	0,174	0,160	0,159	0,157	0,160	0,165	0,169	0,165	0,166	0,170	0,169	0,167	0,164	0,161	0,159	0,393	0,152	0,389	0,148
0,275	0,494	0,253	0,49	0,249	0,184	0,171	0,167	0,170	0,173	0,177	0,181	0,178	0,177	0,181	0,179	0,176	0,173	0,170	0,168	0,401	0,160	0,400	0,159
0,275	0,524	0,283	0,514	0,273	0,205	0,184	0,182	0,182	0,188	0,192	0,199	0,203	0,204	0,203	0,192	0,188	0,196	0,195	0,192	0,419	0,178	0,413	0,172

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

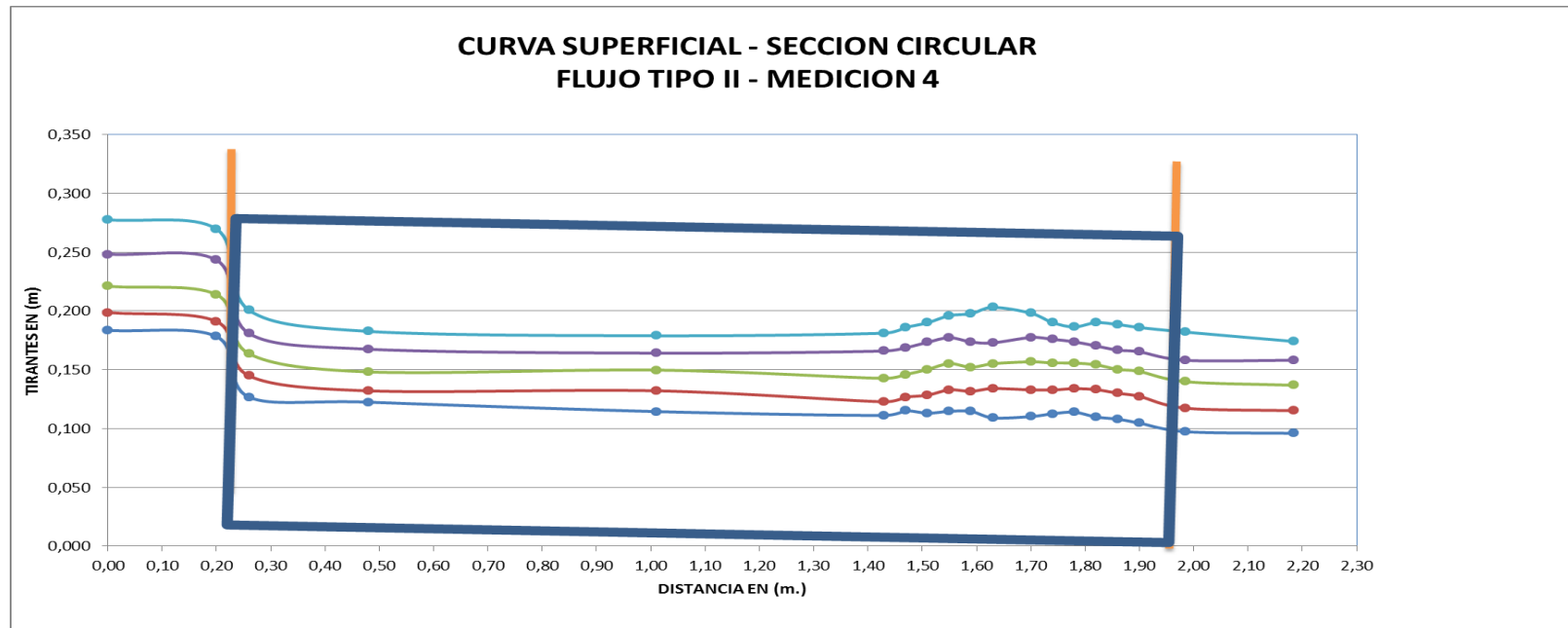


**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO II**

Medicion N° 4

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	0,424	0,183	0,419	0,178	0,127	0,122	0,114	0,111	0,115	0,113	0,115	0,115	0,109	0,110	0,113	0,114	0,110	0,108	0,105	0,338	0,097	0,337	0,096
0,275	0,44	0,199	0,432	0,191	0,145	0,132	0,132	0,123	0,127	0,128	0,133	0,132	0,134	0,133	0,133	0,134	0,133	0,130	0,127	0,358	0,117	0,356	0,115
0,275	0,462	0,221	0,455	0,214	0,164	0,148	0,150	0,143	0,146	0,150	0,155	0,152	0,155	0,157	0,156	0,156	0,154	0,150	0,149	0,381	0,140	0,378	0,137
0,275	0,489	0,248	0,484	0,243	0,181	0,167	0,164	0,166	0,169	0,173	0,177	0,174	0,173	0,177	0,176	0,174	0,170	0,167	0,165	0,399	0,158	0,399	0,158
0,275	0,519	0,278	0,511	0,270	0,201	0,183	0,179	0,181	0,186	0,190	0,196	0,198	0,203	0,198	0,190	0,186	0,190	0,188	0,186	0,423	0,182	0,415	0,174

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185



5.4.3 CURVAS SUPERFICIALES EN EL FLUJO TIPO III

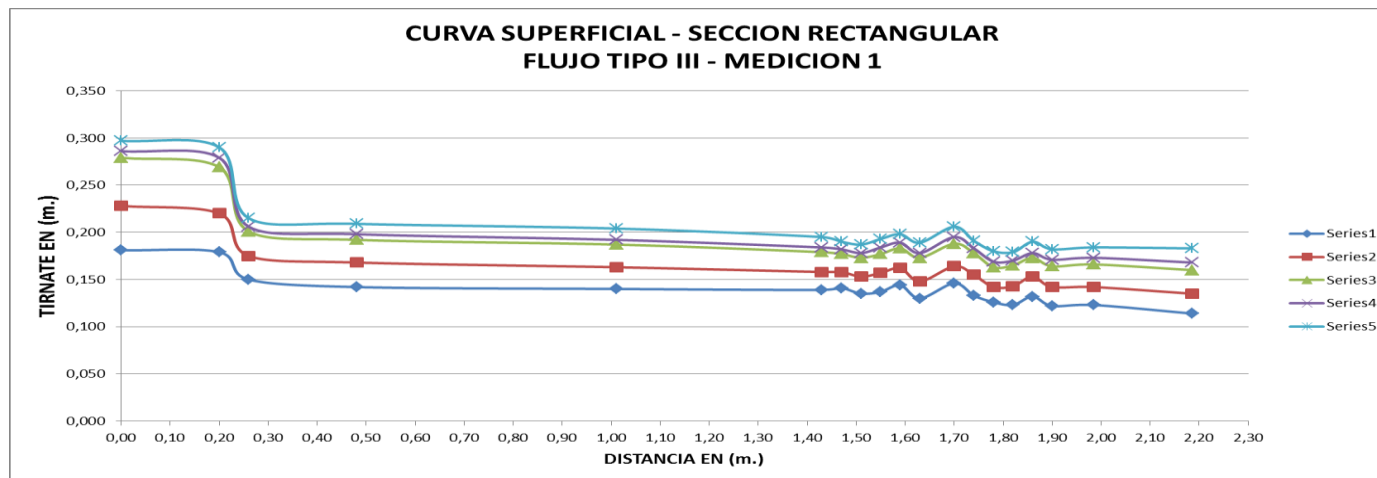
a) SECCIÓN RECTANGULAR

ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III

Medicion N° 1

b 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
0,220	0,422	0,181	0,420	0,179	0,150	0,142	0,140	0,139	0,141	0,135	0,137	0,144	0,130	0,146	0,133	0,126	0,123	0,132	0,122	0,364	0,123	0,355	0,114
0,220	0,469	0,228	0,461	0,220	0,175	0,168	0,163	0,158	0,158	0,153	0,157	0,162	0,148	0,164	0,155	0,142	0,143	0,153	0,142	0,383	0,142	0,376	0,135
0,220	0,520	0,279	0,510	0,269	0,201	0,192	0,187	0,179	0,177	0,173	0,177	0,183	0,173	0,188	0,178	0,163	0,165	0,173	0,164	0,407	0,166	0,401	0,160
0,220	0,527	0,286	0,520	0,279	0,206	0,198	0,192	0,184	0,182	0,178	0,184	0,189	0,178	0,195	0,183	0,169	0,170	0,178	0,171	0,414	0,173	0,409	0,168
0,220	0,538	0,297	0,531	0,290	0,215	0,209	0,204	0,195	0,190	0,187	0,193	0,198	0,189	0,206	0,191	0,180	0,179	0,190	0,182	0,425	0,184	0,419	0,178

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

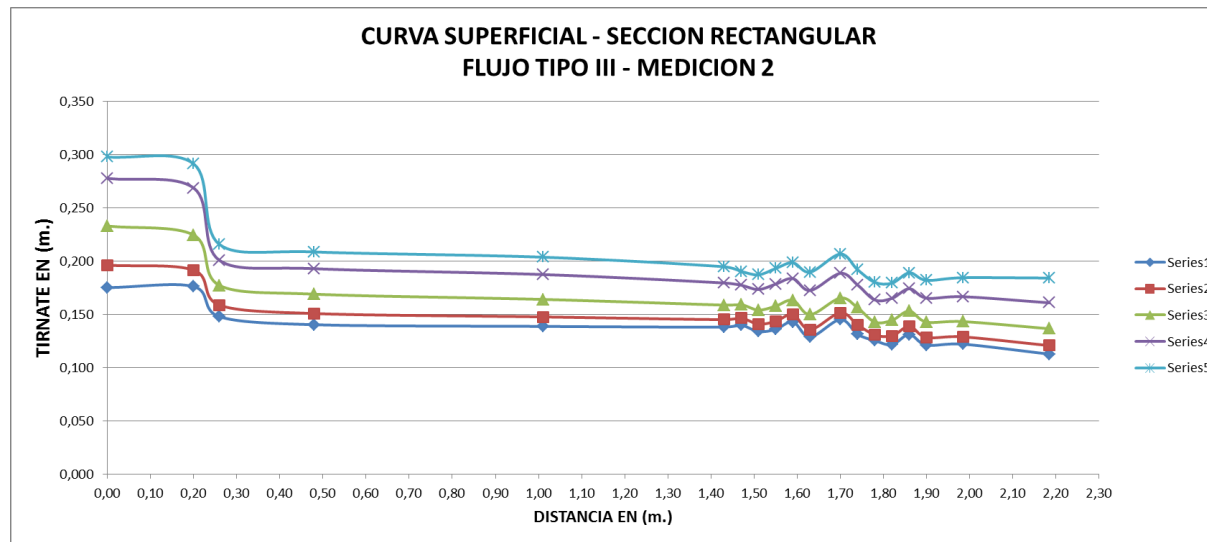


**ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III**

Medicion N° 2

b 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
0,220	0,416	0,175	0,417	0,176	0,148	0,140	0,139	0,138	0,140	0,134	0,136	0,143	0,129	0,145	0,131	0,125	0,121	0,131	0,121	0,363	0,122	0,354	0,113
0,220	0,437	0,196	0,432	0,191	0,159	0,151	0,148	0,145	0,147	0,141	0,143	0,150	0,136	0,151	0,140	0,131	0,130	0,139	0,128	0,370	0,129	0,362	0,121
0,220	0,474	0,233	0,465	0,224	0,177	0,169	0,164	0,159	0,159	0,154	0,158	0,163	0,150	0,165	0,156	0,143	0,144	0,153	0,143	0,384	0,143	0,377	0,136
0,220	0,519	0,278	0,510	0,269	0,201	0,193	0,187	0,179	0,177	0,173	0,178	0,184	0,172	0,188	0,178	0,163	0,165	0,174	0,165	0,407	0,166	0,402	0,161
0,220	0,539	0,298	0,532	0,291	0,216	0,209	0,204	0,195	0,190	0,187	0,193	0,198	0,190	0,207	0,192	0,180	0,179	0,189	0,182	0,425	0,184	0,420	0,179

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

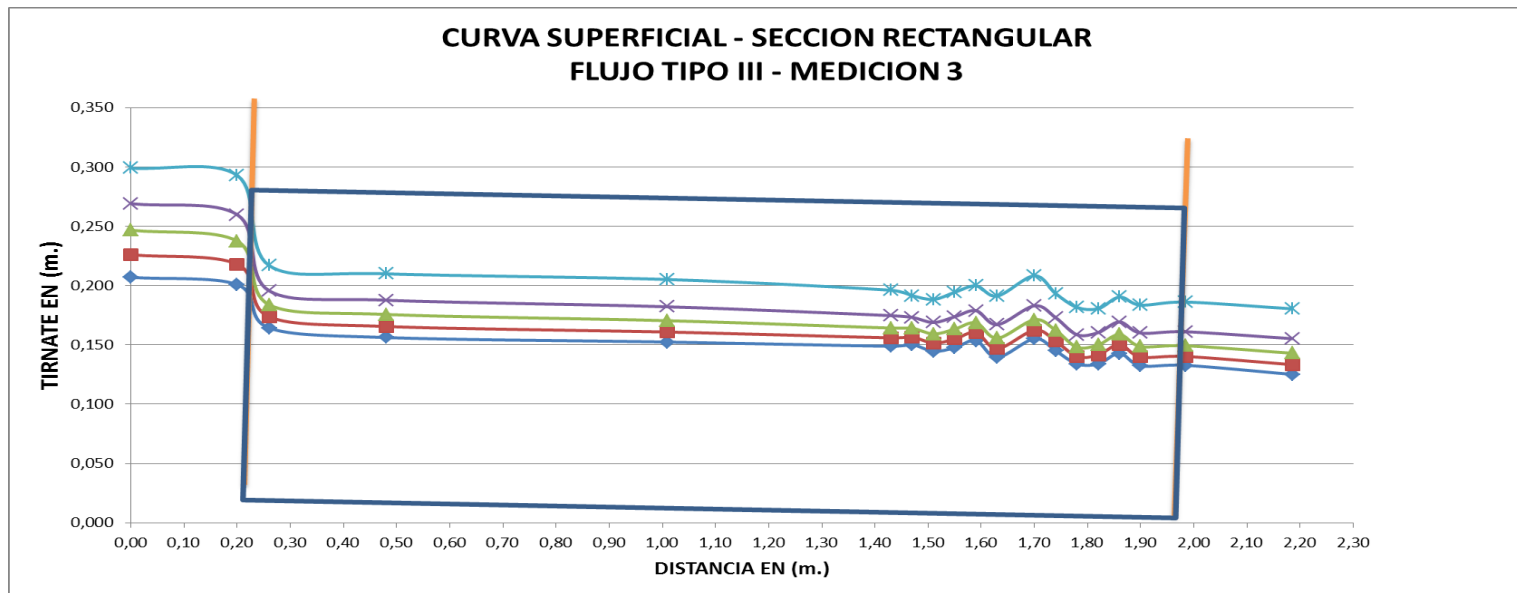


**ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III**

Medicion N° 3

b 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
0,220	0,483	0,207	0,474	0,201	0,164	0,156	0,152	0,149	0,150	0,145	0,148	0,154	0,140	0,155	0,145	0,134	0,134	0,143	0,132	0,374	0,133	0,366	0,125
0,220	0,501	0,226	0,491	0,218	0,174	0,166	0,161	0,156	0,157	0,151	0,155	0,161	0,147	0,162	0,153	0,140	0,142	0,150	0,140	0,381	0,140	0,374	0,133
0,220	0,517	0,247	0,506	0,238	0,184	0,176	0,170	0,164	0,164	0,159	0,163	0,169	0,156	0,171	0,162	0,148	0,150	0,159	0,149	0,390	0,149	0,384	0,143
0,220	0,534	0,269	0,522	0,260	0,196	0,188	0,182	0,175	0,173	0,169	0,174	0,179	0,167	0,183	0,173	0,159	0,160	0,169	0,160	0,402	0,161	0,396	0,155
0,220	0,561	0,299	0,547	0,293	0,217	0,210	0,205	0,196	0,192	0,188	0,194	0,200	0,191	0,208	0,193	0,182	0,181	0,190	0,184	0,427	0,186	0,421	0,180

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

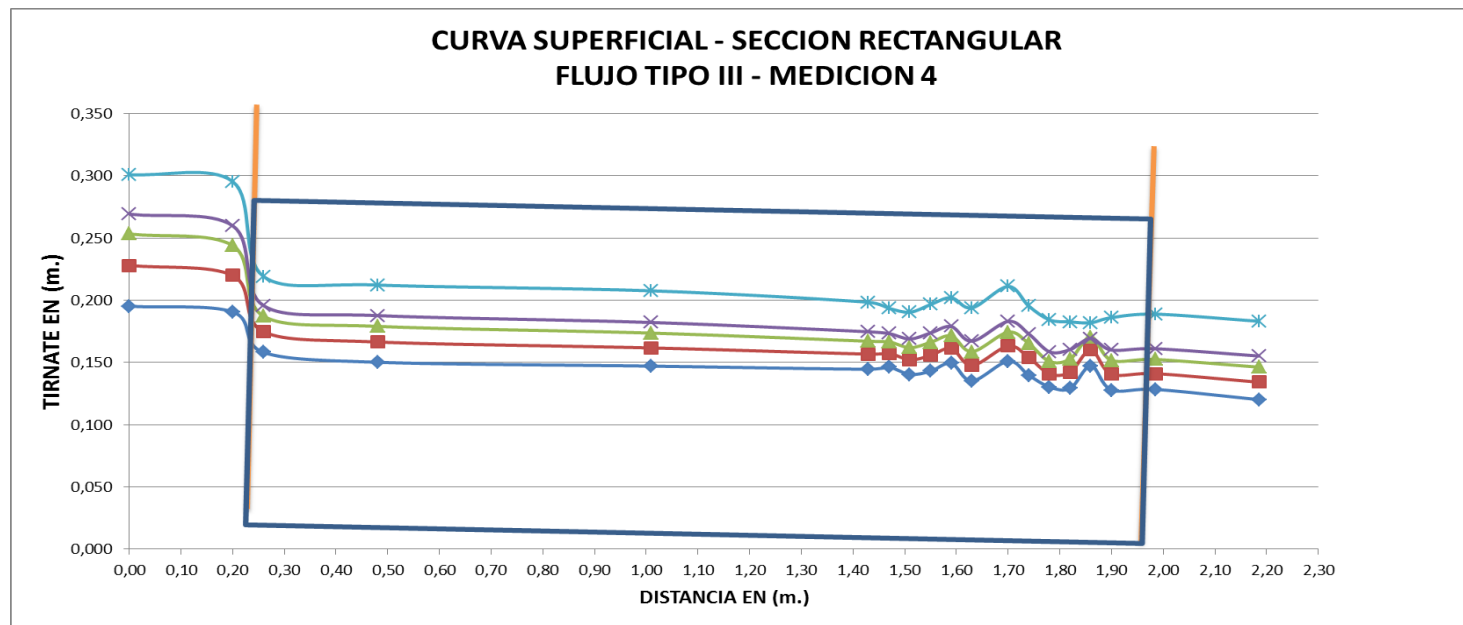


**ALCANTARILLA - SECCION RECTANGULAR
FLUJO TIPO III**

Medicion N° 4

b 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
0,220	0,471	0,195	0,463	0,191	0,158	0,150	0,147	0,145	0,146	0,140	0,143	0,149	0,135	0,151	0,140	0,130	0,129	0,147	0,128	0,369	0,128	0,361	0,120
0,220	0,502	0,228	0,492	0,220	0,175	0,167	0,162	0,157	0,157	0,152	0,156	0,161	0,148	0,163	0,154	0,141	0,142	0,160	0,141	0,382	0,141	0,375	0,134
0,220	0,522	0,253	0,511	0,244	0,187	0,179	0,174	0,167	0,167	0,162	0,166	0,171	0,159	0,174	0,165	0,151	0,153	0,171	0,152	0,393	0,152	0,387	0,146
0,220	0,545	0,282	0,532	0,273	0,203	0,196	0,190	0,182	0,180	0,176	0,181	0,186	0,175	0,192	0,180	0,166	0,168	0,186	0,168	0,411	0,170	0,405	0,164
0,220	0,563	0,301	0,549	0,295	0,219	0,212	0,208	0,198	0,193	0,190	0,197	0,202	0,194	0,211	0,195	0,184	0,183	0,182	0,186	0,430	0,189	0,424	0,183

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185



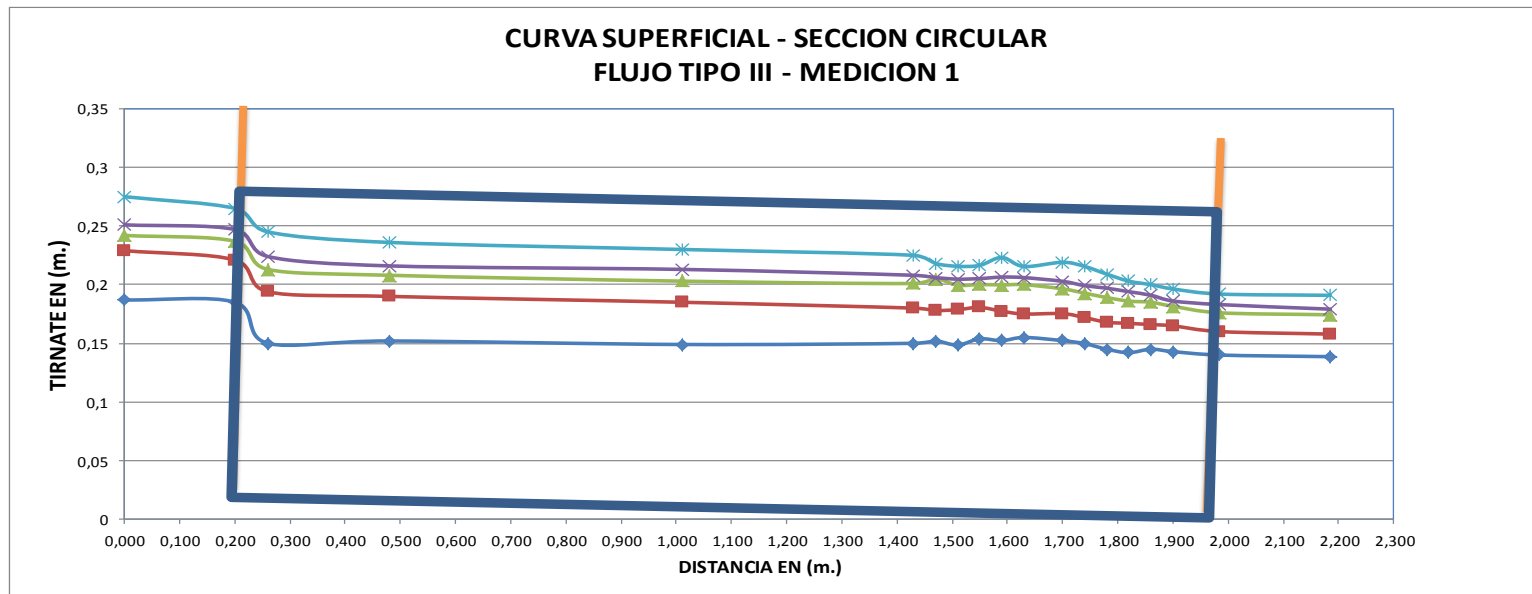
b) SECCIÓN CIRCULAR

ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO III

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	0,433	0,187	0,426	0,185	0,150	0,152	0,149	0,150	0,152	0,149	0,154	0,152	0,155	0,152	0,150	0,145	0,142	0,145	0,143	0,381	0,140	0,380	0,139
0,275	0,473	0,229	0,462	0,221	0,194	0,190	0,185	0,180	0,178	0,179	0,181	0,177	0,175	0,175	0,172	0,168	0,167	0,166	0,165	0,401	0,160	0,398	0,158
0,275	0,483	0,242	0,478	0,237	0,213	0,208	0,203	0,201	0,205	0,200	0,200	0,200	0,200	0,196	0,193	0,189	0,186	0,185	0,182	0,417	0,176	0,415	0,174
0,275	0,492	0,251	0,488	0,247	0,224	0,216	0,213	0,208	0,206	0,205	0,205	0,206	0,206	0,203	0,199	0,197	0,194	0,191	0,186	0,424	0,183	0,420	0,179
0,275	0,516	0,275	0,506	0,265	0,245	0,236	0,230	0,225	0,218	0,216	0,216	0,223	0,216	0,219	0,216	0,209	0,203	0,200	0,196	0,433	0,192	0,432	0,191

DISTANCIA HORIZONTAL	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

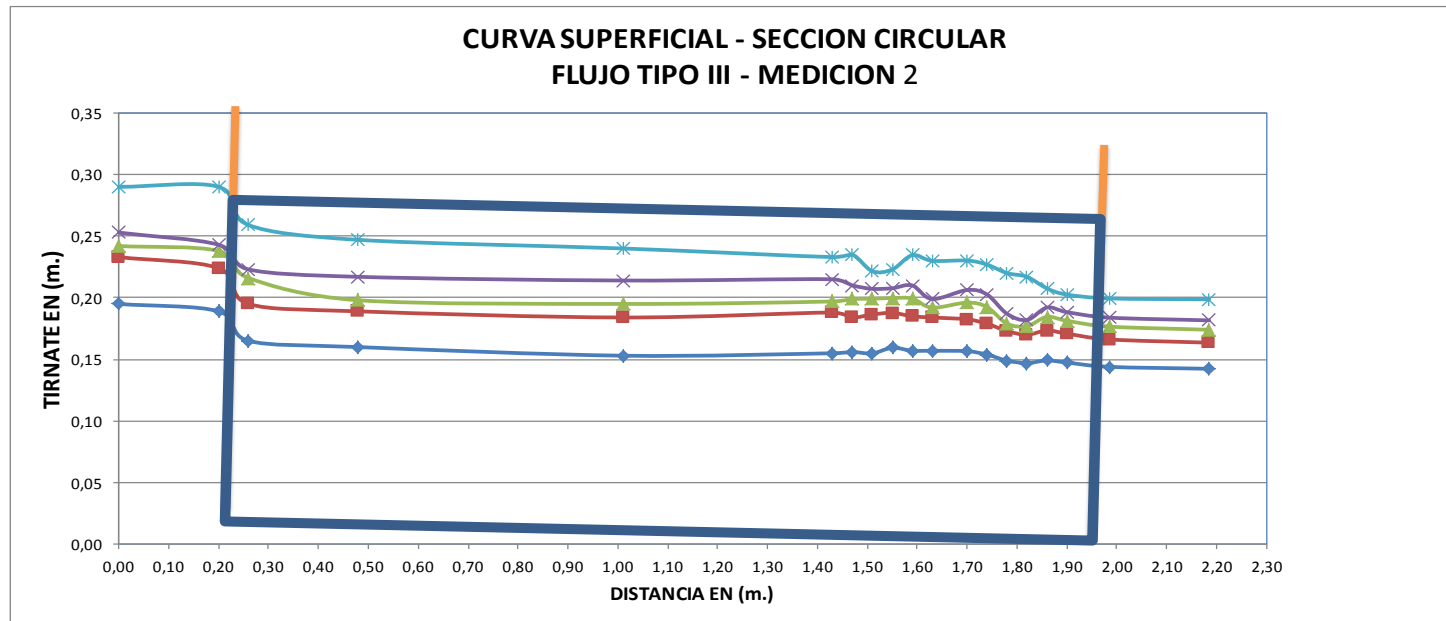


**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO III**

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	0,436	0,20	0,43	0,189	0,165	0,160	0,153	0,155	0,156	0,155	0,159	0,157	0,157	0,157	0,154	0,149	0,147	0,149	0,147	0,385	0,144	0,383	0,142
0,275	0,474	0,233	0,465	0,224	0,195	0,189	0,184	0,188	0,184	0,186	0,188	0,185	0,184	0,182	0,179	0,173	0,170	0,173	0,171	0,407	0,166	0,405	0,164
0,275	0,483	0,242	0,479	0,238	0,216	0,198	0,195	0,197	0,199	0,199	0,200	0,199	0,192	0,196	0,192	0,179	0,177	0,184	0,181	0,418	0,177	0,415	0,174
0,275	0,494	0,253	0,484	0,243	0,223	0,217	0,214	0,215	0,210	0,207	0,208	0,210	0,199	0,206	0,203	0,187	0,182	0,192	0,188	0,425	0,184	0,423	0,182
0,275	0,531	0,29	0,531	0,29	0,259	0,247	0,240	0,233	0,235	0,222	0,223	0,235	0,230	0,230	0,227	0,220	0,217	0,208	0,203	0,440	0,199	0,440	0,199

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
0,00	0,20	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185



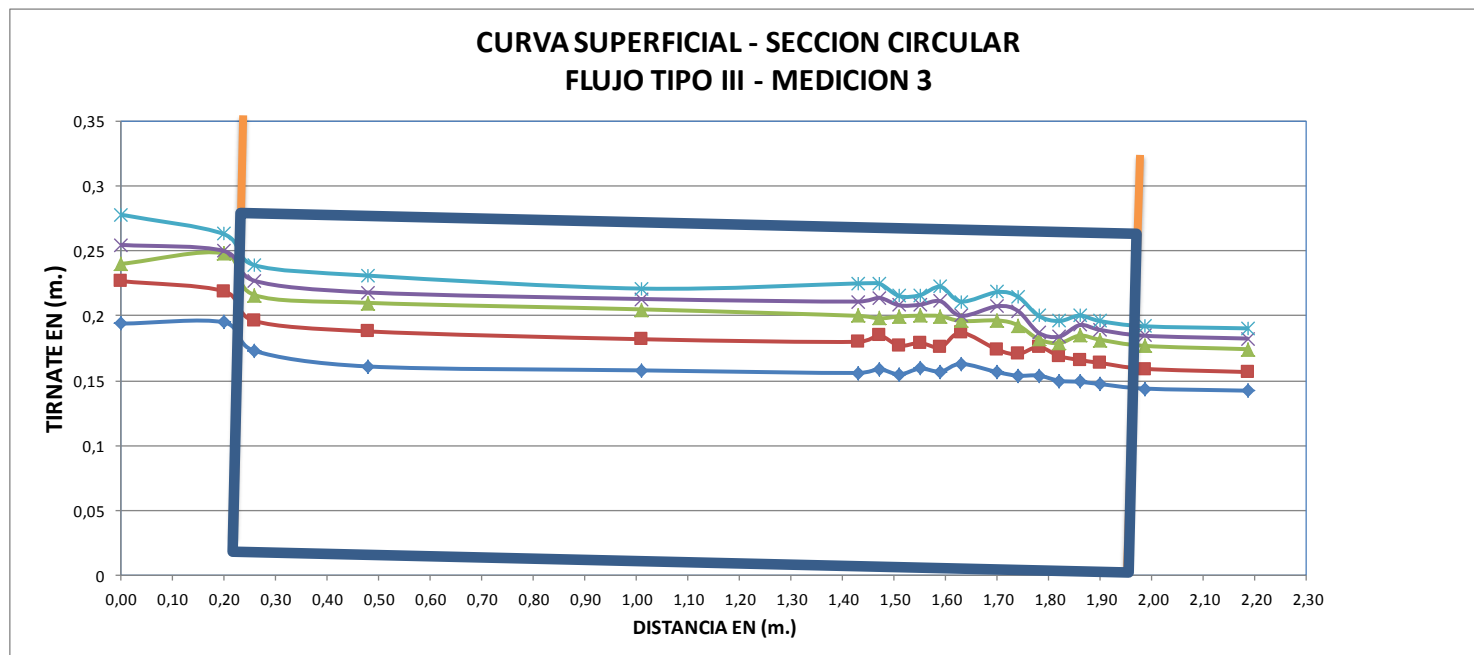
ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR

FLUJO TIPO III

Medicion N° 3

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	0,435	0,194	0,436	0,195	0,173	0,161	0,158	0,156	0,159	0,155	0,159	0,157	0,163	0,157	0,154	0,154	0,150	0,149	0,147	0,385	0,144	0,383	0,142
0,275	0,468	0,227	0,46	0,219	0,196	0,188	0,182	0,180	0,185	0,177	0,179	0,176	0,187	0,174	0,171	0,176	0,169	0,166	0,164	0,400	0,159	0,398	0,157
0,275	0,481	0,24	0,489	0,248	0,216	0,210	0,205	0,200	0,198	0,200	0,200	0,200	0,196	0,196	0,193	0,182	0,179	0,185	0,182	0,418	0,177	0,415	0,174
0,275	0,496	0,255	0,491	0,25	0,227	0,218	0,213	0,211	0,214	0,208	0,209	0,211	0,200	0,207	0,204	0,187	0,184	0,193	0,189	0,426	0,185	0,424	0,183
0,275	0,519	0,278	0,504	0,263	0,239	0,231	0,221	0,225	0,225	0,215	0,216	0,222	0,211	0,218	0,215	0,200	0,196	0,200	0,196	0,433	0,192	0,431	0,190

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185

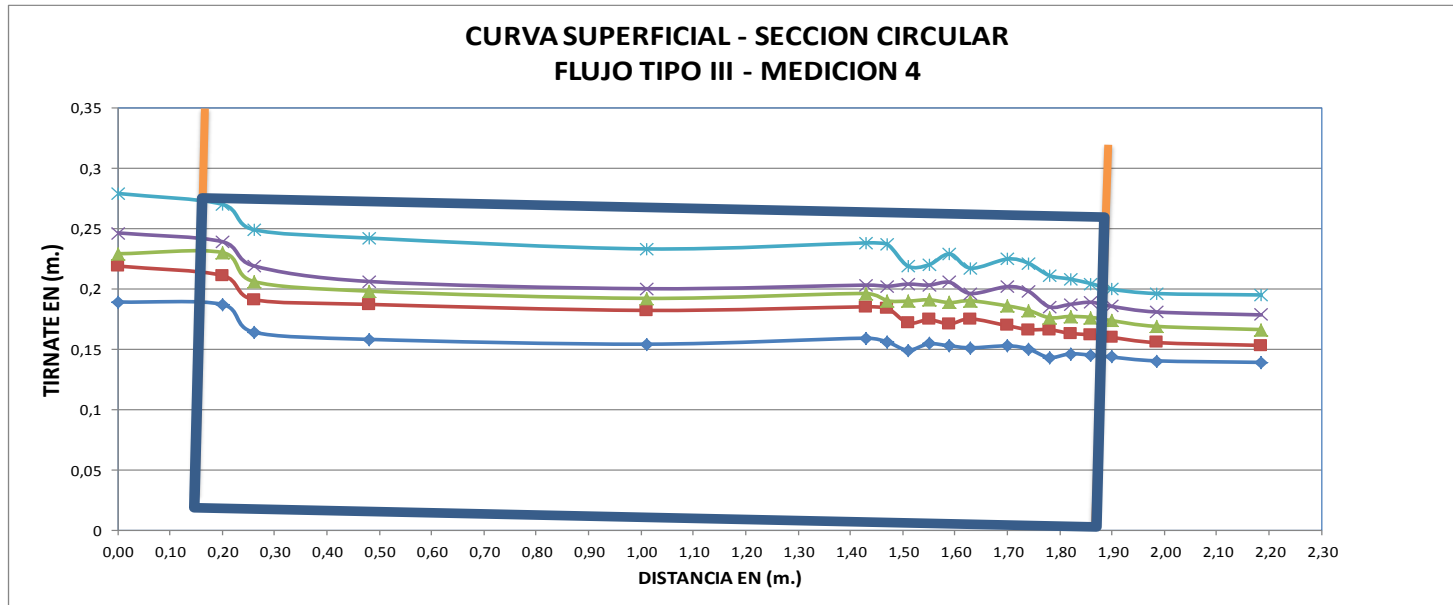


**ALCANTARILLA - SECCION CIRCULAR
FLUJO TIPO III**

Medicion N° 4

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	0,43	0,189	0,428	0,187	0,164	0,158	0,154	0,159	0,156	0,149	0,154	0,153	0,151	0,153	0,150	0,143	0,146	0,145	0,143	0,381	0,140	0,380	0,139
0,275	0,46	0,219	0,452	0,211	0,191	0,187	0,182	0,185	0,184	0,172	0,174	0,171	0,175	0,169	0,166	0,166	0,163	0,162	0,160	0,396	0,155	0,394	0,153
0,275	0,47	0,229	0,471	0,23	0,206	0,198	0,192	0,196	0,190	0,190	0,191	0,188	0,190	0,186	0,182	0,176	0,177	0,176	0,174	0,410	0,169	0,407	0,166
0,275	0,487	0,246	0,48	0,239	0,219	0,206	0,200	0,203	0,202	0,204	0,203	0,205	0,196	0,202	0,198	0,185	0,187	0,189	0,185	0,422	0,181	0,419	0,178
0,275	0,52	0,279	0,511	0,27	0,249	0,242	0,233	0,238	0,237	0,219	0,220	0,229	0,217	0,225	0,221	0,211	0,208	0,204	0,200	0,437	0,196	0,436	0,195

DISTANCIA HORIZONTAL	h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4
	0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185



5.5 VARIACIÓN Y LÍNEA DE ENERGÍA

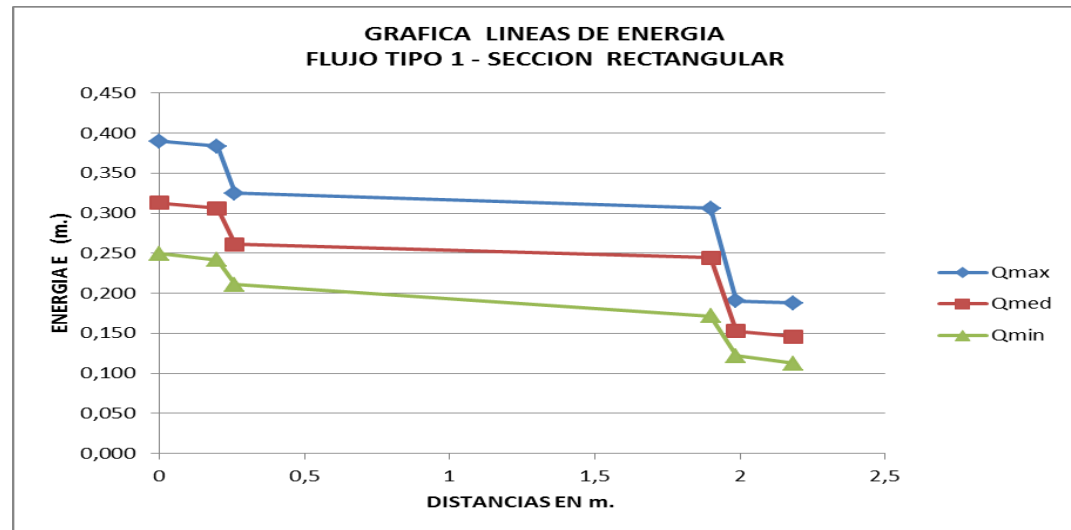
El caudal circulante por la alcantarilla siempre resulta de la aplicación de un balance de energía entre las secciones que funcionan como controles, dado que allí se pueden conocer todas las características del flujo.

5.5.1 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO I

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	Z _{h1}	h1 mt	A _{h1} (m ²)	E _{h1} (m)	Z _{h2}	h2 mt	A _{h2} (m ²)	E _{h2} (m)	Z _{p1}	p1 mt	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	A _{p29} (m ²)	E _{p29} (m)	Z _{h3}	h3 mt	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	Z _{h4}	h4 mt	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0621	0,275	0	0,386	0,232	0,390	0	0,380	0,228	0,384	0,055	0,269	0,059	0,325	0	0,030	0,306	0	0,172	0,103	0,191	0	0,169	0,101	0,188	0,0588	0,0190	0,1154
Q _{med}	0,0405	0,275	0	0,311	0,186	0,313	0	0,303	0,182	0,306	0,055	0,228	0,050	0,261	0	0,025	0,244	0	0,141	0,085	0,153	0	0,133	0,080	0,146	0,0451	0,0164	0,0919
Q _{min}	0,0260	0,275	0	0,248	0,149	0,250	0	0,240	0,144	0,242	0,055	0,191	0,042	0,211	0	0,022	0,172	0	0,114	0,069	0,122	0	0,103	0,062	0,112	0,0312	0,0392	0,0498

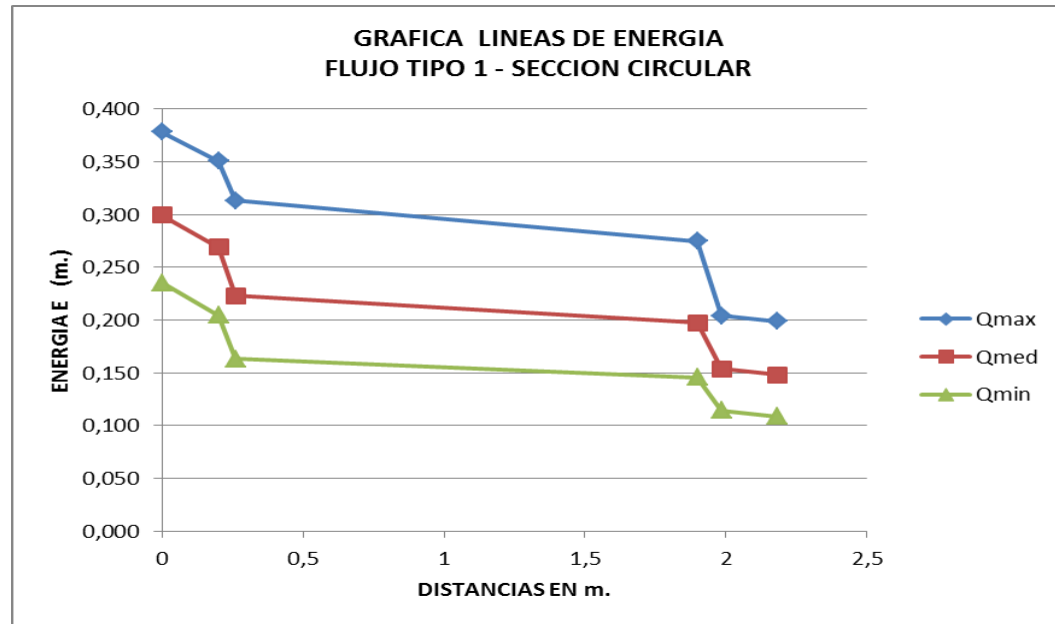
GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)								
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}	
		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0621	0,390	0,384	0,325	0,306	0,191	0,188
	Q _{med}	0,0405	0,313	0,306	0,261	0,244	0,153	0,146
	Q _{min}	0,0260	0,250	0,242	0,211	0,172	0,122	0,112



b) SECCIÓN CIRCULAR

Q m ³ /s	D m	Z _{h1}	h ₁ m	A _{h1} (m ²)	E _{h1} (m)	Z _{h2}	h ₂ m	A _{h1} (m ²)	E _{h2} (m)	Z _{p1}	p ₁ m	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	p ₂₉ m	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	E _{p29} (m)	Z _{h3}	h ₃ m	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	Z _{h4}	h ₄ m	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0621	0,275	0	0,374	0,225	0,378	0	0,346	0,208	0,351	0,055	0,239	4,48	0,0515	0,3132	0	0,174	3,9428	0,0441	0,2750	0	0,189	0,113	0,204	0	0,183	0,110	0,199	0,0377	0,0382	0,0708
Q _{med}	0,0405	0,275	0	0,297	0,178	0,300	0	0,266	0,160	0,269	0,055	0,183	4,0303	0,0454	0,2232	0	0,134	3,4934	0,0363	0,1973	0	0,142	0,085	0,154	0	0,135	0,081	0,148	0,0459	0,0259	0,0438
Q _{min}	0,0260	0,275	0	0,233	0,140	0,235	0	0,202	0,121	0,204	0,055	0,138	3,5431	0,0372	0,1631	0	0,102	3,0529	0,028	0,1459	0	0,106	0,063	0,114	0	0,099	0,059	0,109	0,0413	0,0172	0,0317

GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)							
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}
0		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0621	0,378	0,351	0,313	0,275	0,204
	Q _{med}	0,0405	0,300	0,269	0,223	0,197	0,154
	Q _{min}	0,0260	0,235	0,204	0,163	0,146	0,114

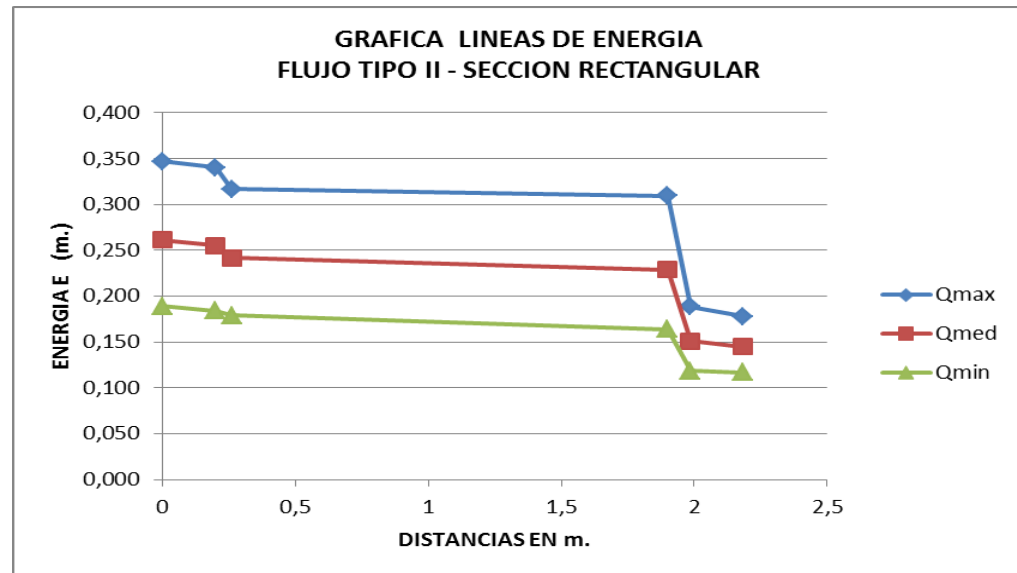


5.5.2 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO II

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	Z _{h1}	h1 mt	A _{h1} (m ²)	E _{h1} (m)	Z _{h2}	h2 mt	A _{h2} (m ²)	E _{h2} (m)	Z _{p1}	p1 mt	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	p29 mt	A _{p29} (m ²)	(m)E _{p29}	Z _{h3}	h3 mt	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	Z _{h4}	h4 mt	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0	0,342	0,205	0,3468	0	0,335	0,201	0,3403	0,007	0,229	0,050	0,317	0	0,182	0,040	0,310	0	0,168	0,101	0,188	0	0,153	0,092	0,1776	0,0235	0,0071	0,1213
Q _{med}	0,0409	0,275	0	0,258	0,155	0,2615	0	0,252	0,151	0,2553	0,007	0,181	0,040	0,242	0	0,146	0,032	0,229	0	0,139	0,083	0,151	0	0,131	0,079	0,1448	0,0135	0,0131	0,0777
Q _{min}	0,0248	0,275	0	0,187	0,112	0,1893	0	0,181	0,109	0,1838	0,007	0,138	0,030	0,179	0	0,114	0,025	0,164	0	0,111	0,067	0,118	0	0,109	0,066	0,1166	0,0048	0,0152	0,0456

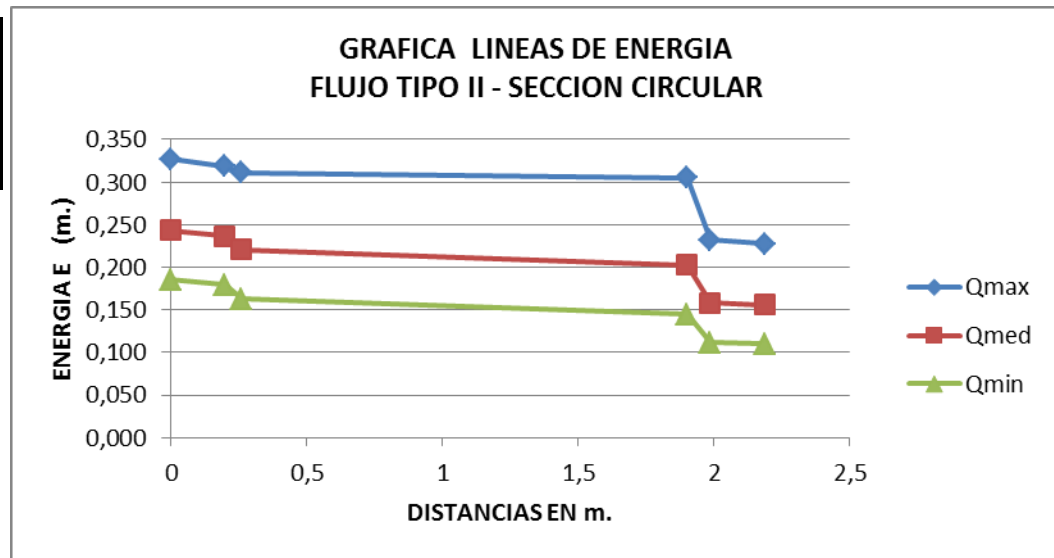
GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)							
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}
		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0634	0,347	0,340	0,317	0,3097	0,1884
	Q _{med}	0,0409	0,261	0,255	0,242	0,2287	0,1511
	Q _{min}	0,0248	0,189	0,184	0,179	0,1638	0,1166



b) SECCIÓN CIRCULAR

Q m ³ /s	D mt	Z _{h1}	h ₁ mt	A _{h1} (m ²)	E _{h1} (m)	Z _{h2}	h ₂ mt	A _{h2} (m ²)	E _{h2} (m)	Z _{p1}	p ₁ mt	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	p ₂₉ mt	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	E _{p29} (m)	Z _{h3}	h ₃ mt	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	Z _{h4}	h ₄ mt	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0	0,321	0,1927	0,327	0	0,313	0,188	0,319	0,007	0,237	4,4645	0,051	0,311	0	0,225	4,3815	0,050	0,305	0	0,220	0,132	0,2318	0	0,215	0,1292	0,2276	0,0076	0,0057	0,0735
Q _{med}	0,0388	0,275	0	0,240	0,1439	0,243	0	0,233	0,14	0,236	0,007	0,174	3,9428	0,044	0,221	0	0,157	3,7643	0,041	0,202	0	0,149	0,089	0,1584	0	0,146	0,0876	0,156	0,0157	0,0184	0,0439
Q _{min}	0,0246	0,275	0	0,183	0,1098	0,186	0	0,177	0,106	0,179	0,007	0,131	3,4554	0,036	0,163	0	0,113	3,2134	0,031	0,145	0	0,104	0,062	0,1116	0	0,102	0,0612	0,1102	0,0170	0,0178	0,0331

GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)							
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}
0		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0634	0,327	0,319	0,311	0,3053	0,2318
	Q _{med}	0,0388	0,243	0,236	0,221	0,2023	0,1584
	Q _{min}	0,0246	0,186	0,179	0,163	0,1447	0,1102

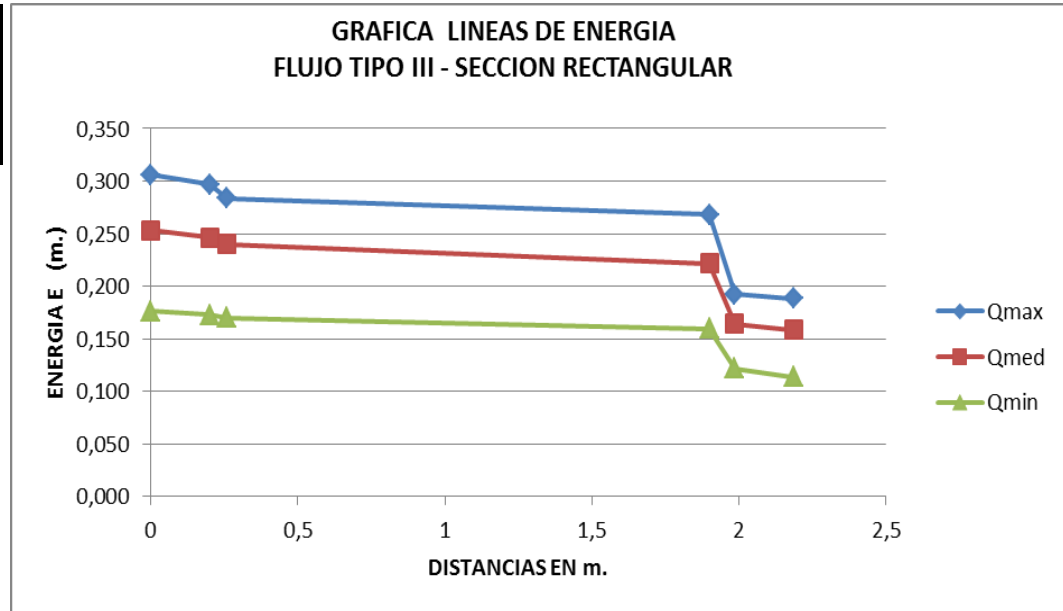


5.5.3 ENERGÍA EN EL FLUJO TIPO III

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	Z _{h1}	h ₁ mt	A _{h1} (m ²)	E _{n1} (m)	Z _{h2}	h ₂ mt	A _{h2} (m ²)	E _{n2} (m)	Z _{p1}	p ₁ mt	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	p ₂₉ mt	A _{p29} (m ²)	E _{p29} (m)	Z _{h3}	h ₃ mt	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	Z _{h4}	h ₄ mt	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0520	0,275	0	0,302	0,1811	0,306	0	0,292	0,1754	0,2968	0,007	0,215	0,0473	0,2836	0	0,179	0,039	0,268	0	0,181	0,109	0,193	0	0,176	0,1055	0,1883	0,0132	0,0156	0,0754
Q _{med}	0,0390	0,275	0	0,250	0,1498	0,2531	0	0,243	0,1457	0,2464	0,007	0,188	0,0413	0,2401	0	0,154	0,034	0,222	0	0,155	0,093	0,164	0	0,149	0,0891	0,1583	0,0063	0,0186	0,0573
Q _{min}	0,0225	0,275	0	0,174	0,1044	0,1764	0	0,171	0,1024	0,1731	0,007	0,132	0,0290	0,1697	0	0,126	0,028	0,160	0	0,116	0,070	0,122	0	0,108	0,0647	0,114	0,0034	0,0100	0,0382

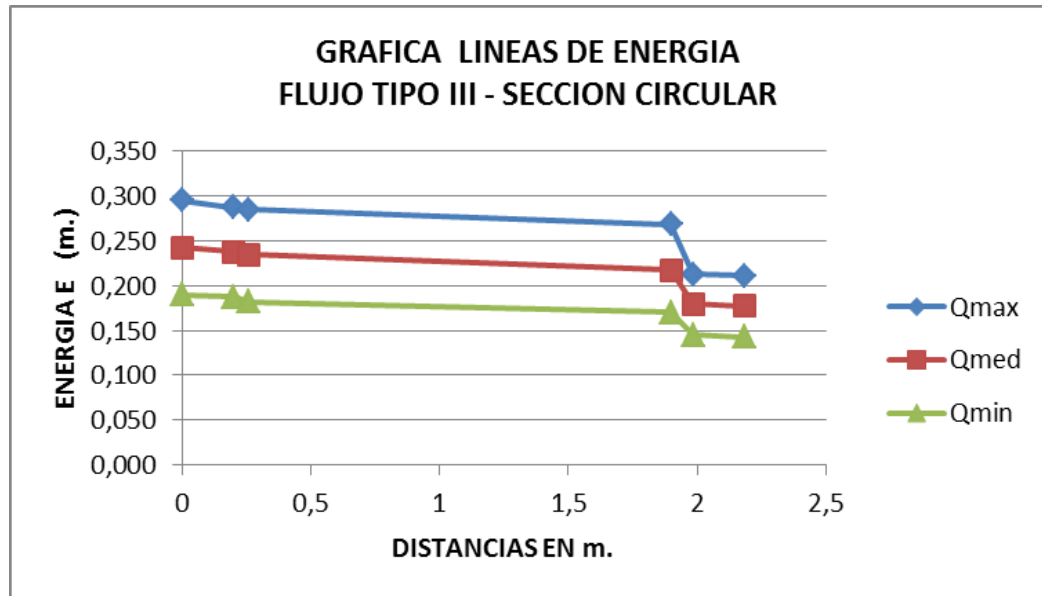
GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)							
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}
		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0520	0,306	0,297	0,284	0,2679	0,1926
	Q _{med}	0,0390	0,253	0,246	0,240	0,2215	0,1642
	Q _{min}	0,0225	0,176	0,173	0,170	0,1597	0,1215



b) SECCIÓN CIRCULAR

Q m ³ /s	D mt	Z _{h1}	h1 mt	A _{h1} (m ²)	E _{h1} (m)	Z _{h2}	h2 mt	A _{h2} (m ²)	E _{h2} (m)	Z _{p1}	p1 mt	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	E _{p1} (m)	Z _{p29}	p29 mt	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	E _{p29} (m)	Z _{h3}	h3 mt	A _{h3} (m ²)	E _{h3} (m)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	E _{h4} (m)	h _{h2-p1} (m)	h _{p1-p29} (m)	h _{p29-h3} (m)	
Q _{max}	0,0532	0,275	0	0,291	0,174	0,295	0	0,282	0,169	0,287	0,007	0,220	4,3442	0,050	0,285	0	0,208	4,2500	0,049	0,269	0	0,203	0,122	0,213	0,201	0,121	0,211	0,0022	0,0162	0,0558
Q _{med}	0,0401	0,275	0	0,238	0,143	0,242	0	0,233	0,14	0,237	0,007	0,190	4,0952	0,046	0,235	0	0,176	3,9627	0,044	0,217	0	0,172	0,103	0,1793	0,170	0,102	0,177	0,0025	0,0177	0,0380
Q _{min}	0,0282	0,275	0	0,186	0,112	0,19	0	0,184	0,111	0,188	0,007	0,149	3,6741	0,040	0,182	0	0,143	3,6037	0,038	0,170	0	0,139	0,083	0,1448	0,137	0,082	0,143	0,0056	0,0116	0,0255

GRAFICA LINEAS DE ENERGIA (m)							
DISTANCIA EN X		E _{h1}	E _{h2}	E _{p1}	E _{p29}	E _{h3}	E _{h4}
		0	0,2	0,26	1,9	1,985	2,185
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0532	0,295	0,287	0,285	0,2688	0,2130
	Q _{med}	0,0401	0,242	0,237	0,235	0,2173	0,1774
	Q _{min}	0,0282	0,190	0,188	0,182	0,1703	0,1430



5.6 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA

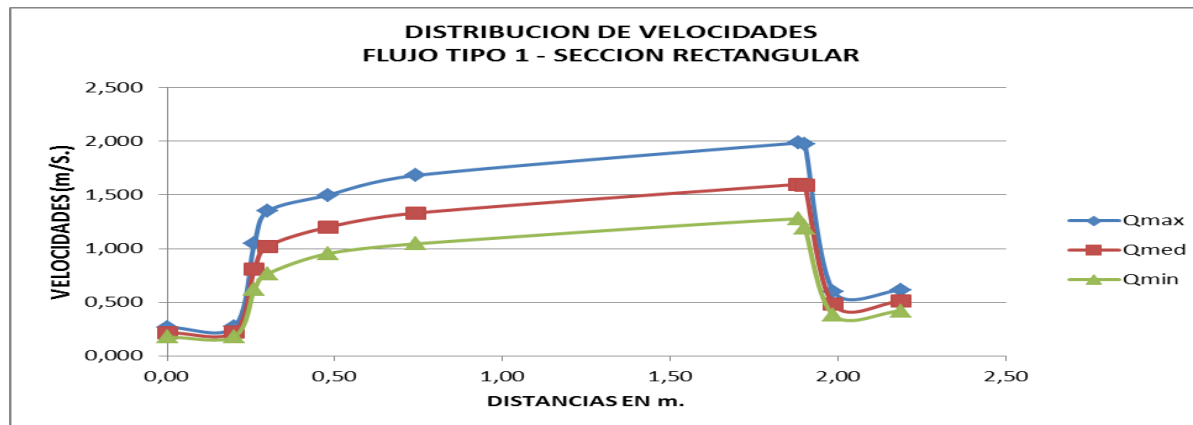
Las velocidades en cada punto de la alcantarilla se hicieron con la ecuación de continuidad la cual está en función del caudal circulante de por la alcantarilla y el tirante de agua lecturado en cada punto, dichos tirantes previamente fueron calibrados en función al caudal (ver Anexo 1).

5.6.1 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO I

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	h1 mt	A _{h1} (m ²)	h2 mt	A _{h2} (m ²)	p1 mt	A _{p1} (m ²)	p2 mt	A _{p2} (m ²)	p3 mt	A _{p3} (m ²)	p4 mt	A _{p4} (m ²)	p28 mt	p29 mt	A _{p29} (m ²)	h3 mt	A _{h3} (m ²)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	
Q _{max}	0,0621	0,275	0,386	0,232	0,380	0,228	0,269	0,059	0,209	0,046	0,188	0,041	0,168	0,0369	0,142	0,135	0,0296	0,172	0,103	0,169	0,101
Q _{med}	0,0405	0,275	0,311	0,186	0,303	0,182	0,228	0,050	0,180	0,0397	0,153	0,034	0,138	0,0304	0,115	0,116	0,0255	0,141	0,085	0,133	0,080
Q _{min}	0,0260	0,275	0,248	0,149	0,240	0,144	0,191	0,042	0,154	0,034	0,124	0,027	0,113	0,0249	0,092	0,099	0,0218	0,114	0,069	0,103	0,062

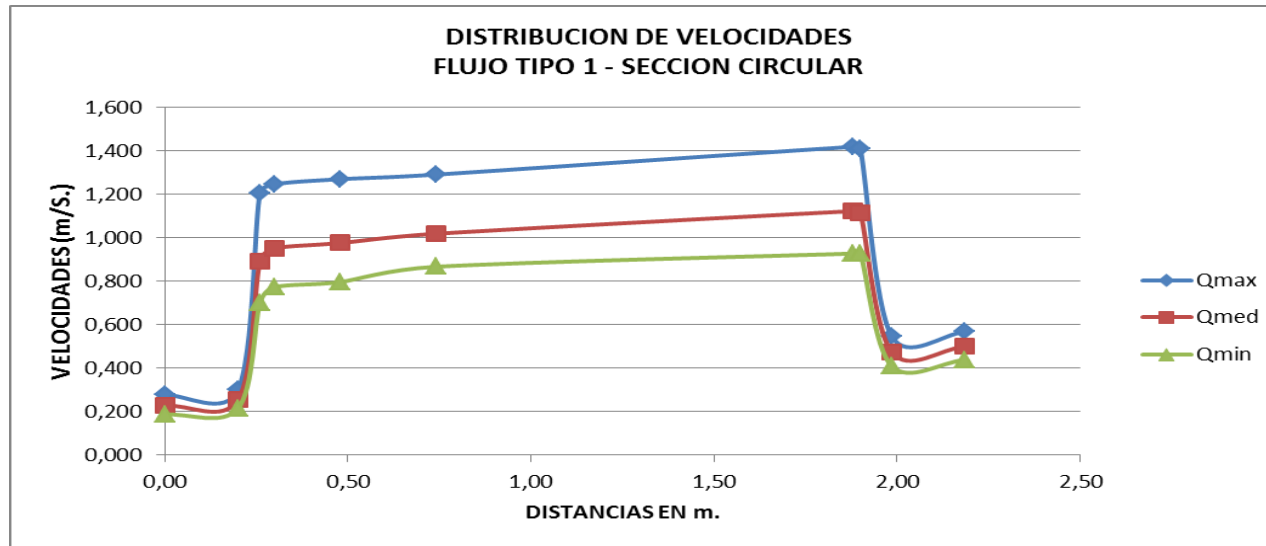
DISTRIBUCION DE VELOCIDADES (m/s) -SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO I												
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4	
		0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,985	2,185	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0621	0,268	0,272	1,050	1,349	1,499	1,682	1,985	1,972	0,601	0,613
	Q _{med}	0,0405	0,217	0,222	0,809	1,021	1,201	1,331	1,599	1,588	0,479	0,509
	Q _{min}	0,0260	0,175	0,180	0,618	0,765	0,954	1,044	1,278	1,192	0,379	0,420



b) SECCIÓN CIRCULAR

	Q m ³ /s	D m	h1 m	A _{h1} (m ²)	h2 m	A _{h2} (m ²)	p1 m	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	p2 m	θ _{p2}	A _{p2} (m ²)	p3 m	θ _{p3}	A _{p3} (m ²)	p4 m	θ _{p4}	A _{p4} (m ²)	p28 m	θ _{p28}	A _{p28} (m ²)	p29 m	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	h3 m	A _{h3} (m ²)	h4 m	A _{h4} (m ²)
Q _{max}	0,0621	0,275	0,374	0,225	0,346	0,208	0,239	4,480	0,052	0,219	4,3366	0,0498	0,210	4,2662	0,049	0,203	4,2087	0,048	0,172	3,9227	0,044	0,174	3,943	0,044	0,189	0,113	0,183	0,110
Q _{med}	0,0405	0,275	0,297	0,178	0,266	0,160	0,183	4,030	0,045	0,165	3,8505	0,0426	0,159	3,7863	0,041	0,150	3,6856	0,040	0,133	3,4808	0,036	0,134	3,493	0,036	0,142	0,085	0,135	0,081
Q _{min}	0,0260	0,275	0,233	0,140	0,202	0,121	0,138	3,543	0,037	0,123	3,3508	0,0336	0,119	3,2968	0,033	0,109	3,1562	0,030	0,102	3,0529	0,028	0,102	3,053	0,028	0,106	0,063	0,099	0,059

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES (m/s) -SECCION CIRCULAR FLUJO TIPO I												
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p2	p3	p4	p28	p29	h3	h4	
		0,00	0,20	0,26	0,30	0,48	0,74	1,88	1,90	1,99	2,19	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0621	0,276	0,299	1,205	1,247	1,271	1,292	1,420	1,409	0,548	0,567
	Q _{med}	0,0405	0,227	0,254	0,891	0,952	0,977	1,019	1,123	1,116	0,475	0,500
	Q _{min}	0,0260	0,186	0,214	0,699	0,773	0,797	0,867	0,928	0,928	0,410	0,438



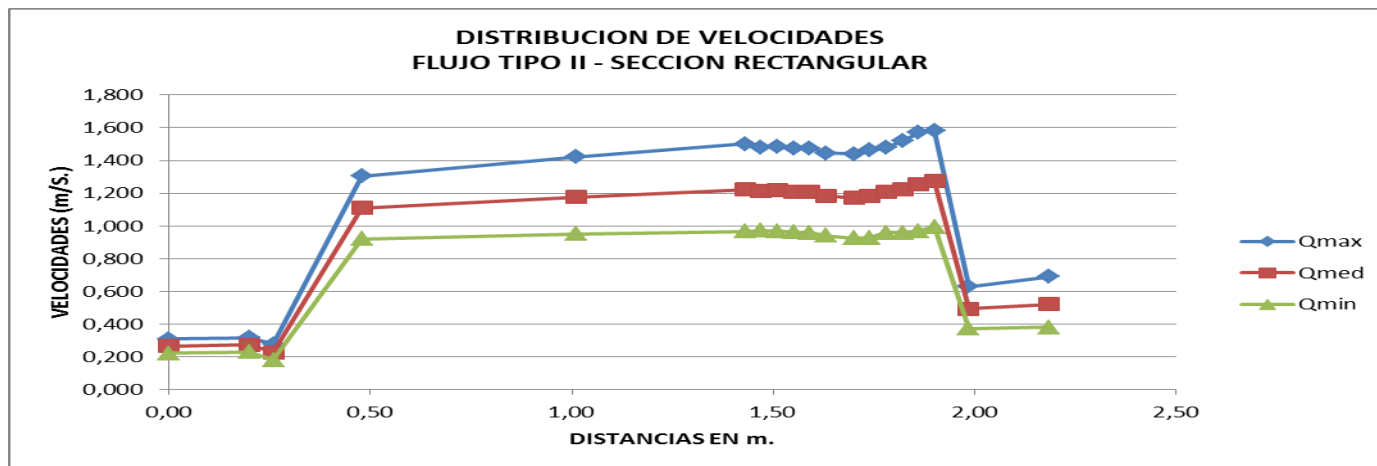
5.6.2 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO II

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	h1 mt	A _{h1} (m ²)	h2 mt	A _{h2} (m ²)	p1 mt	A _{p1} (m ²)	p3 mt	A _{p3} (m ²)	p5 mt	A _{p5} (m ²)	p7 mt	A _{p7} (m ²)	p9 mt	A _{p9} (m ²)	p11 mt	A _{p11} (m ²)	p13 mt	A _{p13} (m ²)	p15 mt	A _{p15} (m ²)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0,342	0,205	0,335	0,201	0,229	0,050	0,221	0,049	0,203	0,045	0,192	0,042	0,195	0,043	0,194	0,043	0,196	0,043	0,195	0,043
Q _{med}	0,0409	0,275	0,258	0,155	0,252	0,151	0,181	0,040	0,168	0,037	0,158	0,035	0,152	0,034	0,153	0,034	0,153	0,034	0,154	0,034	0,154	0,034
Q _{min}	0,0248	0,275	0,187	0,112	0,181	0,109	0,138	0,030	0,123	0,027	0,119	0,026	0,117	0,026	0,116	0,026	0,116	0,026	0,117	0,026	0,118	0,026

Q m ³ /s	D mt	p17 mt	A _{p17} (m ²)	p19 mt	A _{p19} (m ²)	p21 mt	A _{p21} (m ²)	p23 mt	A _{p23} (m ²)	p25 mt	A _{p25} (m ²)	p27 mt	A _{p27} (m ²)	p29 mt	A _{p29} (m ²)	h3 mt	A _{h3} (m ²)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0,199	0,044	0,200	0,044	0,197	0,043	0,195	0,043	0,190	0,042	0,183	0,040	0,182	0,040	0,168	0,101	0,153	0,092
Q _{med}	0,0409	0,275	0,157	0,035	0,159	0,035	0,157	0,035	0,154	0,034	0,152	0,033	0,148	0,033	0,146	0,032	0,139	0,083	0,131	0,079
Q _{min}	0,0248	0,275	0,120	0,026	0,122	0,027	0,122	0,027	0,118	0,026	0,118	0,026	0,117	0,026	0,114	0,025	0,111	0,067	0,109	0,066

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES (m/s) - ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II																					
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4	
		0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0017	0,309	0,315	0,277	1,305	1,421	1,500	1,479	1,484	1,473	1,477	1,446	1,439	1,463	1,479	1,520	1,571	1,581	0,628	0,689
	Q _{med}	0,0015	0,264	0,271	0,226	1,109	1,177	1,221	1,216	1,216	1,207	1,208	1,183	1,171	1,183	1,208	1,225	1,254	1,273	0,492	0,521
	Q _{min}	0,0013	0,221	0,228	0,180	0,921	0,949	0,965	0,971	0,968	0,960	0,960	0,941	0,925	0,928	0,958	0,957	0,968	0,993	0,372	0,378

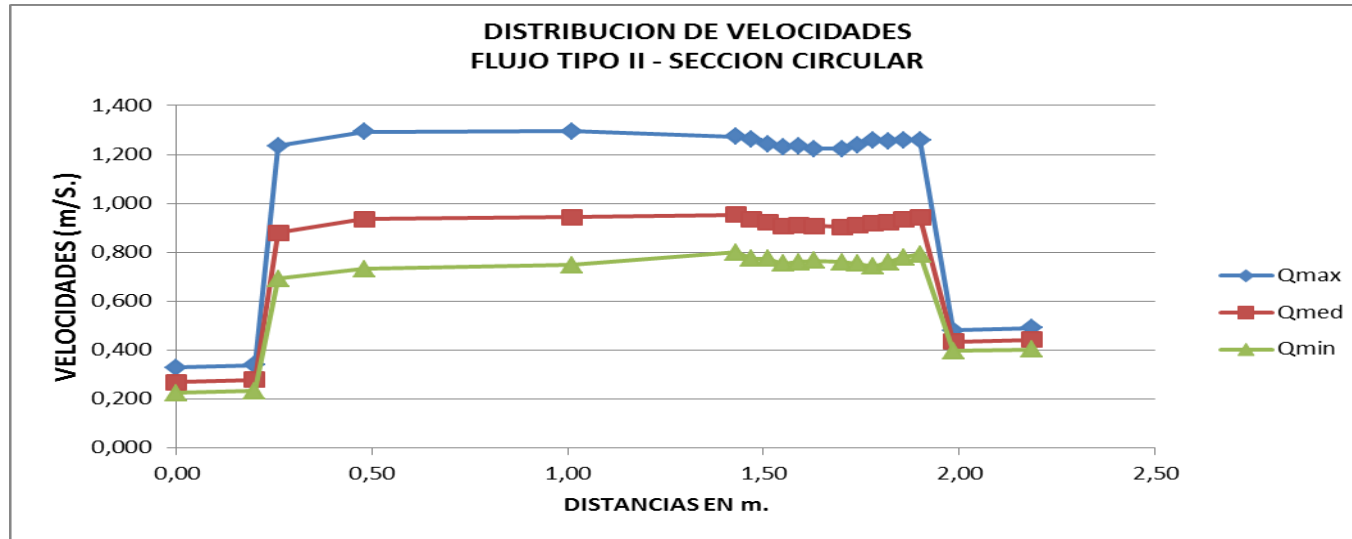


b) SECCIÓN CIRCULAR

Q m ³ /s	D mt	h1 mt	A _{h1} (m ²)	h2 mt	A _{h2} (m ²)	p1 mt	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	p3 mt	θ _{p3}	A _{p3} (m ²)	p5 mt	θ _{p5}	A _{p5} (m ²)	p7 mt	θ _{p7}	A _{p7} (m ²)	p9 mt	θ _{p9}	A _{p9} (m ²)	p11 mt	θ _{p11}	A _{p11} (m ²)	p13 mt	θ _{p13}	A _{p13} (m ²)	p15 mt	θ _{p15}	A _{p15} (m ²)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0,321	0,193	0,313	0,188	0,237	4,464	0,051	0,212	4,2822	0,0491	0,211	4,2742	0,049	0,219	4,337	0,05	0,223	4,3667	0,0502	0,232	4,432	0,051	0,238	4,4732	0,0515	0,237	4,4664	0,0514
Q _{med}	0,0388	0,275	0,240	0,144	0,233	0,140	0,174	3,943	0,044	0,159	3,7862	0,0415	0,157	3,7643	0,041	0,155	3,742	0,041	0,159	3,7862	0,0415	0,162	3,819	0,042	0,166	3,861	0,0427	0,165	3,8505	0,0426
Q _{min}	0,0246	0,275	0,183	0,110	0,177	0,106	0,131	3,455	0,036	0,123	3,3508	0,0336	0,120	3,3104	0,033	0,112	3,199	0,031	0,116	3,2554	0,0318	0,116	3,255	0,0318	0,119	3,2968	0,0326	0,118	3,2831	0,0324

Q m ³ /s	D mt	p17 mt	θ _{p17}	A _{p17} (m ²)	p19 mt	θ _{p19}	A _{p19}	p21 mt	θ _{p21}	A _{p21} (m ²)	p23 mt	θ _{p23}	A _{p23} (m ²)	p25 mt	θ _{p25}	A _{p25} (m ²)	p27 mt	θ _{p27}	A _{p27} (m ²)	p29 mt	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	h3 mt	A _{h3} (m ²)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	
Q _{max}	0,0634	0,275	0,243	4,5066	0,0519	0,243	4,5066	0,0519	0,234	4,4458	0,0511	0,226	4,3888	0,0505	0,227	4,3961	0,0505	0,225	4,3815	0,0504	0,225	4,3815	0,050	0,220	0,132	0,215	0,129
Q _{med}	0,0388	0,275	0,166	3,861	0,0427	0,167	3,8714	0,0429	0,165	3,8505	0,0426	0,163	3,8293	0,0422	0,162	3,8187	0,0420	0,159	3,7863	0,0415	0,157	3,764	0,041	0,149	0,089	0,146	0,088
Q _{min}	0,0246	0,275	0,117	3,2693	0,0321	0,118	3,2831	0,0324	0,119	3,2968	0,0326	0,121	3,3239	0,0331	0,118	3,2831	0,0324	0,115	3,2415	0,0316	0,113	3,213	0,031	0,104	0,062	0,102	0,061

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES - ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II (m/s)																					
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4	
		0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0531	0,329	0,338	1,234	1,292	1,295	1,273	1,264	1,244	1,232	1,234	1,223	1,240	1,257	1,254	1,259	1,259	0,480	0,491	
	Q _{med}	0,0366	0,270	0,278	0,880	0,935	0,944	0,953	0,935	0,923	0,908	0,912	0,908	0,904	0,912	0,919	0,923	0,935	0,944	0,434	0,443
	Q _{min}	0,0246	0,224	0,232	0,692	0,732	0,749	0,800	0,773	0,773	0,754	0,760	0,767	0,760	0,754	0,743	0,760	0,779	0,793	0,396	0,402



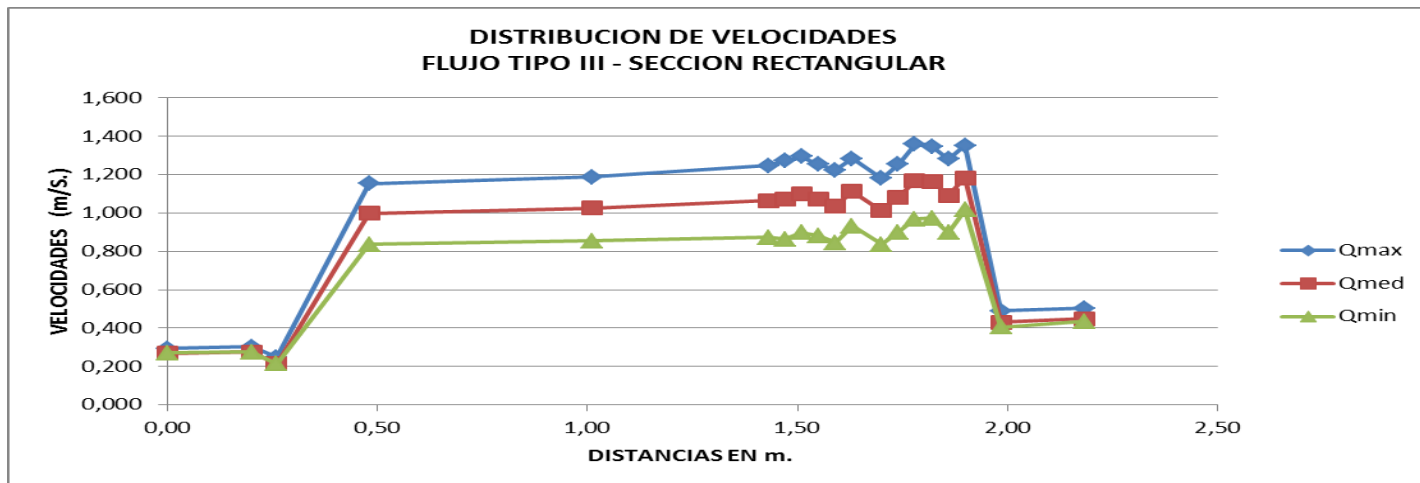
5.6.3 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES EN LA ALCANTARILLA - FLUJO TIPO III

a) SECCIÓN RECTANGULAR

Q m ³ /s	D mt	h1 mt	A _{h1} (m ²)	h2 mt	A _{h2} (m ²)	p1 mt	A _{p1} (m ²)	p3 mt	A _{p3} (m ²)	p5 mt	A _{p5} (m ²)	p7 mt	A _{p7} (m ²)	p9 mt	A _{p9} (m ²)	p11 mt	A _{p11} (m ²)	p13 mt	A _{p13} (m ²)	p15 mt	A _{p15} (m ²)	
Q _{max}	0,0532	0,275	0,302	0,181	0,292	0,175	0,215	0,047	0,210	0,046	0,204	0,045	0,194	0,043	0,190	0,042	0,187	0,041	0,193	0,042	0,198	0,043
Q _{med}	0,0401	0,275	0,250	0,150	0,243	0,146	0,188	0,041	0,182	0,040	0,178	0,039	0,171	0,038	0,170	0,037	0,166	0,036	0,170	0,037	0,176	0,039
Q _{min}	0,0282	0,275	0,174	0,104	0,171	0,102	0,132	0,029	0,153	0,034	0,150	0,033	0,147	0,032	0,148	0,033	0,143	0,031	0,145	0,032	0,152	0,033

Q m ³ /s	D mt	p17 mt	A _{p17} (m ²)	p19 mt	A _{p19} (m ²)	p21 mt	A _{p21} (m ²)	p23 mt	A _{p23} (m ²)	p25 mt	A _{p25} (m ²)	p27 mt	A _{p27} (m ²)	p29 mt	A _{p29} (m ²)	h3 mt	A _{h3} (m ²)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	
Q _{max}	0,0532	0,275	0,188	0,041	0,205	0,045	0,193	0,042	0,178	0,039	0,180	0,040	0,189	0,042	0,179	0,039	0,181	0,109	0,176	0,106
Q _{med}	0,0401	0,275	0,164	0,036	0,180	0,040	0,168	0,037	0,156	0,034	0,156	0,034	0,167	0,037	0,154	0,034	0,155	0,093	0,149	0,089
Q _{min}	0,0282	0,275	0,138	0,030	0,153	0,034	0,142	0,031	0,132	0,029	0,132	0,029	0,143	0,031	0,126	0,028	0,116	0,070	0,108	0,065

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES (m/s) - ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II																					
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4	
		0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185	
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0532	0,294	0,303	0,248	1,153	1,187	1,247	1,273	1,295	1,255	1,224	1,285	1,182	1,255	1,358	1,347	1,281	1,352	0,490	0,504
	Q _{med}	0,0401	0,268	0,275	0,214	0,999	1,026	1,064	1,071	1,101	1,072	1,038	1,113	1,013	1,082	1,168	1,166	1,093	1,183	0,430	0,450
	Q _{min}	0,0282	0,270	0,275	0,214	0,837	0,856	0,873	0,864	0,899	0,882	0,845	0,932	0,836	0,900	0,968	0,974	0,898	1,017	0,404	0,436

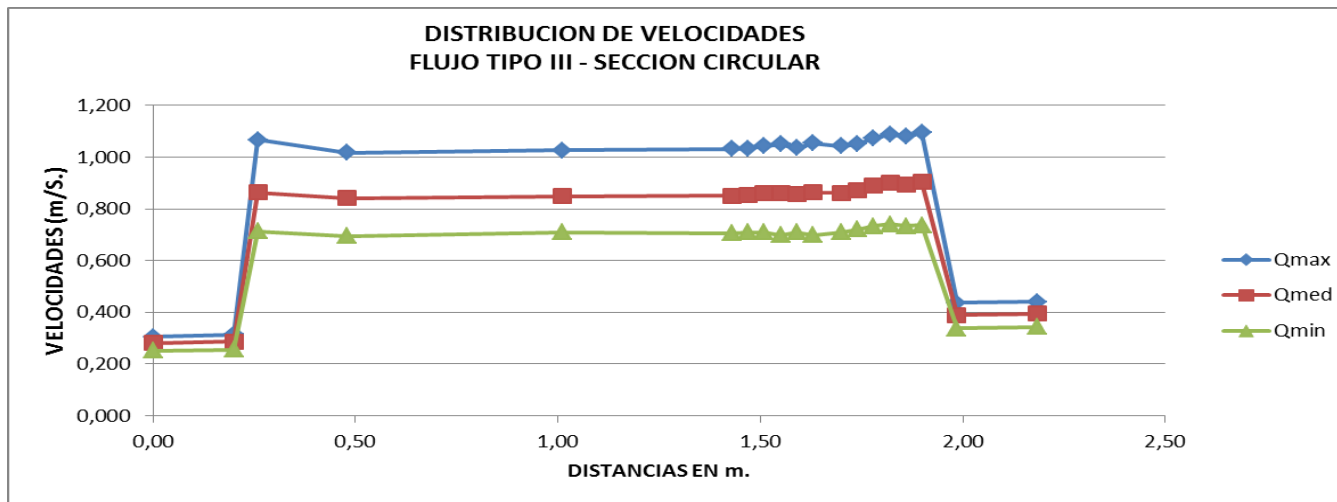


b) SECCIÓN CIRCULAR

Q m ³ /s	D mt	h1 mt	A _{h1} (m ²)	h2 mt	A _{h2} (m ²)	p1 mt	θ _{p1}	A _{p1} (m ²)	p3 mt	θ _{p3}	A _{p3} (m ²)	p5 mt	θ _{p5}	A _{p5} (m ²)	p7 mt	θ _{p7}	A _{p7} (m ²)	p9 mt	θ _{p9}	A _{p9} (m ²)	p11 mt	θ _{p11}	A _{p11} (m ²)	p13 mt	θ _{p13}	A _{p13} (m ²)	p15 mt	θ _{p15}	A _{p15} (m ²)	
Q _{max}	0,0532	0,275	0,291	0,174	0,282	0,169	0,220	4,344	0,050	0,249	4,5453	0,0523	0,243	4,5066	0,0519	0,239	4,48	0,0515	0,238	4,4732	0,0515	0,232	4,4318	0,051	0,228	4,4033	0,0506	0,237	4,4664	0,0514
Q _{med}	0,0401	0,275	0,238	0,143	0,233	0,140	0,190	4,095	0,046	0,201	4,5453	0,0523	0,196	4,1487	0,0472	0,195	4,1399	0,0471	0,194	4,1311	0,047	0,191	4,1043	0,0466	0,191	4,1043	0,0466	0,193	4,1222	0,0468
Q _{min}	0,0282	0,275	0,186	0,112	0,184	0,111	0,149	3,674	0,040	0,154	3,7309	0,0405	0,150	3,6856	0,0397	0,151	3,6971	0,0399	0,151	3,6871	0,0398	0,150	3,6856	0,0397	0,153	3,7197	0,0403	0,150	3,6856	0,0397

Q m ³ /s	D mt	p17 mt	θ _{p17}	A _{p17} (m ²)	p19 mt	θ _{p19}	A _{p19} (m ²)	p21 mt	θ _{p21}	A _{p21} (m ²)	p23 mt	θ _{p23}	A _{p23} (m ²)	p25 mt	θ _{p25}	A _{p25} (m ²)	p27 mt	θ _{p27}	A _{p27} (m ²)	p29 mt	θ _{p29}	A _{p29} (m ²)	h3 mt	A _{h3} (m ²)	h4 mt	A _{h4} (m ²)	
Q _{max}	0,0532	0,275	0,226	4,3888	0,0505	0,232	4,4318	0,051	0,228	4,4033	0,0506	0,216	4,3136	0,0495	0,211	4,2742	0,049	0,213	4,2902	0,0492	0,208	4,2500	0,0486	0,203	0,122	0,201	0,121
Q _{med}	0,0401	0,275	0,190	4,0952	0,0464	0,191	4,1043	0,0466	0,187	4,0677	0,046	0,180	4,0016	0,045	0,177	3,9725	0,045	0,179	3,992	0,0448	0,176	3,9627	0,0444	0,172	0,103	0,170	0,102
Q _{min}	0,0282	0,275	0,153	3,7197	0,0403	0,150	3,6856	0,0397	0,147	3,6508	0,0391	0,144	3,6156	0,0385	0,142	3,5917	0,038	0,144	3,6156	0,0385	0,143	3,6037	0,0383	0,139	0,083	0,137	0,082

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES (m/s) - ALCANTARILLA SECCION RECTANGULAR FLUJO TIPO II																						
DISTANCIA HORIZONTAL		h1	h2	p1	p3	p5	p7	p9	p11	p13	p15	p17	p19	p21	p23	p25	p27	p29	h3	h4		
		0,00	0,20	0,26	0,48	1,01	1,43	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63	1,70	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90	1,985	2,185		
Q m ³ /s	Q _{max}	0,0532	0,305	0,314	1,066	1,017	1,026	1,032	1,034	1,044	1,051	1,035	1,055	1,044	1,051	1,075	1,087	1,082	1,094	0,436	0,441	
	Q _{med}	0,0401	0,280	0,286	0,864	0,841	0,849	0,852	0,854	0,861	0,861	0,856	0,864	0,861	0,871	0,891	0,900	0,894	0,903	0,389	0,394	
	Q _{min}	0,0282	0,252	0,255	0,713	0,696	0,710	0,706	0,709	0,710	0,699	0,710	0,699	0,710	0,699	0,710	0,721	0,733	0,741	0,733	0,737	0,338



5.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con resultados obtenidos correspondiente a cada tipo de flujo se tiene los siguientes análisis.

- ✓ En las tablas de resúmenes de caudales en la parte 5.3 (capítulo V) tanto para alcantarillas rectangulares y circulares se observa que existe variación entre el caudal medido y el lecturado en un rango de 0.02% a 0.45%, esta variación puede deberse a los errores accidentales cometidos en la medición aunque se tratan de minimizar estos existen y aumentan a medida que aumenta el caudal en el canal como se ve en las tablas presentadas.
- ✓ El tirante crítico en el flujo tipo I se presenta próximo a la entrada de la alcantarilla por lo que en toda la alcantarilla el flujo es supercrítico, siendo subcrítico aguas arriba de la alcantarilla.
- ✓ Para el flujo tipo I se dio mayor pendiente a la alcantarilla de manera que cumpla la tercera condición $S_o > S_c$ que precisa este tipo de flujo, en los resultados se puede apreciar que tanto la alcantarilla de sección rectangular y circular se produce en la entrada un cambio de régimen de subcrítico a supercrítico.
- ✓ En el análisis de la curva superficial el flujo tipo I, se observa en la alcantarilla de sección circular a la salida de la alcantarilla se presenta una onda pero debido a la forma de la sección, donde el tirante que presenta es menor que el tirante crítico por lo tanto no se produce un resalto solo la formación de una pequeña ola. En cambio en la alcantarilla rectangular el tirante a la salida es mayor al tirante crítico presentándose en este tramo un resalto hidráulico, una de las causas por la que se da este fenómeno es por el cambio de pendiente que hay en este punto y la forma de sección a la salida de dicha alcantarilla.
- ✓ Al analizar las velocidades que se presentan en el flujo tipo I sin importar la sección que esta tenga las mayores velocidades se presentan al final de la alcantarilla ya que en este lugar los tirantes son mínimos, en la sección 4 el

tirante h_4 también es mínimo pero esto debido a que tiene en una sección más amplia produciendo una disminución de la velocidad.

- ✓ Realizando una comparación entre alcantarillas en las gráficas de las líneas de energía en el flujo tipo I se observa que la mayor pérdida de energía se tiene a la salida de la alcantarilla en un 40% más que la entrada este valor se va reduciendo según se aumente el caudal, pero además se observa que para un mismo caudal se produce mayor pérdida de carga en alcantarillas rectangulares que circulares.
- ✓ Para el flujo tipo II en ambas alcantarillas el tirante crítico se presenta aproximadamente en la salida de la alcantarilla sin alterar el flujo del canal ni aguas arriba de la misma, permitiendo de esta manera que el flujo en la alcantarilla sea subcrítico.
- ✓ Las curvas superficiales en el flujo tipo II son similares en ambas alcantarillas, se analiza que este tipo de flujo, es el adecuado y conveniente ya que sin importar la forma de la sección, las características hidráulicas son similares en ambas alcantarillas
- ✓ Una característica del flujo tipo II también se observa en la gráfica distribución de velocidades estas también son similares ya que está en función al tirante y su variación se da en la misma proporción de como varían las curvas superficiales, debido a que en la alcantarilla se presenta un flujo subcrítico los valores de velocidades en cada punto permanecen casi constantes.
- ✓ En el flujo tipo II las pérdidas de energía son mínimas a la entrada de la alcantarilla porque en este punto no existe un cambio de régimen permaneciendo sólo el subcrítico tanto aguas arriba y en la alcantarilla, en cambio a la salida de la alcantarilla la pérdida de carga a la salida es mucho mayor que a la entrada una de las causas es debido al cambio del tamaño de sección, que se tiene aguas abajo.
- ✓ En el flujo tipo III se observa en datos obtenidos de los tirantes que en ningún punto de la alcantarilla estos valores son mayores que el tirante crítico,

teniendo el mismo resultado tanto aguas arriba como aguas abajo de la misma, por lo que se analiza que en ningún punto existe un cambio de régimen persistiendo el flujo subcrítico tanto aguas arriba como aguas abajo de la alcantarilla.

- ✓ En el flujo tipo III a pesar de que se presente un régimen subcrítico, en las gráficas de curva superficial se observa que existe oscilaciones en la superficie del agua al final de la alcantarilla siendo más notorias en la sección rectangular.
- ✓ En forma general en este tipo de flujo III se tiene menor pérdida de energía en relación a los otros tipos de flujo anteriormente mencionados tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla ya que no existe cambios de régimen.
- ✓ En la gráfica de distribución de velocidades en ambas alcantarillas se observa que en la alcantarilla de sección circular no existe mucha variación de velocidad en la alcantarilla a diferencia que en la rectangular debido a las oscilaciones en la superficie del agua, las velocidades varían en forma proporcional a los tirantes registrados en los piezómetros

En las gráficas de líneas de energía para todos los tipos de flujo, se observa que las pérdidas de energía son menores en la alcantarilla de sección circular tanto a la entrada como a la salida de la misma.

En los tres tipos de flujo que se estudian correspondiente al presente proyecto las alcantarillas actúan como un canal abierto ya que el flujo es parcialmente lleno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Después de terminado el proyecto se dan a conocer las siguientes conclusiones:

- ✓ Las restricciones o verificaciones que presenta cada tipo de flujo está en función del tirante aguas arriba, tirantes aguas abajo, del tirante crítico y de la pendiente de la alcantarilla, lo cual nos ayuda a caracterizar y seleccionar de acuerdo a estas características el tipo de flujo que pasa por la alcantarilla
- ✓ En las fórmulas para los caudales de cada tipo de flujo se observa que la variable más importante para la es el tirante aguas arriba de la alcantarilla la cual debe ser medida con mayor precisión.
- ✓ Mediante el uso de modelos físicos es posible experimentar las soluciones posibles a costos bajos y con economías sustanciales de tiempo, hasta obtener condiciones óptimas esperadas, 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, rigurosidad a reproducir, etc.
- ✓ La obtención del valor de la velocidad de salida es una herramienta fundamental para el proyectista de un camino puesto que le dará una idea de lo que el caudal de agua puede ocasionar aguas abajo de una alcantarilla o viceversa
- ✓ Es deseable que ningún conducto funcione con presión, además se debe buscar que la velocidad este dentro de los parámetros admisibles según el tipo de material a elegir en la alcantarilla para evitar posibles erosiones afectando la vida útil de una alcantarilla.

RECOMENDACIONES

Se dan a conocer las siguientes recomendaciones:

- ✓ Es necesario que los aparatos a utilizar se encuentren en buenas condiciones, para esto será necesario hacer un mantenimiento frecuente de los instrumentos de manera que no pierdan su eficacia.
- ✓ Antes de elaborar el cálculo correspondiente a cada tipo de flujo en la determinación del caudal, se debe realizar una verificación a los datos obtenidos, para poder tener la veracidad de que estos hayan sido obtenidos correctamente.
- ✓ Las mediciones con el molinete nos dan valores satisfactorios, por lo que es recomendable que sean sacadas las mediciones a 0.6 del tirante, por lo tanto se debe ser lo más exacto posible para que el error no tenga un porcentaje alto.
- ✓ Es importante al momento de las lecturas piezométrica verificar que estas no estén con burbujas de aire para esto se debe cebar cada manguera hidráulica con el fin de evitar sacar mediciones erróneas.
- ✓ Cuando se instale un escalón en el canal como sucedió para cumplir las condiciones de flujo tipo I ,donde S_o (pendiente del canal) $>$ S_c (pendiente critica) se debe tener un máximo cuidado de que esté que este quedando espacio para posibles filtraciones, de manera que este error afecte de forma directa al dato de caudal proporcionado por el medidor electromagnético.
- ✓ Antes de realizar un ensayo en el laboratorio, cuando se desarrolle una investigación o una prueba de estudio se debe analizar las condiciones que se requiere para su funcionamiento.
- ✓ Se debe tener cuidado en la determinación de los coeficientes ya que estos se saca por medio de ábacos, para secciones circulares están en función del tirante aguas arriba y el diámetro de la alcantarilla, mientras que para alcantarillas rectangulares están en función del número de Froude en la salida de la alcantarilla.