

Proyecto Fin de Grado
Ingeniería Civil – Especialidad Hidráulica e
Hidrología

Comparativa de normativas y metodologías de
cálculo de Obras de Drenaje Transversal

Autor: Diego Pavón Cobacho

Tutor: Antonio Rafael Ruíz Reina

Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Grado
Ingeniería Civil – Especialidad Hidráulica e Hidrología

Comparativa de normativas y metodologías de cálculo de Obras de Drenaje Transversal

Autor:
Diego Pavón Cobacho

Tutor:
Antonio Rafael Ruíz Reina
Profesor asociado

Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2019

Proyecto Fin de Grado: Comparativa de normativas y metodologías de cálculo de Obras de Drenaje
Transversal

Autor: Diego Pavón Cobacho

Tutor: Antonio Rafael Ruíz Reina

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

A mis compañeros y amigos

A mi tutor Antonio, por su paciencia.

Resumen

En el Boletín Oficial del Estado (BOE) del jueves 10 de marzo de 2016 se incluyó la *Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*.

En dicha norma se incluyen, para el diseño de obras de drenaje transversal, ODT, los procedimientos de cálculo hidrológico a seguir para determinar su caudal de diseño. No obstante, no aparece de forma explícita ningún procedimiento de cálculo hidráulico para dicha infraestructura.

Es por tanto el objetivo profundizar en el procedimiento de cálculo hidráulico de obras de drenaje transversal a través del análisis de normativas de técnicas de referencia. Se han elegido para este estudio las normas de Estados Unidos y Francia:

La norma francesa: *Guide technique - Assainissement routier. Sétra, octubre de 2006*.

La norma americana: *Hydraulic Design of Highway Culverts - Third Edition. Hydraulic Design Series Number 5. U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. April 2012 (Publication No. FHWA-HIF-12-026)*

Nace de este análisis una comparación tanto en los términos normativos más puros de cómo se define una ODT y se acotan los parámetros de su dimensionamiento.

Posteriormente se contrastan los modelos de cálculo. Para ello se recurre al uso del software HY-8, que implementa la formulación descrita en la normativa americana; y una hoja de cálculo de elaboración propia, en la que se ha implementado la formulación correspondiente a la normativa francesa

Prefacio

Este documento es un Trabajo Fin de Grado, en forma de Proyecto de Investigación y Análisis Normativo y supone la culminación de una etapa académica universitaria de Grado en Ingeniería Civil – Especialidad en Hidráulica e Hidrología.

Mas su finalidad última, como resultado productivo de realización, es la de ofrecer un texto de apoyo para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en el marco normativo español, conformando una propuesta de diseño ODT de fácil aplicación. Está indicado para personas con una formación previa en hidráulica e hidrología que estén familiarizadas con sus principios fundamentales. Además, para así tener una lectura eficiente del texto, se precisan conocimientos de otras áreas para comprender los conceptos que se manejan en el contenido del documento.

No se ha de olvidar que las obras de drenaje transversal son infraestructuras cuyo diseño total abarca, además de los cálculos hidráulicos e hidrológicos necesarios, una variada cantidad de consideraciones como: calculo estructural, encajamiento geométrico en el terreno y en la obra lineal a drenar, capacidad de dicha obra lineal que aporte las solicitaciones que ha de soportar, estudios geotécnicos de la zona, estudio medioambiental del cauce existente afectado y de la fauna a proteger, etc. Por tanto, ha sido acotado el alcance de este TFG al diseño de una ODT desde una perspectiva hidráulica.

Además, se excluyen del alcance del documento los drenajes de márgenes y plataformas de la obra lineal a la que va asociada la ODT (en este caso a obra lineal de carretera) aunque sí aparezca en las normas aquí analizadas. Esto es debido a que de forma general el diseño se verá poco afectado por estos elementos, que drenarán poco caudal en comparación a la cuenca principal de la infraestructura.

El material de lectura se divide en 4 capítulos y 3 anexos que tras su lectura total compondrán una visión general de lo que es una ODT y como se debe proceder a su diseño, comprendiendo además dos modelos para calcular su funcionamiento. Dichos capítulos son:

Capítulo Primero: Introducción al concepto de ODT. Definición. Variables geométricas. Encaje en el terreno y la obra lineal de carretera. Diferencia con otras estructuras hidráulicas.

Capítulo Segundo: Cálculo hidrológico. Modelo español. Comparativa con modelos francés y estadounidense.

Capítulo Tercero: Cálculo hidráulico básico de diseño. Aplicación de los modelos francés y estadounidense bajo las restricciones y recomendaciones de las normas.

Capítulo Cuarto: Comparativa aplicada de los modelos de cálculo del funcionamiento de la ODT.

Cerrando el contenido se podrá encontrar, en forma de anexos los siguientes:

ANEXO A: Colección de material extraído de las normativas para entender su utilización a la hora de realizar un cálculo manual hidrológico o hidraulico durante el diseño de una ODT.

ANEXO B: Explica el proceso que se ha seguido para automatizar el modelo Sétra de cálculo manual de funcionamiento de una ODT.

ANEXO C: Recoge los resultados de los 60 casos estudiados con ambos modelos.

Índice

Resumen	ix
Prefacio	xi
Índice	xiii
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xix
Índice de Ilustraciones	xxi
1. Introducción a las Obras de Drenaje Transversal (ODT).	1
1.1 Definición.	1
1.2 Geometría de la ODT.	1
1.2.1 Materiales.	1
1.2.2 Sección transversal.	2
1.2.3 Pendiente.	5
1.2.4 Embocaduras.	5
1.3 Encaje en el terreno.	11
1.3.1 Encaje en planta.	11
1.3.2 Encaje del perfil longitudinal.	12
1.3.3 Encaje en el relleno.	14
2. Cálculo Hidrológico. Determinación del Caudal de Diseño Qd.	15
2.1 Metodología de la norma española 5.2 – IC.	15
2.1.1 Período de retorno asociado al caudal de proyecto.	16
2.1.2 Cuenca de diseño.	16
2.1.3 Método Racional.	17
2.2 Metodología de la norma francesa.	19
2.2.1 Método racional (francés).	19
2.2.2 Fórmula Crupédix.	20
2.2.3 Fórmula de transición.	20
2.2.4 Zona mediterránea.	21
2.3 Metodología de la norma estadounidense.	21
2.3.1 Métodos de cálculo de caudal de diseño (<i>peak design flow</i>).	21
2.3.2 Hidrología avanzada.	21
2.4 Conexión entre normativas y conclusiones sobre el cálculo hidrológico.	22
2.4.1 Conexión entre normativas.	22
2.4.2 Conclusiones.	22

	Cálculo Hidráulico. Dimensionamiento y Comprobación de la ODT.	25
	3.1 <i>Introducción.</i>	25
	3.2 <i>Comprobación de la norma española 5.2 – IC.</i>	25
	3.2.1 <i>Parámetros del cálculo</i>	28
	3.2.2 <i>Modelos de software</i>	28
	3.3 <i>Metodología de la norma francesa.</i>	29
	3.3.1 <i>Formulación.</i>	29
3.	3.3.2 <i>Procedimiento.</i>	31
	3.4 <i>Modelo de la norma estadounidense.</i>	33
	3.4.1 <i>Funcionamiento hidráulico con control en entrada (inlet control).</i>	33
	3.4.2 <i>Funcionamiento hidráulico con control en salida (outlet control).</i>	35
	3.4.3 <i>Desbordamiento (roadway overtopping).</i>	40
	3.4.4 <i>Curva de rendimiento.</i>	41
	3.4.5 <i>Consideraciones especiales.</i>	42
	3.4.6 <i>Procedimiento implementado en el modelo HY-8</i>	43
	3.5 <i>Conclusiones sobre metodología de cálculo hidráulico.</i>	43
	Comparativa Aplicada de los Modelos	46
	4.1 <i>Introducción.</i>	46
	4.2 <i>Metodología seguida.</i>	46
4.	4.3 <i>Justificación de la discretización de las variables de cálculo.</i>	47
	4.3.1 <i>Canal aguas abajo (tailwater channel).</i>	47
	4.3.2 <i>Pendiente del conducto.</i>	48
	4.3.3 <i>Sección transversal.</i>	48
	4.4 <i>Configuración de los modelos</i>	48
	4.4.1 <i>Configuración de HY-8.</i>	48
	4.4.2 <i>Configuración del modelo del Sétra.</i>	49
	4.4.3 <i>Casos de estudio.</i>	50
	4.5 <i>Resultados. Caudales máximos.</i>	50
	4.5.1 <i>Representación gráfica de los resultados.</i>	51
5.	4.6 <i>Conclusiones.</i>	59
6.	Bibliografía	60
	ANEXO A	61
	6.1 <i>Tablas y figuras para cálculo de Q_d mediante método racional según norma 5.2 – IC</i>	61
	6.2 <i>Tablas y Figuras para el cálculo de Q_d mediante el método racional según la Guide Technique – Assaissement Routier.</i>	66
	6.3 <i>Tablas de parámetros del Cálculo Hidráulico según norma española.</i>	67
	6.4 <i>Tablas de parámetros y ábacos del Cálculo Hidráulico según guía francesa.</i>	68
7.	6.4.1 <i>Ábacos de obtención de h_n/y_n y h_c/y_c en canales trapezoidales. Aplicable a ODTs rectangulares.</i>	68
	6.4.2 <i>Obtención de las alturas y_n e y_c y la sección S de una ODT con sección redondeada.</i>	69
	6.4.3 <i>Cálculo de altura de la lámina aguas arriba de la ODT circular</i>	72
	ANEXO B	75
	7.1 <i>Cálculos.</i>	75
	7.1.1 <i>Parámetros de configuración.</i>	75
	7.1.2 <i>Alturas de lámina de agua.</i>	76
8.	7.1.3 <i>Resultados.</i>	77
	7.1.4 <i>Comprobación</i>	77
	7.1.5 <i>Ejemplo.</i>	77
	7.2 <i>Tabla de resultados y curva de funcionamiento.</i>	78
	7.2.1 <i>Contenido.</i>	78
	7.2.2 <i>Ejemplo.</i>	79
	ANEXO C	80
	8.1 <i>Resultados canal aguas abajo favorable.</i>	80

8.1.1	Pendiente 0.5%.	80
8.1.2	Pendiente 1%.	95
8.1.3	Pendiente 5%.	110
8.2	<i>Resultados canal aguas abajo desfavorable.</i>	124
8.2.1	Pendiente 0.5%.	125
8.2.2	Pendiente 1%.	140
8.2.3	Pendiente 5%.	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Dimensión mínima recomendada de una ODT en función de su longitud	3
Tabla 2-1 Particularización de la zona mediterránea por la normativa francesa.	21
Tabla 3-1 Factores que influyen en el diseño de una ODT (estadounidense).	33
Tabla 3-2 Flujos tipo de la USGS. Utilizados por HY-8	43
Tabla 4-1 Resumen de los casos de estudio en función de las variables elegidas.	46
Tabla 4-2 Configuración geométrica de la metodología francesa.	49
Tabla 4-3.- Resultados para canal favorable y pendiente de 0,5%	50
Tabla 4-4.- Resultados para canal favorable y pendiente de 1%	50
Tabla 4-5.- Resultados para canal favorable y pendiente de 5%	50
Tabla 4-6.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 0,5%	51
Tabla 4-7.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 1%	51
Tabla 4-8.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 5%	51
Tabla 5-1 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía	65
Tabla 5-2 Parámetros para el cálculo de cuencas en Levante y Sureste Peninsular	66
Tabla 5-3 Coeficientes de Montana para el cálculo de intensidad de método racional (Francia)	66
Tabla 5-4 Valores típicos de las velocidades de escorrentía en manta y en cauce	66
Tabla 5-5 Coeficiente de escorrentía asociado a un periodo de retorno de 10 años (C10)	67
Tabla 5-6 Precipitaciones medias (PT) diarias asociadas a un periodo de retorno T	67
Tabla 5-7 Coeficiente de rugosidad para fórmula de Manning-Strickler	67
Tabla 5-8 Velocidad máxima admisible, v_{max}	67
Tabla 5-9 Dimensión libre mínima recomendada	68
Tabla 5-10 Valores interpolados correspondientes al parámetro adimensional λ	70
Tabla 6-1 Ejemplo de Configuración y Cálculo del modelo Sétra.	77
Tabla 6-2 Ejemplo de Tabla de Resultados del modelo Sétra.	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Diagrama de flujo para la elección del método de cálculo de caudales según la norma 5.2 – IC.	16
Figura 2-2 Diagrama de flujo final para la elección del método de cálculo del Caudal de Diseño, Qd.	23
Figura 3-1 Curva característica de una ODT.	28
Figura 3-2 Ecuación de Bernoulli.	30
Figura 3-3 Variación de la carga específica, H_s , en función de la altura de la lámina de agua en el conducto, y.	31
Figura 3-4 Diagrama de flujo del cálculo de H_e según la normativa francesa.	32
Figura 3-5 Curva de rendimiento de una ODT con control de entrada.	35
Figura 3-6 Esquema de líneas de energía de flujo con control en salida y conducto sumergido.	39
Figura 3-7 Ejemplo de curva de rendimiento teniendo en cuenta control en entrada, en salida y desbordamiento.	42
Figura 3-8 Diagrama de flujo del procedimiento recomendado para el dimensionamiento de una ODT.	44
Figura 4-1 Resultados con pendiente 0,5% (N)	53
Figura 4-2 Resultados con pendiente 0,5% (A)	53
Figura 4-3 Resultados con pendiente 1% (N)	54
Figura 4-4 Resultados con pendiente 1% (A)	54
Figura 4-5 Resultados con pendiente 5% (N)	55
Figura 4-6 Resultados con pendiente 5% (A)	55
Figura 4-7 Curvas envolventes de resultados (N).	58
Figura 4-8 Curvas envolventes de resultados (A).	58
Figura 6-1 Diagrama de flujo para el cálculo de H_e mediante el modelo del Sétra.	76
Figura 6-2 Ejemplo de Gráficas de curvas de funcionamiento.	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 - ODT rectangular de hormigón	2
Ilustración 1-2 - Marcos prefabricados de hormigón (GEYSENMARKT)	2
Ilustración 1-3 - ODT circular de metal corrugado	2
Ilustración 1-4 - Ejemplos de secciones transversales en ODT	3
Ilustración 1-5 Ejemplo de sección transversal adaptada para paso de fauna.	4
Ilustración 1-6 Ejemplos de ODT especiales para paso de fauna.	4
Ilustración 1-7 - Ejemplo de embocadura de salida con bajante escalonada.	5
Ilustración 1-8 Detalle de embocaduras biseladas.	6
Ilustración 1-9 Detalle de contracción de flujo a la entrada.	6
Ilustración 1-10 Ejemplos de embocaduras.	7
Ilustración 1-11 Ejemplo de embocaduras con aletas.	7
Ilustración 1-12 Ejemplo de embocadura ataluzada.	8
Ilustración 1-13 Ejemplo de embocadura con conicidad vertical y horizontal (sección rectangular).	9
Ilustración 1-14 Ejemplos de embocaduras con solera de entrada deprimida.	10
Ilustración 1-15 Ejemplo de embocadura de entrada de una sección en desmonte.	10
Ilustración 1-16 Ejemplo de encaje en el terreno de una ODT de varios tramos.	11
Ilustración 1-17 Ejemplo del trazado en planta de ODT.	12
Ilustración 1-18 Consideración de los asientos del relleno.	13
Ilustración 1-19 Tipos de encaje de perfil longitudinal en ODTs.	13
Ilustración 1-20 Sección transversal del encaje de la ODT en el terreno.	14
Ilustración 2-1 Ejemplo de cuenca principal y secundaria.	17
Ilustración 2-2 Escorrentía en manta (izquierda) y escorrentía en cauce (derecha).	19
Ilustración 3-1 Esquema de una ODT.	27
Ilustración 3-5 Comportamientos con control de entrada sumergidos y no sumergidos.	34
Ilustración 3-7 Comportamientos con control de salida sumergidos y no sumergidos.	36
Ilustración 3-8 Condiciones habituales de flujo con control en salida.	36
Ilustración 3-10 Diferentes configuraciones de las líneas de energía con control en salida	40

Ilustración 3-11 Situación excepcional de desbordamiento (<i>overtopping</i>)	41
Ilustración 4-1.- Ejemplo de configuración del canal aguas abajo y de la sección de la carretera con HY-8.	49
Ilustración 5-1-Factor Fa	61
Ilustración 5-2 Mapa del Índice de Torrencialidad.	62
Ilustración 5-3 Obtención del Factor Fb	62
Ilustración 5-4 Determinación del Coeficiente de escorrentía	63
Ilustración 5-5 Grupos hidrológicos del suelo para determinar el umbral inicial de escorrentía con la TABLA 2.3 de la norma 5.2 – IC	63
Ilustración 5-6 Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía	64
Ilustración 5-7 Ábaco 1. Determinación de la altura normal, y_n , en secciones trapezoidales	68
Ilustración 5-8 Ábaco 2. Determinación de la altura crítica, y_c , en secciones trapezoidales	69
Ilustración 5-9 Esquema geométrico de secciones arco	69
Ilustración 5-10 Abaco 3. Determinación de altura normal en secciones arco	71
Ilustración 5-11 Ábaco 4. Determinación de altura crítica en secciones arco	71
Ilustración 5-12 Ábaco 5. Determinación del valor de la sección en secciones arco	72
Ilustración 5-13 Ábaco 6. Determinación de He para ODT circular de hormigón con DL entre 0,40 y 1,00 metros	73
Ilustración 5-14 Ábaco 7. Determinación de He para ODT circular de hormigón con DL entre 1,00 y 1,50 metros	73
Ilustración 5-15 Ábaco 8.1. Determinación de He para ODT circular de hormigón con DL entre 1,50 y 4,50 metros	74
Ilustración 5-16 Ábaco 8.2. Determinación de He para ODT circular de hormigón con DL entre 1,50 y 4,50 metros	74

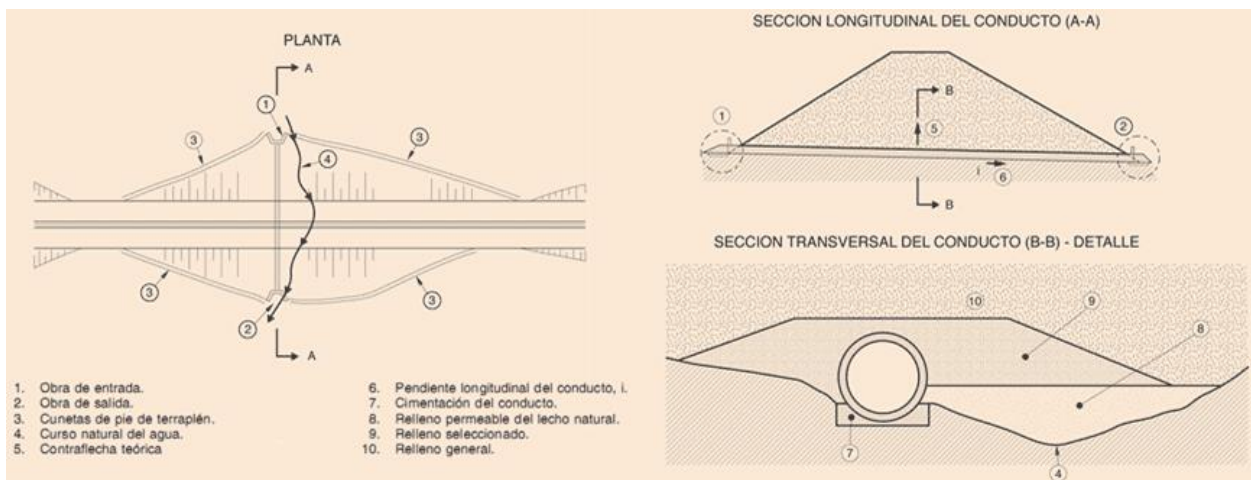
INTRODUCCIÓN A LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL (ODT).

1.

La ingeniería civil es una profesión que precisa contacto con un extenso abanico técnico, abarcando a diversas disciplinas dentro del total de la ingeniería. Un caso interesante que entra dentro de dicha amplitud son las obras de drenaje transversal, pues es una infraestructura que precisa de la variedad de habilidades y conocimientos del ingeniero civil para desarrollarse en su totalidad. En el siguiente capítulo se va a realizar una descripción de dicha infraestructura.

1.1 Definición.

Se define como una obra de drenaje transversal, cuya abreviación en siglas es ODT, como la infraestructura cuya finalidad es la restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la obra lineal de carretera, con unas características geométricas específicas que la diferencian de un puente, cuya finalidad es la misma.



1.2 Geometría de la ODT.

Una ODT es básicamente un canal cubierto, situado en el interior de un terraplén, que está compuesta por una embocadura de entrada y otra de salida, unidas por un conducto recto de sección y pendiente constante. Puede constar de uno o varios tramos según su encaje en el terreno.

1.2.1 Materiales.

Los materiales que se emplean fundamentalmente en la construcción de ODTs son, de forma general, hormigón y metal. No obstante, la 5.2-IC establece que en España las ODT se proyectarán y construirán en Hormigón Armado o Prefabricado, con sus correspondientes cálculos estructurales y, en el caso de las piezas prefabricadas, su certificado CE.



Ilustración 1-1 - ODT rectangular de hormigón



Ilustración 1-2 - Marcos prefabricados de hormigón (GEYSENMARKT)



Ilustración 1-3 - ODT circular de metal corrugado

1.2.2 Sección transversal.

La sección de la ODT puede ser muy variada: circular, rectangular, en arco, elíptica o irregular. No obstante, actualmente las más utilizadas son las circulares y las rectangulares. Estas últimas pueden ser irregulares al ir previstas de un canal de aguas bajas que funcione como paso de fauna.

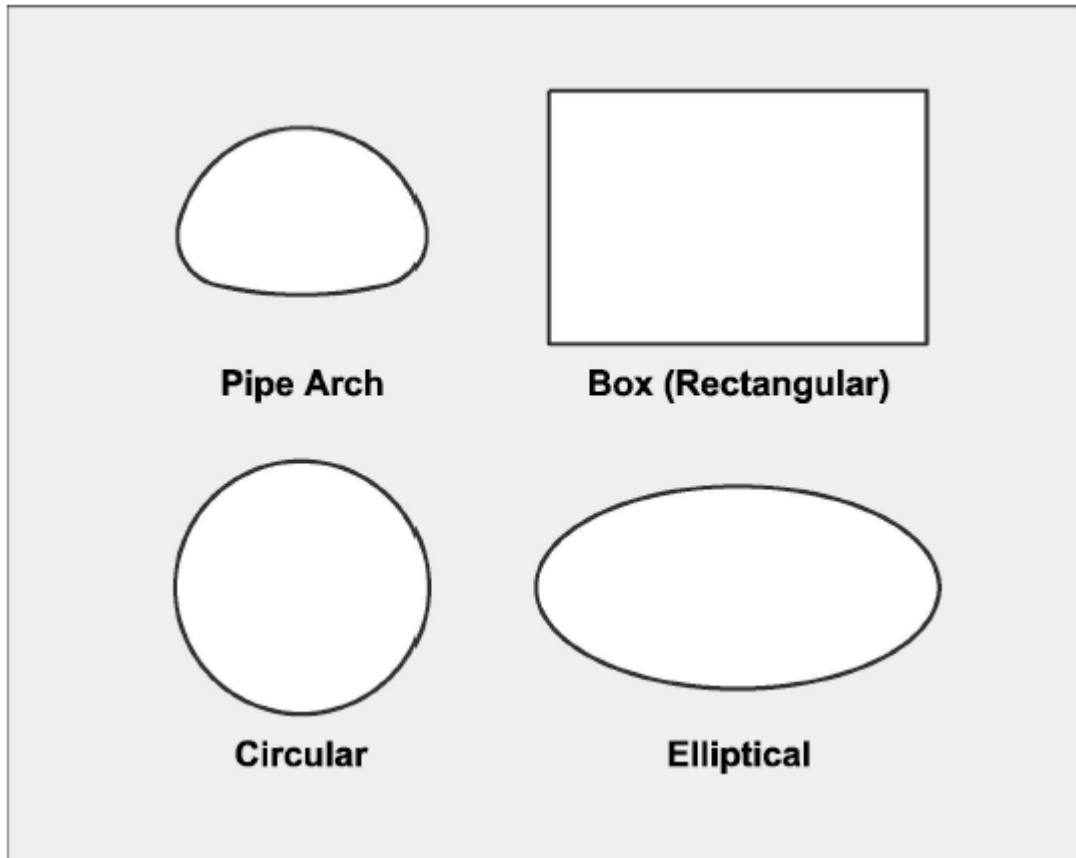


Ilustración 1-4 - Ejemplos de secciones transversales en ODT

1.2.2.1 Dimensión libre mínima.

La dimensión libre mínima que recomienda la norma 5.2-IC, a expensas de lo que establezca la Administración Hidráulica que compete, define un valor mínimo en función de la longitud del tramo de conducto enterrado. Se entiende esta longitud como la distancia entre las embocaduras de entrada y salida y dichos valores vienen en la tabla

Tabla 1-1 Dimensión mínima recomendada de una ODT en función de su longitud

L (m)	D_L (m)
L (m) < 3	D_L (m) \geq 0,6
$3 \leq L$ (m) < 4	D_L (m) \geq 0,8
$4 \leq L$ (m) < 5	D_L (m) \geq 1,0
$5 \leq L$ (m) < 10	D_L (m) \geq 1,2
$10 \leq L$ (m) < 15	D_L (m) \geq 1,5
L (m) \geq 15	D_L (m) \geq 1,8

Entendiendo como dimensión libre mínima, D_L :

- Sección circular: Diámetro.
- Sección rectangular: Lado menor.
- Resto de secciones: El diámetro del mayor círculo que se pueda inscribir en la sección.
- Si, además, la ODT presentara más de un tramo: La mayor entre la que le corresponde de forma

individual y la de los tramos situados aguas arriba.

De forma general se establece que se debe de proporcionar al conjunto de la estructura los elementos necesarios para evitar obstrucciones de la sección transversal. Esto se hará mediante dispositivos u obras específicas que vendrán indicadas en proyecto.

1.2.2.2 Secciones especiales de paso de fauna.

Al tratarse de una infraestructura que se coloca en ocasiones en el lugar de un cauce natural por el que puede discurrir un caudal continuo en proyecto puede determinarse la necesidad de facilitar el paso de fauna correspondiente. Cuando esto ocurra se proyectarán secciones (o dispositivos) especiales que garanticen esta función. La norma establece que deben tener un cálculo hidráulico específico y que corresponde a:

- Canal de aguas bajas.
- Obra semienterrada (lecho móvil).
- Escalas de peces.
- Rampas en arquetas para pequeña fauna.
- Otras.

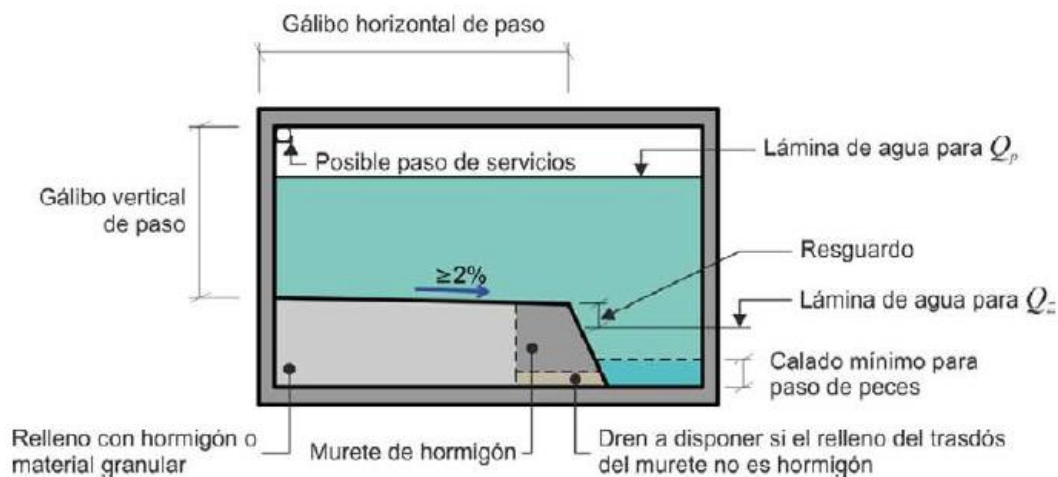


Ilustración 1-5 Ejemplo de sección transversal adaptada para paso de fauna.



Ilustración 1-6 Ejemplos de ODT especiales para paso de fauna.

1.2.3 Pendiente.

Es uno de los factores más importantes a la hora de un buen funcionamiento hidráulico de desagüe, influyendo en la velocidad y la sobreelevación del régimen a caudal de diseño de la ODT. La pendiente de la obra de drenaje será constante en los tramos enterrados, que permita un acuerdo entre las cotas de entrada y salida y en las conexiones, puntos en los cuales sí se podrá llevar a cabo un cambio de pendiente. Es a su vez el parámetro de diseño más importante del encaje del perfil longitudinal de la obra.

Normalmente no supera valores de 2%, pues la dinámica de sedimentos depende mucho de este factor, que de ser excesivo produce erosión y de ser pequeño produce atramientos. Estos casos precisan medidas especiales en su diseño y su conservación, tales como areneros, disipadores de energía, cuencos de resalto, etc. Un ejemplo de alternativa, cuando el desnivel de entrada y salida es excesivo, es disponer de una embocadura con bajante escalonado.

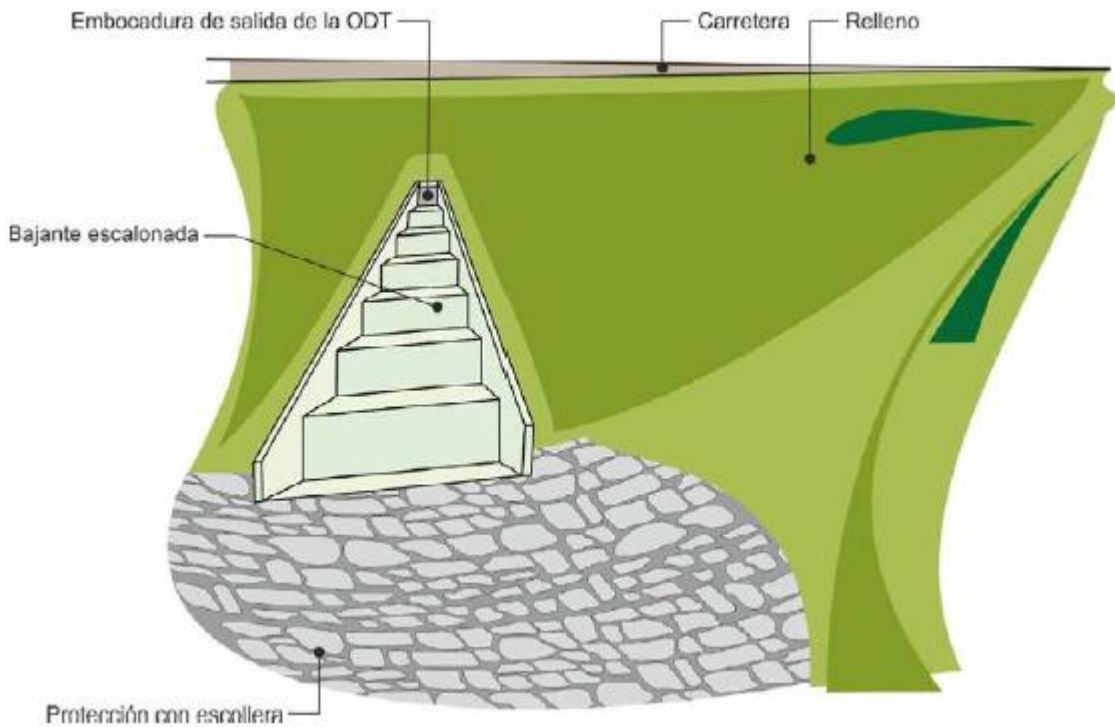


Ilustración 1-7 - Ejemplo de embocadura de salida con bajante escalonado.

1.2.4 Embocaduras.

Una parte muy importante de estas infraestructuras es su embocadura, sobre todo la de entrada, cuya función es recoger las aguas del cauce y conducir las a cuerpo de la ODT, sirviendo de transición geométrica e hidráulica. Por tanto, serán una de las variables del comportamiento hidráulico de la obra.

- La norma nos indica que: La altura de las embocaduras de la ODT debe ser al menos uno coma dos veces la altura libre del conducto ($H_{emb} \geq 1,2H$) medida desde el plano de la solera.
- Las embocaduras deben disponer de solera terminada en un rastrillo.
- Cuando sea necesario disponer protección de escollera ésta se colocará a continuación del rastrillo.

Se puede pensar que la más básica de las embocaduras consiste en un orificio abierto contra el terreno, lo que introduce directamente el cuerpo principal de la obra frente al cauce sin una transición. En el caso de elegir esta solución se suelen suavizar los bordes de la embocadura, normalmente con un biselado, lo cual mejora sustancialmente el comportamiento hidráulico de la entrada.

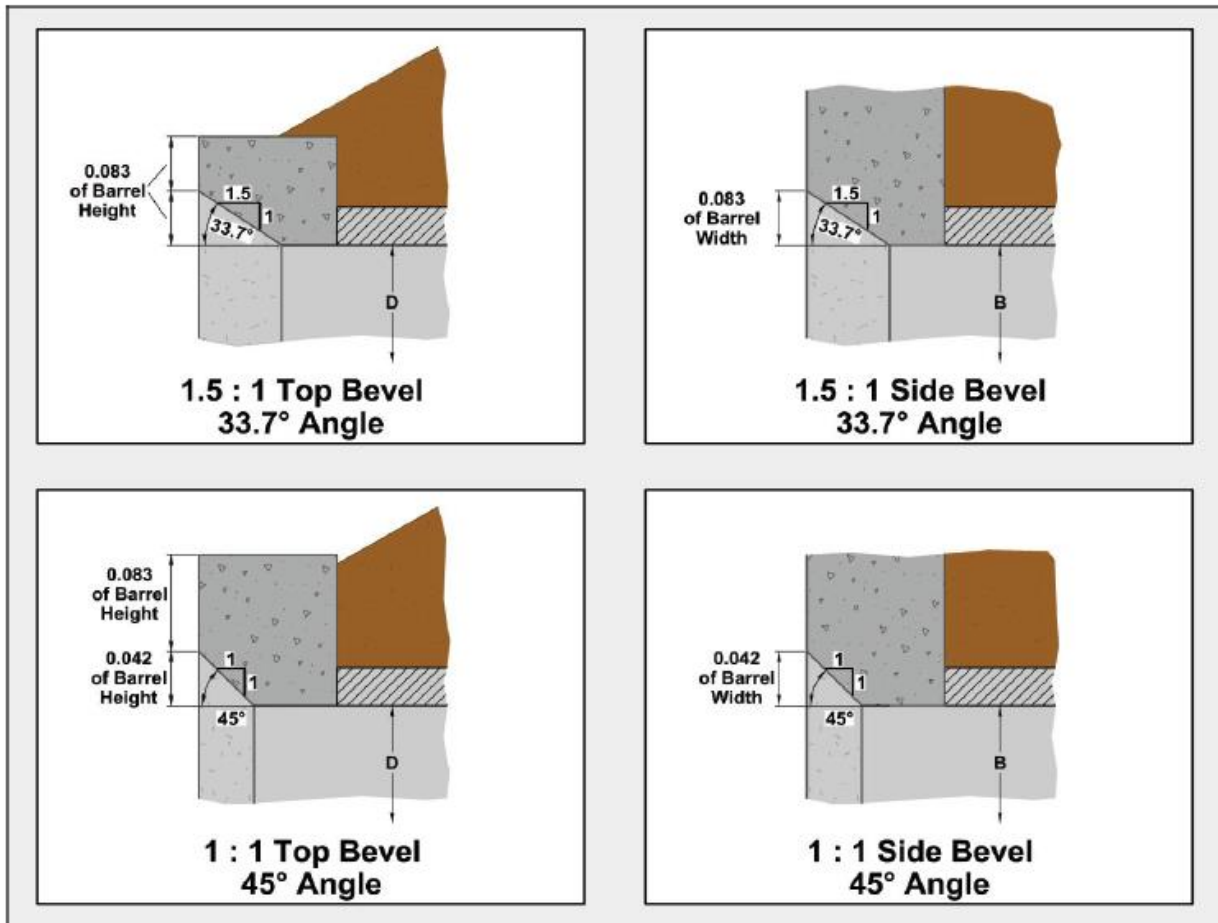


Ilustración 1-8 Detalle de embocaduras biseladas.

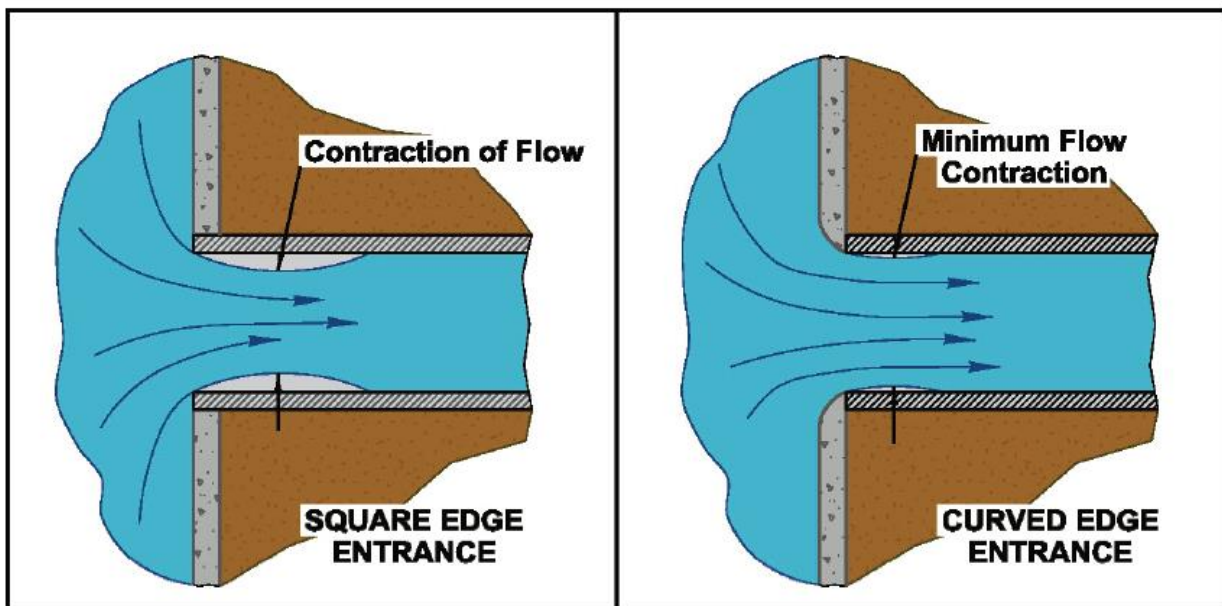


Ilustración 1-9 Detalle de contracción de flujo a la entrada.

No obstante, la capacidad de drenaje de la obra va asociada a un balance energético hidráulico, tratado en el Capítulo 3 de este documento que se ve muy afectado por el efecto de la embocadura y su pérdida de energía asociada. Simplificando, se puede hablar de 3 factores que mejoran una embocadura: las aletas, la conicidad en la transición y la depresión de la entrada.

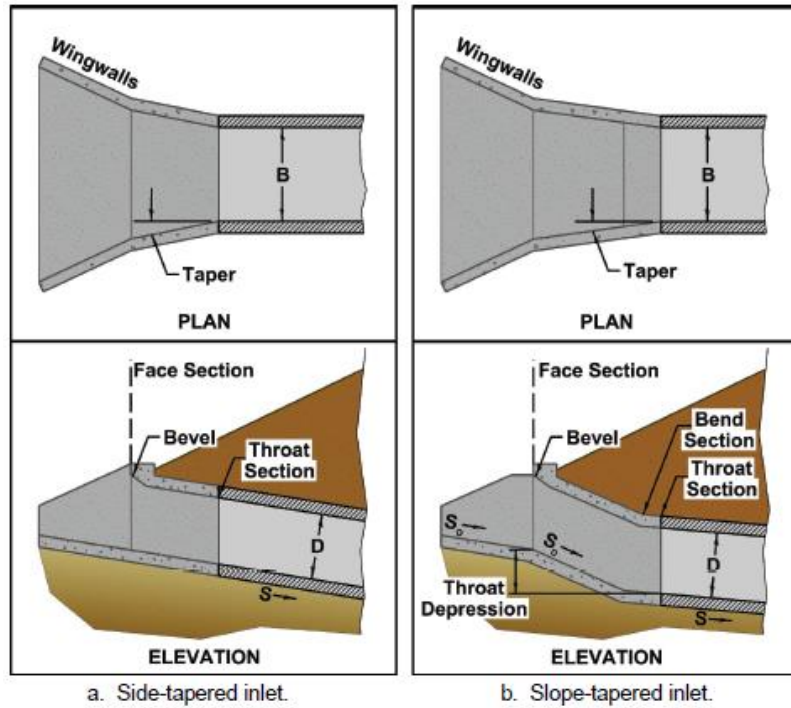


Ilustración 1-10 Ejemplos de embocaduras.

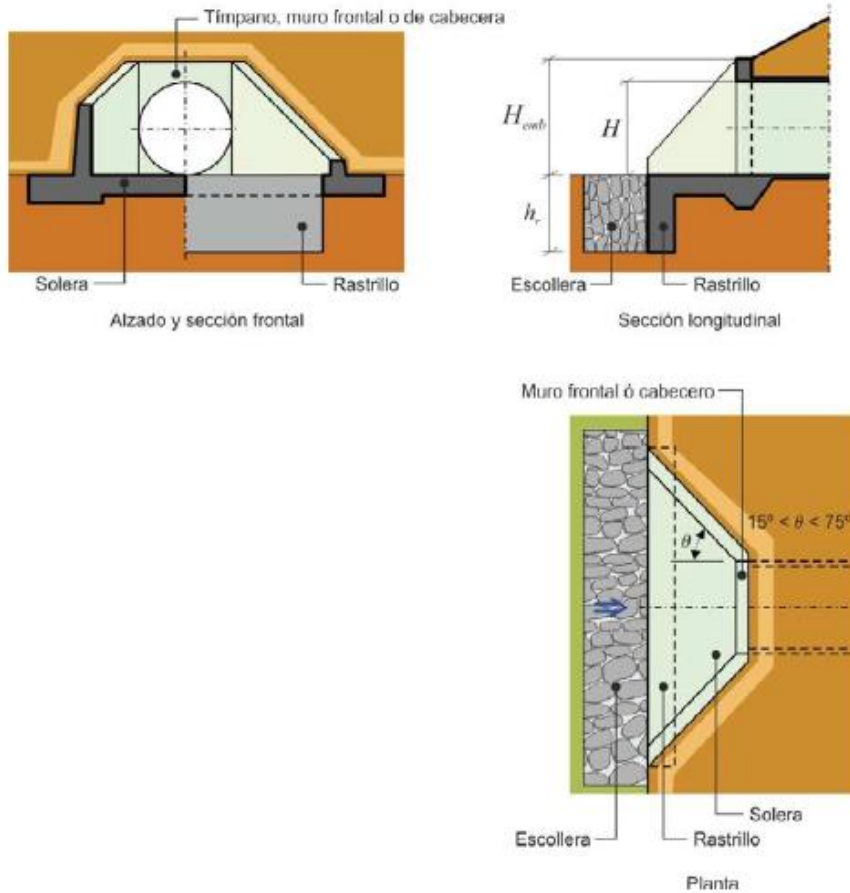


Ilustración 1-11 Ejemplo de embocaduras con aletas.

1.2.4.1 Aletas.

La embocadura con aletas permite una mejor recogida de las aguas del cauce entrante a la ODT, creando una transición más suave entre el cauce natural y la infraestructura y disminuyendo la pérdida de energía en esta transición. Se definen con su longitud, acorde con la forma del talud de la carretera, y con el ángulo que forman con la directriz de la ODT, el cual las caracteriza. Este ángulo suele tener valores entre 15° y 75° , fuera de este rango se aconsejan ángulos de 0° (prolongaciones del muro frontal o de cabecera) o 90° , respectivamente.

En el caso de que el ángulo sea de 0° , esto es decir que las aletas sean una prolongación del conducto, nos encontraremos en un caso de embocadura ataluzada. En este caso no sobresale la ODT del contorno geométrico del terraplén, el cual debe ser protegido frente a erosión. Es habitual la instalación de enrejado específico, cuyo efecto por obstrucción debe ser tenido en cuenta.

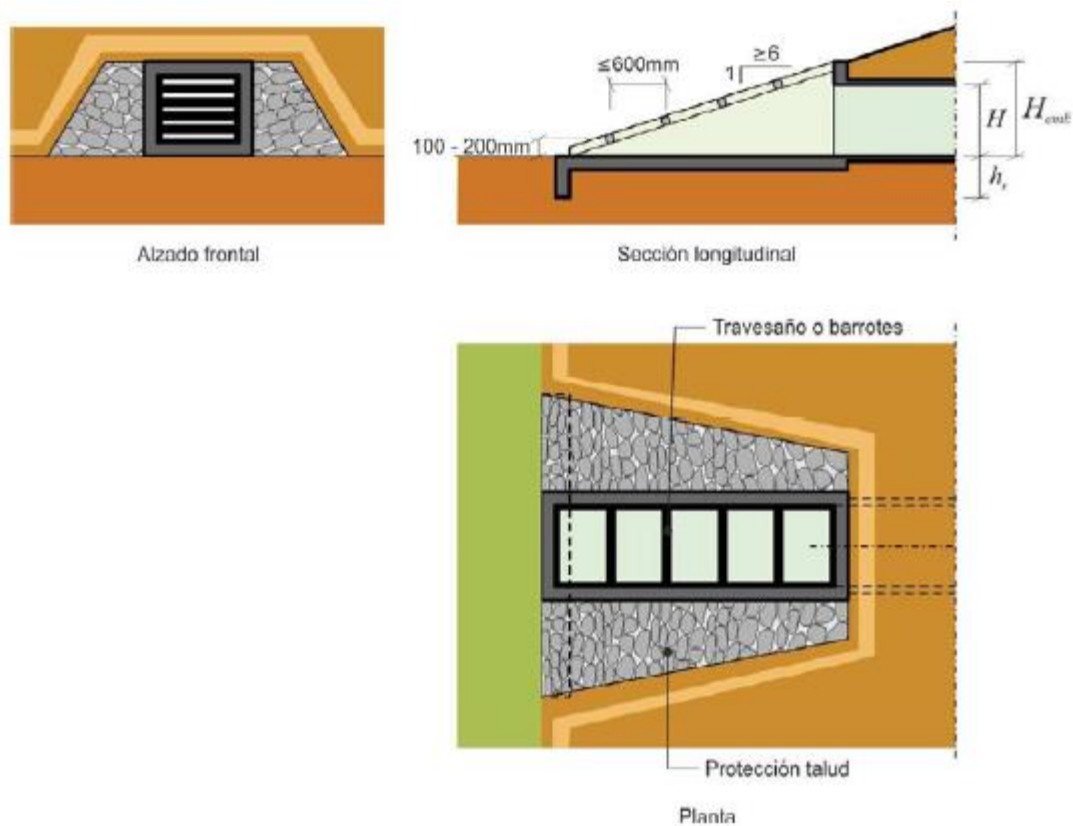


Ilustración 1-12 Ejemplo de embocadura ataluzada.

1.2.4.2 Conicidad.

La conicidad en la entrada añade una fase geométrica intermedia entre la embocadura (normalmente con aletas) y el cuerpo principal de la ODT. Esta transición mejora las características hidráulicas de la infraestructura, y puede ser horizontal o vertical. Aumenta sustancialmente el coste constructivo por su dificultad a cambio de permitir una disminución de sección (y material), por lo que precisará un balance económico.

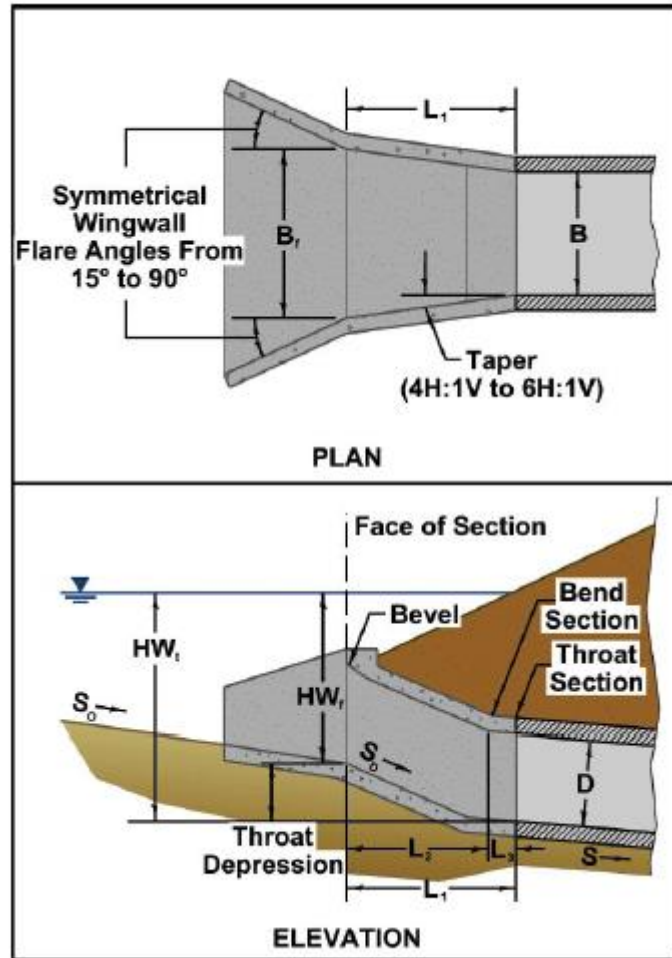


Ilustración 1-13 Ejemplo de embocadura con conicidad vertical y horizontal (sección rectangular).

1.2.4.3 Depresión.

La depresión a la entrada disminuye la cota de la entrada frente al terreno lo que permite una mayor altura de energía en cabecera de la ODT, algo muy beneficioso para el comportamiento hidráulico. El gran inconveniente de esta mejora es que, si existe un transporte de sedimentos, algo muy habitual en los cauces que se colocan ODT, la dinámica natural del río tenderá a restablecer un perfil en equilibrio y esto produce aterramientos en la depresión a la entrada. Por tanto, deberá hacerse un mantenimiento más exhaustivo de esta infraestructura para asegurar el correcto comportamiento para el que se ha diseñado.

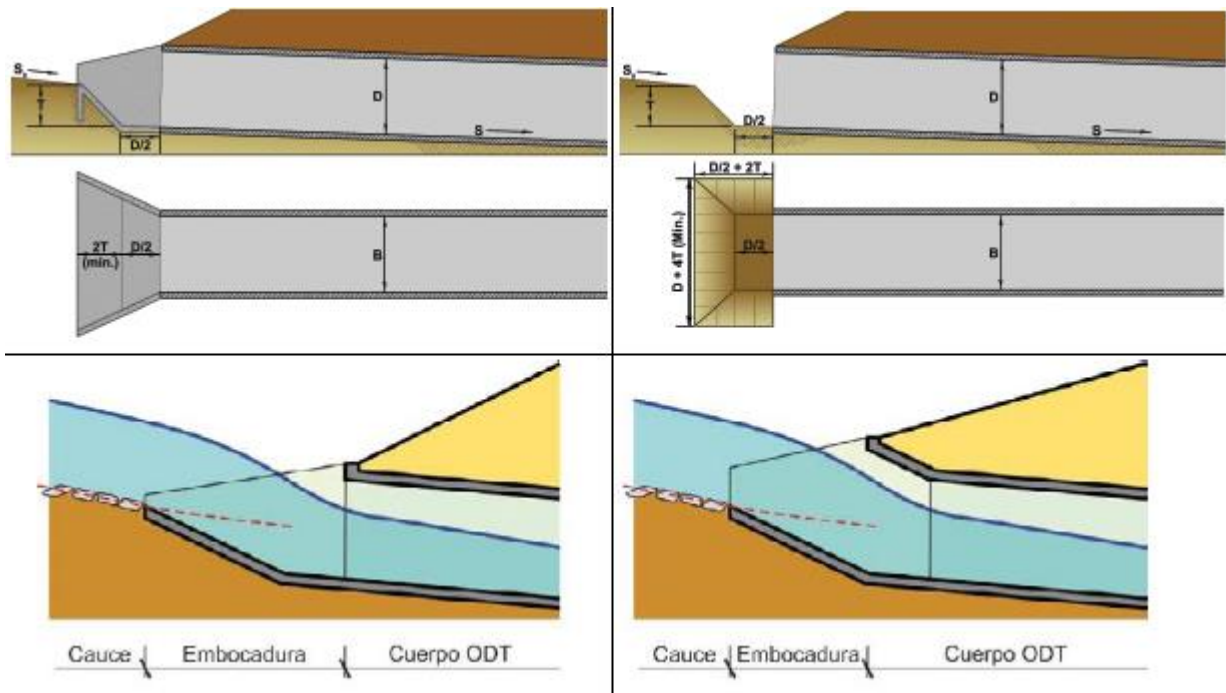


Ilustración 1-14 Ejemplos de embocaduras con solera de entrada deprimida.

1.2.4.4 Embocaduras en desmante.

Aunque la situación más común es que la obra de drenaje atraviese un terraplén, es posible que la embocadura de entrada parta de una sección en desmante, según las condiciones de encaje geométrico de la infraestructura. En este caso se dispondrá un cuenco de recogida de aguas como el indicado en la siguiente figura:

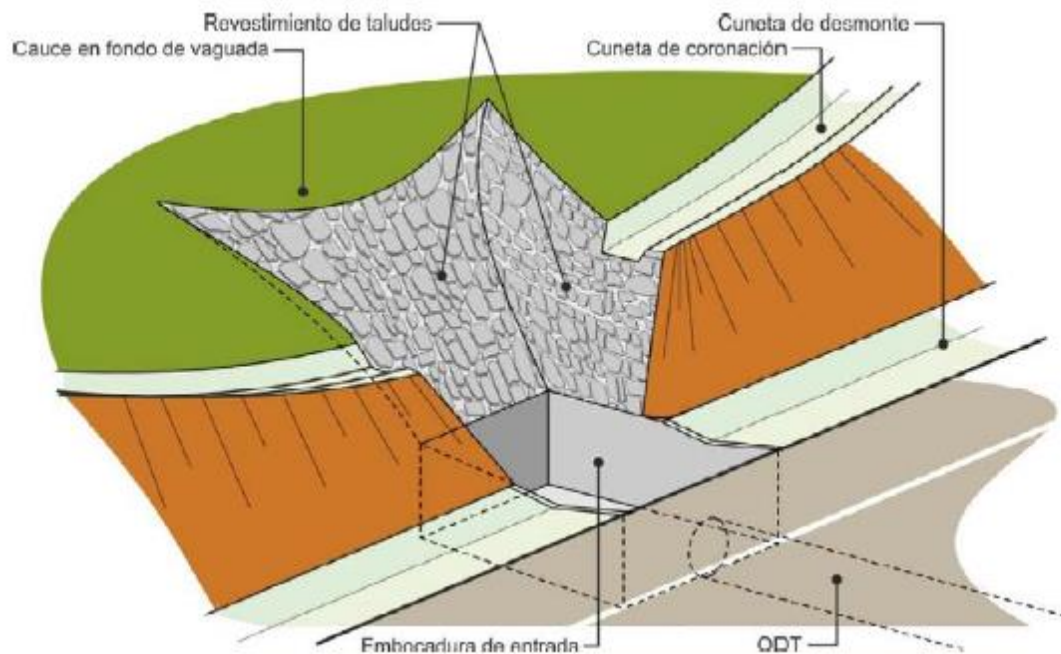


Ilustración 1-15 Ejemplo de embocadura de entrada de una sección en desmante.

1.3 Encaje en el terreno.

La ODT debe de adaptarse lo más posible al trazado original de los elementos que se cruzan, es decir, al cauce y a la carretera. Puede además disponer de varios tramos conectados por encauzamientos según convenga. Este encaje es dependiente del trazado de la obra lineal de carretera, lo cual no es de extrañar, y por tanto ambos proyectos deberán hacerse de forma conjunta para el diseño óptimo de la ODT. Debemos estudiar tanto el encaje en planta como el perfil de este.

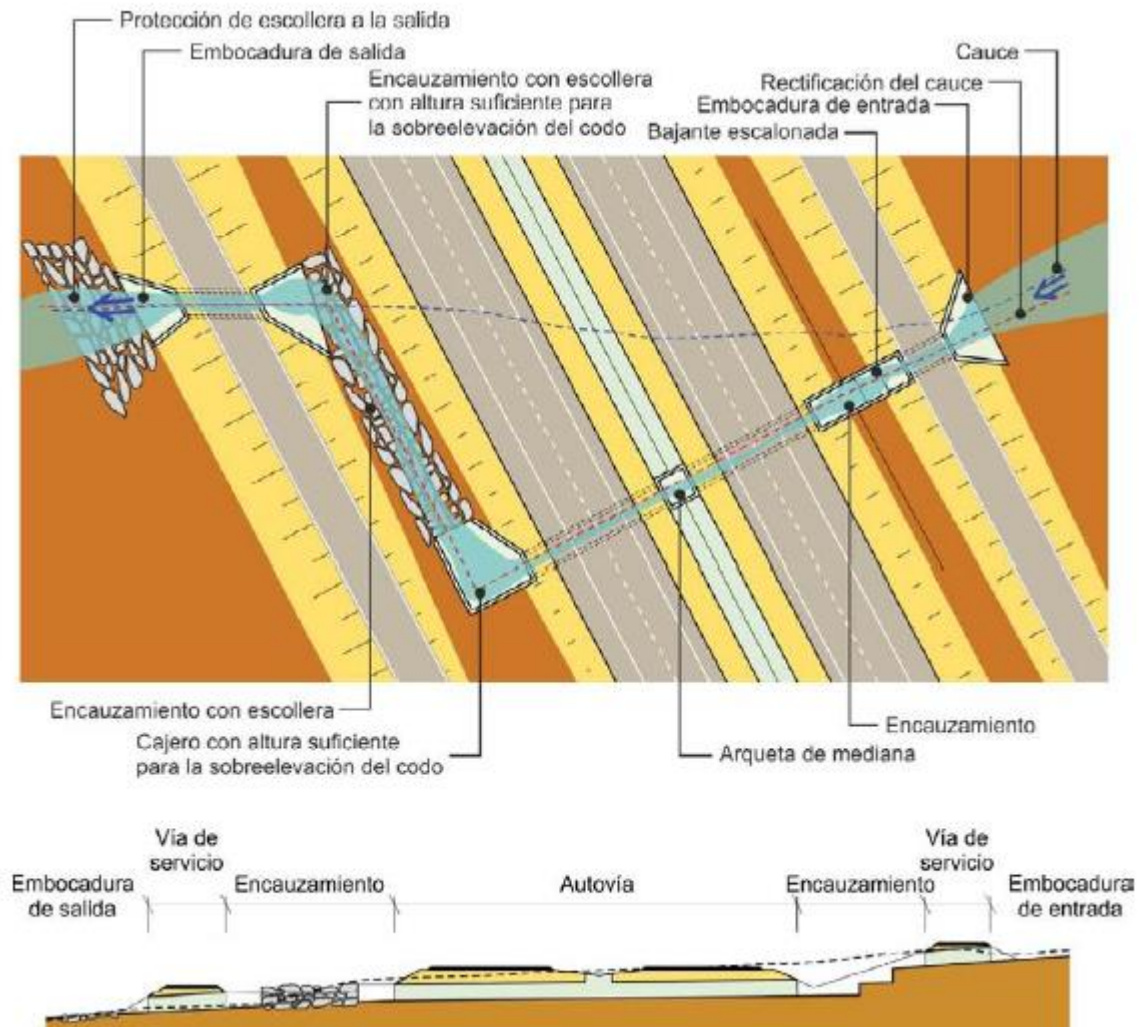


Ilustración 1-16 Ejemplo de encaje en el terreno de una ODT de varios tramos.

1.3.1 Encaje en planta.

La planta de la ODT parte de una embocadura, con uno o varios tramos enterrados rectos de sección constante, intentando coincidir al cauce natural del curso de agua. Esta disposición coincidente es la más favorable para el funcionamiento de la infraestructura y por eso se intentará adoptarla o adaptarse lo más posible evitando cambios bruscos.

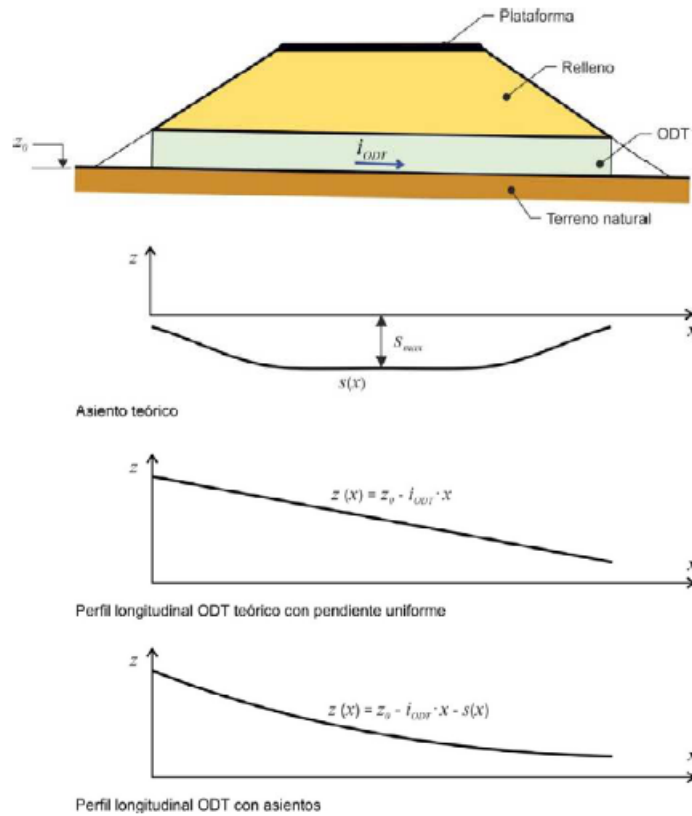


Ilustración 1-18 Consideración de los asientos del relleno.

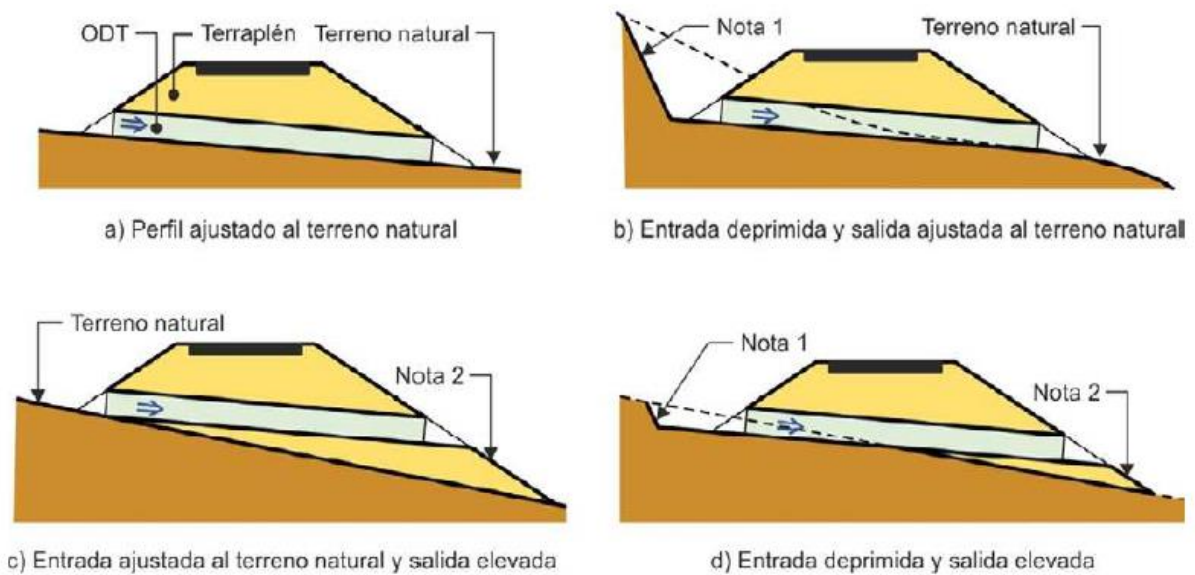


Ilustración 1-19 Tipos de encaje de perfil longitudinal en ODTs.

La embocadura de salida deprimida es un caso especial que no se trata en este documento, sólo comentaremos su existencia en este párrafo y alusión a su necesidad de conservación más intensa de lo habitual, tal y como viene indicado en la norma 5.2 – IC.

1.3.3 Encaje en el relleno.

Según la norma, el encaje de la ODT en función de lo definido para el perfil longitudinal puede ser:

- Instalación en zanja.
- Instalación en relleno.
- Instalación en zanja realizada en un relleno.

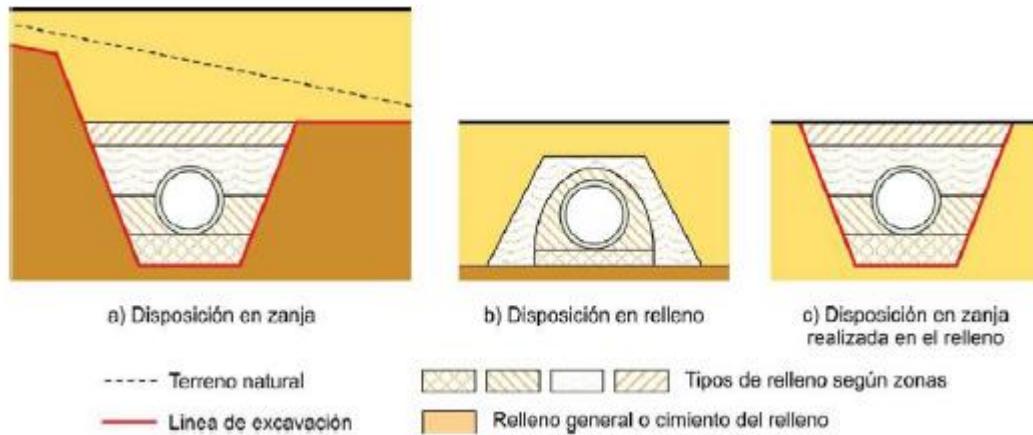


Ilustración 1-20 Sección transversal del encaje de la ODT en el terreno.

NOTA: Este apartado pertenece a un aspecto más estructural geotécnico de la infraestructura, ambos fuera del alcance de este texto. No obstante, se ha incluido lo que indica la norma, para complementar y ayuda a quien interese:

En el cálculo estructural (epígrafe 4.4.7) se debe tener en cuenta el caso de que se trate y definir el tipo de rellenos a efectuar alrededor de la ODT. Estos rellenos se deben definir también considerando la diferencia de cotas entre la ODT y la rasante para conseguir una transición de rigidez adecuada, tanto verticalmente como en dirección longitudinal a la carretera.

CÁLCULO HIDROLÓGICO. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO Q_d .

2.

El diseño de una obra de drenaje transversal parte siempre de un estudio hidrológico previo, que nos proporcionará el **Caudal de Diseño**, siendo este el parámetro fundamental y más característico de la infraestructura.

Este caudal se calcula en base a un periodo de retorno mediante modelos hidrológicos. La hidrología es una disciplina cuyos modelos de cálculo poseen una base estadística y heurística, por lo que los resultados dependen de los datos reales de los que se parta, y no suele ser extrapolable de unas regiones a otras.

Sin embargo, en el presente capítulo se va a introducir el modelo que indica la norma 5.2 – IC¹ y se va a comparar con el tratamiento de los modelos de la *Guide technique - Assainissement routier*² (Francia) y la guía de *Hydraulic Design of Highway Culverts*³ (EE. UU.).

Con esto podremos hacernos una idea de los procedimientos establecidos para obtener el Caudal de diseño, dato del que parten los cálculos y diseños hidráulicos, así como la viabilidad de complementar la normativa española.

2.1 Metodología de la norma española 5.2 – IC.

La norma 5.2 – IC establece que el caudal de diseño asociado un periodo de retorno Q_T de la ODT debe ser calculado cuando no podamos obtener dicho dato de la Administración Hidráulica competente en cada caso. Dicho periodo de retorno debe ser superior a 100 años para el diseño de ODTs y debe ser compatible con los criterios de la Administración hidráulica competente. Este cálculo se realizará mediante:

- Método Racional para cuencas pequeñas (hasta 50 km²)
- Métodos estadísticos con datos de caudales máximo en cuencas de $A > 50\text{km}^2$ obtenidos de estaciones de aforo
- Métodos hidrológicos cuando en cuencas de $A > 50\text{km}^2$ no se disponga de estaciones de aforo. Deben ser adecuados y calibrados a cada cuenca con mediciones reales.

¹ 5.2 – IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras

² Guide technique - Assainissement routier. Sétra, octubre de 2006.

³ Hydraulic Design of Highway Culverts - Third Edition. Hydraulic Design Series Number 5. U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. April 2012 (Publication No. FHWA-HIF-12-026)

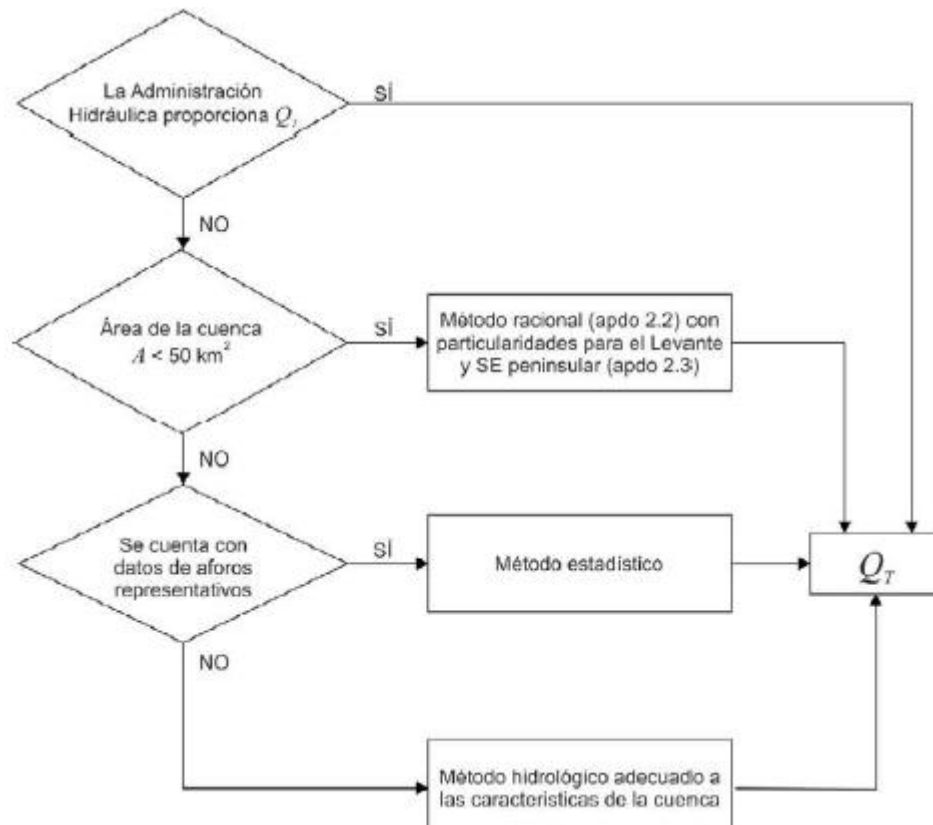


Figura 2-1 Diagrama de flujo para la elección del método de cálculo de caudales según la norma 5.2 – IC.

2.1.1 Período de retorno asociado al caudal de proyecto.

La norma lo define como:

Período de retorno T es el periodo de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$. La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo superior al de período de retorno T viene dada por la siguiente expresión:

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

donde:

Q (m³/s) = Caudal máximo anual

Q_T (m³/s) = Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T

T (años) = Período de retorno

2.1.2 Cuenca de diseño.

Se establecen, a efectos de la norma, tres tipos de cuencas a drenar en función a la posición relativa a la carretera:

- Cuenca topográfica o natural: Cuenca preexistente no afectada por la carretera, considerada aguas arriba de la entrada de un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera.
- Cuenca principal: Cuenca cuyo punto de desagüe es un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera. Una cuenca principal se compone de la cuenca topográfica o natural del cauce correspondiente al puente u obra de drenaje transversal, más las cuencas secundarias que comprenda.
- Cuenca secundaria: Cuenca no principal, generada por la construcción de la carretera, cuya escorrentía

se vierte a sus elementos de drenaje de plataforma y márgenes. Puede comprender terrenos tanto de la propia explanación como otros exteriores que viertan su escorrentía hacia ella.

Debemos puntualizar que la cuenca topográfica o natural suele ser la de mayor aportación de caudal, de ahí la decisión de no incluir en el alcance de este documento el cálculo de drenaje de márgenes y plataforma de carreteras. Para dicho caso consultar otra bibliografía.

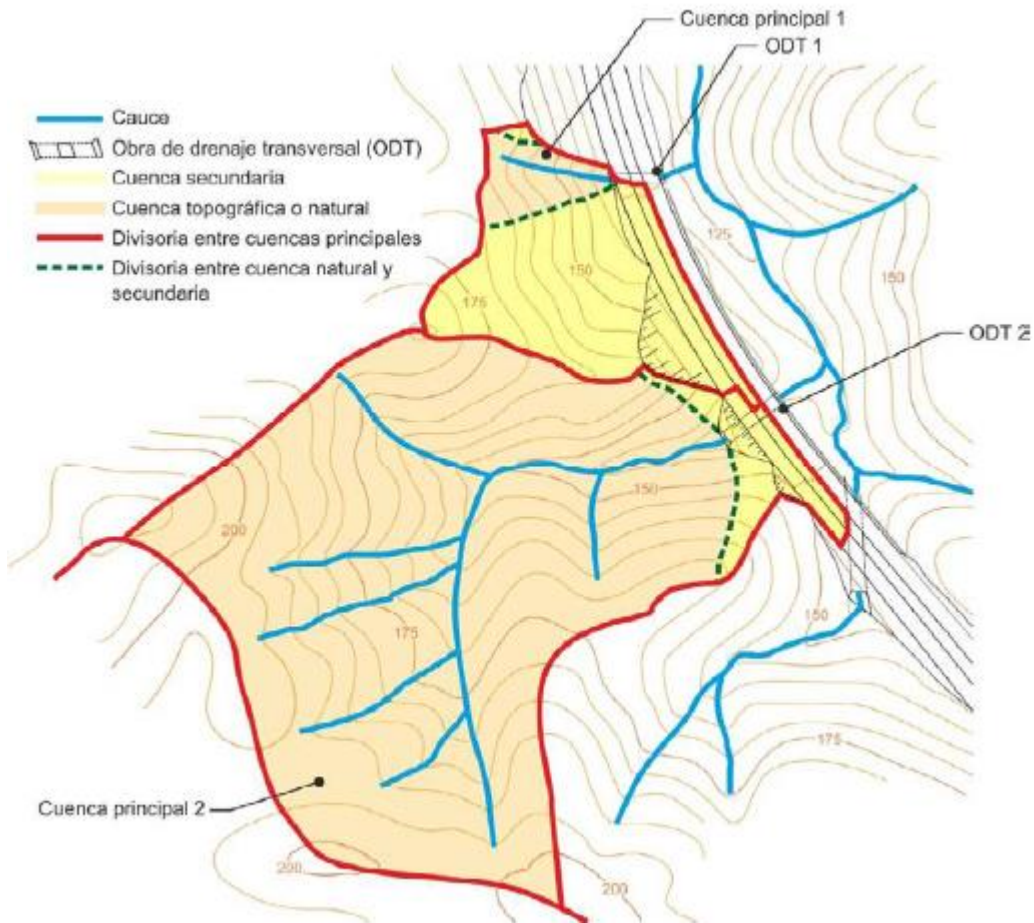


Ilustración 2-1 Ejemplo de cuenca principal y secundaria.

2.1.3 Método Racional.

La guía 5.4 – IC presenta una extensa descripción del método racional que va a ser mostrada en la sección que aquí comienza, disminuyendo a lo preciso para su utilización, por lo que se precisan conocimientos previos de dicho método. Así mismo las tablas y figuras para la obtención de los diferentes coeficientes (descritos en el índice de simbología) se encontrarán en el ANEXO B, exceptuando la *TABLA 2.3. – VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA*. Para un mayor detalle se recomienda dirigirse al documento original.

2.1.3.1 Fórmula general de cálculo.

$$Q_r = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

2.1.3.2 Intensidad de precipitación.

$$I(T, t_c) = I_d \cdot F_{int}$$

- $I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$

- $K_A = \begin{cases} 1 & \text{si } A < 1 \text{ km}^2 \\ 1 - \frac{\log_{10} A}{15} & \text{si } A > 1 \text{ km}^2 \end{cases}$
- $F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$
 - $F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287-2,5287 t^{0,1}}$
 - $F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$; $k_b = 1,13$ (por defecto)
- $t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$

2.1.3.3 Coeficiente de escorrentía.

$$\begin{aligned} \text{si } P_d \cdot K_A > P_0 & C = \frac{\left(\frac{P_d K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\ \text{si } P_d \cdot K_A > P_0 & C = 0 \end{aligned}$$

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Para Drenaje Transversal: $\beta = \beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \cdot F_T$

2.1.3.4 Corrección de la fórmula general para cuencas heterogéneas.

Dado que las cuencas de aplicación del método racional no tendrán una dimensión suficiente para que la intensidad de precipitación sufra variaciones, esta no será afectada por dicha corrección.

$$Q_T = \frac{K_t}{3,6} \cdot I(T, t_c) \sum_i [C_i \cdot A_i]$$

2.1.3.5 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

2.1.3.6 Cuencas del Sureste y Levante Peninsular de $A < 50 \text{ km}^2$.

En estas cuencas y para periodos de retorno mayores de 25 años como el que nos ocupa ($T > 25$) obtendremos el caudal de diseño como:

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^\lambda$$

2.2 Metodología de la norma francesa.

La *Guide Technique* francesa establece su aplicación para cuencas de hasta 100 km². Utiliza para el cálculo de caudal de diseño:

- Método racional para cuencas de hasta 1km² (hasta 10km² para la zona mediterránea).
- Fórmula de Crupédix para cuencas entre 10 y 100 km² (a partir de 50km² para la zona mediterránea).
- Formula de transición para la franja comprendida entre la aplicación de los otros dos métodos.

2.2.1 Método racional (francés).

La fórmula del Método racional es, obviamente, la misma. No obstante, el coeficiente de escorrentía y la intensidad tienen una determinación diferente. También tienen en cuenta la escorrentía en manta hasta el cauce y la del propio cauce para el cálculo del tiempo de concentración. En el Anexo B se encuentran algunas tablas de utilidad para este cálculo.

2.2.1.1 Intensidad de la precipitación.

$$I(T, t_c) = a_T \cdot t_c^{-b(T)}$$

$$t_{c_{10}} = \sum \frac{L_j}{v_j}$$

$$v_j = 1.4 \cdot J_c^{1/2}$$

Para escorrentía en manta

$$v_j = K_v \cdot J_c^{1/2} \cdot R_h^{2/3}$$

Para escorrentía en cauce

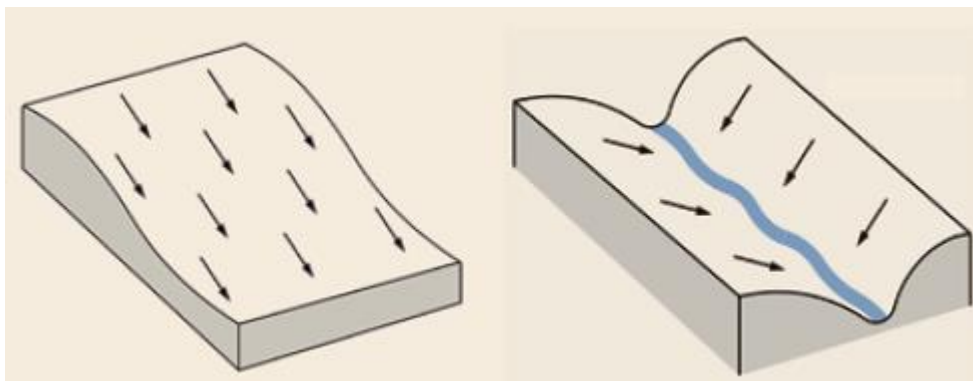


Ilustración 2-2 Escorrentía en manta (izquierda) y escorrentía en cauce (derecha).

$$t_{c_T} = t_{c_{10}} \cdot \left(\frac{P_T - P_0}{P_{10} - P_0} \right)^{-0,27}$$

2.2.1.2 Coeficiente de escorrentía.

Primero debemos calcular C_{10} a partir de los datos de suelo de la cuenca, según la tabla del Anexo B.

A continuación:

$$\text{si } C_{10} < 0.8$$

$$P_0 = \left(1 - \frac{C_{10}}{0.8}\right) \cdot P_{24}$$

$$\text{si } C_{10} \geq 0.8$$

$$P_0 = 0$$

$$C_T = 0.8 \cdot \left(1 - \frac{P_0}{P_T}\right)$$

2.2.2 Fórmula Crupédix.

Funciona en un intervalo de confianza $\frac{Q}{2} < Q < 2Q$ en el cual hay mas de un 80% de probabilidad de éxito del método. Está pensado para un periodo de retorno $T = 10$ años y una posterior correlación para calcular el caudal de 100 años de retorno, Q_{100} .

$$Q_{100} = b' \cdot Q_{10}$$

- $Q_{10} = R \cdot \left(\frac{P_{10}}{80}\right)^2 \cdot A^{0.8}$
- $R = \begin{cases} 0,2 \text{ para terrenos permeable} \\ 1 \text{ para terrenos intermedios} \\ 1,5 \text{ a } 1,8 \text{ para terrenos impermeables} \end{cases}$
- $1,4 \leq b' \leq 4$, calculado según:

$$\text{si } A \leq 20\text{km}^2 \quad b' = \frac{Q_{100}}{Q_{10}} \text{ (calculados mediante el m. racional)}$$

$$\text{si } A > 20\text{km}^2 \quad b' > 2, \text{ calibrado con datos de campo}$$

Para periodos de retorno comprendidos entre $T = 10$ y $T = 100$ se puede utilizar la siguiente fórmula, la cual sigue la ley de Gumbel:

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q \cdot \left(\frac{\gamma}{2,3} - 1\right)$$

- $\Delta Q = Q_{100} - Q_{10}$
- $\gamma = \left(-\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)\right)$

2.2.3 Fórmula de transición.

El sentido de utilizar esta fórmula es que los valores para caudal de diseño del método racional pueden ser incluso dos veces superiores a los obtenidos por la fórmula Crupédix. Tiene la siguiente expresión:

$$Q_T = \alpha \cdot Q_T(\text{racional}) + \beta Q_T(\text{Crupédix})$$

- $0 \leq \alpha \leq 1$

En la zona mediterránea

$$\alpha = \frac{50 - A}{40}$$

En el resto de Francia

$$\alpha = \frac{10 - A}{9}$$

- $\beta = 1 - \alpha$

2.2.4 Zona mediterránea.

En el procedimiento de caudal de diseño mediante esta normativa francesa se hace una segregación regional entre una zona mediterránea y el resto de Francia. Así los límites marcados por el periodo de retorno, valor estadístico de definición y calibración de la aplicación de los métodos, cambian de la siguiente manera:

Tabla 2-1 Particularización de la zona mediterránea por la normativa francesa.

Área de cuenca (km ²)	0	1	10	50	100
Zona mediterránea	Racional	Racional	Transición	Crupédix	
Resto de Francia	Racional	Transición	Crupédix	Crupédix	

2.3 Metodología de la norma estadounidense.

La norma *HDS-5* con la que estamos trabajando trata aspectos hidráulicos y de diseño, apoyándose en la norma *HDS-2 (FHWA 2002)* específica de cálculos y modelos hidrológicos para la determinación del caudal máximo de diseño (*peak design flow*).

2.3.1 Métodos de cálculo de caudal de diseño (*peak design flow*).

La normativa americana *Highway Hydrology. HDS-2* es un documento técnico muy potente, que como gran cantidad de normativa técnica estadounidense, es seguido en parte del mundo. Su alcance y complejidad excede el alcance de esta norma, pues está compuesto de metodologías avanzadas de cálculos hidrológicos. La *HDS-5* sí que da indicación de los métodos más adecuados para el cálculo del caudal máximo de diseño, diferenciando entre cuencas vertientes a la ODT que tengan sus parámetros más o menos calibrados. Dichas recomendaciones son:

- Para cuencas calibradas con datos indica el uso de la distribución probabilística Log-Person III.
- Para cuencas sin calibrar recomienda:
 - Ecuaciones de regresión del USGS (U.S. Geological Survey).
 - Método de la descarga punta del NRCS (Natural Resource Conservation Service).
 - Método racional (hasta $A = 0,8 \sim 1 \text{ km}^2$).

Para todos los métodos de cálculo de Q_d establece un periodo de retorno mínimo de 100 años, igual que las normativas anteriores ($T \geq 100$ años).

2.3.2 Hidrología avanzada.

En este documento se tratan aspectos de hidrología más complejos que no aparecen en las otras normas aquí estudiadas, como el almacenamiento del flujo y laminación del hidrograma en cuestión (*storage routing*), el cual puede tener peso en grandes ODTs. No obstante, no considerar esto permite un dimensionamiento más conservador de la infraestructura, del lado de la seguridad.

El documento *HDS-2*, al ser específico de hidrología, es muy extenso y específico. Su contenido no se limita al

cálculo del valor máximo de caudal, que corresponderá al caudal de diseño, sino que abarca métodos y modelos hidrológicos que aportan el hidrograma en el punto vertiente de la cuenca, donde se localiza la ODT. La información de este hidrograma permite conocer la evolución temporal del comportamiento de la obra de drenaje en un episodio de lluvia (asociado a un $T \geq 100$ años), una vez dimensionada la ODT y obtenida su curva de funcionamiento.

2.4 Conexión entre normativas y conclusiones sobre el cálculo hidrológico.

Como hemos observado en este capítulo el parámetro de diseño más importante de una obra de drenaje transversal, el caudal de diseño Q_d , se obtiene mediante cálculos y modelos hidrológicos que tienen una gran base estadística.

Además, los modelos utilizados pueden ser más o menos complejos, y no tienen un rango de aplicación total.

2.4.1 Conexión entre normativas.

Los métodos hidrológicos recomendados (o indicados) por la normativa para obtener Q_d son muy similares:

- Métodos sencillos para cuencas pequeñas, fundamentalmente método racional (limitado su uso según la región estudiada).
- Métodos más complejos para cuencas de mayor tamaño.

No obstante, la calibración de la metodología aplicable a cada cuenca hace que la obtención de los parámetros necesarios para el cálculo difiera entre las distintas administraciones estatales.

2.4.2 Conclusiones.

El caudal de diseño presenta dificultades de cálculo analítico ya que proviene de modelos estadísticos con datos reales tomados en campo, ya sea de caudales reales o de pluviometría, con parámetros de características de la cuenca que deben ser correctamente determinados (calibración). A partir de estos podemos utilizar métodos para calcular el caudal máximo asociado a un periodo de retorno, siendo el más básico y utilizado el método racional (más adecuado para cuencas pequeñas).

Por tanto, se concluye que el aspecto más determinante para la determinación del caudal de diseño (o rango de caudales) es la región de estudio. Y dicho estudio se verá condicionado por los datos disponibles y la recomendación por parte de la administración de qué metodología se debe utilizar (función del área de la cuenca).

En base a los diferentes métodos aquí descritos y a la normativa española aquí estudiada se propone un procedimiento de cálculo según lo indicado en la figura 2-2. Para cuencas de entre 50 y 100 km² se contempla el uso del método de la normativa francesa, que, aunque se ha calibrado con datos propios de su región de aplicación, puede ser de interés. Hay que destacar que los métodos avanzados de hidrología (descritos en la norma *HDS-2*) son los que aportarán un mayor número de resultados, a costa de una también mayor complejidad.

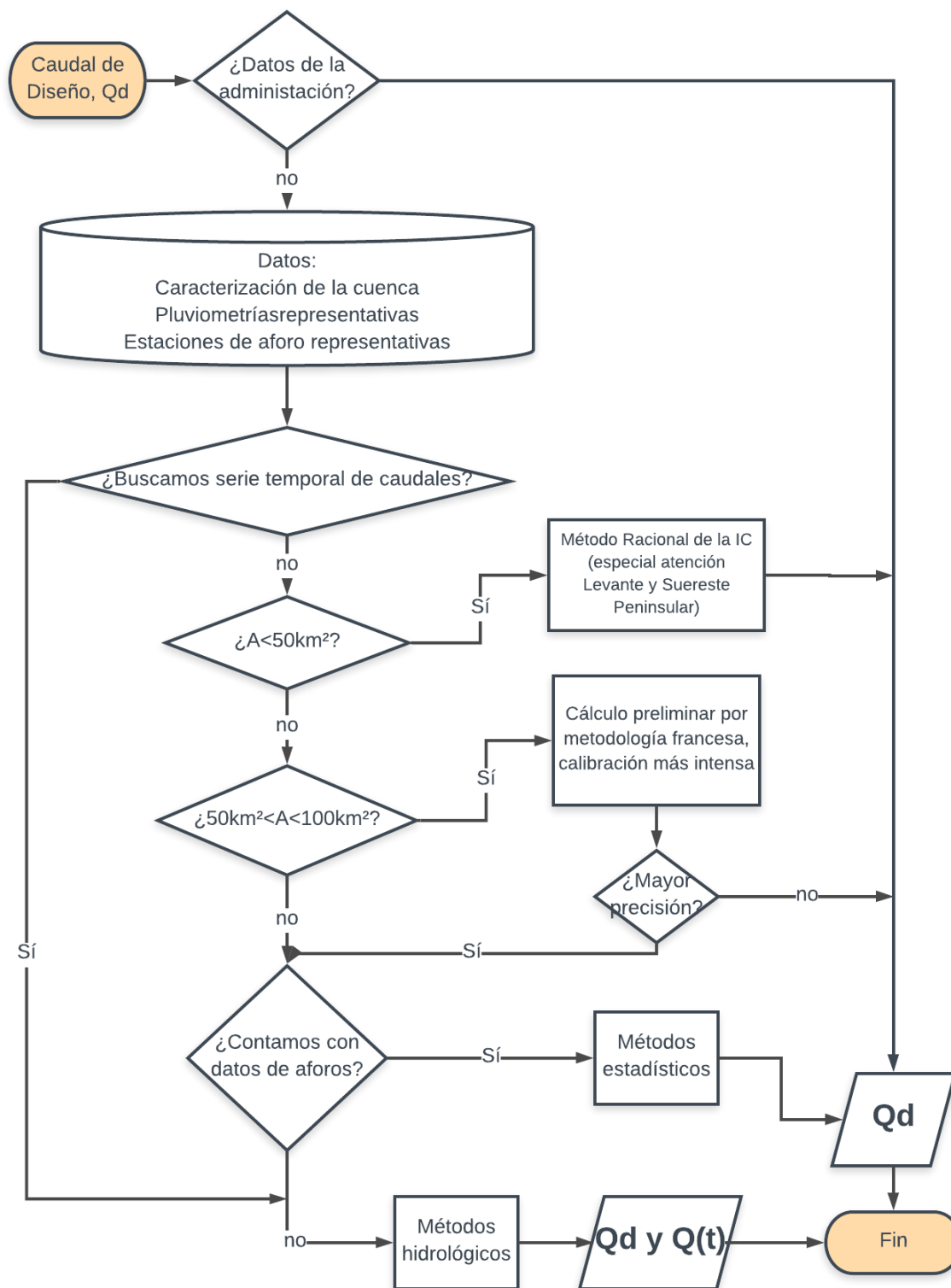


Figura 2-2 Diagrama de flujo final para la elección del método de cálculo del Caudal de Diseño, Q_d .

CÁLCULO HIDRÁULICO. DIMENSIONAMIENTO Y COMPROBACIÓN DE LA ODT.

3.

En el presente capítulo se abordará la cuestión de cómo dimensionar una obra de drenaje transversal a partir del parámetro de caudal de diseño, Q_d descrito en el capítulo interior.

Así pues, se va a realizar una introducción de cómo ha evolucionado el proceso de cálculo, de qué recomienda la normativa actual española y como son aplicables la normativa francesa y la norteamericana de la manera más sencilla posible una vez las crucemos con la nuestra.

3.1 Introducción.

Clásicamente las obras de drenaje se han dimensionado a partir de un prediseño geométrico que satisficiera las necesidades del encaje topográfico de la infraestructura. Posteriormente se ha comprobado el drenaje del caudal de diseño con cartas, ábacos, nomografías y demás material gráfico que posteriormente ha sido sustituido por software informático. Se establece así un método iterativo que seguir hasta converger en una solución óptima, que además de criterios geométricos e hidráulicos incluye otros, fundamentalmente económicos y medioambientales.

Concretando con los criterios hidráulicos que nos ocuparán este capítulo, las obras de drenaje se deben dimensionar para un comportamiento en lámina libre, con un punto de control (condiciones críticas) preferiblemente a la entrada de la obra, sin superar una cota de la lámina de aguas arriba de la ella. Esta última condición establece además el estado límite de servicio desbordamiento (*overtopping*) de la infraestructura, pues una sobreelevación excesiva lleva a que se supere la cota del talud de la carretera (desbordamiento, y además la posible entrada en carga de la obra. Por tanto, la finalidad de los cálculos hidráulicos descritos en este capítulo será establecer los procesos para dimensionar Nuestra ODT y obtener su curva de rendimiento característica, de una manera lo más sencilla posible. Esta curva de rendimiento (Q, H_E) relaciona la altura de la lámina de agua a la entrada de la ODT y el caudal que desagua, y es función de las condiciones de entrada y salida, sección transversal, pendiente y rugosidad (por tanto, material) de la obra de drenaje transversal

Resumiendo, este proceso de diseño parte de datos de caudal y de geometría (restricciones) para obtener mediante una serie de decisiones el diseño de la ODT su curva de rendimiento. optimizada mediante iteración de dicho proceso.

3.2 Comprobación de la norma española 5.2 – IC.

El epígrafe 4.4.4 de la norma 5.2 – IC drenaje de obras de la instrucción de carreteras por el cual se establecen las comprobaciones hidráulicas de las obras de drenaje transversal indica las siguientes prescripciones a considerar en el diseño de una obra de drenaje transversal:

Los tramos enterrados de las ODT son conductos rectos de sección constante entre su entrada y su salida. Cada conducto presenta una curva característica que relaciona el caudal que desagua a través de él, Q , con la cota que alcanza la lámina de agua inmediatamente aguas arriba del conducto, medida a partir de la cota de la solera a su entrada, H_E . Dicha curva es función de su

sección transversal, pendiente, rugosidad y tipos de entrada y salida. En la definición de la curva característica se diferencian distintos tramos dependiendo de las secciones de control que se produzcan:

- Control de entrada, cuando la capacidad de desagüe de la ODT viene dada por la capacidad de la entrada.
- Control de salida, cuando la capacidad de desagüe de la ODT viene dada por la capacidad del conducto o los niveles de agua en el cauce a la salida.
- Desbordamiento a otras cuencas primarias o por encima de la calzada.

Las ODT se deben proyectar para cumplir las siguientes condiciones relativas al caudal de proyecto Q_p :

- Con carácter general deben funcionar con control de entrada. No obstante, en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.
- La sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la presencia de la ODT será el menor valor de entre los dos siguientes:
 - Cincuenta centímetros (50 cm)
 - La correspondiente a una altura de lámina de agua a la entrada del conducto inferior a uno coma dos veces la altura libre del conducto ($H_E < 1,2 H$).

En casos excepcionales, con la conformidad de la Administración Hidráulica, se podrá justificar la utilización de criterios distintos a los anteriores.

Con carácter general, el resguardo libre existente hasta la plataforma debe ser superior a cero coma cinco metros ($r_{ODT} \geq 0,5$ m). No obstante, en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.

Cuando a la entrada o a la salida de una ODT la lámina de agua entre en contacto con el relleno se tendrán en cuenta la velocidad de la corriente y las características del material que lo constituye para disponer las protecciones necesarias.

La velocidad debe ser inferior a la máxima admisible en función del material de la ODT.

A la salida se debe producir la continuidad o expansión del flujo al incorporarse al cauce natural sin generar erosiones ni aterramientos, proyectando las medidas necesarias en su caso. En el proyecto se debe incluir la curva característica de cada ODT, que relaciona el caudal desaguado con la altura de lámina de agua a la entrada (Q, H_E).

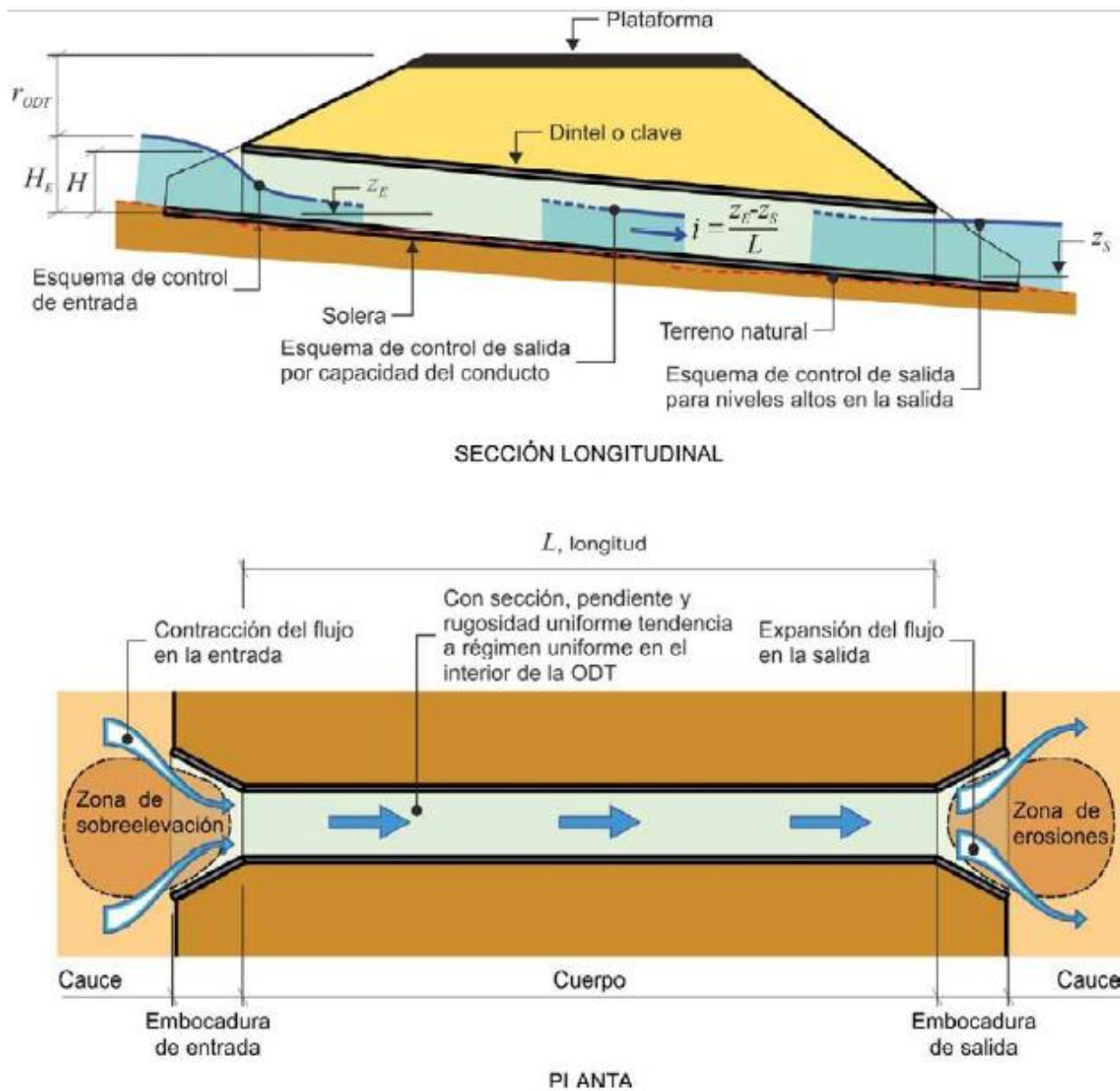


Ilustración 3-1 Esquema de una ODT.

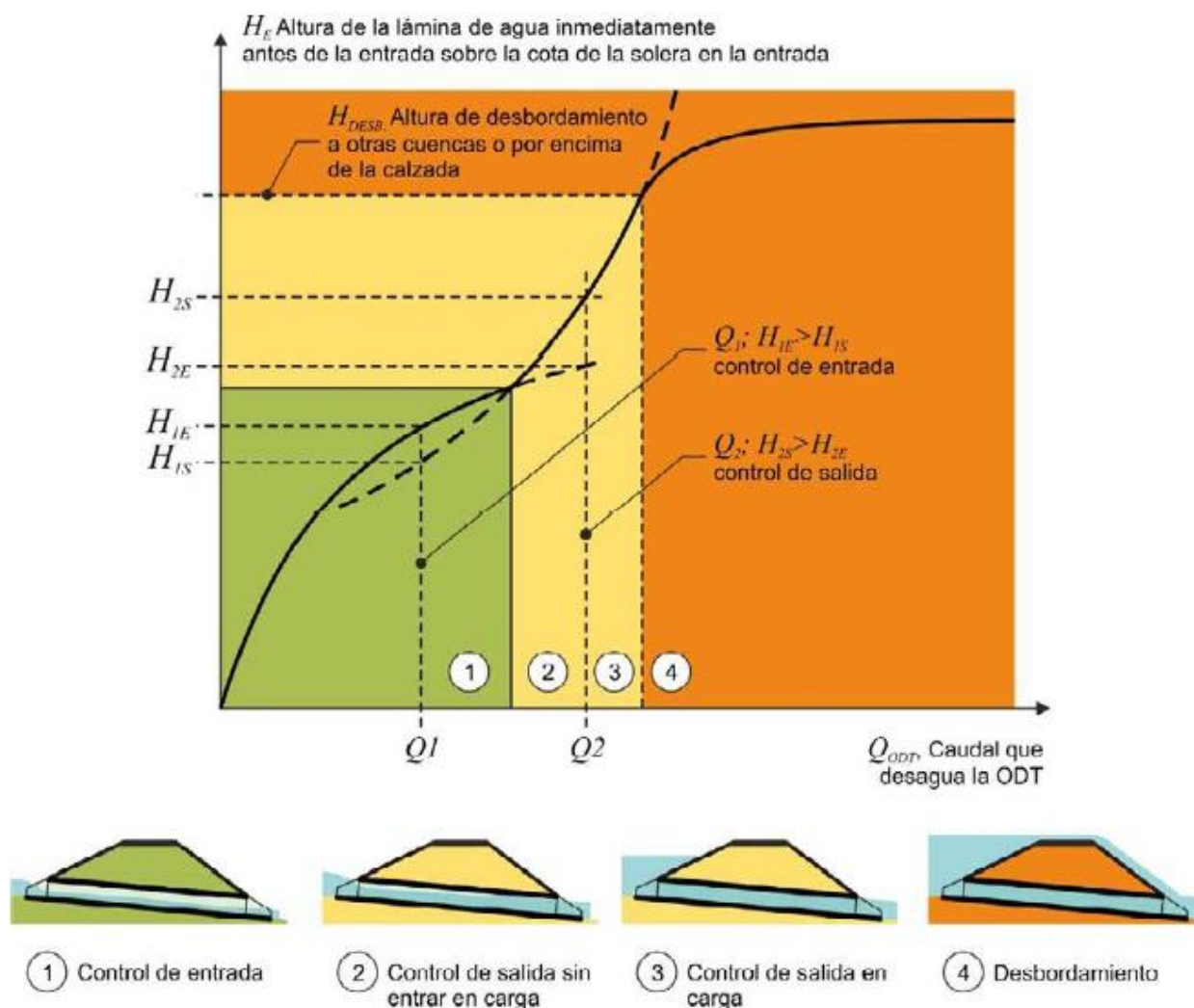


Figura 3-1 Curva característica de una ODT.

3.2.1 Parámetros del cálculo

En el Anexo B se encuentran tablas de valores de diversos parámetros del cálculo hidráulico que habrá que utilizar y cruzar con los métodos a partir de aquí descritos, utilizando para una mayor seguridad siempre el más restrictivo.

3.2.2 Modelos de software

La norma 5.2 – IC indica explícitamente que en el uso de programas informáticos y métodos numéricos deben hacerse pequeñas variaciones de los parámetros para comprobar la estabilidad del modelo.

3.3 Metodología de la norma francesa.

Antes de seguir debemos indicar que la siguiente formulación está pensada para un comportamiento de la ODT en lámina libre, con un llenado de la sección del 75% de la dimensión libre de la misma. Además, se debe de realizar una comprobación para que en un caso excepcional de 1,5 veces el caudal de diseño (para $T=100$ años) no se alcance una insuficiencia de funcionamiento de la ODT, es decir, no desborde. Al igual que la norma española, establece una altura de la lámina aguas arriba del conducto de 1,2 veces la dimensión libre de este. El método comienza calculando aguas abajo de la ODT, es un funcionamiento de control a la salida.

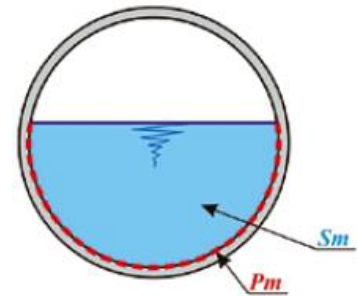
3.3.1 Formulación.

3.3.1.1 Fórmula de Manning-Strickler.

Para calcular el caudal que circula por la sección se utiliza la fórmula de Manning-Strickler para determinar la velocidad de flujo. El área y perímetro mojados de la sección se calculan en función de la altura del calado del flujo en la sección, mediante fórmulas geométricas según sea la forma de la sección transversal.

$$Q = v \cdot S_m$$

$$v = K \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$



donde:

- Q es el caudal que circula por el conducto, en m^3/s .
- v es la velocidad del flujo, en m/s .
- S_m es el área mojada de la sección, en m^2 .
-
- K es el coeficiente de rugosidad de Strickler (corresponde con la inversa del coeficiente de rugosidad de Manning, $K = \frac{1}{n}$). $K = 70$ (para hormigón); $= 25$ (para terreno natural).
- R_h es el radio hidráulico de la sección, que corresponde al área mojada entre el perímetro mojado ($R_h = \frac{S_m}{P_m}$).
- P_m es el perímetro mojado de la sección, en m .
- J es la pendiente del conducto, única y constante, en m/m .

3.3.1.2 Fórmula de Bernoulli y carga específica.

En función de las condiciones de flujo calculadas en la entrada del conducto se calcula la altura de la lámina aguas arriba de la obra, con la ecuación de Bernoulli modificada, estableciendo la cota de fondo como la cota 0.

$$H_e = z + y_e + (1 + K_e) \frac{V_e^2}{2g} = cte$$

donde:

- H_e es la altura de la lámina de agua aguas arriba de la entrada, en m .

- z es la cota de fondo de la entrada del conducto, que establecemos 0, en m.
- y_e es la altura piezométrica en la entrada, en m.
- K_e es el coeficiente de pérdida de carga hidráulica local a la entrada del conducto, según el tipo de embocadura. La norma establece $K = 0,5$ para embocaduras con aletas y $K = 0,7$ para embocaduras proyectadas (sin aletas de transición).
- V_e es la velocidad del flujo en la entrada, en m/s.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².

La elección de y_e se realiza mediante una comparación del calado normal de flujo en el conducto con su calado crítico. Este calado crítico se define como el valor de mínima energía específica de flujo:

$$H_s = y + \frac{V^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gS^2}$$

$$\text{si } y = y_c \rightarrow \frac{Q^2 b_c}{gS^3} = 1$$

donde:

- H_s es el valor de energía específica, en m.
- y es la altura piezométrica, en m.
- V es la velocidad del flujo, en m/s.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².
- Q es el caudal del flujo, en m³/s.
- S es el área de paso del flujo, en m².
- y_c es la altura crítica del flujo, en m.
- b_c es el ancho de la superficie libre de la sección de paso del flujo, en m.

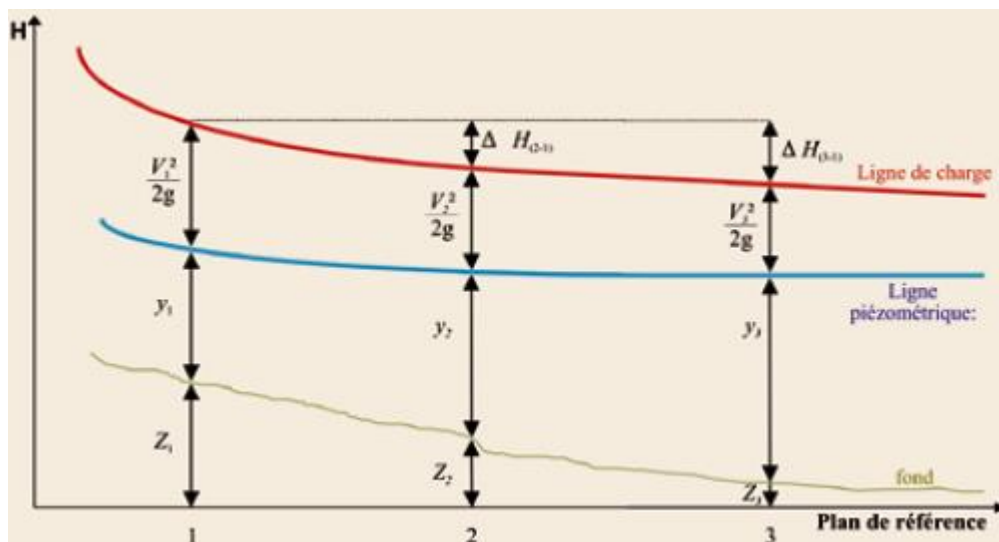


Figura 3-2 Ecuación de Bernoulli.

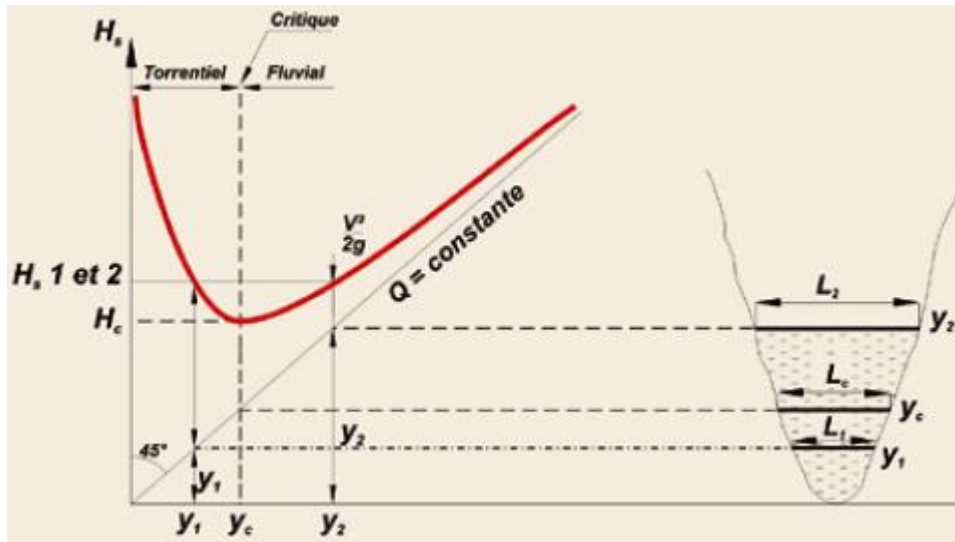


Figura 3-3 Variación de la carga específica, H_s , en función de la altura de la lámina de agua en el conducto, y .

3.3.2 Procedimiento.

- Se parte de un caudal de diseño, para un tiempo de retorno de 100 años. $Q_d = Q_{100}$; $T = 100$ años.
- Primero se busca el régimen de flujo aguas abajo, esto es, que sea supercrítico o subcrítico. Esto se hace comparando los calados normal y crítico del cauce aguas abajo (h_n y h_c respectivamente).
- Seguidamente se prediseña una geometría de ODT que sea compatible con el cauce y el talud de la carretera, es decir el encaje de la estructura determina los límites de las dimensiones geométricas de la obra de drenaje.
- A continuación, se calculan las alturas normal y crítica de la lámina de agua en el interior del conducto (y_n e y_c respectivamente). Si el régimen aguas abajo es subcrítico, en la ODT será de la misma naturaleza. Si por el contrario resulta super crítico, en el interior del conducto podrán darse cualquiera de los dos regímenes. Además, se debe comprobar que la altura normal del flujo se aleja de la crítica.
 - Comportamiento subcrítico en la ODT: $y_n \geq 1,2 y_c$
 - Comportamiento supercrítico en la ODT: $y_n \leq 0,8 y_c$
- Si se dimensiona mediante los ábacos de la norma se debe verificar la pendiente asociada a esta altura normal mediante la fórmula de Manning-Strickler.
- A partir de los datos de flujo obtenidos se establece cual será la altura en la entrada, y_e , siendo la mayor de las calculadas.
- Calculamos el área mojada S_m que corresponde a esta altura y_e de la norma y la consecuente velocidad de paso por la ODT ($V = Q/S_m$). Debe ser menor a la máxima admitida:
 - Según la normativa francesa debe ser inferior a 4 m/s.
 - Según la norma española debe ser inferior a 4,5 m/s en situación normal y hasta 6 m/s en situación extraordinaria. Se tendrá en cuenta este valor al realizar la comparación de metodologías de cálculo.
- A partir de este valor podremos utilizar la fórmula de Bernoulli para calcular la altura aguas arriba de la lámina de agua correspondiente a las condiciones de la ODT. Debe comprobarse el resguardo de la carretera.
- Comprobar el llenado de la sección, que debe ser inferior al 75% ($y_n \leq 0,75 D_L$).

- Verificar que la ODT no desborda para un caudal excepcional de 1,5 veces el caudal de diseño.
- Repetir este proceso de forma iterativa variando los valores de dimensionamiento hasta que cumpla las restricciones y cubra las necesidades de diseño.
- Probar con varios caudales para obtener la curva de funcionamiento.
- Podemos esquematizar el perfil de la superficie libre a partir de estos datos.

Los ábacos necesarios para realizar algunos de los pasos aquí descritos, según un ejemplo contenido en la norma, se pueden encontrar en el Anexo B.

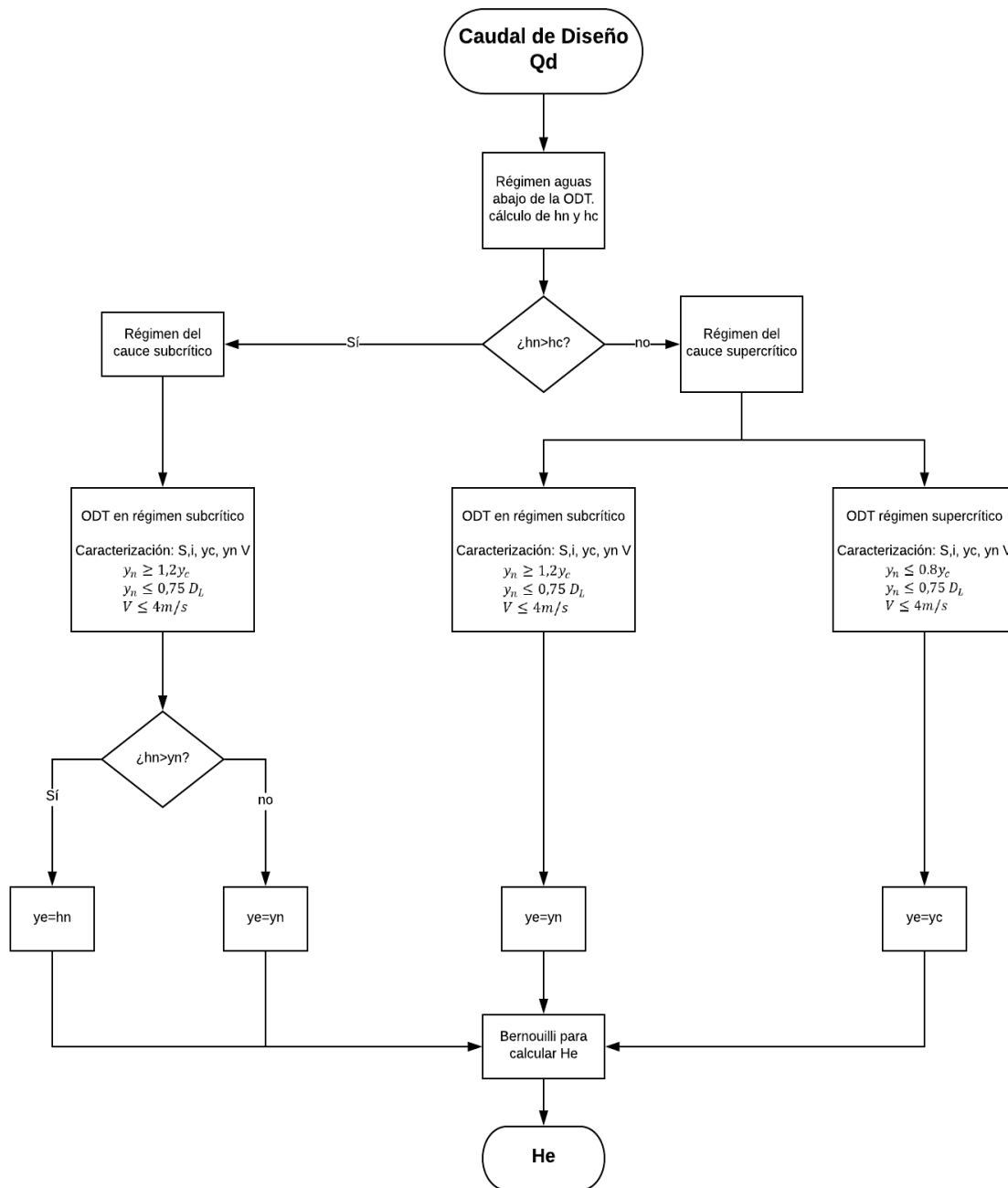


Figura 3-4 Diagrama de flujo del cálculo de He según la normativa francesa.

3.4 Modelo de la norma estadounidense.

La normativa americana es, al igual que en lo referente a hidrología, de una complejidad y extensión técnica muy superior a las demás. El presente apartado, sujeto al alcance de este documento que pretende ser comparativo, se centrará en configuraciones sencillas que contrastar en nuestro estudio.

La normativa establece la mayor diferencia del comportamiento hidráulico en la localización de la sección de control (entrada o salida) y que esta esté sumergida o no. Todo el documento además relaciona con 7 tipos de flujos definidos por la USGS⁴, los cuales utiliza el software HY-8 presentado al final de este capítulo.

Tabla 3-1 Factores que influyen en el diseño de una ODT (estadounidense).

Factores que influyen en el diseño de ODT		
Factor	Control de entrada	Control de salida
Altura de entrada	X	X
Área de la sección	X	X
Forma de la sección	X	X
Configuración de entrada	X	X
Rugosidad del conducto	-	X
Longitud del conducto	-	X
Pendiente del conducto	X	X
Profundidad aguas abajo (<i>tailwater</i>)	-	X

Nota: Para control de entrada la sección referida es la de entrada; para control de salida la sección indicada es la del conducto.

3.4.1 Funcionamiento hidráulico con control en entrada (*inlet control*).

Los factores que influyen en el cálculo de diseño con control de entrada son:

- Altura de entrada H_e .
- Área de la embocadura de entrada. Normalmente coincide con la del conducto, a no ser que tenga una configuración tipo cónica.
- Configuración/tipo de la embocadura de entrada. Es el factor de mayor peso en el rendimiento de las ODTs con control de entrada. Tienen una gran influencia en el comportamiento hidráulico por la pérdida de energía que producen, que puede ser mayor o menor según esta configuración.
- Sección de entrada. Las más usuales son rectangular, circular y elíptica.
- Pendiente del conducto. Tiene poca influencia en el rendimiento de ODTs con control de entrada. Se asume el 2% normalmente.

Hidráulicamente el comportamiento de la ODT con control a la entrada es como si fuera un vertedero de pared gruesa cuando no está sumergido y como un orificio cuando sí lo está. A continuación, se trata la formulación correspondiente y se especifica, además, la correspondencia de los parámetros al aplicarlos a la geometría de una embocadura de ODT.

3.4.1.1 Funcionamiento con control a la entrada como vertedero de pared gruesa.

A continuación, se muestra la fórmula de comportamiento de un vertedero de pared gruesa (o presa, *weir*).

⁴ De las siglas de United States Geological Survey que se traduce como Servicio Geológico de los Estados Unidos.

$$Q = C_d \cdot L \cdot (HW_r)^{3/2}$$

donde:

- Q es el caudal de paso, en m^3/s .
- C_d es el coeficiente de descarga del vertedero.
- L es el ancho de la lamina libre (ancho del vertedero), en m.
- HW_r es altura de flujo sobre el vertedero, en m. Se corresponde con la altura de la lámina aguas arriba de la conducción, en m.

3.4.1.2 Funcionamiento con control a la entrada como orificio.

A continuación, se muestra la fórmula de comportamiento de un orificio (*orifice*).

$$Q = k \cdot a \cdot h^{1/2}$$

donde:

- Q es el caudal de paso, en m^3/s .
- k es el coeficiente de descarga del orificio.
- a es el área del orificio (de la sección transversal de la entrada de la ODT), en m^2 .
- h es altura de flujo sobre el centro del orificio (sobre el centro del área de la entrada), en m.

Es destacable para el funcionamiento hidráulico con control en entrada que si se proporciona a la embocadura de una depresión de la solera (figura 1-14) se consigue una mayor altura de entrada que beneficia a la línea de energía del flujo.

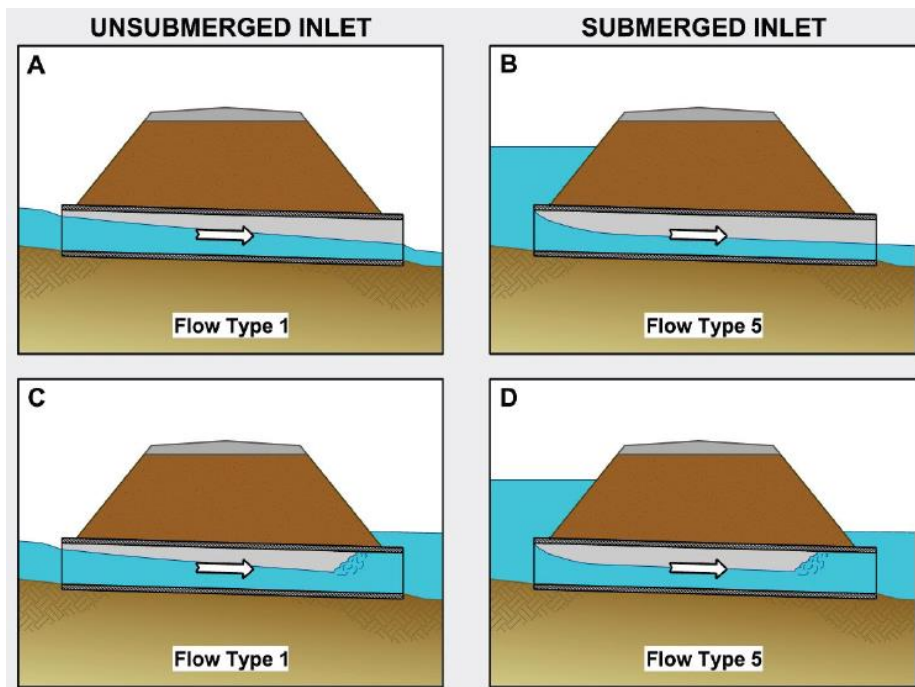


Ilustración 3-2 Comportamientos con control de entrada sumergidos y no sumergidos.

La construcción de la curva de rendimiento será realizada con la envolvente de las curvas de rendimiento de comportamiento sumergido y no sumergido interpoladas por una zona de transición que sea tangente a ambas curvas (figura 3-6).

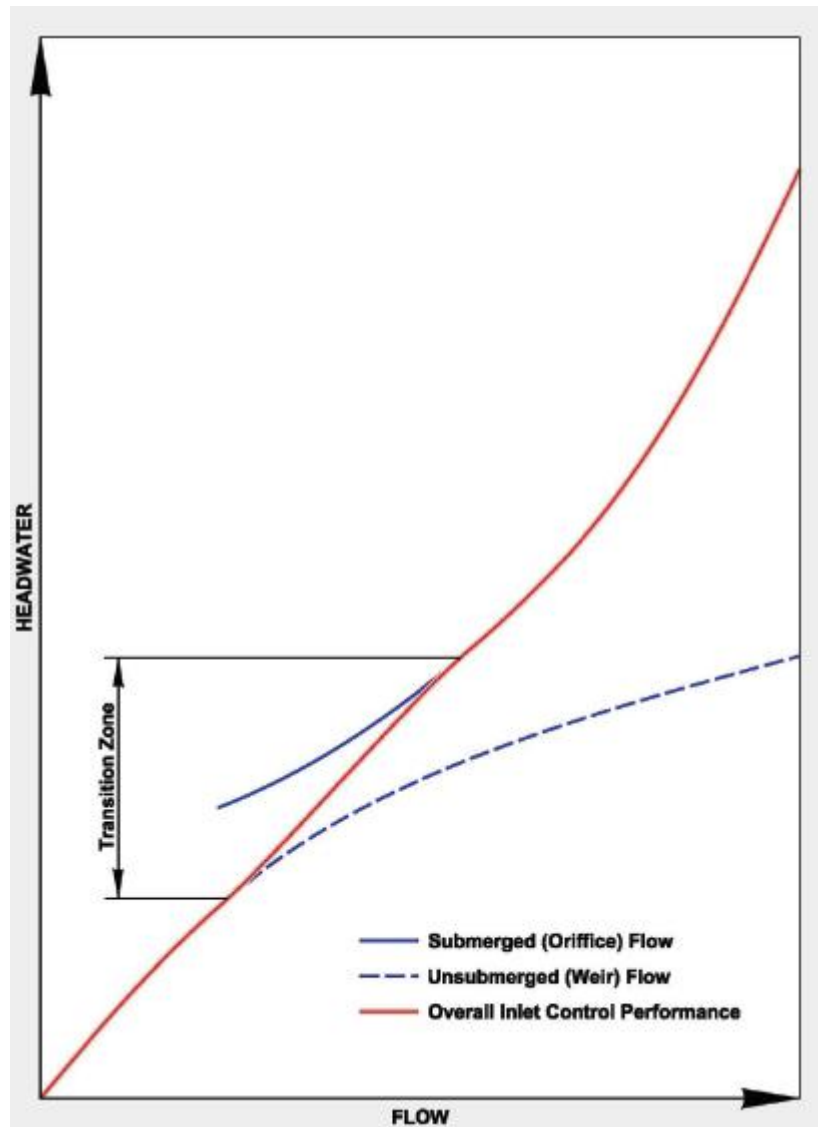


Figura 3-5 Curva de rendimiento de una ODT con control de entrada.

3.4.2 Funcionamiento hidráulico con control en salida (*outlet control*).

Al igual que con control en entrada distinguimos las situaciones sumergidas y no sumergidas en la sección de control (salida). Cuando el conducto al completo está inundado el flujo es subcrítico.

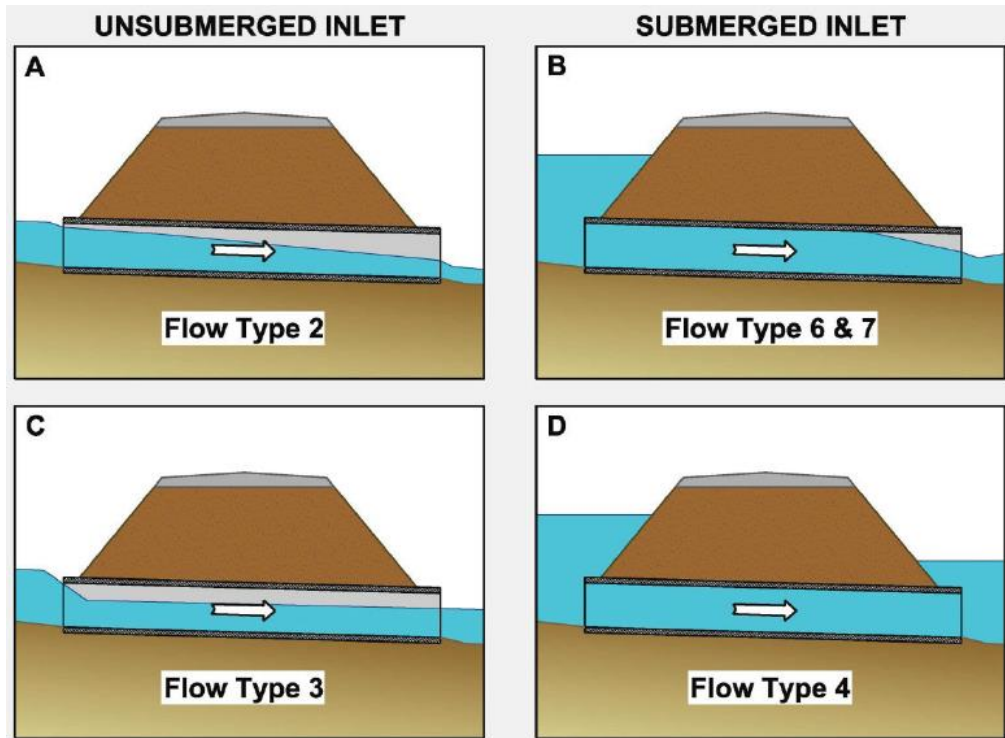


Ilustración 3-3 Comportamientos con control de salida sumergidos y no sumergidos.

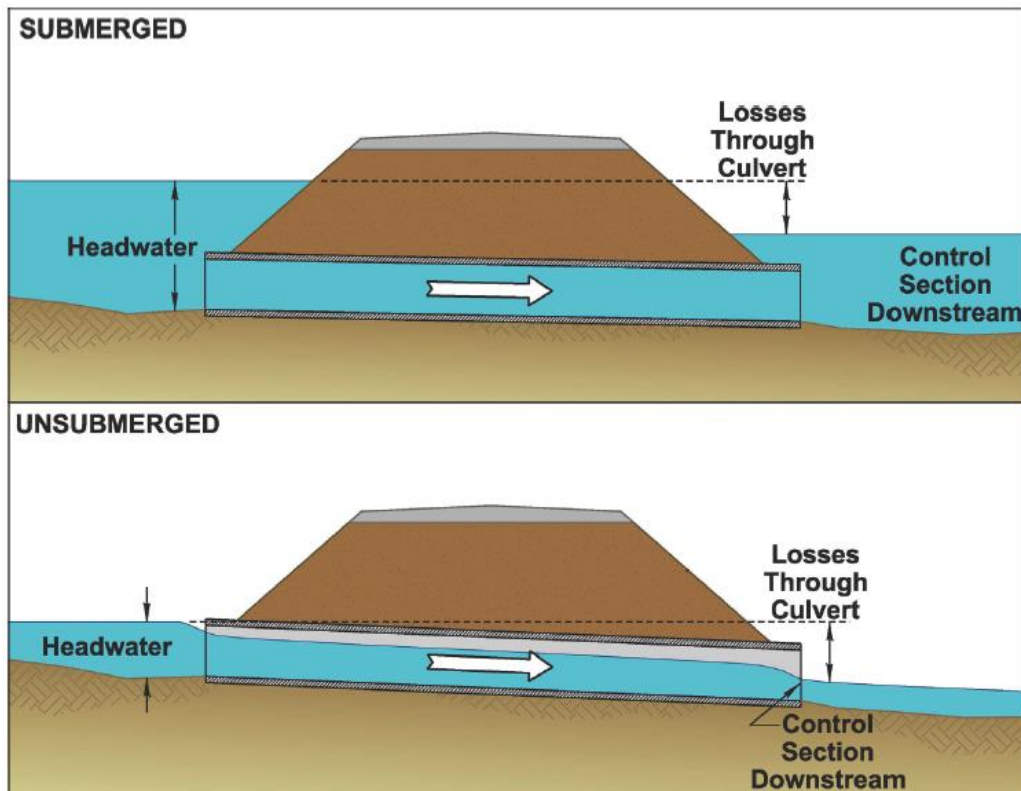


Ilustración 3-4 Condiciones habituales de flujo con control en salida.

Los factores que influyen en el cálculo hidráulico de una ODT con control en salida son los mismo que para el control de entrada y además los siguientes:

- Sección del conducto. Por orden de eficiencia están la rectangular, la de arco y la circular (mayor ancho para una misma longitud libre de sección).
- Longitud del conducto. Suele ser un valor que depende del talud de la carretera, por lo que se sabe una dimensión aproximada a priori.
- Pendiente del conducto. Dependiendo del tipo de flujo USGS tendrá importancia o no.
- Elevación del flujo aguas abajo de la ODT.

3.4.2.1 Ecuaciones de control en salida sumergida.

El comportamiento a sección llena de la ODT es el mejor tipo de flujo para describir el cálculo manual hidráulico de control en salida. Las condiciones de flujo de control en salida se pueden calcular en función del balance de energía descrito a continuación:

La energía total (H) requerida para pasar el flujo a través del conducto está compuesta por la pérdida de entrada (ΔH_e), las pérdidas por fricción a través del cañón (ΔH_f) y la pérdida de salida (ΔH_o). Deben incluirse otras pérdidas, incluidas las pérdidas por flexión (ΔH_b), las pérdidas en las uniones (ΔH_j) y las pérdidas en las rejillas (ΔH_g), según corresponda.

$$H = \Delta H_e + \Delta H_f + \Delta H_o + (\Delta H_b + \Delta H_j + \Delta H_g)$$

donde:

- $\Delta H_e = K_e H_v$
 - ΔH_e es la variación (pérdida) de energía en la entrada, en m.
 - K_e es el coeficiente de pérdida de carga local en la entrada del conducto.
 - H_v es la altura específica, en m. $H_v = \frac{V^2}{2g}$.
 - V es la velocidad de flujo, en m. $V = \frac{Q}{S}$.
 - g es la aceleración de la gravedad, en m/s^2 .
 - Q es el caudal del flujo, en m^3/s .
 - S es el área de paso del flujo, en m^2 .
- $\Delta H_f = \left(\frac{K_u \cdot n^2 \cdot L}{R_h^{\frac{4}{3}}} \right) \frac{V^2}{2g}$;
 - ΔH_f es la variación (pérdida) de energía por fricción, en m.
 - V es la velocidad de flujo, en m. $V = \frac{Q}{S}$.
 - g es la aceleración de la gravedad, en m/s^2 .
 - n es el coeficiente de fricción de Manning.
 - L es la longitud del conducto, en m.
 - R_h es el radio hidráulico, en m.
 - K_u es un coeficiente de pérdida de carga. $K_u = 19.63$ (SI).
- $\Delta H_o = 1,0 \left(\frac{V^2}{2g} - \frac{V_d^2}{2g} \right)$ ($= H_v$);
 - Suele desestimarse el valor de la velocidad a la salida (V_d). Para algún cálculo específico puede ser multiplicado por un factor diferente a 1,0. HY-8 utiliza $\Delta H_o = H_v$.

- ΔH_f es la variación (pérdida) de energía por fricción, en m.
- H_v es la altura específica, en m. $H_v = \frac{V^2}{2g}$.
- V es la velocidad de flujo, en m. $V = \frac{Q}{S}$.
- V_d = Velocidad a la salida (aguas abajo), en m/s. Es despreciable.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².

Finalmente se obtiene la altura de la lámina de aguas arriba de la ODT como la altura de energía total, que despreciando las pérdidas secundarias (por flexión, uniones y rejillas) se expresa como:

$$H_e = H = \left(1 + K_e + \frac{K_u \cdot n^2 \cdot L}{R_h^{\frac{4}{3}}} \right) \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- H_e es la altura de la lámina de agua aguas arriba de la entrada, en m. En la norma aparece como H_w ó HW_0 (de *headwater*).
- H es la altura de energía total, en m.
- K_e es el coeficiente de pérdida de carga local en la entrada del conducto.
- V es la velocidad de flujo, en m. $V = \frac{Q}{S}$.
- g es la aceleración de la gravedad, en m/s².
- n es el coeficiente de fricción de Manning.
- L es la longitud del conducto, en m.
- R_h es el radio hidráulico, en m.
- K_u es un coeficiente de pérdida de carga. $K_u = 19.63 (SI)$.

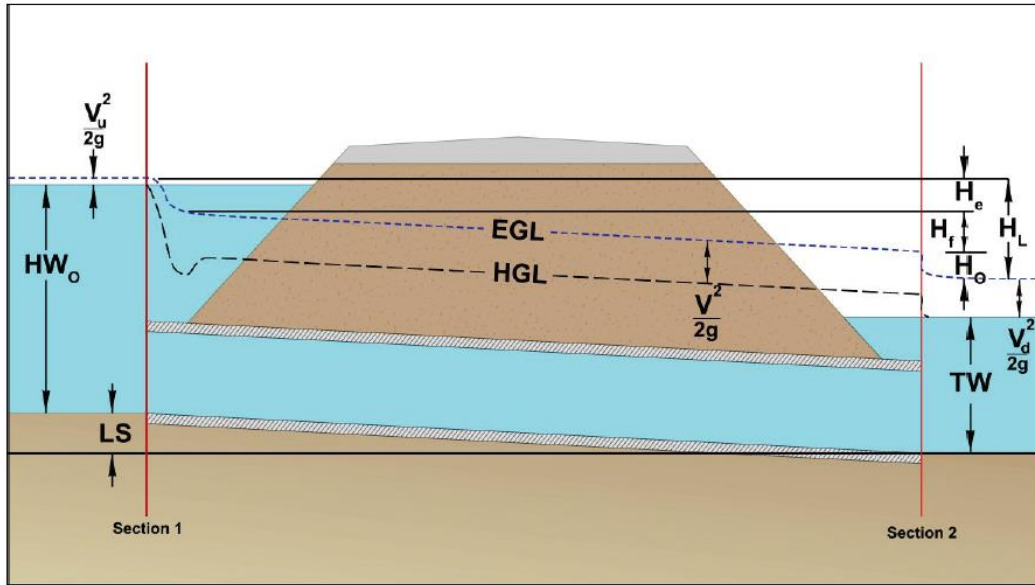


Figura 3-6 Esquema de líneas de energía de flujo con control en salida y conducto sumergido.

$$HW_o + LS + \frac{V_u^2}{2g} = TW + \frac{V_d^2}{2g} + H \rightarrow HW_o = TW + H - LS$$

donde:

- HW_o = Altura de la columna de agua a la entrada, en m.
- H es la altura de energía total, en m.
- V_u = Velocidad de aproximación a la entrada (aguas arriba), en m/s. Tiene valor 0 en la figura 3-6.
- TW = Altura de la columna de agua a la salida, en m.
- V_d = Velocidad a la salida (aguas abajo), en m/s. Es despreciable.
- LS = Diferencia entre las cotas de entrada y salida.

3.4.2.2 Ecuaciones de control en salida no sumergida

Introduce la pendiente hidráulica:

$$S_f = \frac{\Delta H_f}{L} = \frac{K_u \cdot n^2 \cdot V^2}{R_h^{4/3} \cdot 2g}$$

donde:

- S_f es la pendiente hidráulica, en m/m.
- ΔH_f es la variación (pérdida) de energía por fricción, en m.
- L es la longitud del conducto, en m.
- K_u es un coeficiente de pérdida de carga. $K_u = 19.63$ (SI).
- n es el coeficiente de fricción de Manning.
- R_h es el radio hidráulico, en m.
- V es la velocidad en el conducto, en m/s.
- G es la aceleración de la gravedad, en m/s².

Según estudios realizados por instituciones competentes hay un límite aguas abajo. Si la columna de agua aguas

abajo es inferior a este valor lo tomamos como condición inicial para calcular el perfil del flujo (desde la sección de control en salida hacia aguas arriba). Si el valor es superior se tomará dicho valor para hacer el mismo proceso. Dicho límite es:

$$h_{min} = \frac{d_c + D_l}{2}$$

donde:

- h_{min} es la altura mínima de la columna de agua a la salida del conducto, en m.
- d_c es la altura de la lámina de agua en la sección de salida, en m.
- D_l es la dimensión libre del conducto, en m.

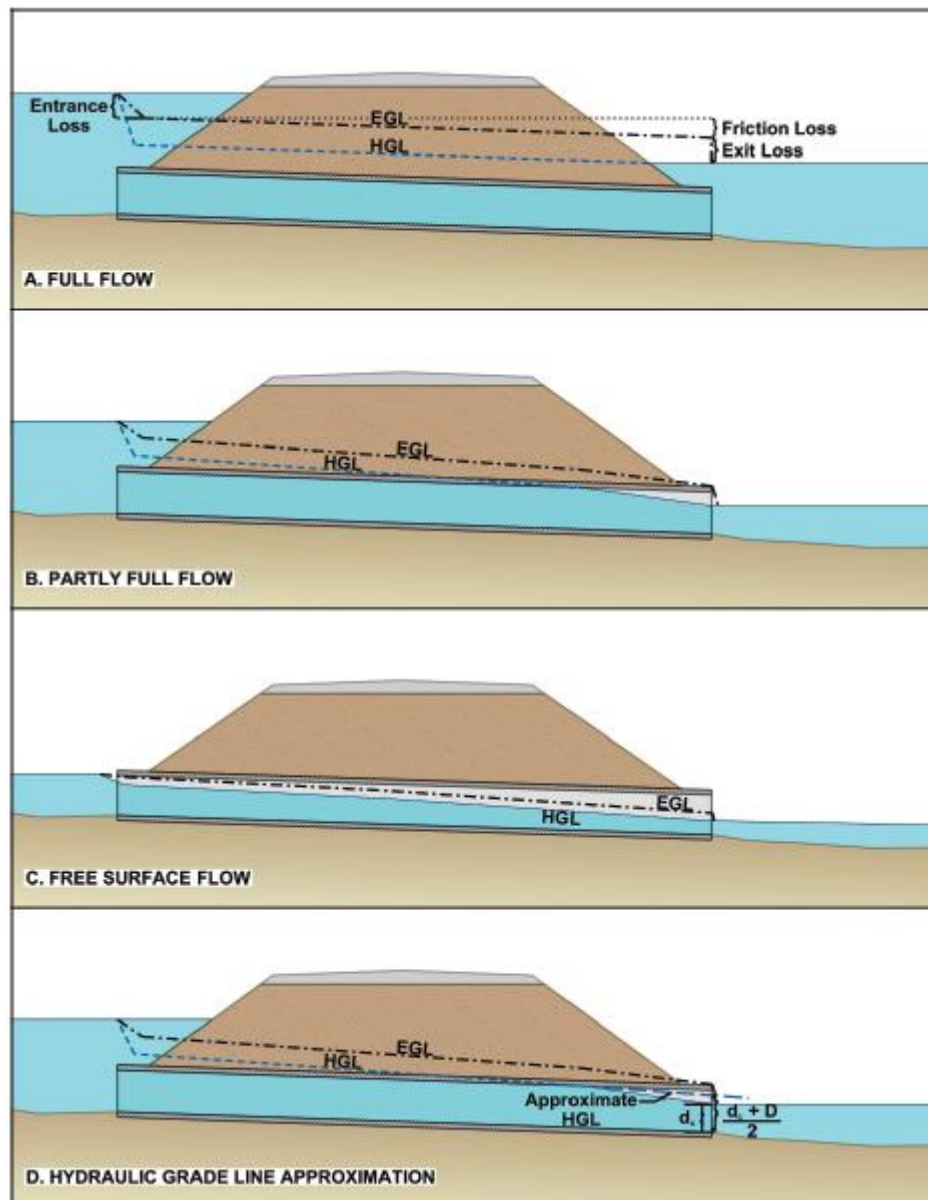


Ilustración 3-5 Diferentes configuraciones de las líneas de energía con control en salida

3.4.3 Desbordamiento (*roadway overtopping*).

Cuando la capacidad hidráulica de la ODT no es suficiente la lámina de agua sube tanto que sobrepasa la cota

de la plataforma superior, esta funciona como un aliviadero de pared gruesa. Este es un caso que según la normativa española no debemos alcanzar. No obstante, la normativa americana lo contempla como caso excepcional y debemos saber, al manejar el programa HY-8 por ejemplo, que nos puede aparecer dicha situación. En tal caso deberemos redimensionar nuestra obra de drenaje.

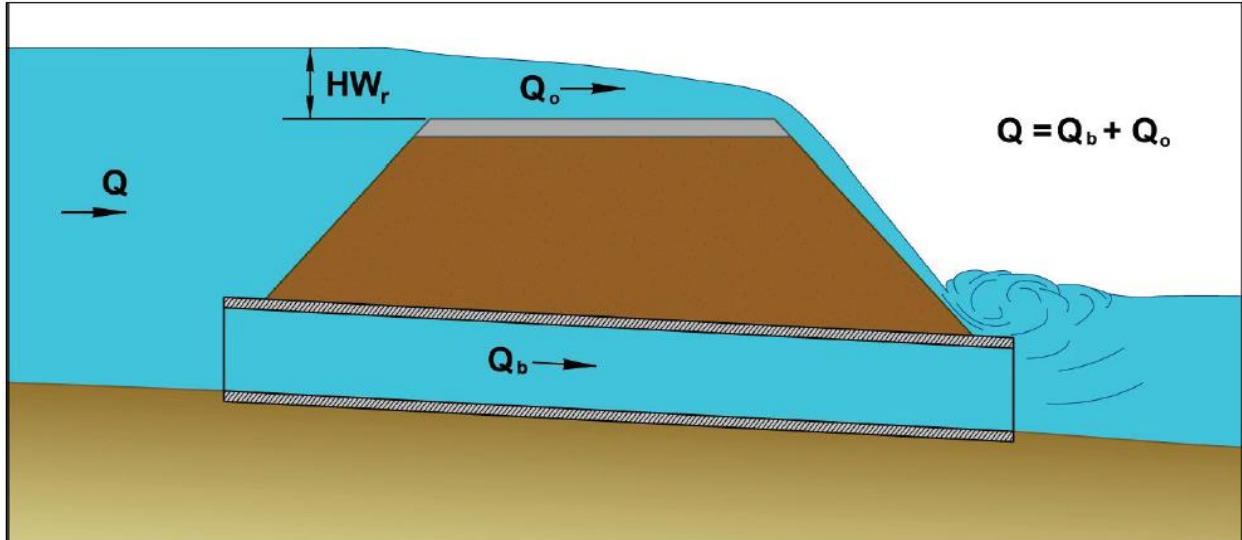


Ilustración 3-6 Situación excepcional de desbordamiento (*overtopping*)

3.4.4 Curva de rendimiento.

Una vez establecida una geometría el siguiente proceso es comprobar el comportamiento con un rango de caudales. Según este rango de caudales el comportamiento de la ODT será con control en entrada o en salida. Según este procedimiento se obtienen 3 curvas:

- Comportamiento con control en entrada.
- Comportamiento con control en salida.
- Comportamiento por desbordamiento (que debemos evitar).

Al realizar la envolvente de estas curvas superpuestas obtendremos la curva real de comportamiento de la ODT, como se puede ver en la figura 3-7

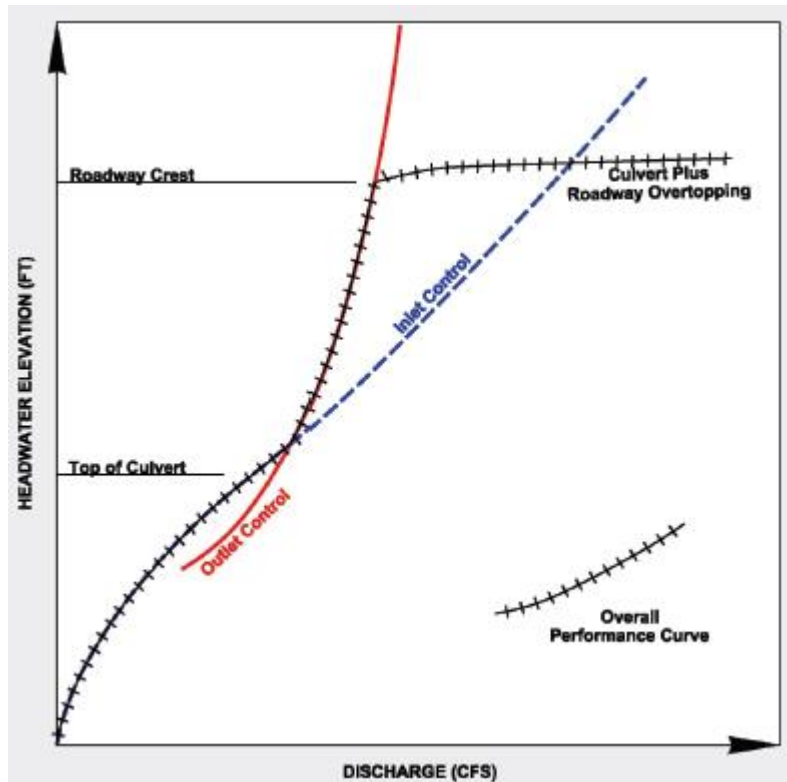


Figura 3-7 Ejemplo de curva de rendimiento teniendo en cuenta control en entrada, en salida y desbordamiento.

3.4.5 Consideraciones especiales.

La norma norteamericana es, como se ha comentado, de una mayor complejidad a las demás aquí tratadas, aceptando más casos de diseño y funcionamiento de ODT. Esto repercute en que el alcance de detalle en cuestiones menos básicas del diseño de las ODT (*culvert*) es bastante extenso. A pesar de que están fuera del alcance de este documento se van a indicar cuales son estos aspectos:

- Pendientes nulas o negativas.
- Embocaduras de entrada cónicas.
- Función como paso de fauna.
- Función como punto de control de toma de datos (aforo).
- Diseño con funcionamiento sifónico.
- Diseño con tramos curvos.
- Diseño con uniones de varios tramos.
- Diseños de pendientes elevadas.
- Diseños con múltiples conductos.
- Problemas de erosión/socavación y sedimentación.
- Disipación de energía.

Otro aspecto que comentar es que a parte de la formulación aquí recogida comprende una gran cantidad de material de aplicación al cálculo tal como ábacos (o nomografías) y cartas o fichas para realizar el diseño de la ODT, algunas específicas para casos especiales como ODT de entrada cónica. No se incluirán en el material aquí recogido, por lo que recomienda dirigirse al documento original para mayor información (Apéndice C de la norma)

3.4.6 Procedimiento implementado en el modelo HY-8

En este capítulo ha sido expuesta una metodología de cálculo que es tediosa de realizar manualmente por su complejidad y consideración de estados diversos. No obstante, está implementada en el software HY-8, que se va a usar para el estudio comparativo.

Dentro de la variedad de softwares existentes HY-8 es el más específico para diseño de ODT que acepta una detallada configuración de la infraestructura y la obtención de la correspondiente curva de funcionamiento. Los inputs del programa diferencia entre las características del cruce canal-carretera (*crossing properties*) y las del conducto (*culvert properties*), permitiéndote analizar varias *culverts* simultaneas para un mismo cruce. Se pueden agrupar por tanto los inputs en:

- Rango de caudales de estudio.
- Geometría del canal aguas abajo.
- Geometría de la sección de carretera, perpendicular a la ODT.
- Geometría del conducto, excepto la pendiente.
- Encaje longitudinal del conducto.

Las ecuaciones originales para el software estaban ajustadas con un polinomio de orden 5 y se desarrollaron para ser tan precisas como la solución de ábacos de la norma (una variación máxima del 10%). En HY-8 siguen funcionando dentro del rango de altura de la lámina aguas arriba (*HW*) de 0,5D a 3,0D (siendo D la dimensión libre del conducto). complementadas con una ecuación de vertedero para el rango de 0,0D a 0,5D y una ecuación de orificio para valores superiores a 3,0D.

Realiza los cálculos con hipótesis de flujo estacionario gradualmente variado (curvas S, M y H) que establecen diferentes perfiles de la lámina de agua y zonas de transición (puntos de control de calado crítico) y con los diferentes tipos de flujo establecidos por la USGS. Además, establece unos índices para la situación de contorno aguas abajo: n(normal), c(critica), t (*tailwater*, elevación diferente) y f (*full*, lleno, sumergido).

Tabla 3-2 Flujos tipo de la USGS. Utilizados por HY-8

Tipo Flujo	Control	Entrada sumergida	Salida sumergida	Cantidad de longitud a sección llena
1	entrada	no	no	ninguna
5	entrada	sí	no	ninguna
2	salida	no	no	ninguna
3	salida	no	no	ninguna
4	salida	sí	sí	toda
6	salida	sí	no	la mayoría
7	salida	sí	no	parte

Esto nos permitirá dimensionar de manera rápida y comprobar lo dimensionado mediante otro método

3.5 Conclusiones sobre metodología de cálculo hidráulico.

El diseño hidráulico de una obra de drenaje transversal, como se ha observado, es un proceso que se enmarca en una serie de restricciones y toma de decisiones de dimensionamiento para posteriormente calcular el funcionamiento hidráulico del mismo, optimizándolo de forma iterativa.

La normativas francesa y estadounidense están a muy diferente nivel y con enfoques igualmente dispares. La primera presenta un método más sencillo y abaricable de forma manual, con rangos de valores más conservadores y del lado de la seguridad, ajustándose a unas restricciones y recomendaciones parecidas a la de la norma española. La segunda por el contrario es un texto mucho más extenso, complejo y completo, que acepta y analiza más detalladamente otros comportamientos hidráulicos.

Además, la normativa estadounidense cuenta con un programa informático de libre acceso que hace manejable su formulación y permite una aplicación rápida y cómoda, teniendo en cuenta las restricciones del modelo en el que nos encontramos al utilizarlo.

Por tanto, la metodología más adecuada, cruzando dichas normativas, es la que se presenta a continuación en el diagrama de flujo de la figura 3-8. Se considera que satisface de forma simplificada el diseño de una obra de drenaje transversal y permite contrastar resultados, siendo mejor la metodología implantada mediante el software HY-8 por su mayor número de outputs.

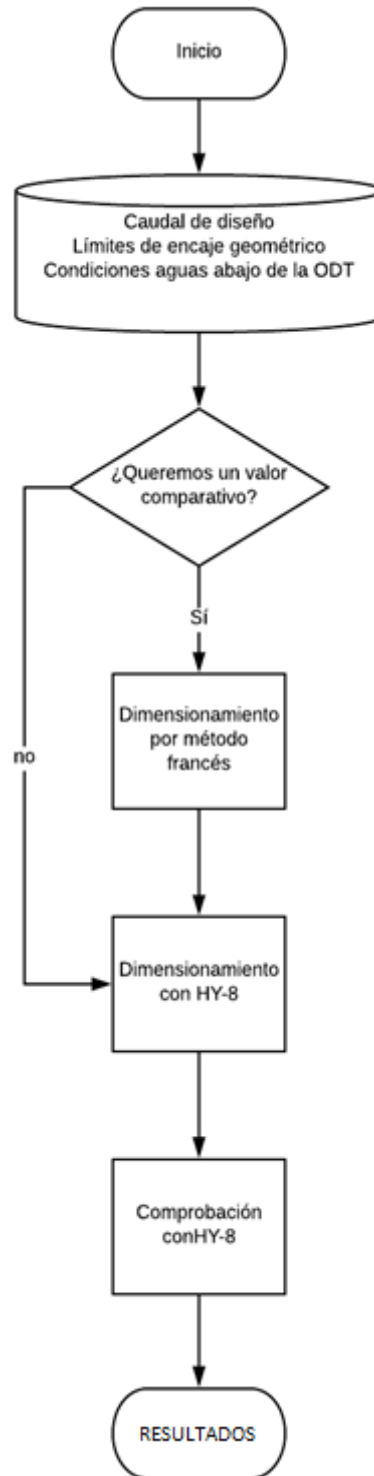


Figura 3-8 Diagrama de flujo del procedimiento recomendado para el dimensionamiento de una ODT.

COMPARATIVA APLICADA DE LOS MODELOS

4.

En este capítulo se va a realizar la comparativa de las metodologías de cálculo de ODTs. Se han utilizado HY-8 y la hoja de cálculo habilitada para macros que automatiza el método de cálculo de la normativa francesa seguida en este documento.

4.1 Introducción.

Se debe recordar que el objetivo es analizar y comparar las normativas elegidas, sus metodologías de cálculo y la aplicación de estos. Para ello se han estudiado un total de 60 casos teóricos. Los resultados de la aplicación de dichas metodologías se encuentran en el ANEXO C, al final de este documento.

A partir de los resultados obtenidos y su posterior análisis, se pretende conocer el comportamiento de los distintos métodos según la configuración de una ODT. Dichas configuraciones se clasifican en base a unos parámetros (descritos posteriormente) y las restricciones de las normas ya descritas.

4.2 Metodología seguida.

Para realizar el análisis descrito se ha seguido una metodología que se describe a continuación.

Los resultados de los modelos se obtienen como curvas de funcionamiento de la ODT, esto es, alturas de lámina de agua [m] en función de un caudal [m³/s] para una geometría dada.

Primero, era determinante elegir las variables de los modelos (cuya discretización se justifica posteriormente) entre los numerosos parámetros que presenta una Obra de Drenaje Transversal de carreteras. Dichas variables han sido:

- El canal de aguas abajo (*tailwater channel*) estableciéndose unas características geométricas de este que modifiquen o no las variables hidrodinámicas en el conducto. Se han denominado los casos **desfavorables** y **favorables**, respectivamente.
- La pendiente de la propia ODT, siendo este un valor con notable influencia en la velocidad del flujo interior de la infraestructura y por tanto de la capacidad de desagüe de esta, cuando funciona con control a la salida. Se utilizan tres valores distintos, que son: 0.5%, 1% y 5%.
- La sección transversal de ODT, subdividida en forma circular y rectangular, y en diferentes áreas de sección. Un total de 10 secciones (5 circulares y 5 rectangulares).

Tabla 4-1 Resumen de los casos de estudio en función de las variables elegidas.

Canal aguas abajo Favorable						Canal aguas abajo Desfavorable					
0.5%		1%		5%		0.5%		1%		5%	
Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular
D=0,8m	A=2x1,5m ²	D=0,8m	A=2x1,5m ²	D=0,8m	A=2x1,5m ²	D=0,8m	A=2x1,5m ²	D=0,8m	A=2x1,5m ²	D=0,8m	A=2x1,5m ²
D=1m	A=2x2m ²	D=1m	A=2x2m ²	D=1m	A=2x2m ²	D=1m	A=2x2m ²	D=1m	A=2x2m ²	D=1m	A=2x2m ²

D=1,2m	A=3x2m ²	D=1,2m	A=3x2m ²	D=1,2m	A=3x2m ²	D=1,2m	A=3x2m ²	D=1,2m	A=3x2m ²	D=1,2m	A=3x2m ²
D=1,5m	A=4x2m ²	D=1,5m	A=4x2m ²	D=1,5m	A=4x2m ²	D=1,5m	A=4x2m ²	D=1,5m	A=4x2m ²	D=1,5m	A=4x2m ²
D=1,8m	A=3x3m ²	D=1,8m	A=3x3m ²	D=1,8m	A=3x3m ²	D=1,8m	A=3x3m ²	D=1,8m	A=3x3m ²	D=1,8m	A=3x3m ²

Seguidamente era necesario establecer un alcance del cálculo. Con este fin, se han definido estas 2 limitaciones:

- Limitar la altura aguas arriba de la entrada, H_e (o *headwater*, H_w) a $1.2D$, siendo D la altura interior de la obra (que coincide con el diámetro para secciones circulares). Esta restricción se ha aplicado a ambos modelos, ya que aparece en las normativas de drenaje de carreteras tanto española como francesa.
- Limitar la altura en la entrada (y_e) al 75% de D ($0.75D$), siendo D la altura interior de la obra (que coincide con el diámetro para secciones circulares). Esta restricción propia de la instrucción del Sétra (normativa francesa) ha sido aplicada al modelo correspondiente.

Posteriormente se han utilizado las metodologías de cálculo y obtenido los caudales para cada configuración geométrica (en función de las variables descritas) que alcanzaban estas limitaciones. Es de especial interés el dato de HY-8 de funcionamiento de la obra con control en la entrada o control en la salida, el cual se ha recogido. El método de cálculo indicado por la normativa del Sétra sólo considera funcionamiento con control en la salida.

Hay que destacar que para los casos de ODTs con secciones circulares, pendiente de 5% y un canal desfavorables aguas abajo se ha aumentado el alcance de cálculo, hasta el punto en el que convergían ambos modelos de cálculo, lo cual se detalla más adelante en las conclusiones.

Finalmente, se han ordenado y analizado los resultados obtenidos comparando ambos modelos. Además, han sido extraídas conclusiones sobre la repercusión de cada variable utilizada.

Una vez concluido este análisis comparativo se ha intentado establecer unas indicaciones de qué diferencias más sustanciales existen entre ambos modelos y si su aplicación en territorio español o francés (o lo que es lo mismo, bajo la correspondiente normativa) es determinante para el dimensionamiento de la Obra de Drenaje Transversal.

4.3 Justificación de la discretización de las variables de cálculo.

4.3.1 Canal aguas abajo (*tailwater channel*).

La configuración del canal determina la elevación de la lámina de agua en el mismo, que a su vez es una condición de contorno a la salida de la ODT, y por eso puede ser relevante su influencia en el perfil hidráulico de la misma. Considerando que el funcionamiento de la ODT mediante el método de cálculo francés es con control a la salida, se ha utilizado el canal aguas abajo como una variable. Además, esto reproduce un condicionante real que afecta en las situaciones más desfavorables, que es cuando una ODT vierte a un canal con un cierto nivel de agua. Se va a establecer una configuración geométrica del canal aguas abajo favorable (no influyente) y otra desfavorable (que condiciona negativamente el comportamiento de la ODT) consiguiendo una capacidad hidráulica al canal aguas abajo mayor o menor, respectivamente, que la obra de drenaje.

- Favorable: pendiente del 5% y coeficiente de Manning de 0.014 (correspondiente a un canal de hormigón). La sección será trapezoidal, con el ancho de base menor de 4 metros y una pendiente de talud 1:1.
- Desfavorable: pendiente de 0,2% y coeficiente de Manning de 0.04 (correspondiente a un canal de terreno natural). La sección será trapezoidal, con el ancho de base menor de 4 metros y una pendiente de talud 1:1.

4.3.2 Pendiente del conducto.

Se ha discretizado la pendiente de la obra en 3 posibles, las cuales han sido elegidas por considerarlas suficientemente diferentes, y que consiguen velocidades cuantitativamente distintas. Son las siguientes:

- 0.5%. Considerándolo un valor menor.
- 1%. Considerándolo un valor intermedio.
- 5%. Considerándolo un valor mayor.

4.3.3 Sección transversal.

Dado que las secciones más habituales son las circulares y las rectangulares, se han elegido estas dos, en dimensiones habituales en la ejecución de una ODT. Además, han sido discretizadas en aumento del área de la sección. Son las siguientes.

- Circular de diámetro 800mm. Aproximadamente 0,5 m².
- Circular de diámetro 1000mm. Aproximadamente 0,79 m².
- Circular de diámetro 1200mm. Aproximadamente 1,13 m².
- Circular de diámetro 1500mm. Aproximadamente 1,77 m².
- Circular de diámetro 1800mm. Aproximadamente 2,55 m².
- Rectangular de 2x1.5m². 3 m².
- Rectangular de 2x2m². 4 m².
- Rectangular de 3x2m². 6 m².
- Rectangular de 4x2m². 8 m².
- Rectangular de 3x3m². 9 m².

4.4 Configuración de los modelos

La caracterización de una ODT se realiza a través de numerosos parámetros (como se ha descrito en los primeros capítulos de este estudio). Además, HY-8 exige una configuración más exhaustiva que la metodología francesa. Se va a describir a continuación las configuraciones que han sido utilizadas en cada uno de los programas.

4.4.1 Configuración de HY-8.

Las primeras opciones de configuración exigidas por el programa se ejemplifican en la siguiente ilustración. Todos parámetros de valor 0 son los que se han introducido en función de cada caso estudiado.

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.000	cms
Maximum Flow	0.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0000	m/m
Manning's n (channel)	0.000	
Channel Invert Elevation	0.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Ilustración 4-1.- Ejemplo de configuración del canal aguas abajo y de la sección de la carretera con HY-8.

El resto de los *inputs* de configuración del HY-8 se han adaptado al caso, exceptuando los siguientes, que se han repetido:

- Longitud de la ODT de 15 m.
- Coeficiente de Manning del conducto de 0.014 (hormigón).
- Configuración de la entrada con aletas (entre 15° y 75°) y aristas cuadradas (sin biselar). Esto influye en el coeficiente de pérdida de carga en entrada (K_e) que para esta configuración tendrá un valor diferente según la sección:
 - Secciones circulares: $K_e = 0,5$.
 - Secciones rectangulares: $K_e = 0,4$.

Esto se establece de acuerdo a la tabla C2 del apéndice C de la normativa.

4.4.2 Configuración de la metodología francesa.

En el modelo realizado mediante hoja de cálculo habilitada para macros del programa Excel se ha intentado automatizar el proceso de cálculo descrito por la guía técnica del Sétra de forma manual. Por ello se han introducido los *inputs* comentados en dicha Norma:

Tabla 4-2 Configuración geométrica de la metodología francesa.

CAUDAL		CANAL ACTUAL (TRAPEZOIDAL)						
Qd (m³/s)	COTA TERRAP	Ancho (m)	Altura (m)	Talud (X/1)	Talud (°)	Material (H o TN)	K Strick.	Pendiente (m/m)
18.04	6	4	4	1	45	TN	25	0.002
CONDUCTO								
Longitud (m)	K Stricklrer	Pendiente (m/m)	Sección (CIR o REC)	Ancho (m)	Alto/Diámetro (m)	Ke (embocadura)		
15	70	0.05	REC	3	3	0.5		

Las casillas en tono sepia son los datos introducidos, mientras que las casillas blancas cambian su valor

automáticamente en función de lo introducido en la casilla anterior. Se observa que este es el caso del ángulo del talud en función de su descripción H/V y del coeficiente de Strickler del canal aguas abajo, que aparece en función del material de este (TN = terreno natural; H = hormigón) según indica la Norma francesa.

4.4.3 Casos de estudio.

Según estas configuraciones descritas, se han estudiado un total de 60 casos teóricos:

$$\{60 \text{ casos}\} = \{2 \text{ configuraciones de tailwater channel}\} \times \{3 \text{ pendientes}\} \times \{10 \text{ secciones}\}$$

4.5 Resultados. Caudales máximos.

Los resultados obtenidos del análisis de los 60 casos (recogidos en el Anexo C) se van a exponer a continuación. Primero se van a mostrar las tablas que recogen los valores máximos de caudales, en unidades de caudal [m³/s] y en una *semi-adimensionalización* con la sección del conducto [m³/s·m²]. No se ha adimensionalizado respecto de la velocidad, lo cual sería lo más correcto dimensionalmente, por ser la velocidad un valor variable a lo largo del conducto.

Tabla 4-3.- Resultados para canal favorable y pendiente de 0,5%

			Tailwater channel favorable									
			i = 0.005									
Área [m²]			0.50	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	0.70	1.40	2.28	4.15	6.75	7.29	10.56	17.27	23.02	31.15
		Q/A [m/s]	1.39	1.78	2.02	2.35	2.65	2.43	2.64	2.88	2.88	3.46
	He adm	Normal	0.87	1.54	2.43	4.25	6.65	6.55	10.27	15.10	20.15	27.73
		Q/A [m/s]	1.73	1.96	2.15	2.41	2.61	2.18	2.57	2.52	2.52	3.08
HY-8	He adm	Normal	0.88	1.54	2.41	4.25	6.65	7.45	10.52	17.23	22.90	31.55
		Q/A [m/s]	1.75	1.96	2.13	2.41	2.61	2.48	2.63	2.87	2.86	3.51
		CONTROL	salida	salida	salida	salida	salida	entrada	salida	entrada	entrada	entrada

Tabla 4-4.- Resultados para canal favorable y pendiente de 1%

			Tailwater channel favorable									
			i = 0.01									
Área [m²]			0.50	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	0.98	1.70	2.67	4.66	7.35	7.48	11.51	17.30	23.02	31.72
		Q/A [m/s]	1.95	2.16	2.36	2.64	2.89	2.49	2.88	2.88	2.88	3.52
	He adm	Normal	0.87	1.51	2.39	4.16	6.56	6.60	10.50	15.10	20.13	27.75
		Q/A [m/s]	1.72	1.92	2.11	2.35	2.58	2.20	2.63	2.52	2.52	3.08
HY-8	He adm	Normal	0.91	1.58	2.49	4.35	6.87	7.45	11.50	17.20	23.00	31.70
		Q/A [m/s]	1.81	2.01	2.20	2.46	2.70	2.48	2.88	2.87	2.88	3.52
		CONTROL	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada

Tabla 4-5.- Resultados para canal favorable y pendiente de 5%

			Tailwater channel favorable									
			i = 0.05									
Área [m²]			0.50	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	0.98	1.70	2.67	4.66	7.35	7.48	11.51	17.27	23.02	31.72
		Q/A [m/s]	1.95	2.16	2.36	2.64	2.89	2.49	2.88	2.88	2.88	3.52

	He adm	Normal	0.87	1.51	2.39	4.16	6.56	6.54	10.07	15.10	20.13	27.73
		Q/A [m/s]	1.73	1.92	2.11	2.35	2.58	2.18	2.52	2.52	2.52	3.08
HY-8	He adm	Normal	0.99	1.61	2.55	4.44	7.00	7.59	11.70	17.53	23.37	32.24
		Q/A [m/s]	1.97	2.05	2.25	2.51	2.75	2.53	2.93	2.92	2.92	3.58
		CONTROL	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada

Tabla 4-6.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 0,5%

			Tailwater channel desfavorable									
			i = 0.005									
Área [m ²]			0.5	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	0.78	1.41	2.29	4.15	6.75	5.48	8.96	8.96	8.96	18.15
		Q/A [m/s]	1.55	1.80	2.02	2.35	2.65	1.83	2.24	1.49	1.12	2.02
	He adm	Normal	0.87	1.54	2.43	4.24	6.65	6.69	10.35	14.16	18.31	27.07
		Q/A [m/s]	1.73	1.96	2.15	2.40	2.61	2.23	2.59	2.36	2.29	3.01
HY-8	He adm	Normal	0.88	1.54	2.41	4.17	6.77	6.93	10.68	15.08	17.22	28.64
		Q/A [m/s]	1.75	1.95	2.13	2.36	2.66	2.31	2.67	2.51	2.15	3.18
		CONTROL	salida	salida	salida	salida	salida	salida	salida	salida	salida	salida

Tabla 4-7.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 1%

			Tailwater channel desfavorable									
			i = 0.01									
Área [m ²]			0.50	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	1.10	1.99	3.24	5.48	7.47	5.48	8.96	8.96	8.96	18.15
		Q/A [m/s]	2.19	2.53	2.86	3.10	2.94	1.83	2.24	1.49	1.12	2.02
	He adm	Normal	0.77	1.30	1.99	3.83	6.50	6.69	10.35	14.16	18.30	27.07
		Q/A [m/s]	1.54	1.66	1.76	2.17	2.55	2.23	2.59	2.36	2.29	3.01
HY-8	He adm	Normal	0.91	1.58	2.49	4.36	6.88	7.45	11.47	15.57	17.91	29.17
		Q/A [m/s]	1.81	2.01	2.20	2.47	2.70	2.48	2.87	2.60	2.24	3.24
		CONTROL	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	salida	salida	salida

Tabla 4-8.- Resultados para canal desfavorable y pendiente de 5%

			Tailwater channel desfavorable									
			i = 0.05									
Área [m ²]			0.50	0.79	1.13	1.77	2.54	3	4	6	8	9
Sección			D 0.8	D 1	D 1.2	D 1.5	D 1.8	M 2x1.5	M 2x2	M 3x2	M 4x2	M 3x3
SÉTRA	ye adm	Normal	1.91	2.77	3.76	5.48	7.47	5.48	8.96	8.96	8.96	18.15
		Q/A [m/s]	3.80	3.52	3.32	3.10	2.94	1.83	2.24	1.49	1.12	2.02
	He adm	Normal	0.33	0.92	1.84	3.83	6.50	6.69	10.35	14.16	18.30	27.07
		Q/A [m/s]	0.66	1.17	1.63	2.17	2.55	2.23	2.59	2.36	2.29	3.01
HY-8	He adm	Normal	0.92	1.61	2.54	4.44	7.00	7.60	11.69	17.43	23.38	32.23
		Q/A [m/s]	1.83	2.05	2.25	2.51	2.75	2.53	2.92	2.91	2.92	3.58
		CONTROL	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada	entrada

4.5.1 Representación gráfica de los resultados.

Una vez obtenidos y mostrados ordenadamente los resultados se van a graficar los diferentes caudales, en unidades normales (N) y *semidimensionalizados* (A) que dan las alturas de lámina máximas admisibles para las restricciones ya descritas. Se representarán agrupados los casos para una de las 3 pendientes teóricas del análisis realizado (0,5%, 1% y 5%), un total de 6 curvas por gráfica de caudales frente a las secciones elegidas, siguiendo la siguiente nomenclatura:

- Primero, se ha denotado mediante S . las curvas correspondientes a los resultados obtenidos por el modelo de la *Guide Technique* (por ser la normativa francesa desarrollada por el S etra) y **HY-8** a las que corresponden con este software.
- Segundo, se ha especificado la limitación que se alcanza con ese caudal para los casos calculados con S . Dichas limitaciones son $y e_{adm} = 0,75D$ y $H e_{adm} = 1,2D$, donde:
 - $y e_{adm}$ es la altura de la lamina de agua admisible dentro del conducto, que corresponde con el 75% de la dimensión libre del mismo (diámetro o altura, según el tipo de sección), en m.
 - $H e_{adm}$ es la altura de la lámina de agua admisible aguas arriba de la entrada del conducto, en m.
 - D es la dimensión libre del conducto, que puede ser el diámetro o la altura según la sección se circular o rectangular, respectivamente, en m.
- Para los resultados de **HY-8** se ha calculado el caudal cuando ha alcanzado la limitación $H e_{adm} = 1,2D$, por lo que no es necesario especificarla.
- Tercero, se especifica si la condición de contorno aguas abajo de la infraestructura es la que se ha definido como *desfavorable* o *favorable*, según repercuta o no (respectivamente) en las condiciones hidrodinámicas en el conducto.
- Para terminar, se recalca si la curva está en unidades normales de caudal, $\frac{m^3}{s}$, mediante “(N)” o en unidades de caudal por área, $\frac{m^3}{s \cdot m^2}$, mediante “(A)”.
- En el eje de abscisas se representan de forma discreta las diferentes secciones. Las circulares vienen definidas como $D=X$ y las Rectangulares como $A=b \times h$, donde:
 - D es el diámetro de la sección, en m.
 - X es el valor de dicho diámetro, en m.
 - A es el área de la sección, en m².
 - b es el ancho de la sección, en m.
 - h es la altura de la sección, en m.

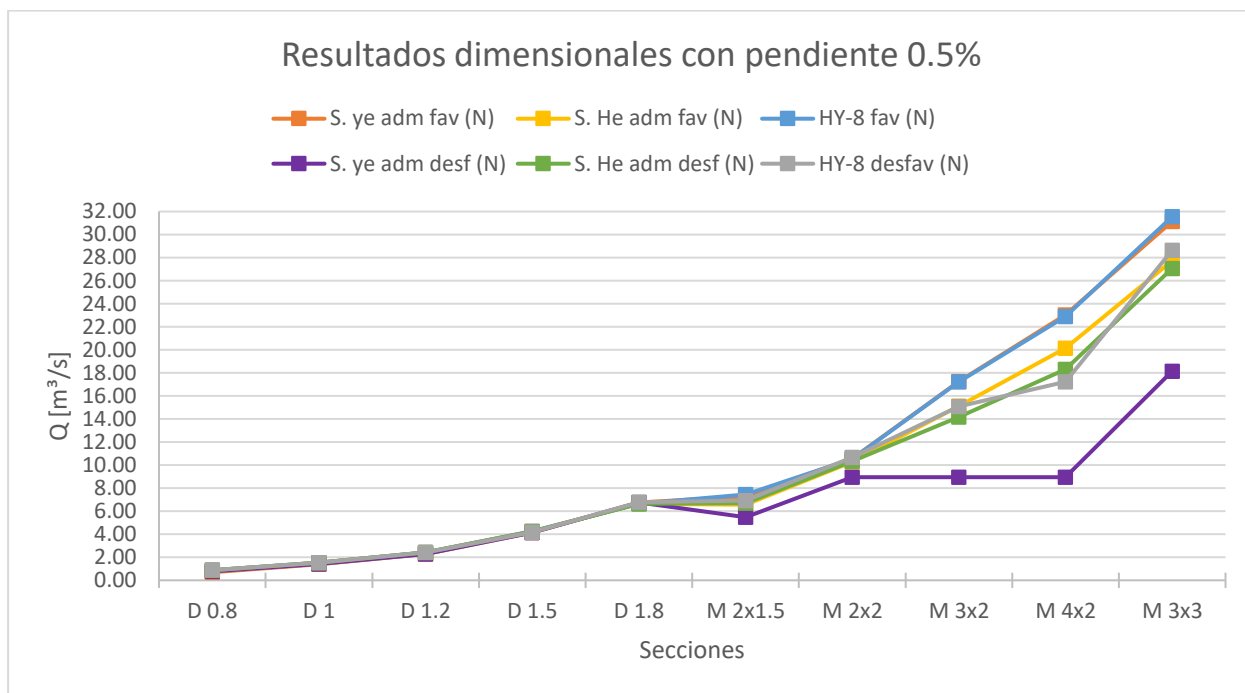


Figura 4-14-1 Resultados con pendiente 0,5% (N)

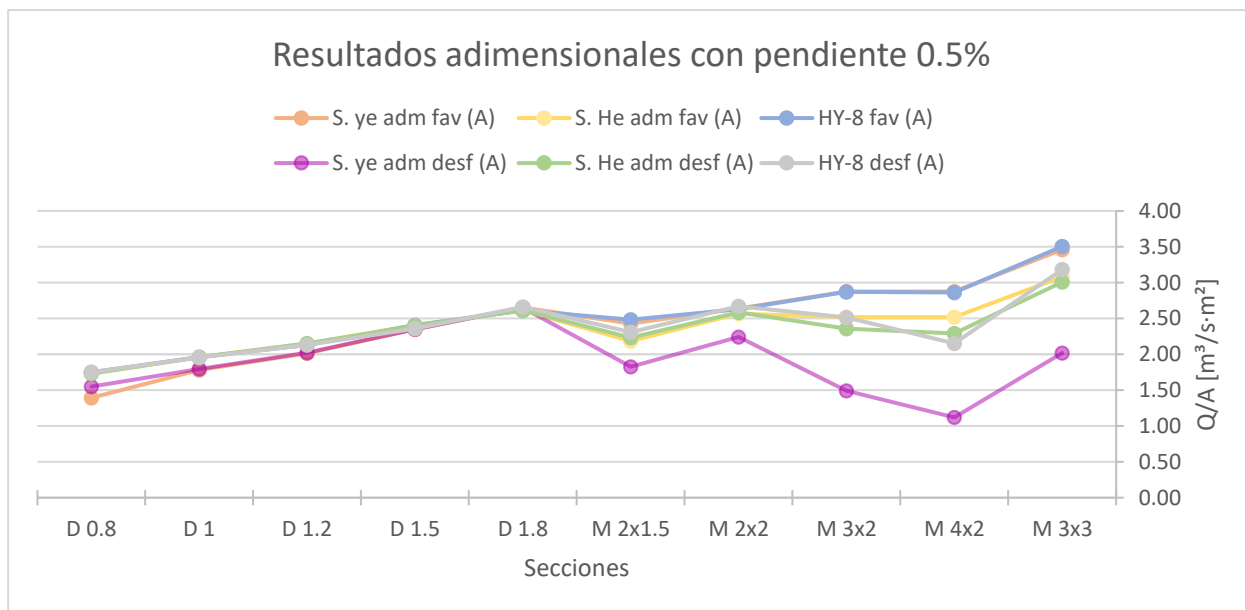


Figura 4-24-2 Resultados con pendiente 0,5% (A)

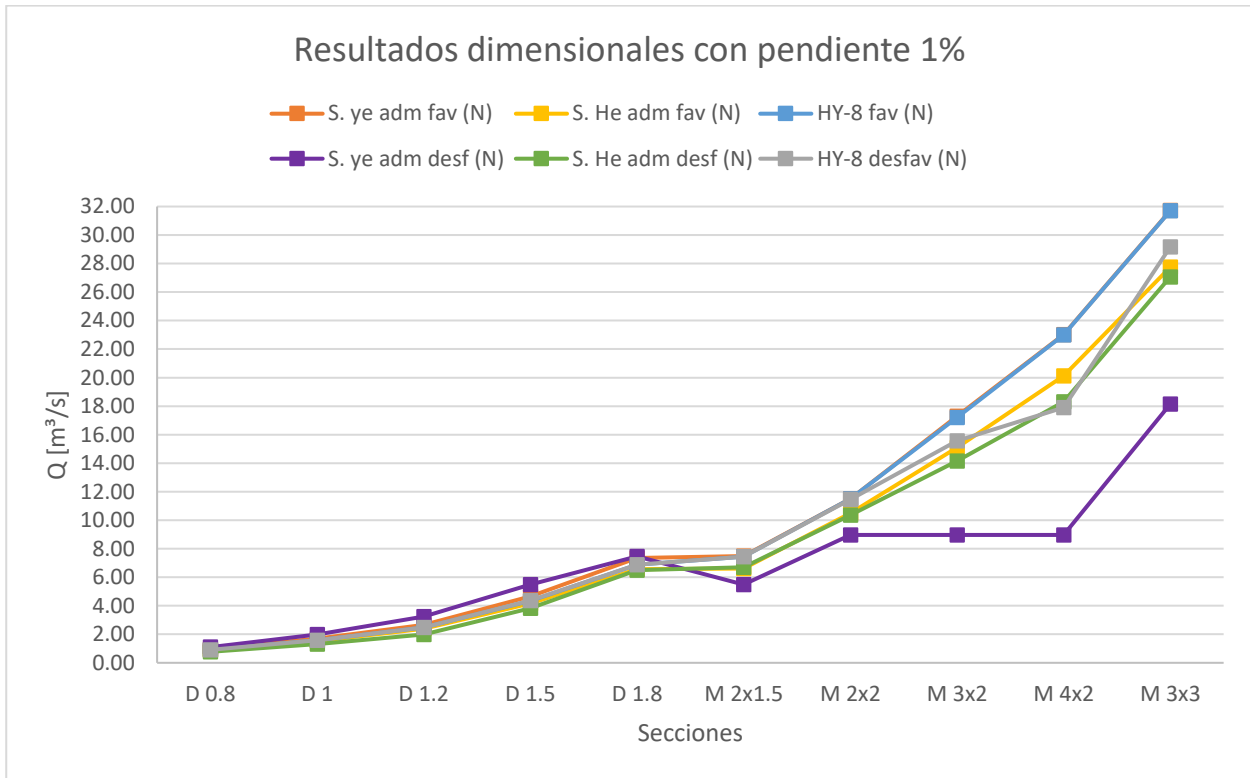


Figura 4-34-3 Resultados con pendiente 1% (N)

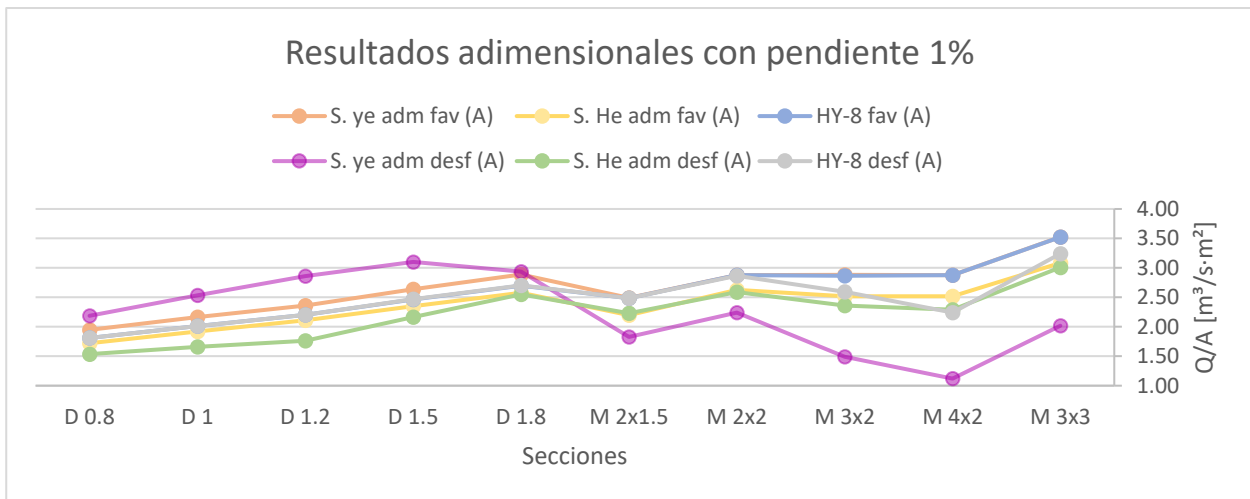


Figura 4-44-4 Resultados con pendiente 1% (A)

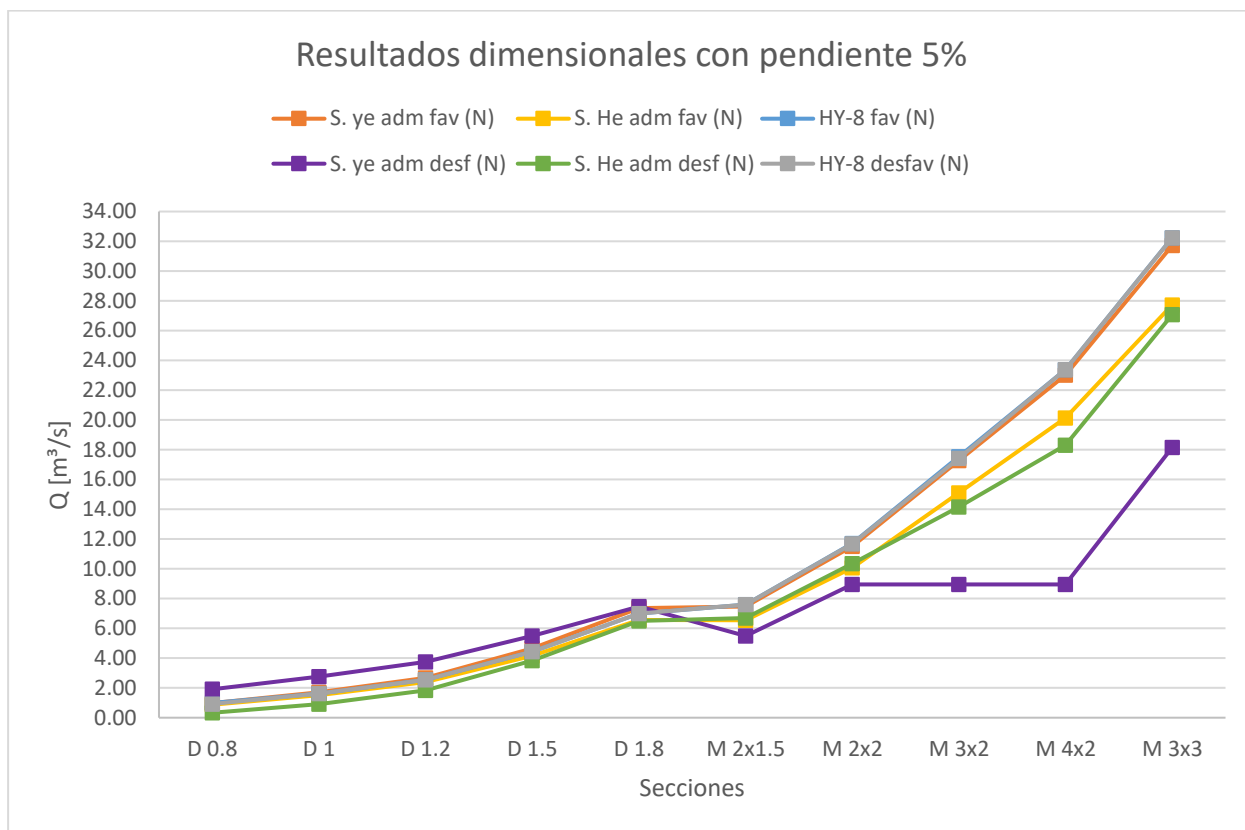


Figura 4-54-5 Resultados con pendiente 5% (N)

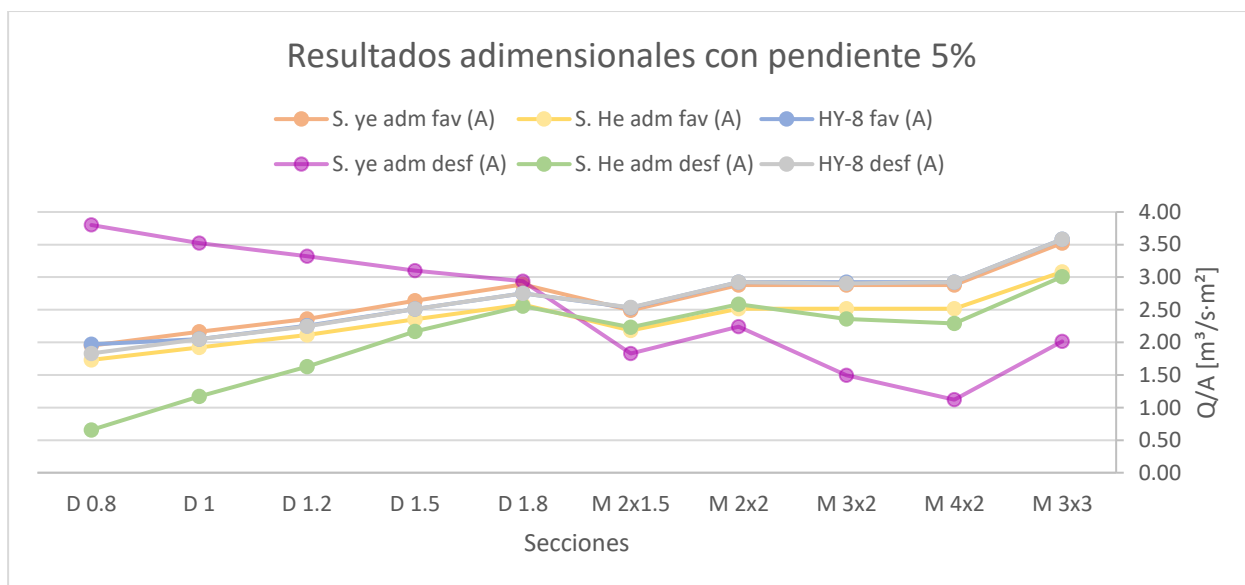


Figura 4-64-6 Resultados con pendiente 5% (A)

Se observa de los resultados que:

- Los resultados se mueven en un rango de caudales fijo, con valores entre 0 y 32 m³/s aproximadamente.

- Los resultados de caudal por área se mueven en un rango que comprende valores entre 1 y $3,5 \frac{m^3}{s \cdot m^2}$ aproximadamente.
- La pendiente no influye notablemente en la capacidad de desagüe de la ODT. Esto se observa al comparar las curvas de resultados dimensionales (*HY-8 desf (N)*, por ejemplo) de diferentes gráficas.
- Por el contrario, la pendiente sí influye en la velocidad del flujo en el conducto, como se observa en las gráficas de resultados adimensionales (*A*). Esto indica que, aunque la altura de la lámina de agua aguas arriba de la entrada, *He*, no cambia, sí lo hará el calado en el conducto.
- Existe mayor similitud en los casos de menor área y menor pendiente. Para los casos con $D=1,8m$ se consiguen unos resultados especialmente análogos.
- Referente a las curvas resultantes de la aplicación de *HY-8*, que haya una paridad o no entre resultados para una misma pendiente depende del comportamiento con *inlet control* u *outlet control*. Esto es lógico dado que la influencia del canal aguas abajo será significativa cuando haya funcionamiento a la salida. Para comprender mejor esta observación redirigirse a las tablas 4-3 a 4-8, donde se expresa si el control es en entrada o en salida, de cada caso.
- Para los casos con condición de contorno aguas abajo *favorable*, hay mayor similitud entre la metodología americana y la francesa cuando a esta última se le aplica la limitación de $y e_{adms}$.
- Para los casos con condición de contorno aguas abajo *desfavorable*, hay mayor similitud entre la metodología americana y la francesa cuando a esta última se le aplica la limitación de $H e_{adms}$.
- Llama especialmente la atención la curva de los casos ***S.ye adm desf.*** (curva de color morado). Se observa que se desvía del huso que comprende el resto de los resultados y que se alcanza un valor estable que no depende del ancho de la sección sino de la altura. Esto se debe a que se ha alcanzado el mismo calado en el conducto que en el canal aguas abajo.

A continuación, se van a representar unas curvas envolventes de los resultados, tanto en unidades normales ($\frac{m^3}{s}$) como *adimensionales* ($\frac{m^3}{s \cdot m^2}$), que corresponden de representar:

- El caudal calculado para cada sección resultado de la aplicación de *HY-8*.

- El máximo entre los caudales calculados para cada sección, resultado de aplicar la metodología francesa con cada limitación por separado.
- El mínimo entre los caudales calculados para cada sección, resultado de aplicar la metodología francesa con cada limitación por separado.

Se puede observar una repetición del patrón de resultados, debido a que se muestran de 10 en 10 los siguientes casos:

- Las 10 secciones con pendiente 0,5% y canal aguas abajo *favorable*.
- Las 10 secciones con pendiente 1% y canal aguas abajo *favorable*.
- Las 10 secciones con pendiente 5% y canal aguas abajo *favorable*.
- Las 10 secciones con pendiente 0,5% y canal aguas abajo *desfavorable*.
- Las 10 secciones con pendiente 1% y canal aguas abajo *desfavorable*.
- Las 10 secciones con pendiente 5% y canal aguas abajo *desfavorable*.

En ellas se puede observar que en los 3 primeros grupos de secciones (para canal favorable) hay una gran similitud entre los resultados del software HY-8 y el resultado máximo de la metodología francesa.

Sin embargo, en el resto de los casos, con el canal aguas abajo desfavorable, los resultados comienzan a ser más diferentes entre una metodología y otra.

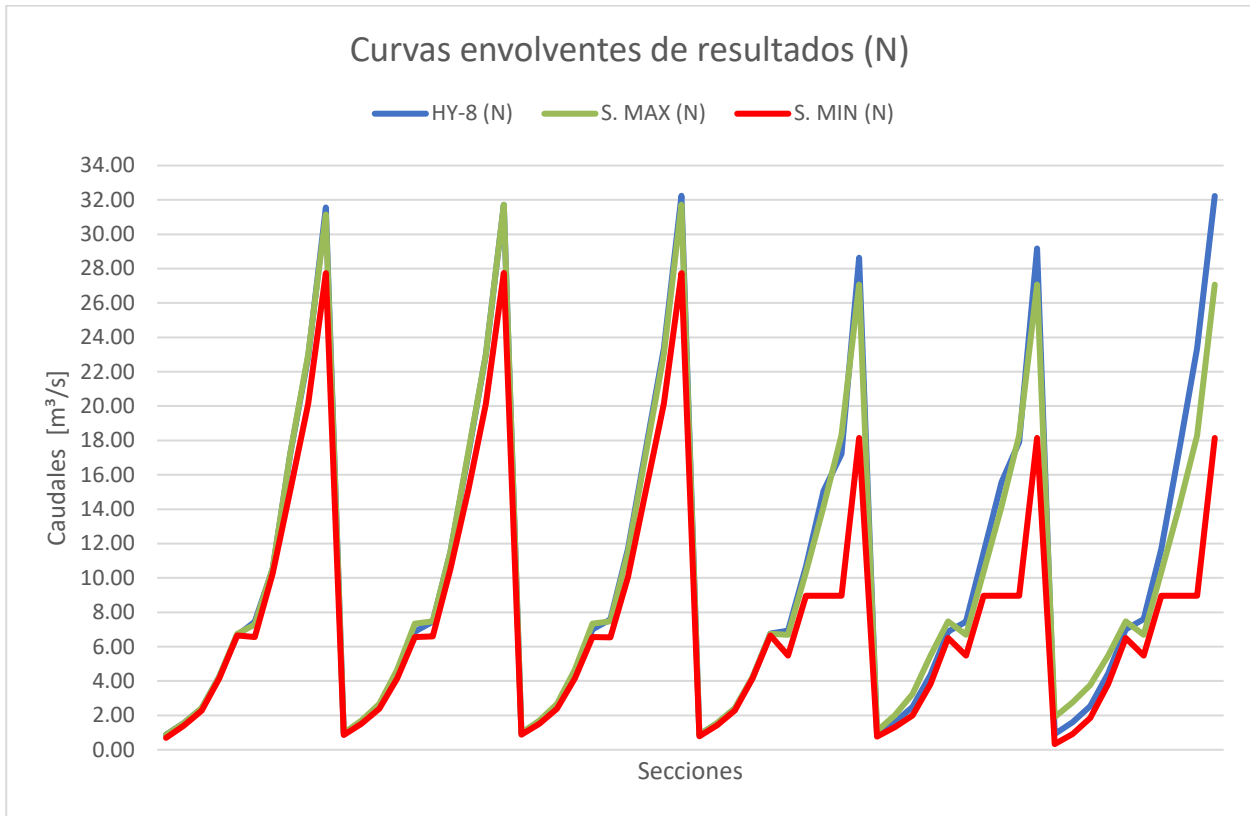


Figura 4-7 Curvas envolventes de resultados (N).

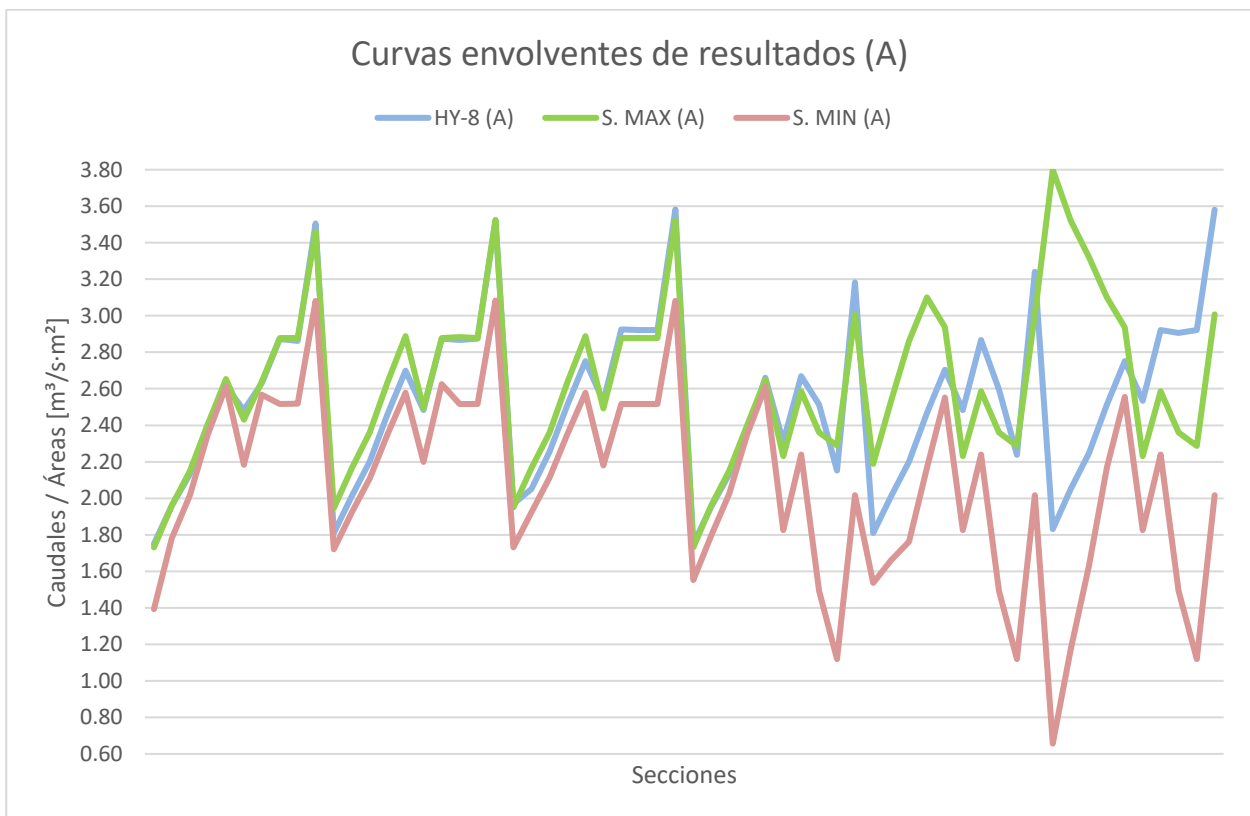


Figura 4-8 Curvas envolventes de resultados (A).

4.6 Conclusiones.

A raíz de los resultados obtenidos se han extraído las siguientes conclusiones:

1. Cuando la capacidad del canal aguas abajo de la ODT condiciona el funcionamiento de esta, la restricción de *ye adms* limita mucho la metodología francesa. Esto se debe a que para alcanzar la cota de lámina de agua máxima aguas arriba (*He adm*) el conducto debería de trabajar sumergido, lo cual no se contempla por la instrucción de drenaje de carreteras de Francia.
2. La pendiente interior del conducto no condiciona la altura de lámina aguas arriba, *He*, que se alcanza. Sin embargo, repercute en la velocidad y, por tanto, en el calado del flujo que esté circulando por el conducto.
3. La limitación del *He adm* para la metodología francesa obtiene unos resultados que no parecen depender de las condiciones aguas abajo de la ODT, ya que se ajusta bien a los obtenidos con HY-8 cuando este establece un funcionamiento de control a la entrada.
4. Si se considera la limitación de *He adm* para la metodología francesa, con la intención de aplicarla al territorio español (regido bajo la IC-5.2) se obtendría menor caudal de desagüe que si se aplicase el programa HY-8 (y por tanto la metodología americana). Esto puede ser debido (al menos en parte) a que el coeficiente de pérdida de carga a la entrada (*Ke*) tiene valores diferentes entre ambas metodologías cuando la sección es cuadrada: valor 0,5 en la metodología francesa, y valor 0,4 en la americana (según la configuración geométrica de entrada establecida).
5. Tal y como se observa en las curvas envolventes mientras el canal aguas abajo no sea influyente los modelos se comportan de forma similar.
6. Para las secciones grandes y rectangulares estudiadas la similitud en los modelos es menor que para las circulares, debido a que HY-8 considera un coeficiente de pérdida de carga menor como ya se ha dicho.
7. El área de sección es la principal característica que condiciona la capacidad de desagüe de una obra de drenaje transversal.

BIBLIOGRAFÍA

- Henderson, F. M., 1996. *Open Channel Flow*. New York: MACMILLAN PUBLISHING CO., INC..
- Norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de carreteras. ORDEN FOM/298/2016, de 15 de febrero. BOE número 60 a Jueves 10 de marzo de 2016
- Norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de carreteras. ORDEN de 14 de mayo de 1990, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Guide Technique Assainissement routier. Sétra, octubre 2006.
- Hydraulic Design of Highway Culverts, Third Edition.. Hydraulic Design Series No.5. Publication No. FHWA-HIF-12-026. April 2012.
- Highway Hydrology, Second Edition. Hydraulic Design Series No.2. Publication No. FHWA-NHI-02-001. October 2002.
- HY-8 User Manual (v7.5).
- Diseño de cloacas. Cálculos para la Sección Segmento de Circulo. Cátedra de Construcciones Hidráulicas. Departamento de Hidráulica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.

ANEXO A

6.

En este anexo se encuentra recogido todo el material utilizado por las normativas que se ha considerado útiles para los cálculos hidráulicos o hidrológicos según las normativas francesa y española seguidas en este estudio.

6.1 Tablas y figuras para cálculo de Q_d mediante método racional según norma 5.2 – IC

Aquí se encontrarán las tablas y figuras para la obtención de los diferentes coeficientes (descritos en el índice de simbología) necesarios para el cálculo del método racional, exceptuando la *TABLA 2.3. – VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA* de la norma 5.2 – IC, para la cual habrá que dirigirse al documento original.

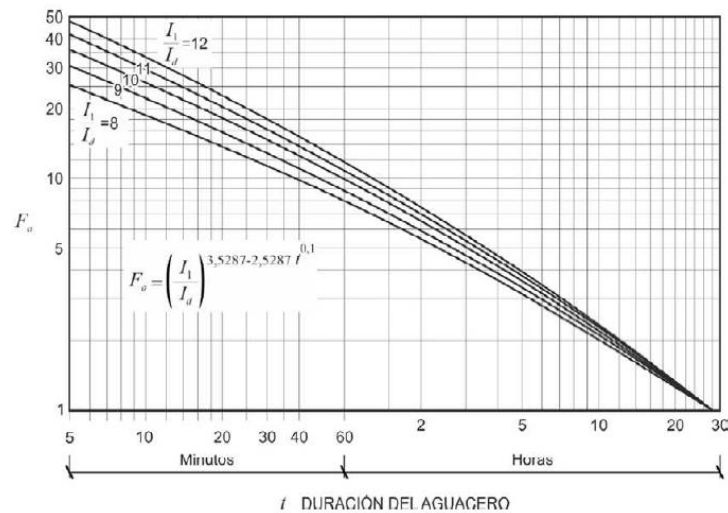


Ilustración 6-1-Factor F_a

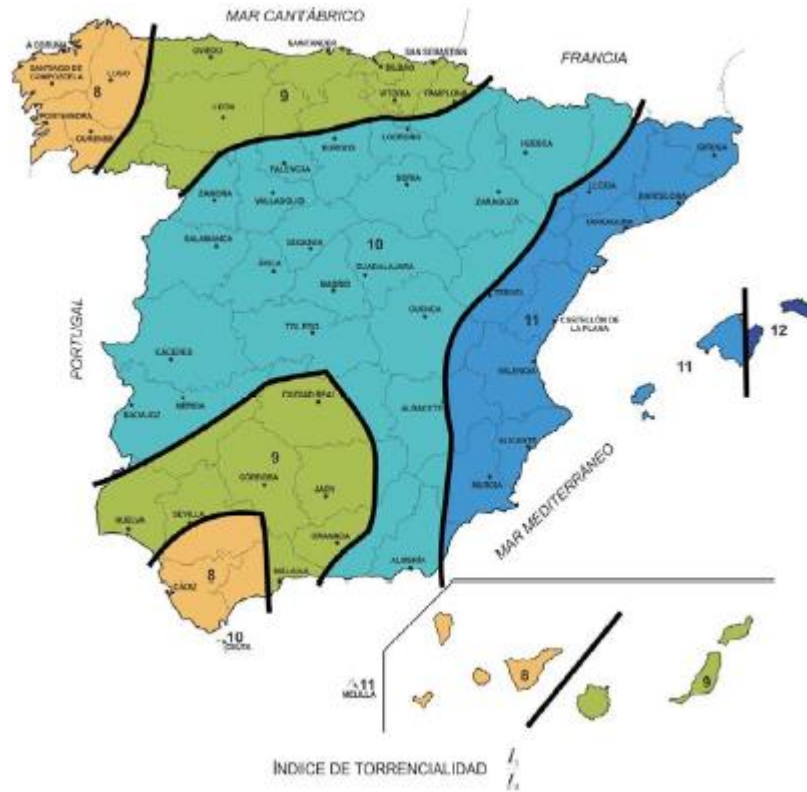


Ilustración 6-2 Mapa del Índice de Torrencialidad.

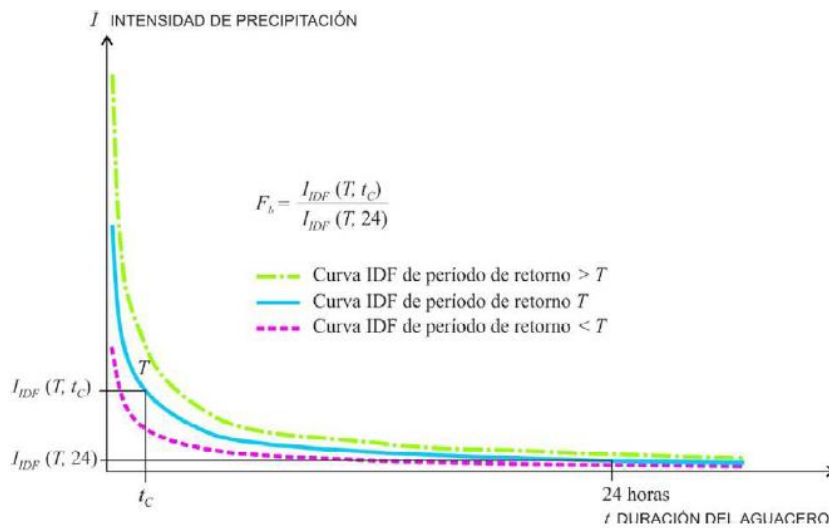


Ilustración 6-3 Obtención del Factor Fb

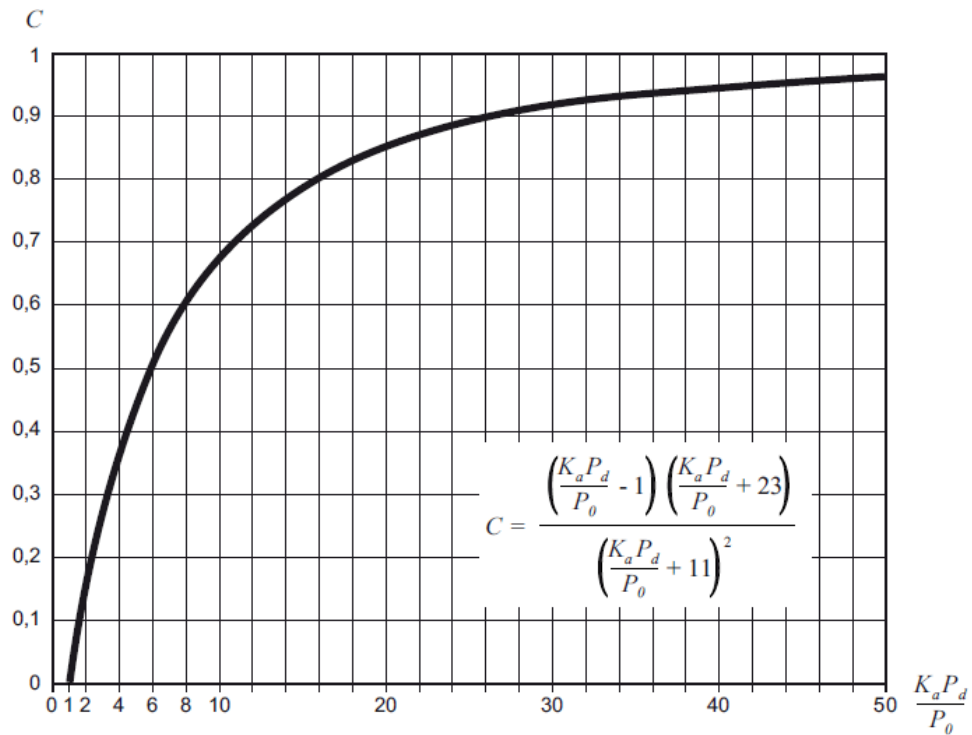


Ilustración 6-4 Determinación del Coeficiente de escorrentía

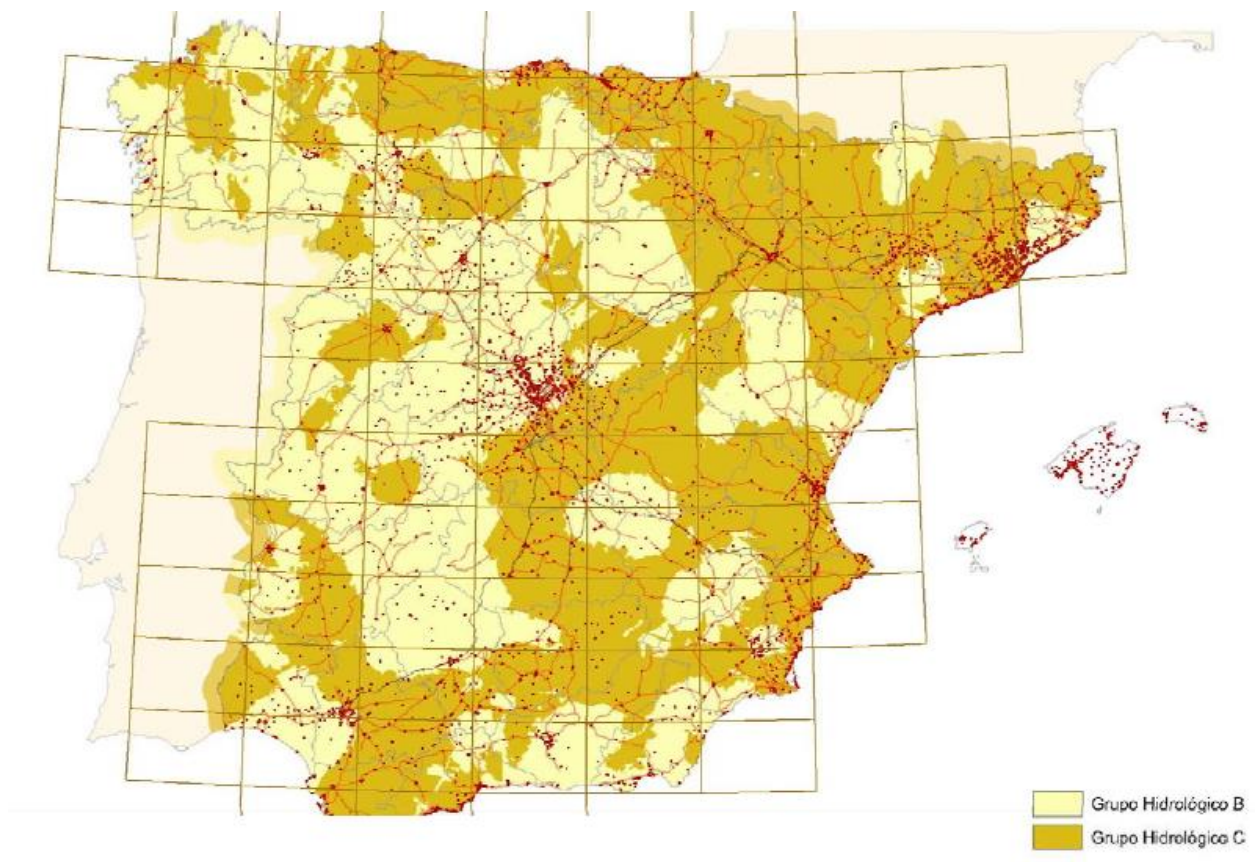


Ilustración 6-5 Grupos hidrológicos del suelo para determinar el umbral inicial de escorrentía con la TABLA 2.3 de la norma 5.2 – IC



Ilustración 6-6 Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Tabla 6-1 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos $F_{10}=1,00$

Tabla 6-2 Parámetros para el cálculo de cuencas en Levante y Sureste Peninsular

Región 72				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	1,4057	3,0570	4,7152	6,9135
λ	1,2953	1,2751	1,2678	1,2631
Regiones 821 y 822				
Período de retorno, T (años)	50	100	200	500
φ	11,1378	51,6297	86,5765	131,7650
λ	0,7401	0,6065	0,5982	0,5953

6.2 Tablas y Figuras para el cálculo de Q_d mediante el método racional según la *Guide Technique – Assaissement Routier*.

Tabla 6-3 Coeficientes de Montana para el cálculo de intensidad de método racional (Francia)

Periodo de retorno, T (años)	Dominios de validez de los coef. de Montana según duración de la tormenta					
	6 a 30 min		30 a 360 min		360 a 1440 min	
	a	b	a	b	a	b
2	3,276	0,586	5,842	0,766	5,417	0,756
5	4,727	0,596	9,194	0,804	3,152	0,738
10	5,669	0,6	11,417	0,819	6,686	0,73
20	3,592	0,603	13,699	0,832	7,249	0,725
25	6,864	0,603	14,391	0,835	7,397	0,723
50	7,749	0,604	16,7	0,845	7,891	0,718
75	8,319	0,607	17,977	0,849	8,208	0,716
100	8,65	0,606	18,992	0,853	8,39	0,714

Tabla 6-4 Valores típicos de las velocidades de escorrentía en manta y en cauce

E. manta	Jc (m/m)	0,01	0,02	0,03	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3					
	v (m/s)	0,14	0,2	0,24	0,3111	0,44	0,54	0,62	0,76					
E. cauce	Jc (m/m)	0,003	0,005	0,007	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,1	0,15	0,2
	v (m/s)	0,8	1,1	1,25	1,5	1,85	2,1	2,6	3	3,35	4	4,75	5,8	6,7

Tabla 6-5 Coeficiente de escorrentía asociado a un periodo de retorno de 10 años (C_{10})

Cobertura vegetal	Pendiente (m/m)	Terreno		
		Arenoso	Limoso	Arcilloso
Bosque	$p < 5$	0,1	0,3	0,4
	$5 < p < 10$	0,25	0,35	0,5
	$10 < p < 30$	0,3	0,5	0,6
Pasto	$p < 5$	0,1	0,3	0,4
	$5 < p < 10$	0,15	0,36	0,55
	$10 < p < 30$	0,22	0,42	0,6
Cobertura escasa	$p < 5$	0,3	0,5	0,6
	$5 < p < 10$	0,4	0,6	0,7
	$10 < p < 30$	0,52	0,72	0,82

Tabla 6-6 Precipitaciones medias (P_T) diarias asociadas a un periodo de retorno T

T (años)	10	20	25	50	75	100
P_T (mm)	47,5	53,6	55,5	61,3	64,7	66,4

6.3 Tablas de parámetros del Cálculo Hidráulico según norma española.

Tabla 6-7 Coeficiente de rugosidad para fórmula de Manning-Strickler

MATERIAL	n ($\text{sm}^{-1}/3^3$)
Hormigón proyectado	0,017 - 0,022
Revestimiento hormigón in situ	0,013 - 0,017
Hormigón en marcos y otras estructuras in situ	0,014 - 0,017
Tubo de hormigón	0,012 - 0,017

Nota: Los valores inferiores de cada uno de los rangos resultan de aplicación a conductos recién instalados, rectos, sin arquetas ni piezas especiales intermedias, limpios y en buen estado de conservación. El envejecimiento de los conductos se suele traducir en un incremento del valor del número n de Manning que no suele superar el límite superior de esta tabla.

Tabla 6-8 Velocidad máxima admisible, v_{max}

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Hormigón	4,50 – 6,00

Nota: Además de las variaciones debidas al distinto comportamiento de los materiales comprendidos en las categorías genéricas de esta tabla, los valores superiores son admisibles para situaciones esporádicas, mientras que los valores más bajos son para situaciones frecuentes.

Tabla 6-9 Dimensión libre mínima recomendada

L (m)	D _L (m)
L < 3	≥ 0,6
3 ≤ L < 4	≥ 0,8
4 ≤ L < 5	≥ 1,0
5 ≤ L < 10	≥ 1,2
10 ≤ L < 15	≥ 1,5
L ≥ 15	≥ 1,8

6.4 Tablas de parámetros y ábacos del Cálculo Hidráulico según guía francesa.

6.4.1 Ábacos de obtención de h_n/y_n y h_c/y_c en canales trapezoidales. Aplicable a ODTs rectangulares.

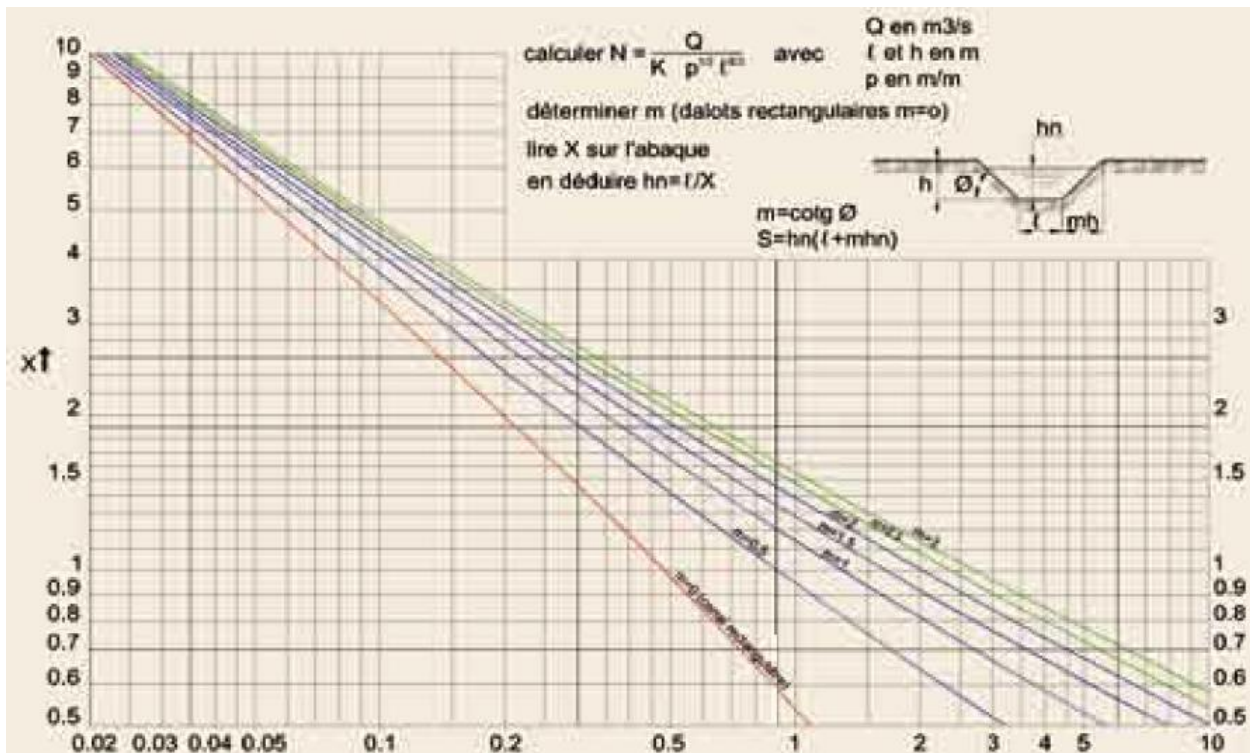


Ilustración 6-7 Ábaco 1. Determinación de la altura normal, y_n , en secciones trapezoidales

$$N = \frac{Q}{K_v \cdot i^{3/2} \cdot b^{3/2}} \rightarrow X \text{ (según } m) \rightarrow h_n = \frac{b}{X}$$

$m: \cotg \phi; \text{ si } \phi = 90^\circ \text{ (rectangular)} \rightarrow m = 0$

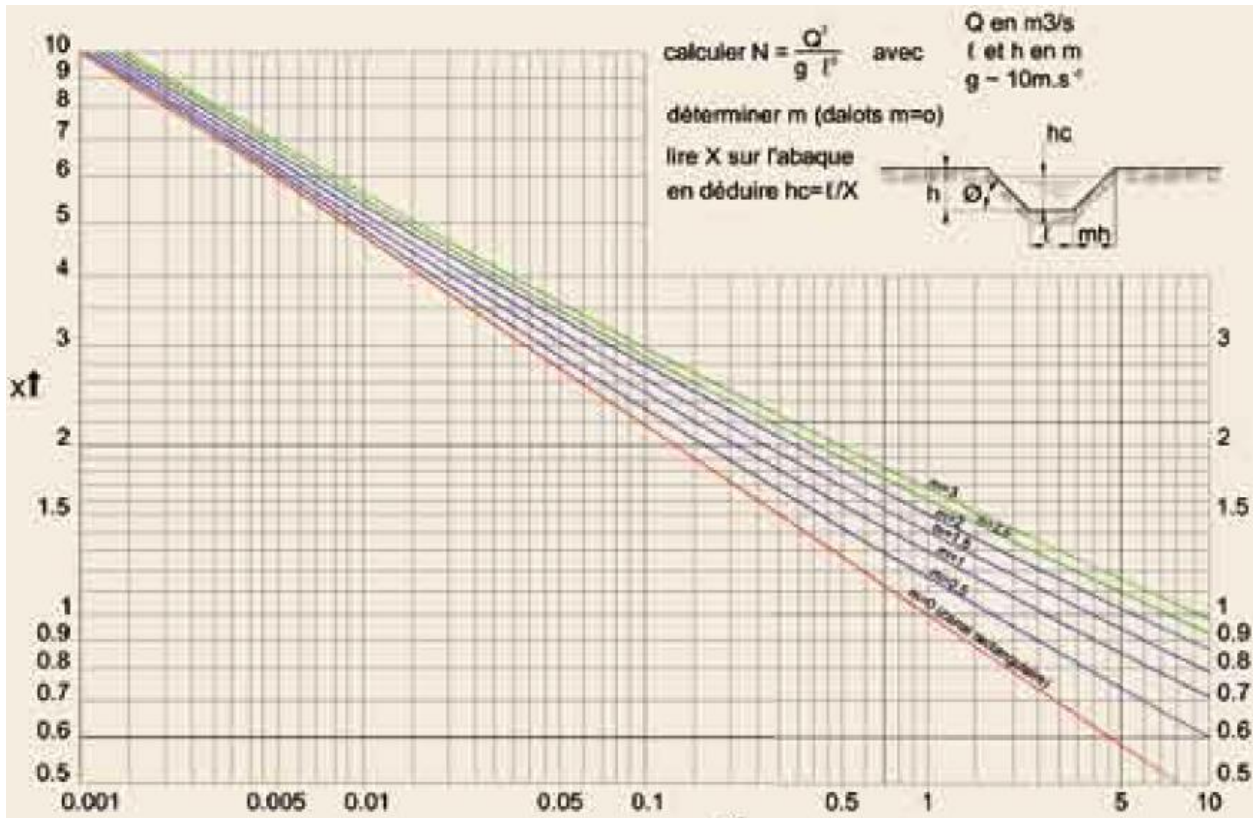


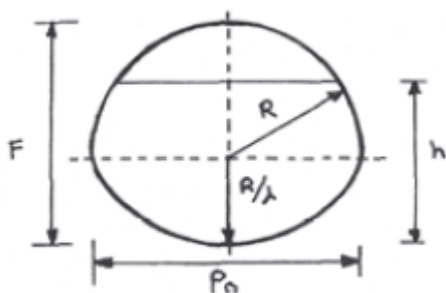
Ilustración 6-8 Ábaco 2. Determinación de la altura crítica, y_c , en secciones trapezoidales

$$N = \frac{Q^2}{g \cdot b^5} \rightarrow X \text{ (según } m) \rightarrow h_c = \frac{b}{X}$$

$m: \cotg\phi$; si $\phi = 90^\circ$ (rectangular) $\rightarrow m = 0$

6.4.2 Obtención de las alturas y_n e y_c y la sección S de una ODT con sección redondeada.

Si se ha elegido una sección más irregular, de forma arqueada, se utilizarán los siguientes ábacos, tras hacer una adimensionalización geométrica y asimilación a una elipse, como se muestra a continuación:



Tasa de aplastamiento: $\tau = \frac{h}{F}$; $F = D_L$
 Diferencias del radio hidráulico: $R = \frac{P_0}{2}$
 Semieje menor de la elipse: $\frac{R}{\lambda} = F - R$
 $\lambda = \frac{P_0}{2F - P_0} \left(= \frac{R}{F - R} \right)$

Ilustración 6-9 Esquema geométrico de secciones arco

Con este parámetro adimensional λ se podrá entrar en los ábacos y determinar así los valores de la sección y las alturas crítica y normal del flujo. Hay que puntualizar que:

- Secciones circulares: $\lambda = 1$
- Secciones arco: $1,25 \leq \lambda \leq 5$
- Secciones semicirculares: $\lambda = \infty$

Tabla 6-10 Valores interpolados correspondientes al parámetro adimensional λ

λ	$\frac{Q}{K_v i^{1/2} R^{8/3}}$	$\frac{Q}{\sqrt{g} \cdot R^{5/2}}$	$\frac{S}{R^2}$
1,2	1,62	2,75	2,34
1,3	1,55	2,64	2,26
1,4	1,49	2,55	2,2
1,5	1,44	2,46	2,14
1,6	1,39	2,39	2,09
1,7	1,35	2,33	2,05
1,8	1,32	2,27	2,01
1,9	1,28	2,22	1,98
2	1,25	2,18	1,95
2,1	1,23	2,14	1,92
2,2	1,2	2,1	1,89
2,3	1,18	2,07	1,87
2,4	1,16	2,04	1,85
2,5	1,14	2,01	1,83
2,6	1,12	1,98	1,81
2,7	1,1	1,96	1,79
2,8	1,09	1,94	1,78
2,9	1,08	1,92	1,76
3	1,07	1,9	1,75
3,1	1,05	1,88	1,74
3,2	1,04	1,86	1,72
3,3	1,03	1,85	1,71
3,4	1,02	1,83	1,7
3,5	1,01	1,82	1,69
3,6	1	1,8	1,68
3,7	0,99	1,79	1,67
3,8	0,99	1,78	1,67
3,9	0,98	1,77	1,66
4	0,97	1,76	1,65
4,1	0,96	1,75	1,64
4,2	0,96	1,74	1,64
4,3	0,95	1,73	1,63
4,4	0,94	1,72	1,62
4,5	0,94	1,71	1,62
4,6	0,93	1,71	1,61
4,7	0,93	1,7	1,61
4,8	0,92	1,69	1,6
4,9	0,92	1,68	1,6
5	0,91	1,68	1,59

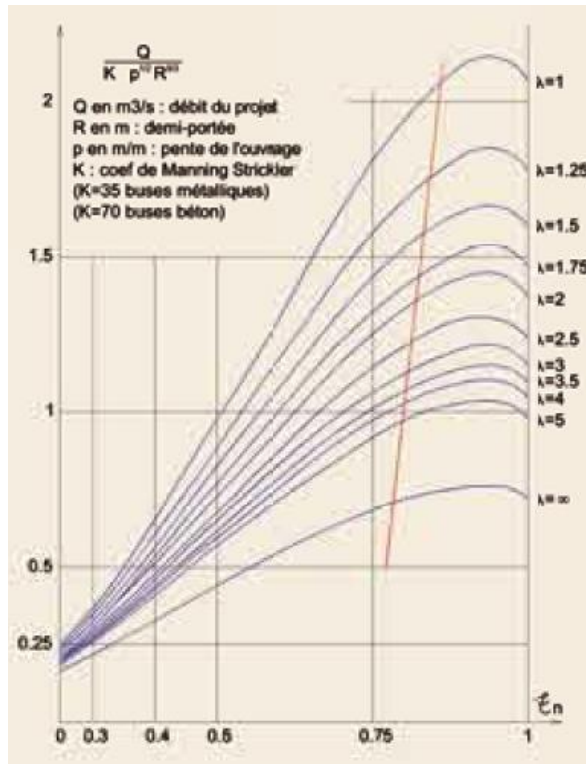


Ilustración 6-10 Abaco3. Determinación de altura normal en secciones arco

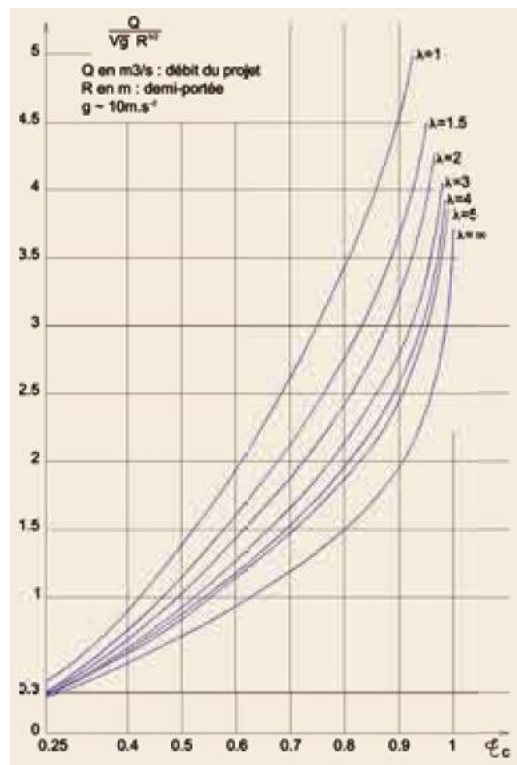


Ilustración 6-11 Ábaco 4. Determinación de altura crítica en secciones arco

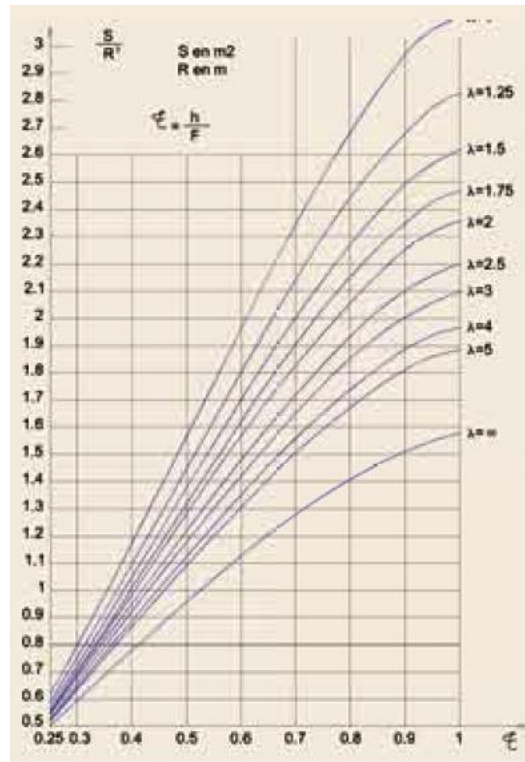


Ilustración 6-12 Ábaco 5. Determinación del valor de la sección en secciones arco

Tras obtener la sección calcularemos:

$$V = \frac{Q}{S}$$

6.4.3 Cálculo de altura de la lámina aguas arriba de la ODT circular

En este caso los ábacos aportan la altura aguas arribas, en función de la pendiente y longitud de la ODT y de su diámetro. Aquí se van a presentar los ábacos que aplican a secciones circulares de hormigón, que son las permitidas por la instrucción de carreteras. Existen también correspondientes a secciones metálicas con la misma forma, si es de su interés diríjense al documento original.

Primero, se ha de calcular en valor de entrada al ábaco, que es:

$$\text{Índice: } \frac{L(m)}{i(\%)} = \frac{L(m)}{P(\%)} = \frac{L(m)}{100P \left(\frac{m}{m}\right)}$$

Debe calcularse para la ODT y se comparará en los ábacos a los correspondientes a aguas abajo (*aval*) y aguas arriba (*amont*). Ahora hay que entrar con un caudal en el huso asociado a un diámetro de conducción determinado. Y se presentarán tres posibles casos:

- Si el índice de la ODT es menor o igual al índice de aguas arriba (*amont*): se selecciona dicho valor para obtener el valor $H_E = H_{AM}$.
- Si el valor del índice de la ODT está entre el valor de los índices aguas abajo (*aval*) y aguas arriba (*amont*): se realiza una interpolación lineal
- Si el valor del índice de la ODT excede el de aguas abajo (*aval*): no es aplicable el ábaco y se debe utilizar otros, como los de secciones arco, tomando $\lambda = 1$.

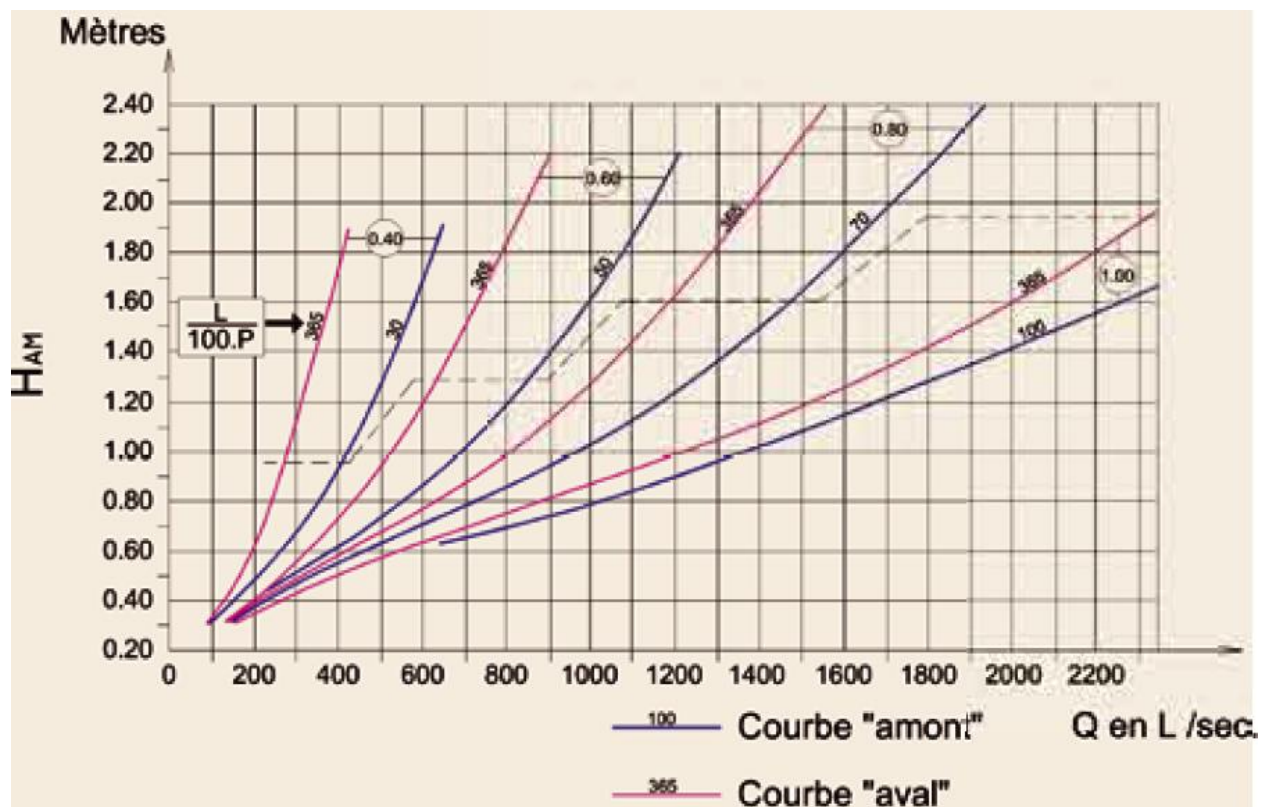


Ilustración 6-13 Ábaco 6. Determinación de H_e para ODT circular de hormigón con D_L entre 0,40 y 1,00 metros

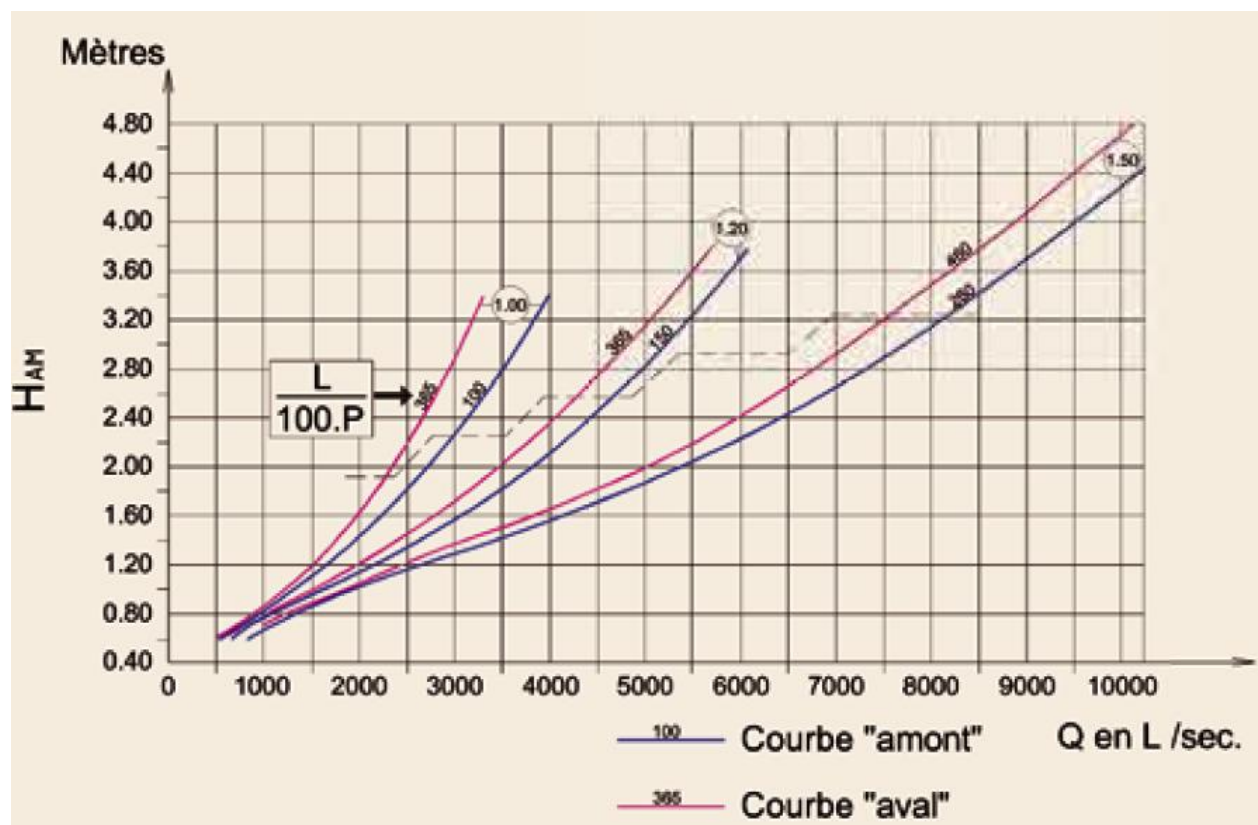


Ilustración 6-14 Ábaco 7. Determinación de H_e para ODT circular de hormigón con D_L entre 1,00 y 1,50 metros

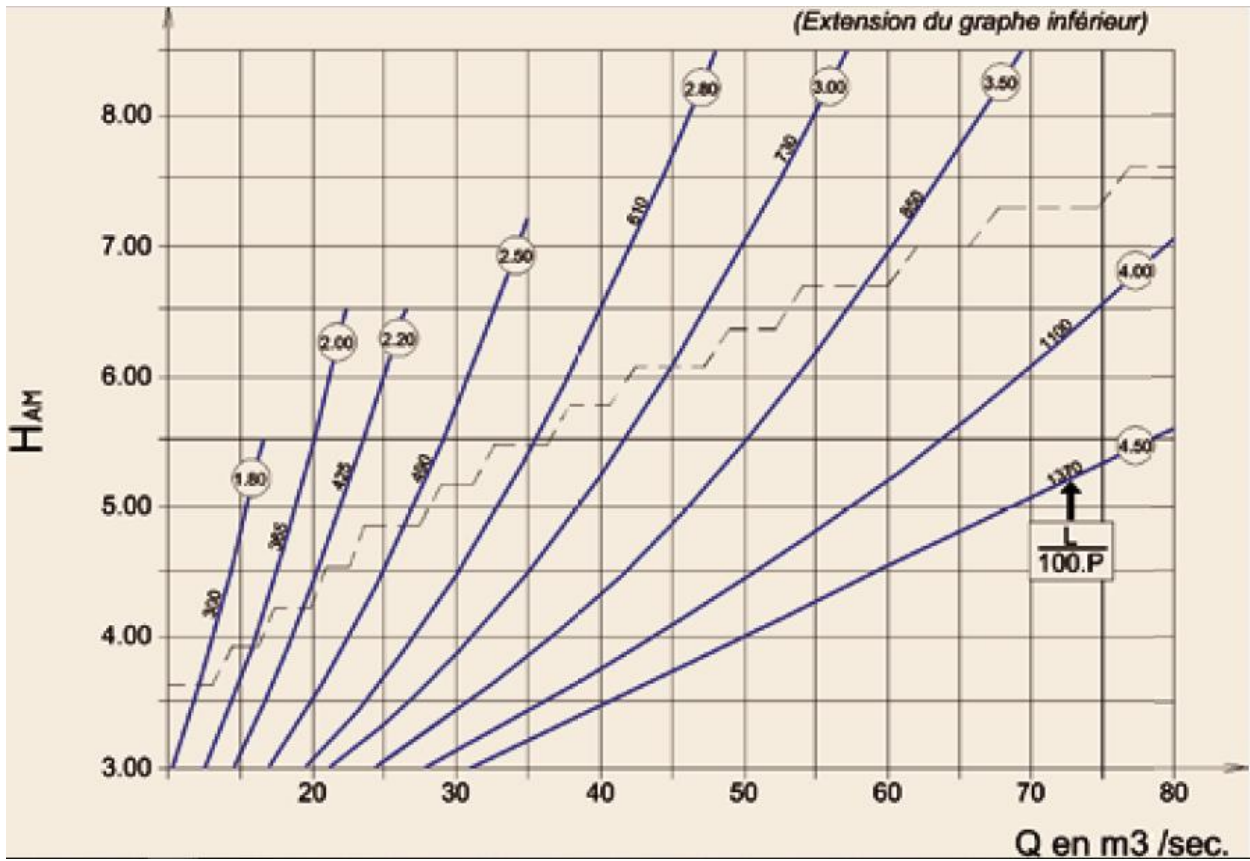


Ilustración 6-15 Ábaco 8.1. Determinación de H_e para ODT circular de hormigón con D_L entre 1,50 y 4,50 metros

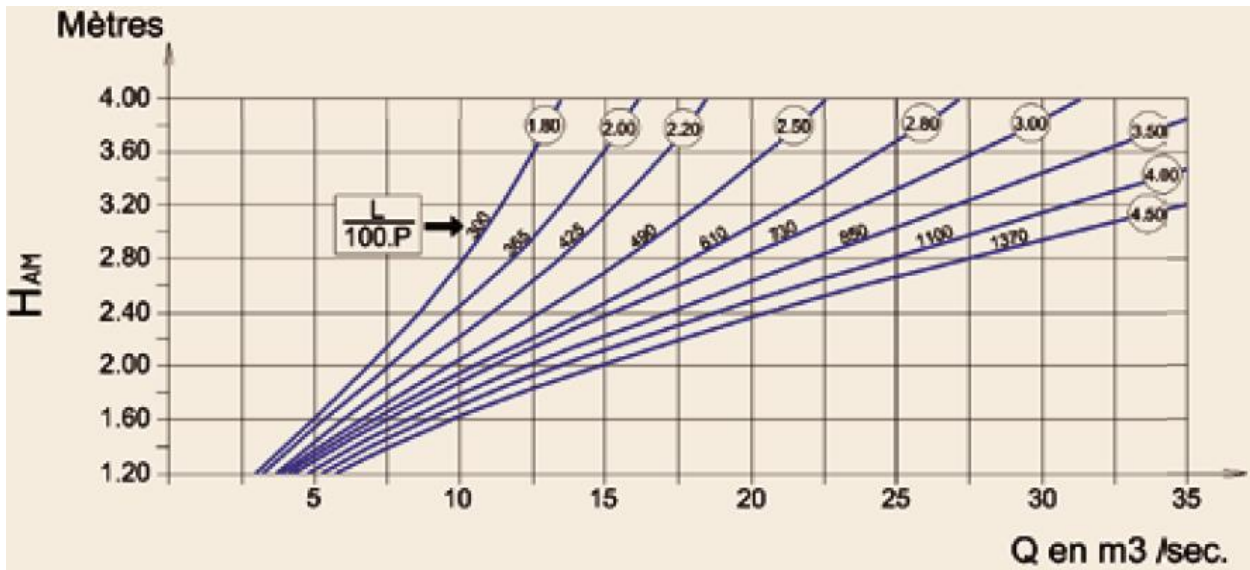


Ilustración 6-16 Ábaco 8.2. Determinación de H_e para ODT circular de hormigón con D_L entre 1,50 y 4,50 metros

ANEXO B

7.

En el presente anexo se recogen el proceso seguido para realizar la Hoja de Cálculo habilitada para Macros de EXCEL cuya intención es diseñar un modelo que automatice el método de cálculo seguido por la *Guide Technique* objeto de este estudio. Es dicho modelo el que se ha seguido para el análisis contenido en este documento.

7.1 Cálculos.

Primero se ha automatizado el método descrito por la *Guide Technique: Assainissement Routier* siguiendo la estructura de la Figura 6-1 (que coincide con la **Figura 3-1** de este documento).

7.1.1 Parámetros de configuración.

Primero se han introducido los valores de configuración del problema o *inputs*. Estos son:

- Caudal. Se ha variado según el caso de estudio.
- Cota de la plataforma superior de la carretera. Se ha establecido 6 m, para no estudiar casos de desbordamiento o *overtopping*.
- Ancho del canal aguas abajo. Se ha establecido 4 m.
- Altura del canal aguas abajo. Se ha establecido 4 m.
- Pendiente del talud del canal (para que pueda ser rectangular o trapezoidal). Se ha establecido la 1:1 (ó 45°).
- Material del canal/coeficiente de rugosidad. Se ha variado según el caso de estudio.
- Pendiente del canal aguas abajo. Se ha variado según el caso de estudio.
- Longitud del conducto. Se ha establecido 15m.
- Coeficiente de rugosidad del conducto. Se ha establecido una K de Strickler de 70 (corresponde con un coeficiente de rugosidad de Manning de $n \approx 0,014$).
- Forma de la sección (circular o rectangular). Se ha variado según el caso de estudio.
- Ancho de la sección (para secciones rectangulares). Se ha variado según el caso de estudio.
- Alto/diámetro de la sección (para secciones rectangulares/circulares). Se ha variado según el caso de estudio.
- Coeficiente de pérdida de la embocadura de la ODT, K_e . Se ha establecido un valor de 0,5.

Todas estas variables no solo vienen recogidas en este modelo, sino que tienen su correspondiente configuración en el HY-8.

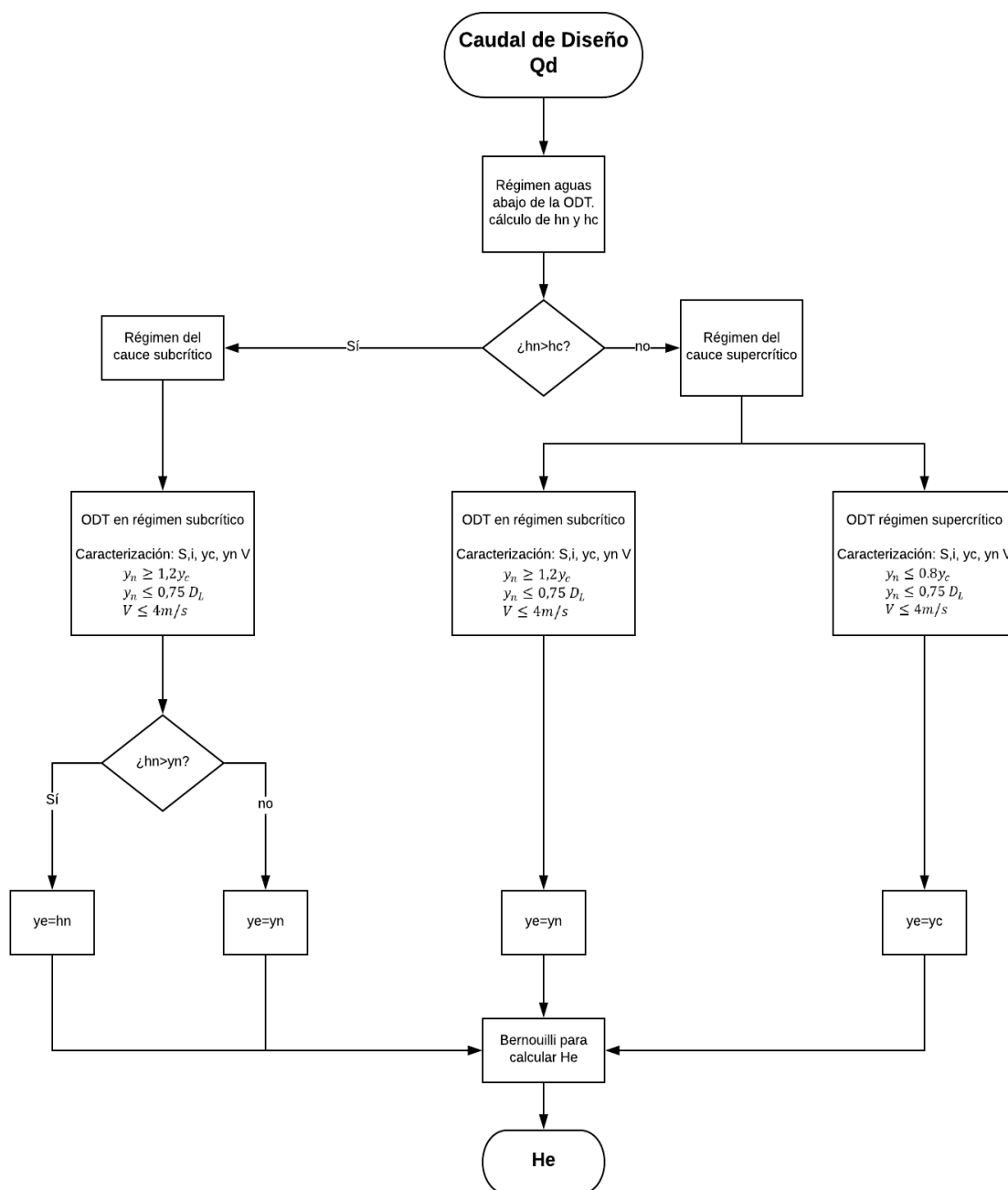


Figura 7-1 Diagrama de flujo para el cálculo de He mediante el modelo del Sétra.

7.1.2 Alturas de lámina de agua.

Para obtener las diferentes alturas se ha buscado aquella que daba resultado 0 la siguiente ecuación:

$$Q_d - Q_c(y) = 0$$

donde:

- Q_d = Caudal *input*.
- $Q_c(y)$ = Caudal calculado con la altura de lámina de agua, y .

$Q_c(y)$ tiene un cálculo diferente según sea caudal normal y crítico, y según sea para una sección circular o rectangular. En todo caso se ha calculado como:

$$Q_c(y) = \{Sección mojada\}(y) \times \{Velocidad de Manning/Strickñer\}(y)$$

todo en función de la altura de la lámina de agua, y , que debía de despejarse.

Y se ha utilizado para obtener las siguientes alturas:

- hn = altura normal en el canal aguas abajo.
- hc = altura crítica en el canal aguas abajo.
- yn = altura normal en el conducto.
- yc = altura normal en el conducto.

A partir de las cuales se ha calculado, siguiendo el esquema de la figura 6-1, el valor de la lámina de agua en la entrada del conducto, y_e .

7.1.3 Resultados.

A partir del valor de la altura en la entrada del conducto, y_e , se han calculado:

- velocidad en la entrada del conducto, V_e , mediante la fórmula de Manning-Strickler.

$$V_e = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

donde:

- n = coeficiente de rugosidad de Manning.
- R_h = radio hidráulico de la sección mojada.
- i = pendiente del conducto.
- altura de la lámina de agua aguas arriba del conducto, H_e , mediante la fórmula del Bernoulli considerando cota 0 el fondo de la entrada del conducto.

$$H_e = y_e + (1 + K_e) \cdot \frac{V_e^2}{2g}$$

7.1.4 Comprobación

Se ha comprobado para el caso estudiado las siguientes 4 características:

- yn se aleja de yc .
- y_e es menor al 75% de la altura del conducto.
- V_e es menor que la velocidad máxima de la normativa.
- H_e se mantiene por debajo de la cota de coronación de la plataforma superior de la carretera menos un resguardo que impone la norma, es decir, no se produce desbordamiento.

7.1.5 Ejemplo.

Tabla 7-1 Ejemplo de Configuración y Cálculo del modelo Sétra.

CAUDAL	CANAL ACTUAL (TRAPEZOIDAL)							
Qd (m³/s)	COTA TERRAP	Ancho (m)	Altura (m)	Talud (X/1)	Talud (º)	Material (H o TN)	K Strick.	Pendiente (m/m)
7.5	6.00	4.00	4.00	1.00	45.00	H	70.00	0.02
hn (m)	hc (m)	Comprobación de Qn(m³/s)			Comprobación de Qc(m³/s)			Régimen
0.37	0.68	0			0			SUPERCÍTICO

CONDUCTO									
Longitud (m)	K Strickler	Pendiente (m/m)	Sección (CIR o REC)			Ancho (m)	Alto/Diámetro (m)	Ke (emboca)	
15.00	70.00	0.02	CIR			0	1.80	0.50	
RECTANGULAR									
yn	Comprobación Qn (m³/s)		Vn	yc	Comprobación Qc (m³/s)		Vc		
0.49	7.5		0	0.86	7.5		2.90		
CIRCULAR									
yn (m)	yn opti (m)	Theta	A. moja(m²)		P. moja(m)	Rh(m)	Vn (m/s²)	Qn (m³/s)	Comprob
0.90	0.90	3.16	1.29		2.84	0.45	5.83	7.5	0
yc (m)	yc optimo (m)	betha c (rad)		A. moja(m²)	T(m)	Vc (m/s²)	Qn (m³/s)	Comprob	
1.36	1.36	4.22		2.07	1.54	3.63	7.5	0	
RESULTADO (ENTRADA)			COMPROBACIÓN						
ye (m)	Ve (m/s)	He (m)	yn/yc	ye<0,75D	V<Vmax	RESGUARDO			
1.36	3.62	2.37	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO			

7.2 Tabla de resultados y curva de funcionamiento.

7.2.1 Contenido.

Para realizar el análisis se necesitaba repetir este método de cálculo varias veces, con caudales distintos, para obtener así el comportamiento de la ODT ante diferentes situaciones hidrológicas, o en distintos momentos del hidrograma entrante a la obra.

De esta manera se han calculado los comportamientos frente 20 caudales para cada caso de estudio. Se han extraído a parte los valores de la lámina de agua en la entrada y aguas arriba de la misma (y_e y H_e , respectivamente) y de la velocidad en la entrada (V_e). Además, se ha comprobado en esta tabla que se cumplan las restricciones de la norma de velocidad y alturas de agua máximas.

Posteriormente se grafican los resultados junto con los obtenidos con el HY-8.

7.2.2 Ejemplo.

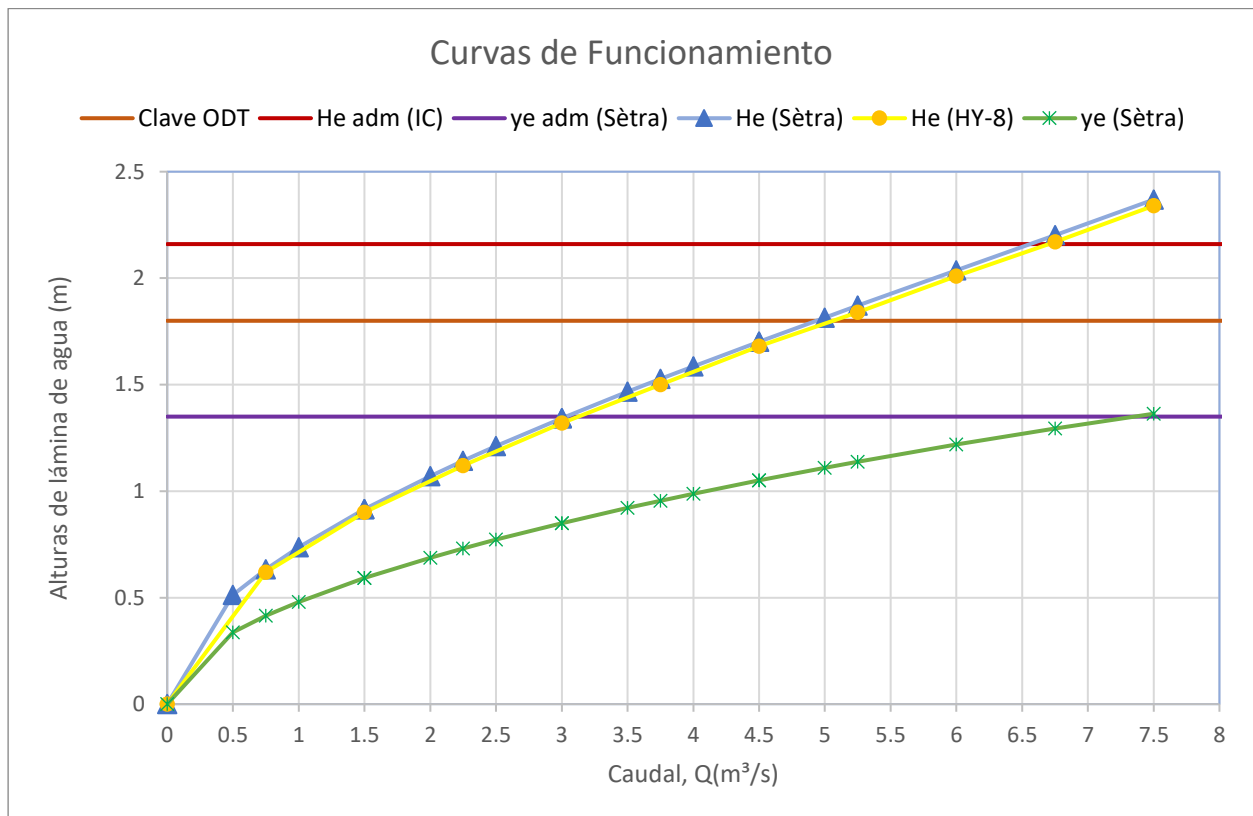


Figura 7-2 Ejemplo de Gráficas de curvas de funcionamiento.

Tabla 7-2 Ejemplo de Tabla de Resultados del modelo Sètra.

Q (m³/s)	0.500	0.750	1.000	1.500	1.500	2.000	2.250	2.500	3.000	3.000
ye (m)	0.337	0.415	0.480	0.592	0.592	0.687	0.731	0.772	0.849	0.849
Ve (m/s)	1.517	1.693	1.833	2.057	2.057	2.239	2.320	2.397	2.539	2.539
He (m)	0.513	0.634	0.737	0.916	0.916	1.071	1.142	1.211	1.342	1.342

Q (m³/s)	3.500	3.750	4.000	4.500	4.500	5.000	5.250	6.000	6.750	7.500
ye (m)	0.921	0.955	0.987	1.050	1.050	1.110	1.138	1.219	1.294	1.364
Ve (m/s)	2.672	2.736	2.798	2.919	2.919	3.037	3.096	3.270	3.446	3.626
He (m)	1.467	1.527	1.586	1.702	1.702	1.815	1.871	2.037	2.202	2.369

ANEXO C

8.

Aquí se recogen las configuraciones *input* y los resultados *output* de los modelos al realizar los análisis de los 60 casos teóricos estudiados. Están clasificados en una estructura de árbol en tres niveles: 1º en función de la configuración del *tailwater* channel; 2º en función de la pendiente del conducto; 3º en función de la sección. La configuración de la modelización del método del Sétra no se ha incluido por considerarse de una mayor sencillez que la del programa HY-8, y por tanto irrelevante ya que ambos modelos se han configurado con los mismos parámetros.

8.1 Resultados canal aguas abajo favorable.

8.1.1 Pendiente 0.5%.

8.1.1.1 Secciones circulares.

8.1.1.1.1 D=800mm.

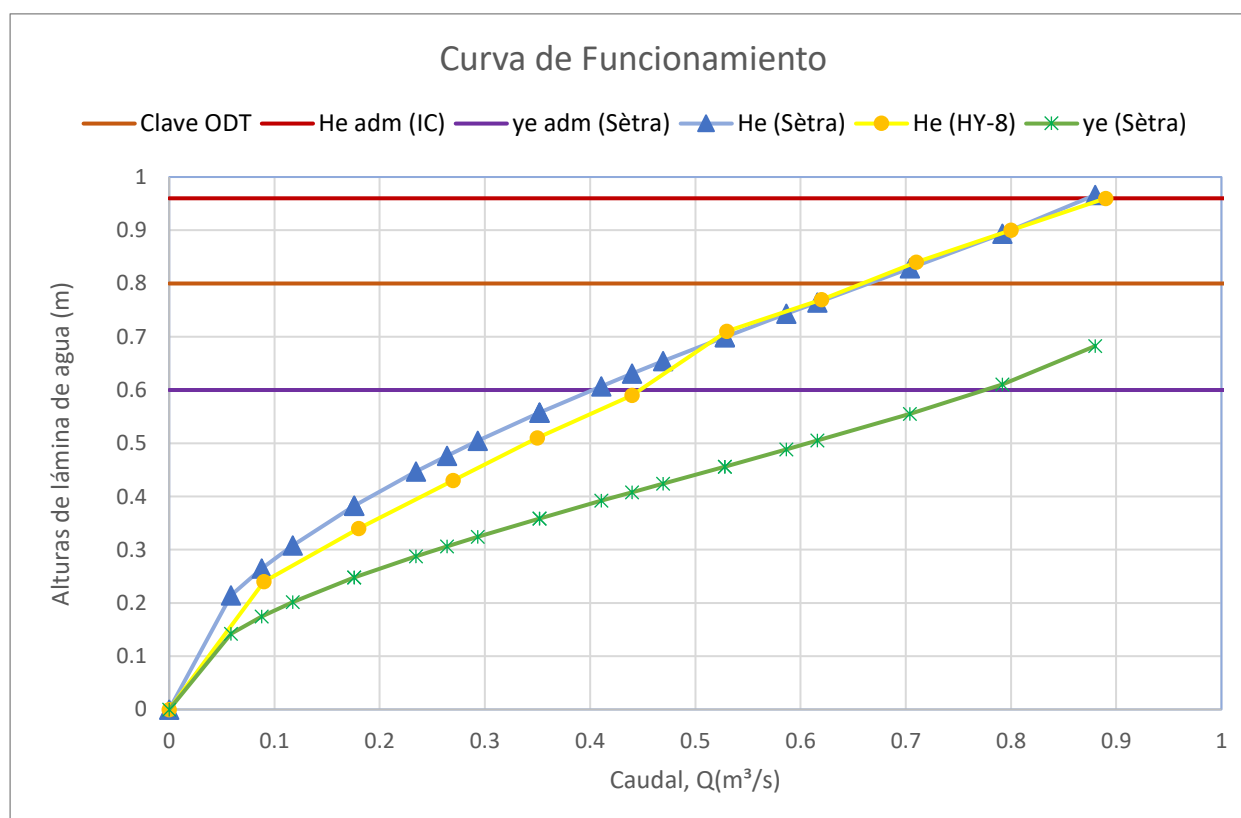
Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.885	cms
Maximum Flow	0.885	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0050	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.09	0.24	0.24	0.10	1-S2n	0.17	0.17	0.17	0.04	1.11	0.57
0.18	0.18	0.34	0.34	0.19	1-S2n	0.24	0.25	0.24	0.06	1.36	0.75
0.27	0.27	0.43	0.43	0.26	1-S2n	0.30	0.31	0.30	0.07	1.52	0.87
0.35	0.35	0.51	0.51	0.33	1-S2n	0.35	0.36	0.35	0.09	1.64	0.98
0.44	0.44	0.59	0.59	0.40	1-S2n	0.39	0.40	0.39	0.10	1.74	1.07
0.53	0.53	0.71	0.66	0.71	2-M2c	0.44	0.44	0.44	0.11	1.88	1.14
0.62	0.62	0.77	0.73	0.77	2-M2c	0.49	0.48	0.48	0.12	1.99	1.21
0.71	0.71	0.84	0.80	0.84	7-M2c	0.53	0.51	0.51	0.13	2.09	1.27
0.80	0.80	0.90	0.87	0.90	7-M2c	0.59	0.54	0.54	0.14	2.19	1.33
0.89	0.89	0.96	0.94	0.96	7-M2c	0.80	0.57	0.57	0.15	2.30	1.39

Q (m³/s)	0.059	0.088	0.117	0.176	0.176	0.235	0.264	0.293	0.352	0.352
ye (m)	0.142	0.175	0.202	0.248	0.248	0.288	0.306	0.324	0.359	0.359
Ve (m/s)	0.969	1.086	1.177	1.325	1.325	1.442	1.491	1.536	1.612	1.612
He (m)	0.214	0.265	0.308	0.382	0.382	0.447	0.476	0.505	0.557	0.557

Q (m³/s)	0.411	0.440	0.469	0.528	0.528	0.587	0.616	0.704	0.792	0.880
ye (m)	0.392	0.408	0.424	0.456	0.456	0.488	0.505	0.555	0.610	0.683
Ve (m/s)	1.677	1.707	1.735	1.785	1.785	1.826	1.842	1.892	1.924	1.926
He (m)	0.607	0.631	0.654	0.699	0.699	0.743	0.765	0.829	0.894	0.966



8.1.1.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.540	cms
Maximum Flow	1.540	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	: 1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1000

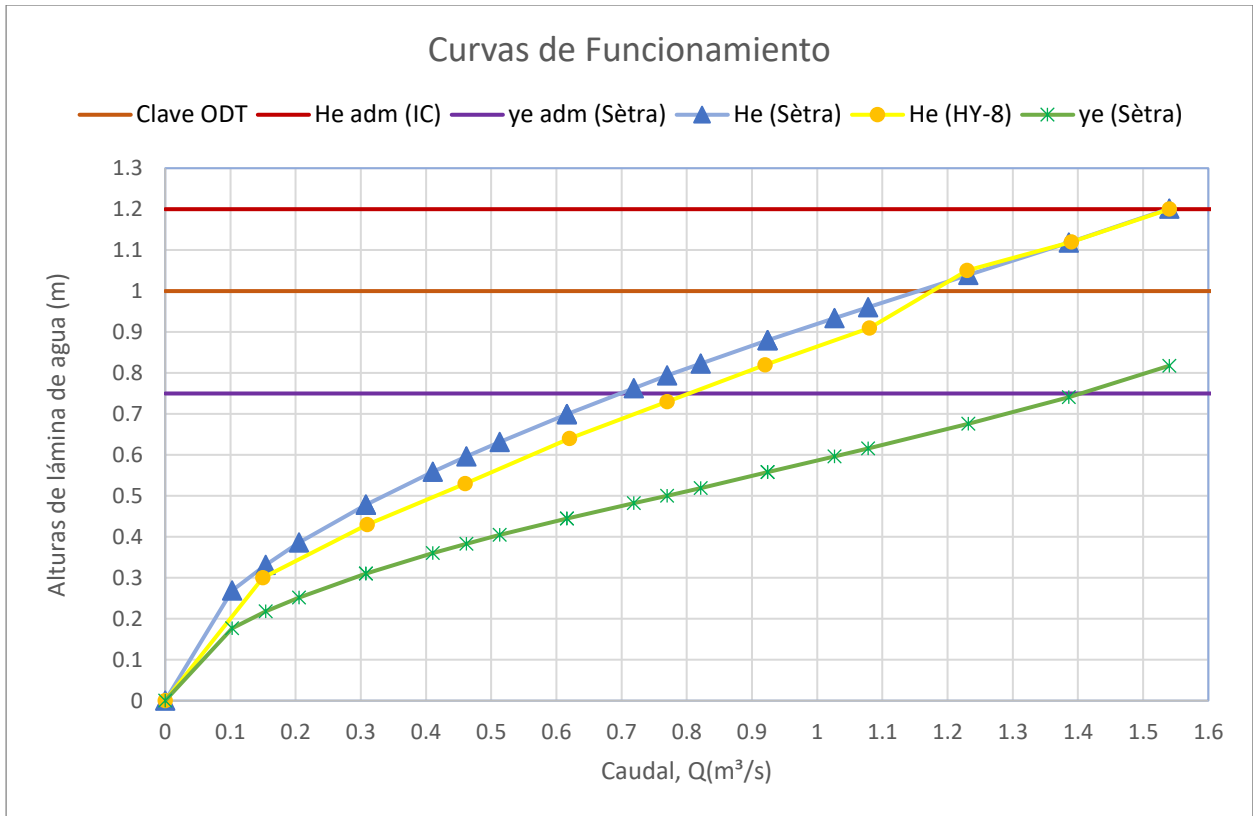
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.15	0.30	0.30	0.14	1-S2n	0.21	0.22	0.21	0.03	1.28	1.42
0.31	0.31	0.43	0.43	0.25	1-S2n	0.29	0.31	0.29	0.04	1.56	1.87
0.46	0.46	0.53	0.53	0.34	1-S2n	0.36	0.38	0.37	0.05	1.68	2.19
0.62	0.62	0.64	0.64	0.43	1-S2n	0.42	0.44	0.42	0.06	1.89	2.45
0.77	0.77	0.73	0.73	0.52	1-S2n	0.48	0.50	0.48	0.07	2.00	2.68
0.92	0.92	0.82	0.82	0.60	1-S2n	0.54	0.55	0.54	0.08	2.09	2.87
1.08	1.08	0.91	0.91	0.70	1-S2n	0.59	0.59	0.59	0.09	2.16	3.05
1.23	1.23	1.05	0.99	1.05	7-M2c	0.65	0.64	0.64	0.09	2.33	3.21
1.39	1.39	1.12	1.08	1.12	7-M2c	0.71	0.68	0.68	0.10	2.44	3.36
1.54	1.54	1.20	1.17	1.20	7-M2c	0.78	0.72	0.72	0.11	2.56	3.50

Q (m³/s)	0.103	0.154	0.205	0.308	0.308	0.411	0.462	0.513	0.616	0.616
ye (m)	0.177	0.218	0.252	0.310	0.310	0.360	0.383	0.404	0.445	0.445
Ve (m/s)	1.097	1.220	1.323	1.482	1.482	1.613	1.671	1.724	1.825	1.825
He (m)	0.269	0.332	0.386	0.478	0.478	0.559	0.596	0.632	0.699	0.699

Q (m³/s)	0.719	0.770	0.821	0.924	0.924	1.027	1.078	1.232	1.386	1.540
ye (m)	0.482	0.500	0.519	0.558	0.558	0.596	0.616	0.676	0.741	0.818
Ve (m/s)	1.917	1.961	1.995	2.052	2.052	2.102	2.124	2.182	2.222	2.240
He (m)	0.763	0.794	0.823	0.880	0.880	0.934	0.961	1.040	1.118	1.201



8.1.1.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.410	cms
Maximum Flow	2.410	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1200

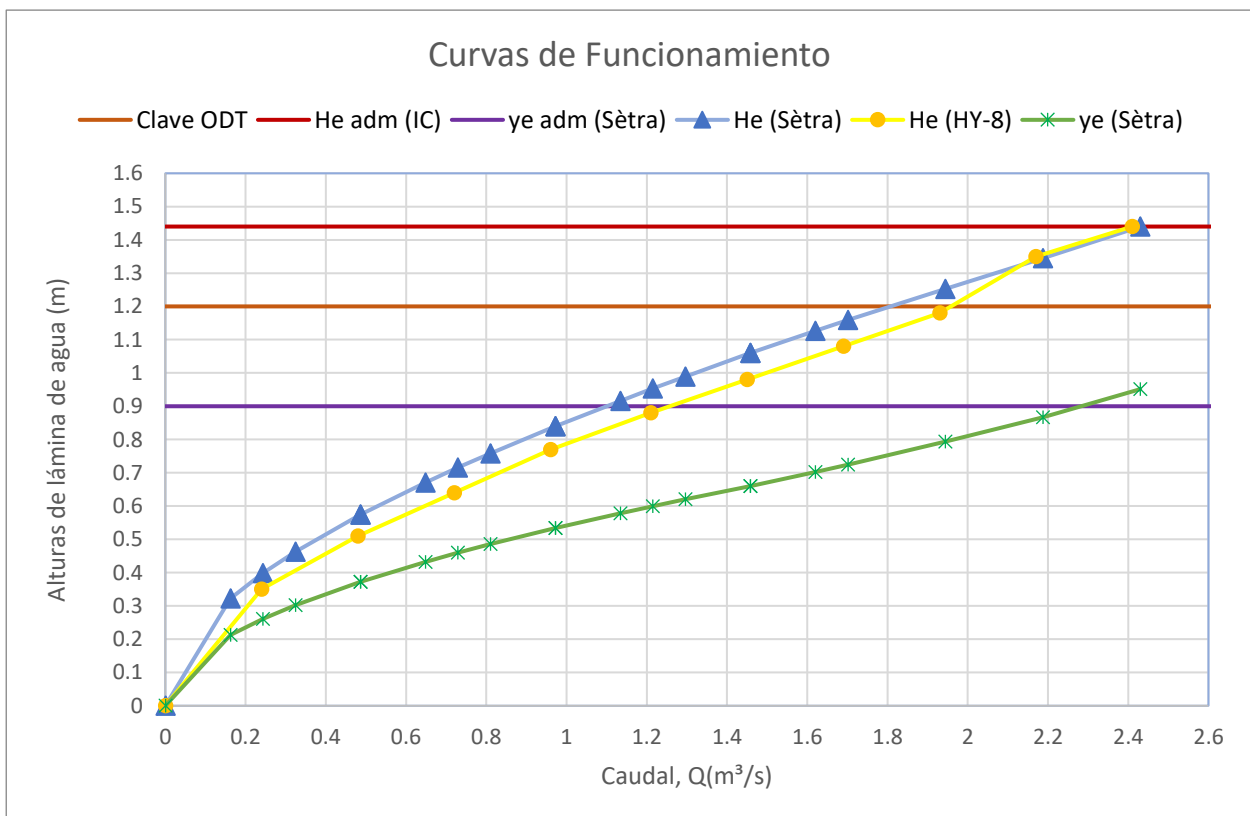
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.24	0.24	0.35	0.35	0.19	1-S2n	0.24	0.26	0.25	0.04	1.37	1.70
0.48	0.48	0.51	0.51	0.31	1-S2n	0.34	0.37	0.35	0.05	1.68	2.23
0.72	0.72	0.64	0.64	0.42	1-S2n	0.42	0.46	0.44	0.07	1.88	2.61
0.96	0.96	0.77	0.77	0.52	1-S2n	0.50	0.53	0.50	0.08	2.11	2.92
1.21	1.21	0.88	0.88	0.63	1-S2n	0.56	0.60	0.56	0.09	2.23	3.18
1.45	1.45	0.98	0.98	0.73	1-S2n	0.63	0.66	0.65	0.10	2.26	3.41
1.69	1.69	1.08	1.08	0.84	1-S2n	0.69	0.71	0.69	0.11	2.42	3.62
1.93	1.93	1.18	1.18	0.95	1-S2n	0.76	0.76	0.76	0.12	2.49	3.81
2.17	2.17	1.35	1.29	1.35	7-M2c	0.82	0.81	0.81	0.13	2.67	3.98
2.41	2.41	1.44	1.40	1.44	7-M2c	0.90	0.85	0.85	0.14	2.80	4.15

Q (m³/s)	0.162	0.243	0.324	0.486	0.486	0.648	0.729	0.810	0.972	0.972
ye (m)	0.213	0.261	0.303	0.372	0.372	0.432	0.459	0.485	0.534	0.534
Ve (m/s)	1.197	1.340	1.448	1.625	1.625	1.767	1.830	1.889	2.000	2.000
He (m)	0.322	0.398	0.463	0.574	0.574	0.671	0.715	0.758	0.839	0.839

Q (m³/s)	1.134	1.215	1.296	1.458	1.458	1.620	1.701	1.944	2.187	2.430
ye (m)	0.578	0.600	0.620	0.660	0.660	0.702	0.724	0.793	0.867	0.951
Ve (m/s)	2.101	2.150	2.197	2.288	2.288	2.358	2.384	2.450	2.500	2.527
He (m)	0.916	0.953	0.989	1.060	1.060	1.127	1.159	1.252	1.345	1.440



8.1.1.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.250	cms
Maximum Flow	4.250	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1500

Add Culvert

Duplicate Culvert

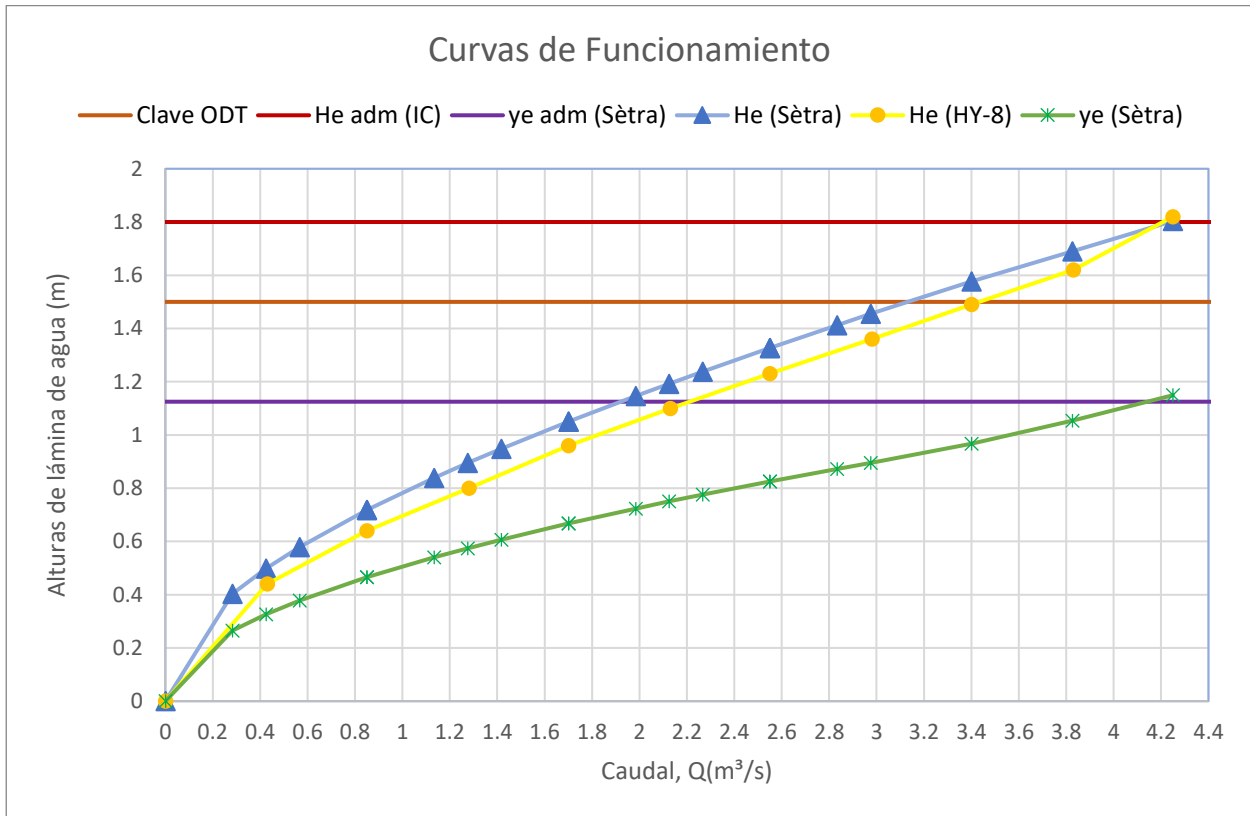
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.43	0.43	0.44	0.44	0.26	1-S2n	0.30	0.33	0.30	0.05	1.64	2.12
0.85	0.85	0.64	0.64	0.41	1-S2n	0.42	0.46	0.44	0.08	1.92	2.78
1.28	1.28	0.80	0.80	0.54	1-S2n	0.52	0.57	0.54	0.10	2.15	3.25
1.70	1.70	0.96	0.96	0.67	1-S2n	0.61	0.67	0.63	0.11	2.33	3.63
2.13	2.13	1.10	1.10	0.80	1-S2n	0.69	0.75	0.72	0.13	2.47	3.95
2.55	2.55	1.23	1.23	0.93	1-S2n	0.77	0.82	0.80	0.15	2.59	4.23
2.98	2.98	1.36	1.36	1.07	1-S2n	0.85	0.89	0.87	0.16	2.70	4.49
3.40	3.40	1.49	1.49	1.21	1-S2n	0.93	0.96	0.95	0.17	2.79	4.72
3.83	3.83	1.62	1.62	1.35	5-S2n	1.01	1.02	1.01	0.19	2.94	4.93
4.25	4.25	1.82	1.76	1.82	7-M2c	1.10	1.07	1.07	0.20	3.14	5.13

Q (m³/s)	0.283	0.425	0.567	0.850	0.850	1.133	1.275	1.417	1.700	1.700
ye (m)	0.265	0.326	0.378	0.466	0.466	0.540	0.575	0.607	0.668	0.668
Ve (m/s)	1.344	1.499	1.622	1.818	1.818	1.977	2.047	2.114	2.236	2.236
He (m)	0.403	0.498	0.579	0.718	0.718	0.839	0.895	0.949	1.050	1.050

Q (m³/s)	1.983	2.125	2.267	2.550	2.550	2.833	2.975	3.400	3.825	4.250
ye (m)	0.724	0.750	0.776	0.825	0.825	0.872	0.894	0.967	1.053	1.149
Ve (m/s)	2.350	2.404	2.457	2.559	2.559	2.658	2.707	2.823	2.885	2.925
He (m)	1.146	1.192	1.238	1.326	1.326	1.412	1.455	1.576	1.690	1.803



8.1.1.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.770	cms
Maximum Flow	6.770	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1800

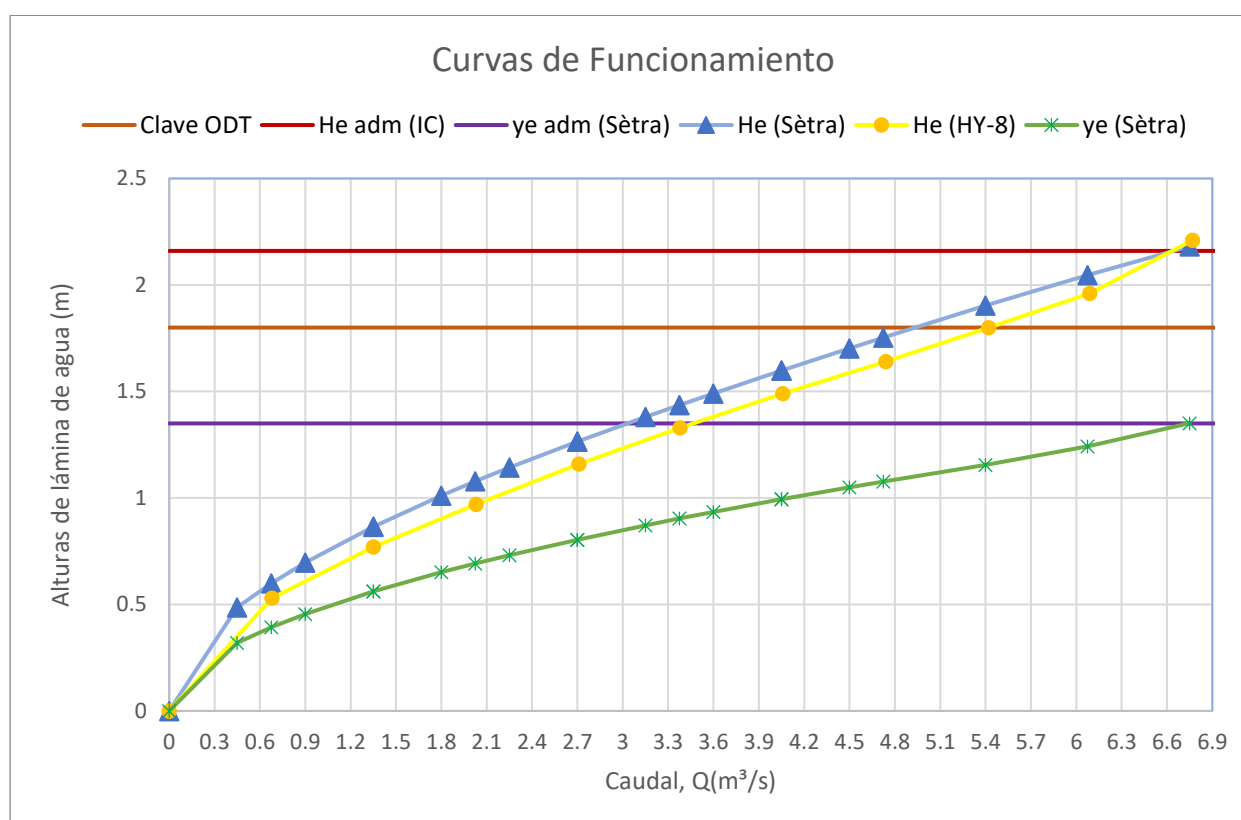
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.68	0.68	0.53	0.53	0.32	1-S2n	0.35	0.39	0.37	0.07	1.76	2.54
1.35	1.35	0.77	0.77	0.51	1-S2n	0.50	0.56	0.52	0.10	2.14	3.33
2.03	2.03	0.97	0.97	0.67	1-S2n	0.62	0.69	0.64	0.13	2.39	3.88
2.71	2.71	1.16	1.16	0.83	1-S2n	0.73	0.80	0.75	0.15	2.59	4.33
3.38	3.38	1.33	1.33	0.98	1-S2n	0.82	0.90	0.85	0.17	2.75	4.71
4.06	4.06	1.49	1.49	1.14	1-S2n	0.92	0.99	0.95	0.19	2.89	5.04
4.74	4.74	1.64	1.64	1.30	1-S2n	1.01	1.08	1.04	0.21	3.02	5.34
5.42	5.42	1.80	1.80	1.47	1-S2n	1.10	1.16	1.13	0.23	3.13	5.61
6.09	6.09	1.96	1.96	1.64	5-S2n	1.19	1.23	1.23	0.25	3.21	5.85
6.77	6.77	2.21	2.13	2.21	7-M2c	1.29	1.29	1.29	0.26	3.46	6.08

Q (m³/s)	0.450	0.675	0.900	1.350	1.350	1.800	2.025	2.250	2.700	2.700
ye (m)	0.319	0.393	0.455	0.561	0.561	0.651	0.692	0.731	0.804	0.804
Ve (m/s)	1.474	1.645	1.780	1.995	1.995	2.169	2.247	2.320	2.455	2.455
He (m)	0.486	0.600	0.697	0.865	0.865	1.011	1.078	1.142	1.265	1.265

Q (m³/s)	3.150	3.375	3.600	4.050	4.050	4.500	4.725	5.400	6.075	6.750
ye (m)	0.871	0.903	0.934	0.994	0.994	1.050	1.077	1.155	1.242	1.351
Ve (m/s)	2.580	2.640	2.698	2.810	2.810	2.919	2.973	3.131	3.244	3.295
He (m)	1.380	1.436	1.491	1.598	1.598	1.702	1.753	1.904	2.047	2.181



8.1.1.2 Secciones rectangulares.

8.1.1.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.450	cms
Maximum Flow	7.450	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	5.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

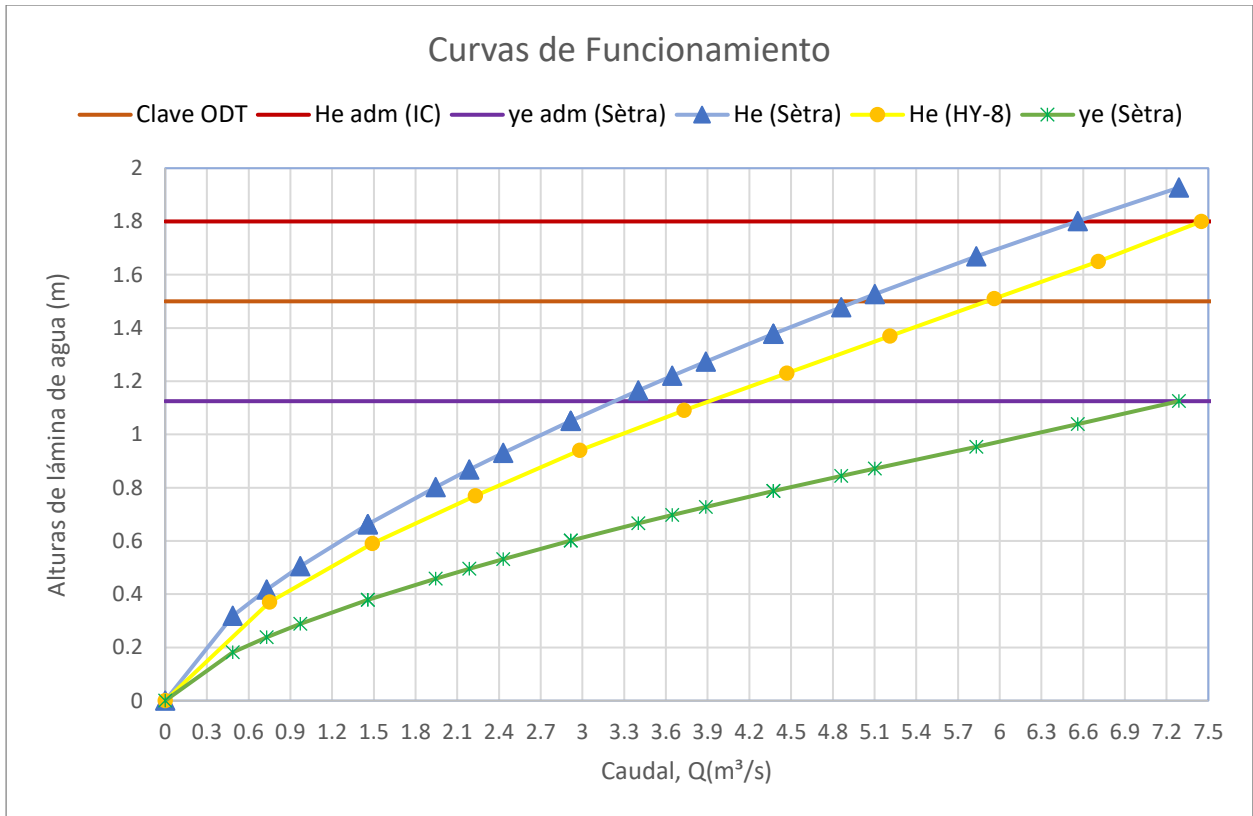
Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.75	0.37	0.37	0.17	1-S2n	0.22	0.24	0.22	0.07	1.69	2.64
1.49	1.49	0.59	0.59	0.33	1-S2n	0.35	0.38	0.36	0.11	2.07	3.45
2.23	2.23	0.77	0.77	0.47	1-S2n	0.46	0.50	0.47	0.13	2.36	4.03
2.98	2.98	0.94	0.94	0.61	1-S2n	0.56	0.61	0.58	0.16	2.58	4.49
3.73	3.73	1.09	1.09	0.76	1-S2n	0.66	0.71	0.68	0.18	2.75	4.88
4.47	4.47	1.23	1.23	0.90	1-S2n	0.75	0.80	0.77	0.20	2.90	5.22
5.21	5.21	1.37	1.37	1.05	1-S2n	0.84	0.88	0.86	0.22	3.02	5.53
5.96	5.96	1.51	1.51	1.21	5-S2n	0.93	0.97	0.95	0.24	3.13	5.81
6.71	6.71	1.65	1.65	1.37	5-S2n	1.01	1.05	1.04	0.26	3.22	6.06
7.45	7.45	1.80	1.80	1.54	5-S2n	1.10	1.12	1.10	0.28	3.40	6.30

Q (m³/s)	0.486	0.729	0.972	1.458	1.458	1.944	2.187	2.430	2.916	2.916
ye (m)	0.182	0.238	0.289	0.378	0.378	0.458	0.496	0.532	0.601	0.601
Ve (m/s)	1.335	1.529	1.683	1.927	1.927	2.120	2.205	2.284	2.428	2.428
He (m)	0.318	0.417	0.505	0.662	0.662	0.802	0.868	0.931	1.051	1.051

Q (m³/s)	3.402	3.645	3.888	4.374	4.374	4.860	5.103	5.832	6.561	7.290
ye (m)	0.666	0.697	0.728	0.787	0.787	0.844	0.872	0.953	1.039	1.125
Ve (m/s)	2.555	2.615	2.672	2.779	2.779	2.878	2.925	3.058	3.158	3.239
He (m)	1.165	1.220	1.273	1.377	1.377	1.478	1.526	1.669	1.801	1.927



8.1.1.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	10.520	cms
Maximum Flow	10.520	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	5.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

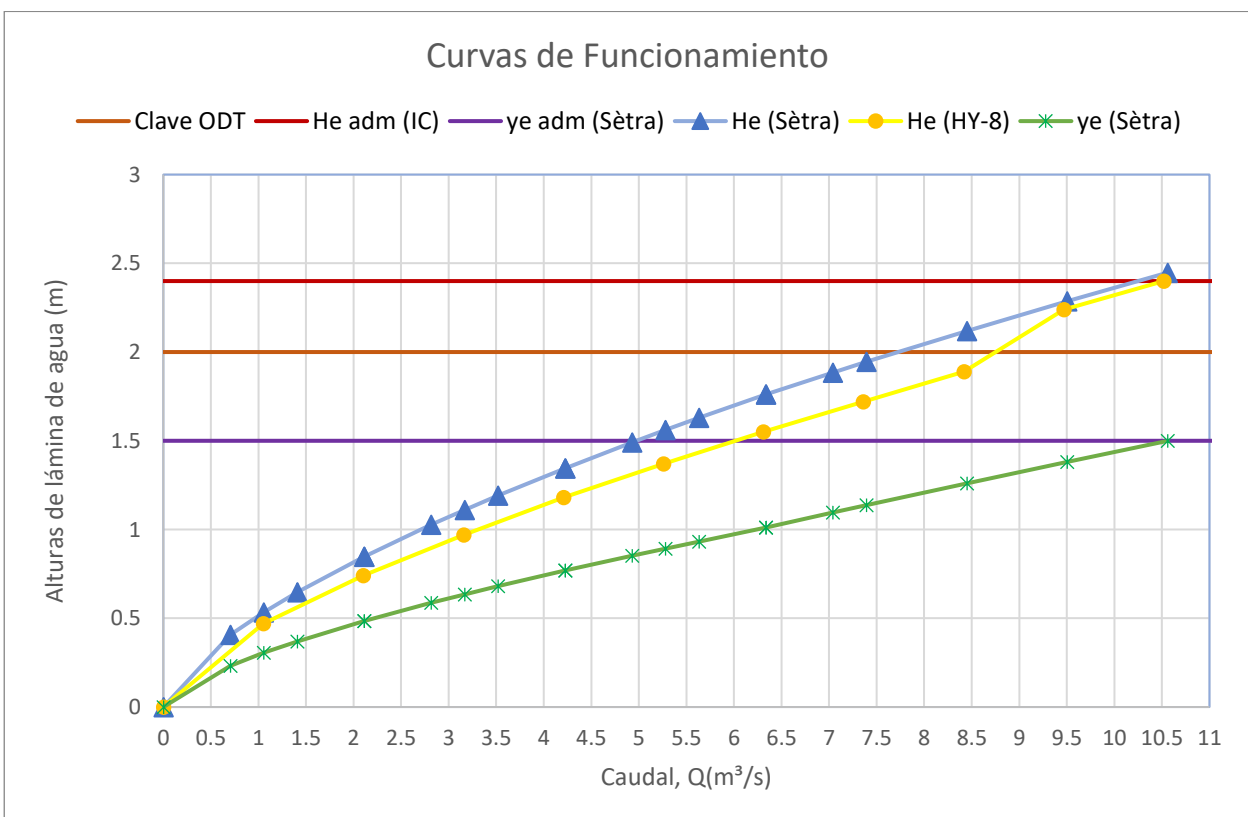
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.05	1.05	0.47	0.47	0.23	1-S2n	0.28	0.30	0.29	0.09	1.84	3.02
2.10	2.10	0.74	0.74	0.43	1-S2n	0.44	0.48	0.45	0.13	2.32	3.94
3.16	3.16	0.97	0.97	0.61	1-S2n	0.58	0.63	0.60	0.17	2.62	4.59
4.21	4.21	1.18	1.18	0.78	1-S2n	0.72	0.77	0.74	0.20	2.85	5.11
5.26	5.26	1.37	1.37	0.95	1-S2n	0.84	0.89	0.87	0.22	3.03	5.55
6.31	6.31	1.55	1.55	1.13	1-S2n	0.97	1.00	0.97	0.25	3.26	5.93
7.36	7.36	1.72	1.72	1.31	1-S2n	1.09	1.11	1.09	0.27	3.39	6.27
8.42	8.42	1.89	1.89	1.49	1-S2n	1.20	1.22	1.20	0.30	3.50	6.58
9.47	9.47	2.24	2.06	2.24	7-M2c	1.32	1.32	1.32	0.32	3.60	6.86
10.52	10.52	2.40	2.23	2.40	7-M2c	1.43	1.41	1.41	0.34	3.72	7.12

Q (m³/s)	0.704	1.056	1.408	2.112	2.112	2.816	3.168	3.520	4.224	4.224
ye (m)	0.233	0.305	0.370	0.485	0.485	0.587	0.635	0.681	0.769	0.769
Ve (m/s)	1.511	1.730	1.904	2.180	2.180	2.399	2.495	2.585	2.747	2.747
He (m)	0.408	0.534	0.647	0.848	0.848	1.027	1.111	1.192	1.346	1.346

Q (m³/s)	4.928	5.280	5.632	6.336	6.336	7.040	7.392	8.448	9.504	10.560
ye (m)	0.852	0.892	0.932	1.012	1.012	1.096	1.137	1.260	1.380	1.500
Ve (m/s)	2.891	2.959	3.023	3.131	3.131	3.212	3.250	3.353	3.442	3.521
He (m)	1.491	1.562	1.630	1.761	1.761	1.885	1.945	2.119	2.286	2.447



8.1.1.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.230	cms
Maximum Flow	17.230	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	5.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

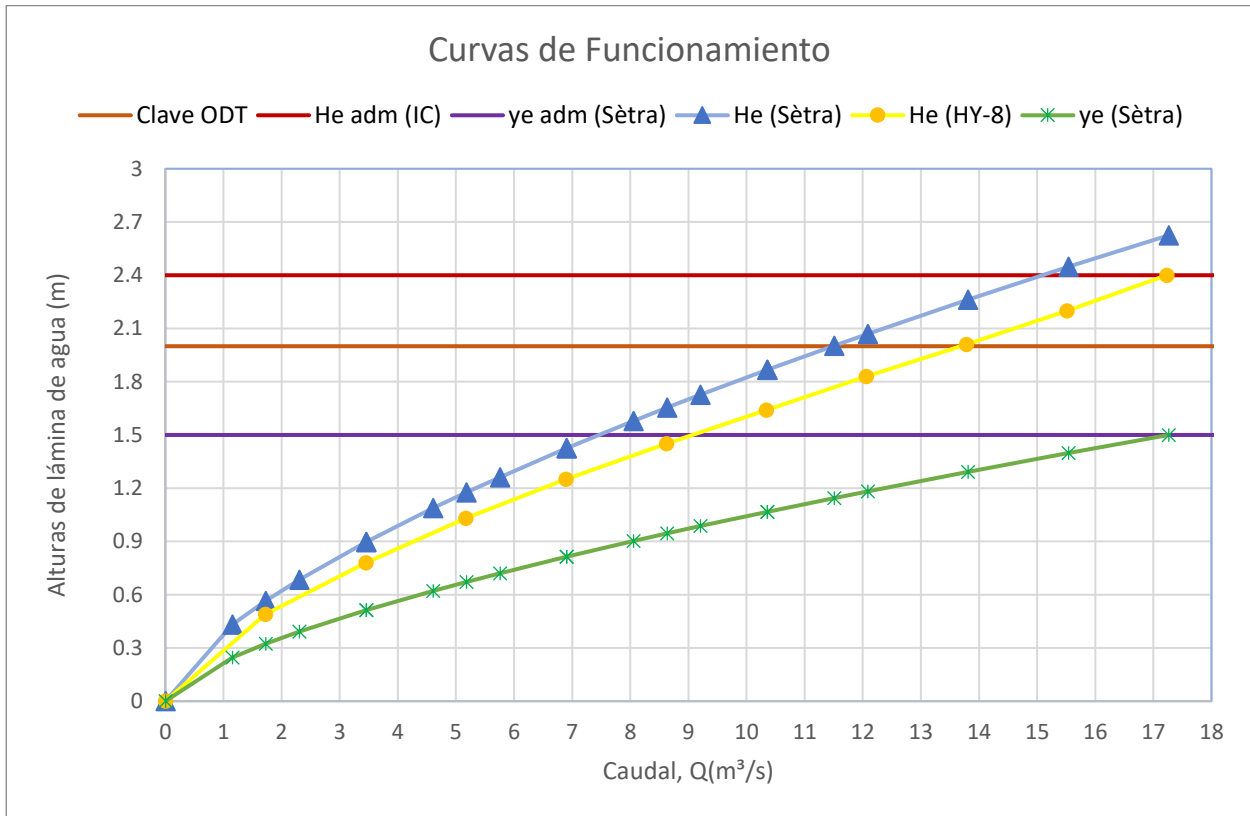
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.72	1.72	0.49	0.49	0.25	1-S2n	0.28	0.32	0.29	0.11	1.96	3.65
3.45	3.45	0.78	0.78	0.46	1-S2n	0.44	0.51	0.46	0.17	2.47	4.74
5.17	5.17	1.03	1.03	0.65	1-S2n	0.58	0.67	0.61	0.22	2.81	5.51
6.89	6.89	1.25	1.25	0.84	1-S2n	0.71	0.81	0.75	0.26	3.07	6.12
8.62	8.62	1.45	1.45	1.03	1-S2n	0.83	0.94	0.87	0.30	3.29	6.63
10.34	10.34	1.64	1.64	1.22	1-S2n	0.94	1.07	0.99	0.34	3.47	7.08
12.06	12.06	1.83	1.83	1.42	1-S2n	1.05	1.18	1.11	0.37	3.63	7.47
13.78	13.78	2.01	2.01	1.62	5-S2n	1.16	1.29	1.22	0.40	3.77	7.83
15.51	15.51	2.20	2.20	1.84	5-S2n	1.27	1.40	1.32	0.43	3.90	8.15
17.23	17.23	2.40	2.40	2.06	5-S2n	1.37	1.50	1.43	0.46	4.02	8.45

Q (m³/s)	1.151	1.727	2.302	3.453	3.453	4.604	5.180	5.755	6.906	6.906
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.622	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.959	2.243	2.243	2.469	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	8.057	8.633	9.208	10.359	10.359	11.510	12.086	13.812	15.539	17.265
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.1.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	22.900	cms
Maximum Flow	22.900	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	5.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

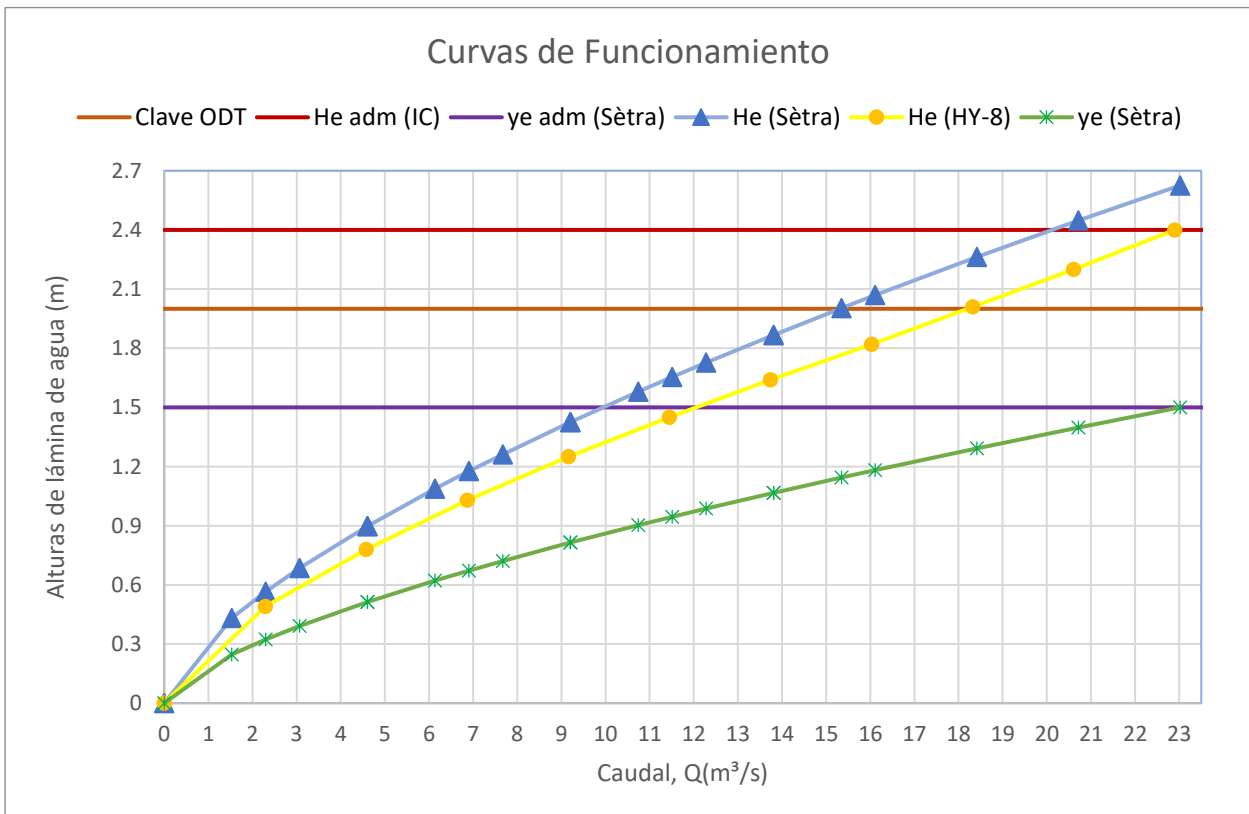
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.29	2.29	0.49	0.49	0.25	1-S2n	0.28	0.32	0.29	0.14	1.99	4.07
4.58	4.58	0.78	0.78	0.46	1-S2n	0.43	0.51	0.46	0.21	2.51	5.27
6.87	6.87	1.03	1.03	0.65	1-S2n	0.56	0.67	0.60	0.26	2.86	6.11
9.16	9.16	1.25	1.25	0.84	1-S2n	0.68	0.81	0.73	0.31	3.13	6.78
11.45	11.45	1.45	1.45	1.02	1-S2n	0.79	0.94	0.85	0.36	3.35	7.34
13.74	13.74	1.64	1.64	1.21	1-S2n	0.90	1.06	0.97	0.40	3.54	7.82
16.03	16.03	1.82	1.82	1.41	1-S2n	1.00	1.18	1.08	0.44	3.71	8.25
18.32	18.32	2.01	2.01	1.61	5-S2n	1.10	1.29	1.18	0.47	3.87	8.63
20.61	20.61	2.20	2.20	1.83	5-S2n	1.19	1.39	1.29	0.51	4.00	8.98
22.90	22.90	2.40	2.40	2.05	5-S2n	1.28	1.49	1.39	0.54	4.13	9.31

Q (m³/s)	1.535	2.302	3.069	4.604	4.604	6.139	6.906	7.673	9.208	9.208
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.622	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.960	2.243	2.243	2.469	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	10.743	11.510	12.277	13.812	13.812	15.347	16.114	18.416	20.718	23.020
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.1.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	31.550	cms
Maximum Flow	31.550	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	5.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

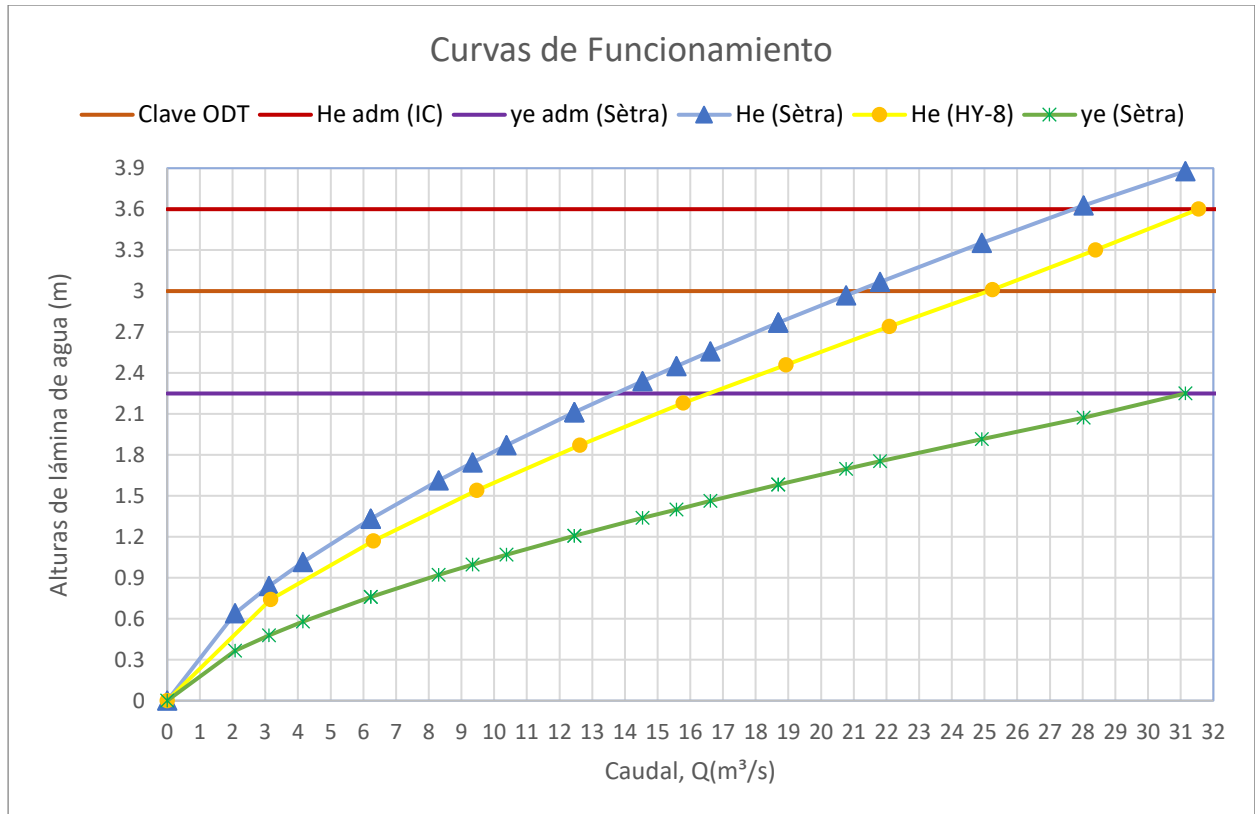
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.16	3.16	0.74	0.74	0.42	1-S2n	0.42	0.48	0.44	0.17	2.40	4.59
6.31	6.31	1.17	1.17	0.73	1-S2n	0.67	0.77	0.70	0.25	2.99	5.93
9.47	9.47	1.54	1.54	1.01	1-S2n	0.89	1.00	0.93	0.32	3.38	6.86
12.62	12.62	1.87	1.87	1.29	1-S2n	1.09	1.22	1.14	0.38	3.68	7.59
15.78	15.78	2.18	2.18	1.57	1-S2n	1.28	1.41	1.34	0.43	3.92	8.20
18.93	18.93	2.46	2.46	1.85	1-S2n	1.47	1.59	1.53	0.48	4.13	8.73
22.09	22.09	2.74	2.74	2.15	1-S2n	1.65	1.77	1.71	0.53	4.31	9.19
25.24	25.24	3.01	3.01	2.45	5-S2n	1.83	1.93	1.89	0.57	4.46	9.61
28.40	28.40	3.30	3.30	2.77	5-S2n	2.00	2.09	2.06	0.62	4.59	9.99
31.55	31.55	3.60	3.60	0.58	5-S2n	2.18	2.24	2.24	0.66	4.70	10.34

Q (m³/s)	2.077	3.115	4.153	6.230	6.230	8.307	9.345	10.383	12.460	12.460
ye (m)	0.366	0.479	0.580	0.760	0.760	0.921	0.996	1.069	1.207	1.207
Ve (m/s)	1.894	2.168	2.386	2.731	2.731	3.006	3.126	3.238	3.441	3.441
He (m)	0.640	0.838	1.015	1.331	1.331	1.612	1.744	1.871	2.112	2.112

Q (m³/s)	14.537	15.575	16.613	18.690	18.690	20.767	21.805	24.920	28.035	31.150
ye (m)	1.338	1.401	1.462	1.582	1.582	1.697	1.753	1.916	2.073	2.250
Ve (m/s)	3.622	3.707	3.787	3.939	3.939	4.080	4.147	4.335	4.509	4.614
He (m)	2.341	2.451	2.559	2.768	2.768	2.969	3.067	3.353	3.627	3.878



8.1.2 Pendiente 1%.

8.1.2.1 Secciones circulares.

8.1.2.1.1 D=800mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.910	cms
Maximum Flow	0.910	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C800

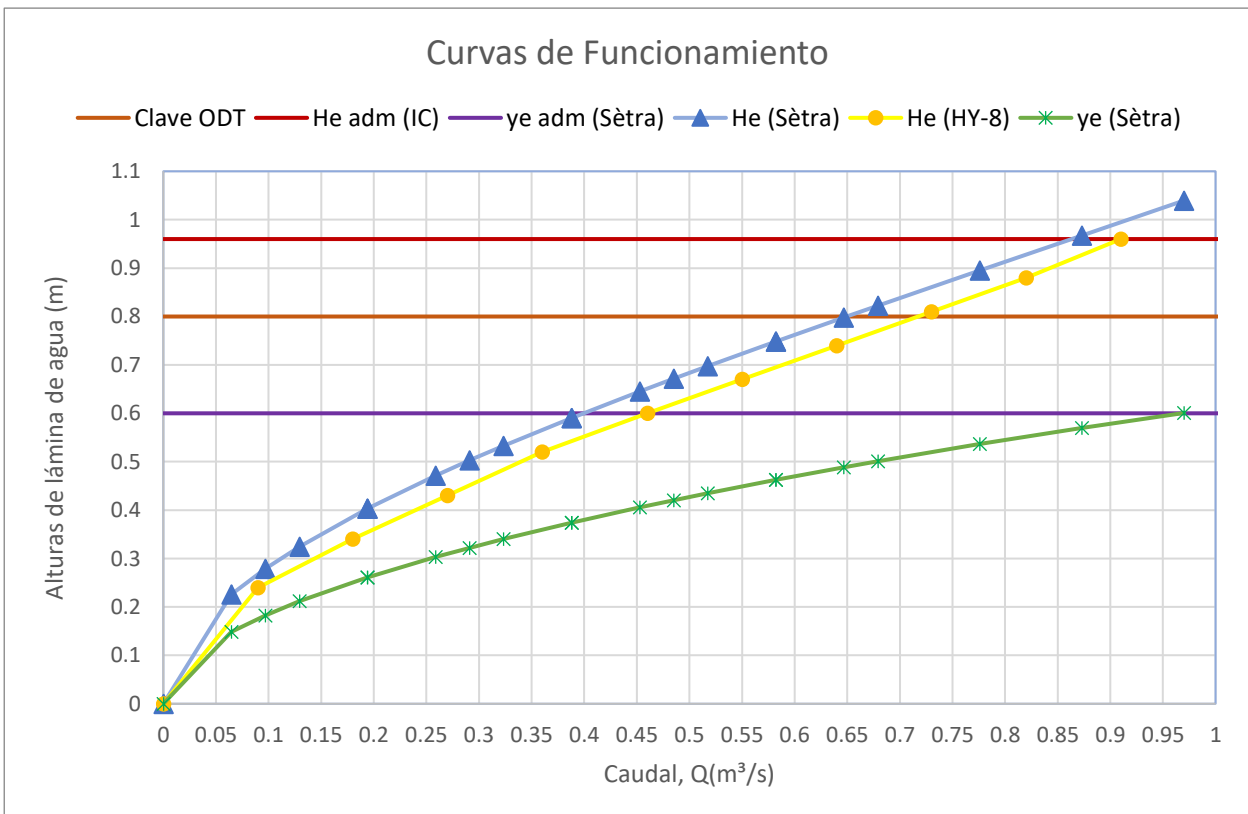
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.09	0.24	0.24	0.03	1-S2n	0.14	0.18	0.14	0.02	1.43	1.15
0.18	0.18	0.34	0.34	0.11	1-S2n	0.20	0.25	0.21	0.03	1.67	1.52
0.27	0.27	0.43	0.43	0.19	1-S2n	0.25	0.31	0.26	0.04	1.87	1.78
0.36	0.36	0.52	0.52	0.26	1-S2n	0.29	0.36	0.30	0.05	2.01	2.00
0.46	0.46	0.60	0.60	0.34	1-S2n	0.33	0.41	0.34	0.05	2.14	2.18
0.55	0.55	0.67	0.67	0.42	1-S2n	0.36	0.45	0.38	0.06	2.24	2.34
0.64	0.64	0.74	0.74	0.50	1-S2n	0.40	0.48	0.42	0.06	2.33	2.48
0.73	0.73	0.81	0.81	0.58	5-S2n	0.43	0.52	0.45	0.07	2.41	2.62
0.82	0.82	0.88	0.88	0.67	5-S2n	0.46	0.55	0.49	0.07	2.48	2.74
0.91	0.91	0.96	0.96	0.76	5-S2n	0.50	0.58	0.52	0.08	2.55	2.85

Q (m³/s)	0.065	0.097	0.129	0.194	0.194	0.259	0.291	0.323	0.388	0.388
ye (m)	0.149	0.183	0.212	0.261	0.261	0.303	0.322	0.340	0.374	0.374
Ve (m/s)	1.004	1.123	1.212	1.364	1.364	1.482	1.537	1.589	1.683	1.683
He (m)	0.226	0.279	0.324	0.403	0.403	0.471	0.503	0.533	0.591	0.591

Q (m³/s)	0.453	0.485	0.517	0.582	0.582	0.647	0.679	0.776	0.873	0.970
ye (m)	0.406	0.420	0.435	0.462	0.462	0.489	0.501	0.537	0.570	0.601
Ve (m/s)	1.770	1.812	1.853	1.933	1.933	2.011	2.049	2.164	2.278	2.396
He (m)	0.645	0.671	0.697	0.748	0.748	0.798	0.822	0.895	0.967	1.040



8.1.2.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.580	cms
Maximum Flow	1.580	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

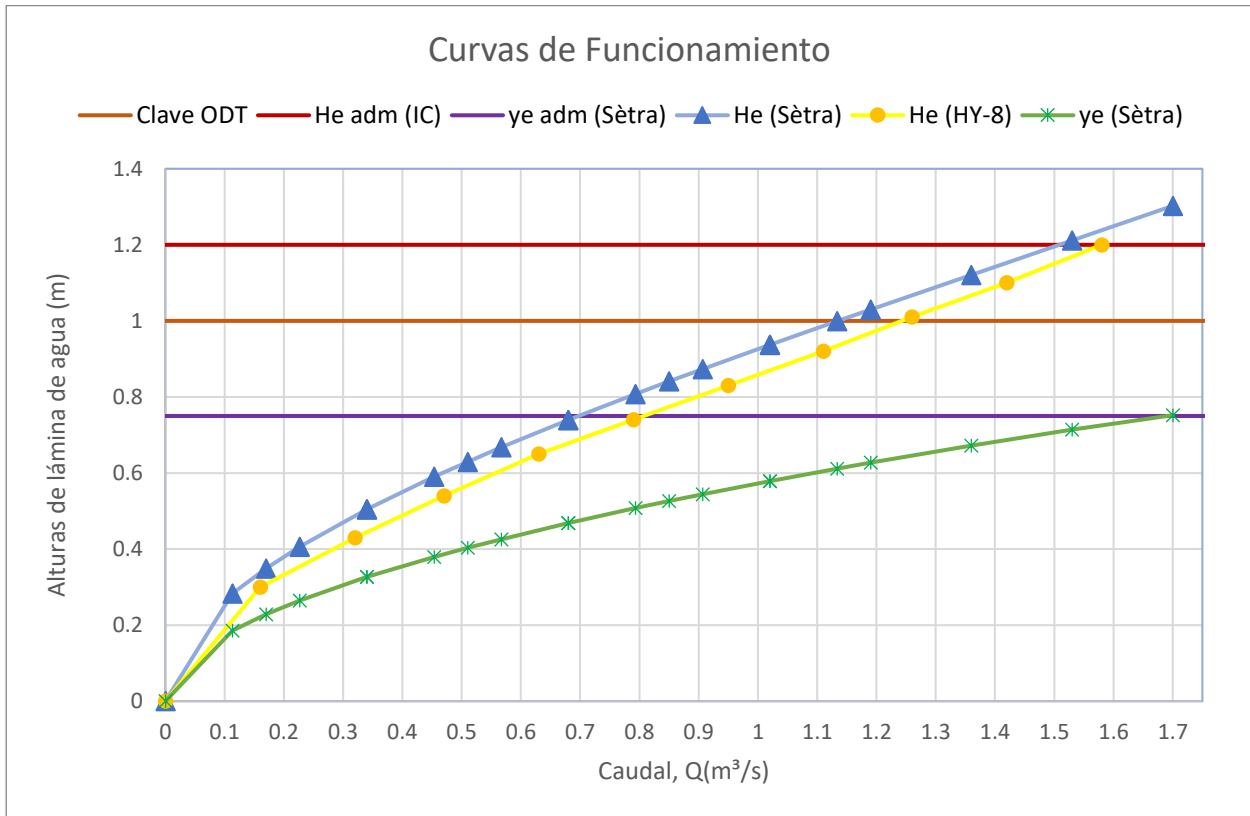
Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	0.16	0.30	0.30	0.07	1-S2n	0.18	0.22	0.18	0.03	1.57	1.44
0.32	0.32	0.43	0.43	0.18	1-S2n	0.25	0.31	0.26	0.04	1.90	1.89
0.47	0.47	0.54	0.54	0.27	1-S2n	0.30	0.39	0.32	0.05	2.11	2.21
0.63	0.63	0.65	0.65	0.36	1-S2n	0.35	0.45	0.38	0.06	2.27	2.48
0.79	0.79	0.74	0.74	0.45	1-S2n	0.40	0.51	0.42	0.07	2.40	2.70
0.95	0.95	0.83	0.83	0.54	1-S2n	0.44	0.56	0.47	0.08	2.52	2.90
1.11	1.11	0.92	0.92	0.64	1-S2n	0.48	0.60	0.52	0.09	2.62	3.08
1.26	1.26	1.01	1.01	0.74	5-S2n	0.53	0.65	0.56	0.10	2.71	3.24
1.42	1.42	1.10	1.10	0.85	5-S2n	0.57	0.69	0.60	0.10	2.80	3.39
1.58	1.58	1.20	1.20	0.96	5-S2n	0.61	0.72	0.64	0.11	2.88	3.53

Q (m³/s)	0.113	0.170	0.227	0.340	0.340	0.453	0.510	0.567	0.680	0.680
ye (m)	0.186	0.229	0.265	0.327	0.327	0.379	0.403	0.426	0.468	0.468
Ve (m/s)	1.126	1.255	1.360	1.526	1.526	1.661	1.720	1.778	1.884	1.884
He (m)	0.283	0.349	0.406	0.505	0.505	0.590	0.629	0.667	0.740	0.740

Q (m³/s)	0.793	0.850	0.907	1.020	1.020	1.133	1.190	1.360	1.530	1.700
ye (m)	0.508	0.526	0.544	0.579	0.579	0.611	0.627	0.672	0.714	0.752
Ve (m/s)	1.982	2.029	2.075	2.164	2.164	2.252	2.294	2.422	2.551	2.683
He (m)	0.808	0.841	0.873	0.937	0.937	0.999	1.030	1.121	1.211	1.302



8.1.2.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.490	cms
Maximum Flow	2.490	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1200

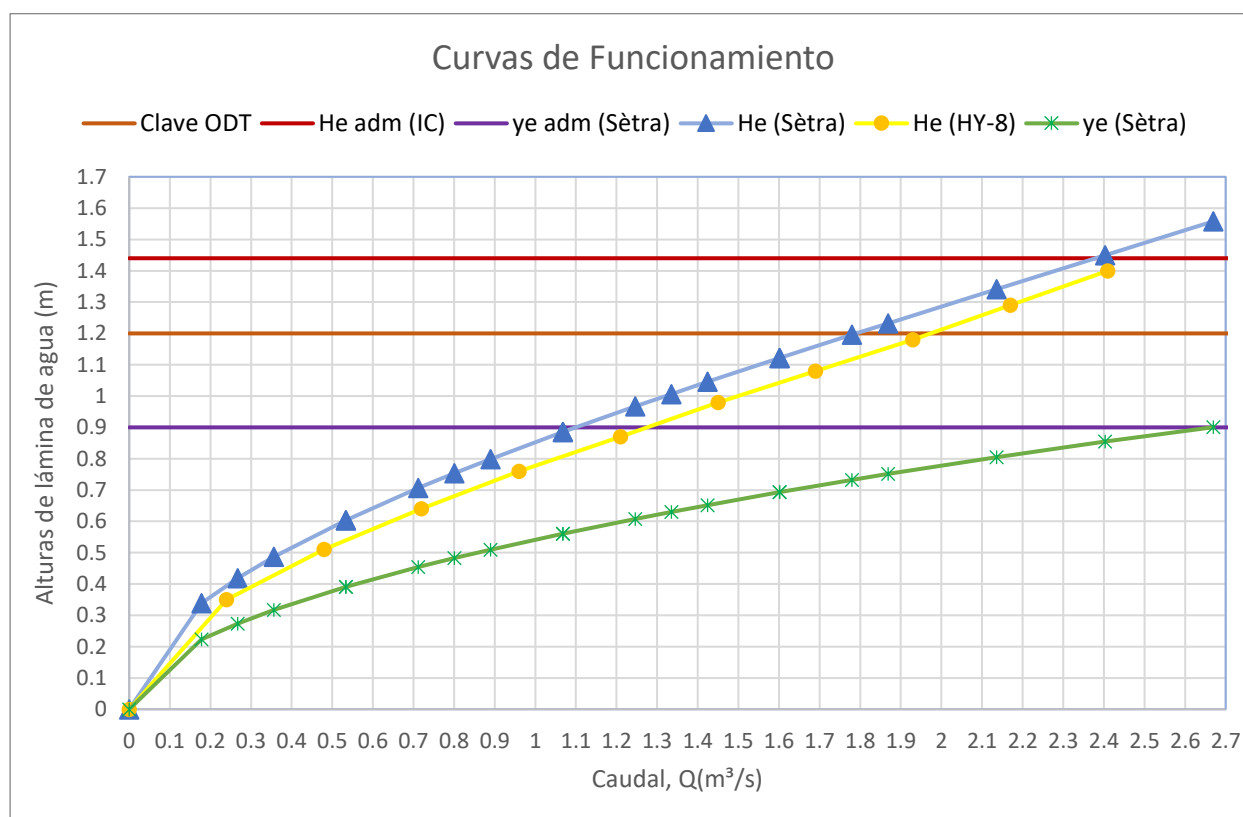
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.25	0.36	0.36	0.12	1-S2n	0.21	0.26	0.22	0.04	1.74	1.72
0.50	0.50	0.52	0.52	0.24	1-S2n	0.29	0.38	0.31	0.05	2.09	2.26
0.75	0.75	0.65	0.65	0.35	1-S2n	0.36	0.46	0.38	0.07	2.32	2.64
1.00	1.00	0.78	0.78	0.46	1-S2n	0.42	0.54	0.45	0.08	2.49	2.96
1.25	1.25	0.89	0.89	0.57	1-S2n	0.47	0.61	0.51	0.09	2.64	3.22
1.49	1.49	1.00	1.00	0.68	1-S2n	0.52	0.67	0.56	0.11	2.76	3.46
1.74	1.74	1.10	1.10	0.79	1-S2n	0.57	0.72	0.62	0.12	2.88	3.67
1.99	1.99	1.21	1.21	0.91	5-S2n	0.62	0.77	0.67	0.13	2.98	3.86
2.24	2.24	1.32	1.32	1.03	5-S2n	0.66	0.82	0.72	0.13	3.08	4.03
2.49	2.49	1.44	1.44	1.16	5-S2n	0.71	0.87	0.77	0.14	3.17	4.20

Q (m³/s)	0.178	0.267	0.356	0.534	0.534	0.712	0.801	0.890	1.068	1.068
ye (m)	0.223	0.274	0.317	0.391	0.391	0.454	0.483	0.510	0.561	0.561
Ve (m/s)	1.229	1.375	1.488	1.668	1.668	1.817	1.882	1.945	2.059	2.059
He (m)	0.338	0.418	0.487	0.604	0.604	0.706	0.753	0.799	0.885	0.885

Q (m³/s)	1.246	1.335	1.424	1.602	1.602	1.780	1.869	2.136	2.403	2.670
ye (m)	0.608	0.630	0.652	0.693	0.693	0.732	0.751	0.805	0.855	0.901
Ve (m/s)	2.169	2.219	2.270	2.367	2.367	2.462	2.509	2.649	2.789	2.933
He (m)	0.967	1.007	1.046	1.122	1.122	1.196	1.232	1.341	1.449	1.558



8.1.2.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.350	cms
Maximum Flow	4.350	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1500

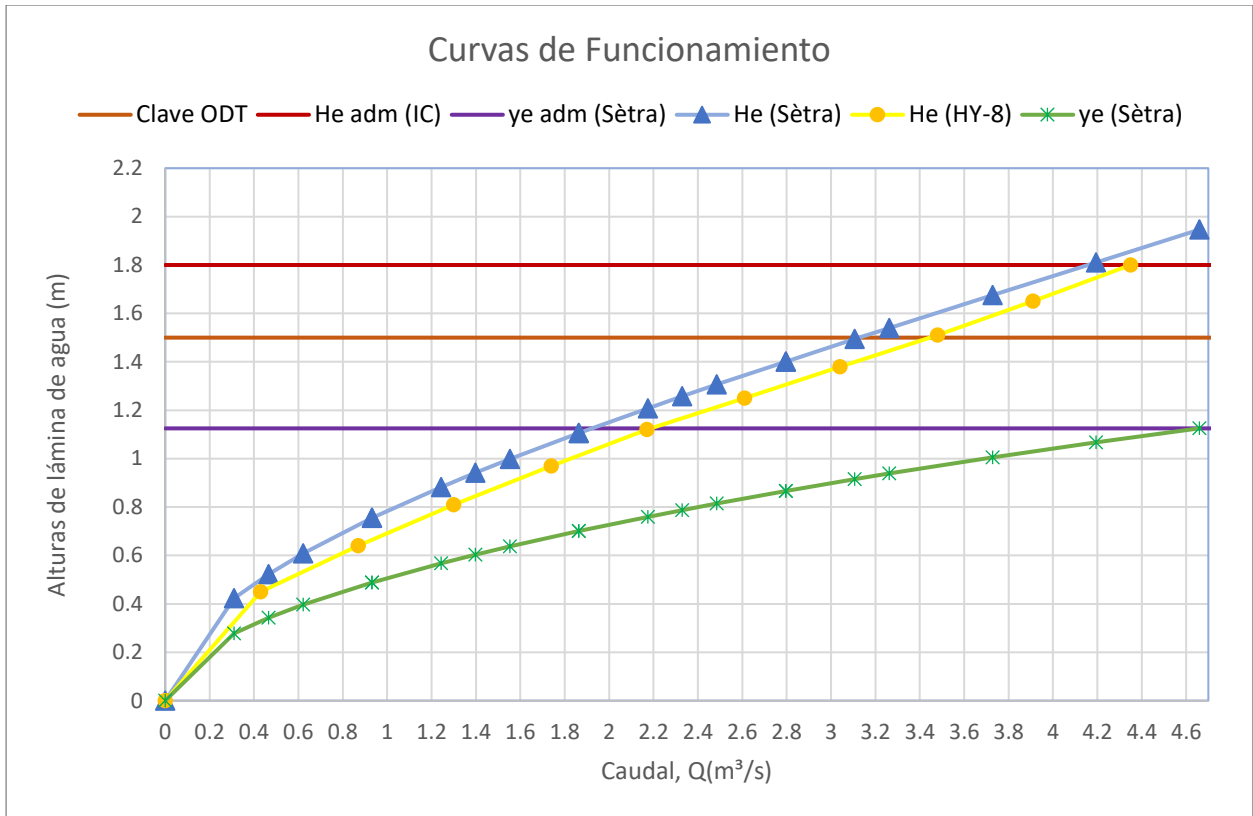
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.43	0.43	0.45	0.45	0.18	1-S2n	0.25	0.33	0.27	0.05	1.97	2.14
0.87	0.87	0.64	0.64	0.34	1-S2n	0.36	0.47	0.38	0.08	2.34	2.80
1.30	1.30	0.81	0.81	0.48	1-S2n	0.44	0.58	0.48	0.10	2.59	3.28
1.74	1.74	0.97	0.97	0.61	1-S2n	0.51	0.68	0.56	0.12	2.78	3.66
2.17	2.17	1.12	1.12	0.74	1-S2n	0.58	0.76	0.64	0.13	2.94	3.99
2.61	2.61	1.25	1.25	0.87	1-S2n	0.64	0.83	0.71	0.15	3.08	4.27
3.04	3.04	1.38	1.38	1.01	1-S2n	0.70	0.90	0.77	0.16	3.21	4.53
3.48	3.48	1.51	1.51	1.16	5-S2n	0.76	0.97	0.84	0.18	3.33	4.76
3.91	3.91	1.65	1.65	1.31	5-S2n	0.81	1.03	0.90	0.19	3.44	4.97
4.35	4.35	1.80	1.80	1.46	5-S2n	0.87	1.09	0.96	0.20	3.55	5.17

Q (m³/s)	0.311	0.466	0.621	0.932	0.932	1.243	1.398	1.553	1.864	1.864
ye (m)	0.278	0.342	0.397	0.488	0.488	0.567	0.603	0.637	0.700	0.700
Ve (m/s)	1.377	1.537	1.663	1.866	1.866	2.031	2.105	2.174	2.304	2.304
He (m)	0.423	0.523	0.608	0.755	0.755	0.882	0.942	0.998	1.106	1.106

Q (m³/s)	2.175	2.330	2.485	2.796	2.796	3.107	3.262	3.728	4.194	4.660
ye (m)	0.759	0.787	0.814	0.866	0.866	0.915	0.939	1.006	1.068	1.125
Ve (m/s)	2.423	2.480	2.536	2.645	2.645	2.751	2.804	2.960	3.117	3.277
He (m)	1.208	1.258	1.306	1.401	1.401	1.494	1.540	1.676	1.811	1.946



8.1.2.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular $i=0.01$

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.870	cms
Maximum Flow	6.870	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C1800

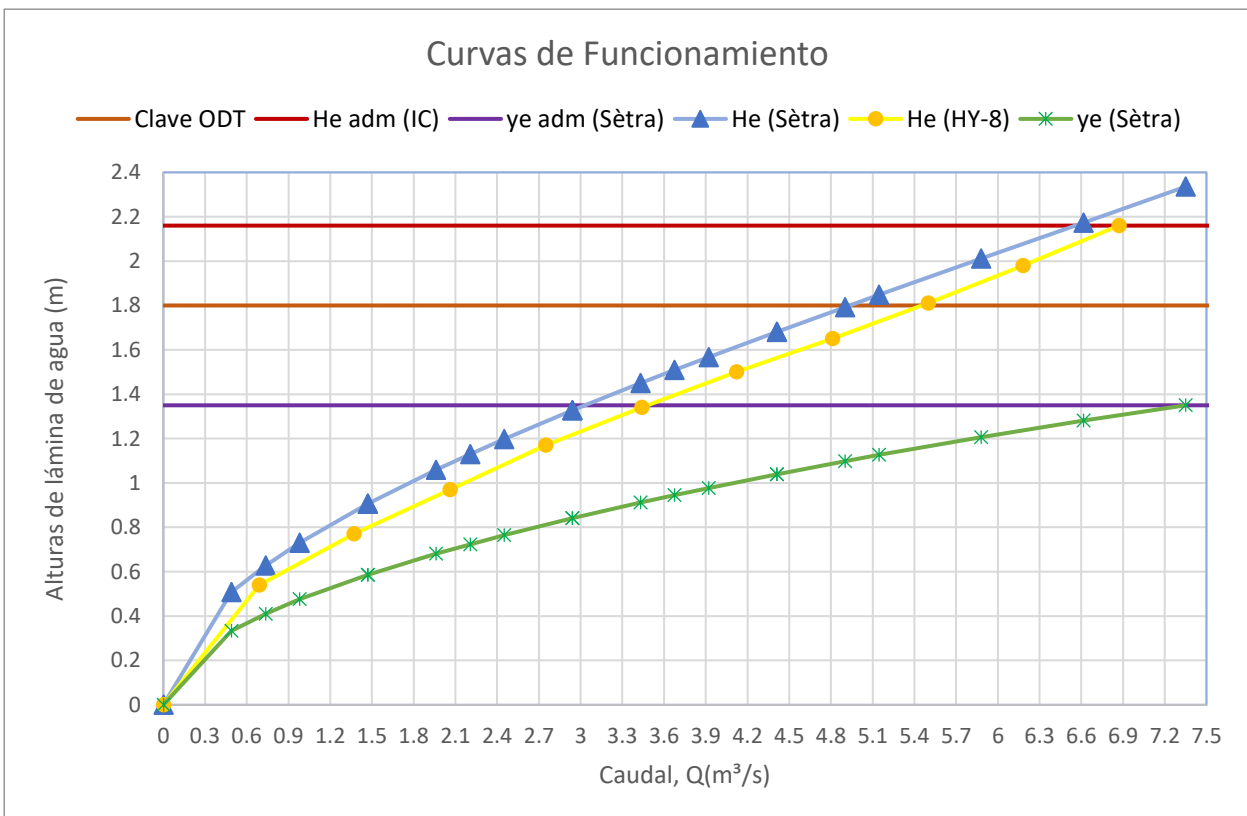
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.69	0.69	0.54	0.54	0.25	1-S2n	0.30	0.40	0.32	0.07	2.16	2.56
1.37	1.37	0.77	0.77	0.44	1-S2n	0.42	0.57	0.46	0.10	2.56	3.35
2.06	2.06	0.97	0.97	0.60	1-S2n	0.52	0.70	0.58	0.13	2.82	3.91
2.75	2.75	1.17	1.17	0.76	1-S2n	0.61	0.81	0.68	0.15	3.03	4.36
3.44	3.44	1.34	1.34	0.92	1-S2n	0.68	0.91	0.77	0.17	3.20	4.74
4.12	4.12	1.50	1.50	1.07	1-S2n	0.76	1.00	0.85	0.19	3.36	5.07
4.81	4.81	1.65	1.65	1.24	1-S2n	0.82	1.09	0.93	0.21	3.50	5.37
5.50	5.50	1.81	1.81	1.41	5-S2n	0.89	1.16	1.01	0.23	3.64	5.64
6.18	6.18	1.98	1.98	1.59	5-S2n	0.96	1.24	1.08	0.25	3.76	5.88
6.87	6.87	2.16	2.16	1.77	5-S2n	1.02	1.30	1.15	0.26	3.89	6.11

Q (m³/s)	0.490	0.735	0.980	1.470	1.470	1.960	2.205	2.450	2.940	2.940
ye (m)	0.334	0.410	0.476	0.586	0.586	0.680	0.723	0.764	0.840	0.840
Ve (m/s)	1.509	1.683	1.823	2.045	2.045	2.225	2.306	2.382	2.523	2.523
He (m)	0.508	0.627	0.730	0.906	0.906	1.059	1.130	1.198	1.327	1.327

Q (m³/s)	3.430	3.675	3.920	4.410	4.410	4.900	5.145	5.880	6.615	7.350
ye (m)	0.911	0.945	0.977	1.039	1.039	1.098	1.126	1.207	1.281	1.350
Ve (m/s)	2.654	2.717	2.778	2.898	2.898	3.014	3.071	3.242	3.414	3.590
He (m)	1.450	1.509	1.567	1.681	1.681	1.792	1.847	2.010	2.172	2.335



8.1.2.2 Secciones rectangulares.

8.1.2.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.450	cms
Maximum Flow	7.450	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x1.5

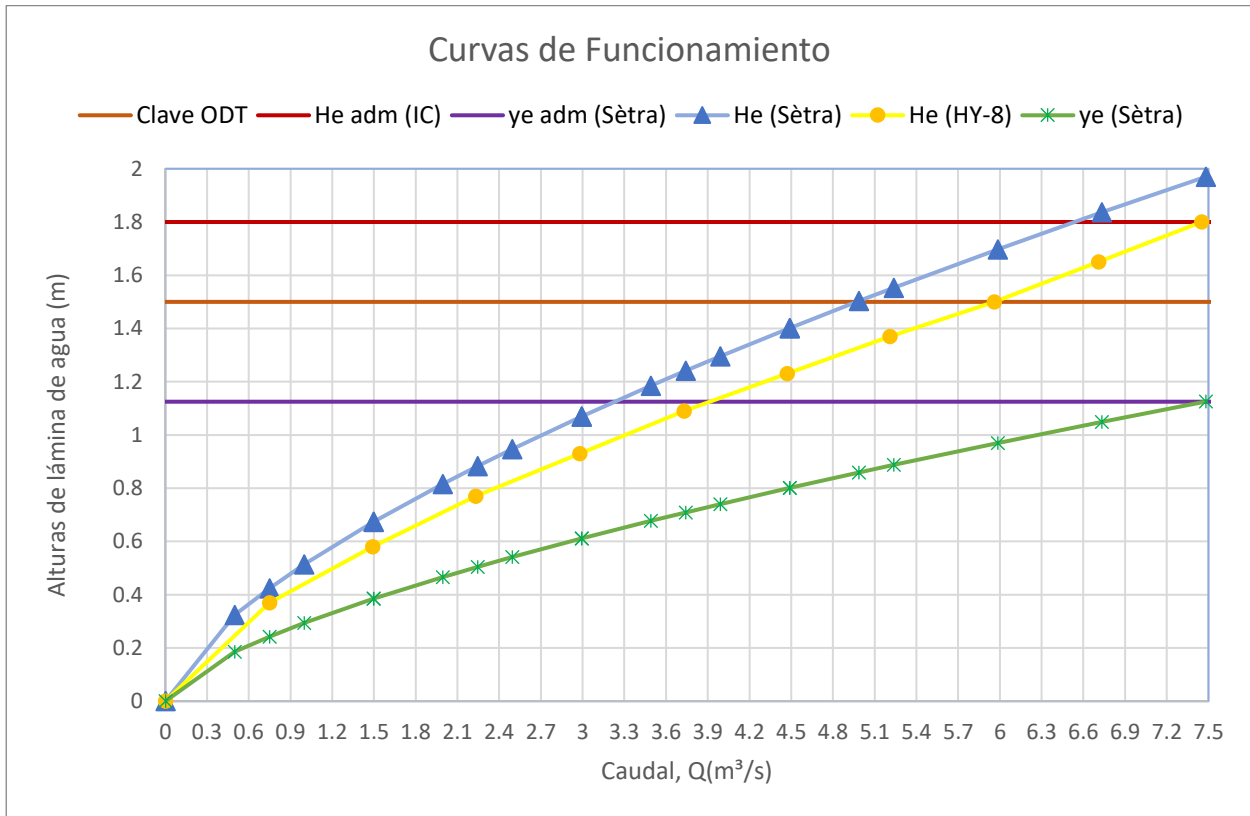
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.75	0.37	0.37	0.10	1-S2n	0.18	0.24	0.19	0.07	2.01	2.64
1.49	1.49	0.58	0.58	0.25	1-S2n	0.28	0.38	0.30	0.11	2.50	3.45
2.23	2.23	0.77	0.77	0.40	1-S2n	0.36	0.50	0.40	0.13	2.81	4.03
2.98	2.98	0.93	0.93	0.54	1-S2n	0.44	0.61	0.49	0.16	3.04	4.49
3.73	3.73	1.09	1.09	0.68	1-S2n	0.51	0.71	0.58	0.18	3.23	4.88
4.47	4.47	1.23	1.23	0.83	1-S2n	0.58	0.80	0.66	0.20	3.40	5.22
5.21	5.21	1.37	1.37	0.98	1-S2n	0.65	0.88	0.74	0.22	3.54	5.53
5.96	5.96	1.50	1.50	1.13	5-S2n	0.72	0.97	0.81	0.24	3.67	5.81
6.71	6.71	1.65	1.65	1.30	5-S2n	0.78	1.05	0.88	0.26	3.79	6.06
7.45	7.45	1.80	1.80	1.47	5-S2n	0.85	1.12	0.96	0.28	3.90	6.30

Q (m³/s)	0.499	0.748	0.997	1.496	1.496	1.995	2.244	2.493	2.992	2.992
ye (m)	0.185	0.243	0.294	0.385	0.385	0.466	0.504	0.541	0.611	0.611
Ve (m/s)	1.346	1.542	1.698	1.943	1.943	2.139	2.224	2.304	2.449	2.449
He (m)	0.324	0.424	0.514	0.674	0.674	0.816	0.883	0.947	1.069	1.069

Q (m³/s)	3.491	3.740	3.989	4.488	4.488	4.987	5.236	5.984	6.732	7.480
ye (m)	0.677	0.709	0.740	0.801	0.801	0.859	0.887	0.970	1.049	1.126
Ve (m/s)	2.577	2.638	2.695	2.803	2.803	2.903	2.950	3.085	3.208	3.323
He (m)	1.185	1.241	1.295	1.401	1.401	1.503	1.553	1.697	1.836	1.970



8.1.2.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	11.500	cms
Maximum Flow	11.500	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

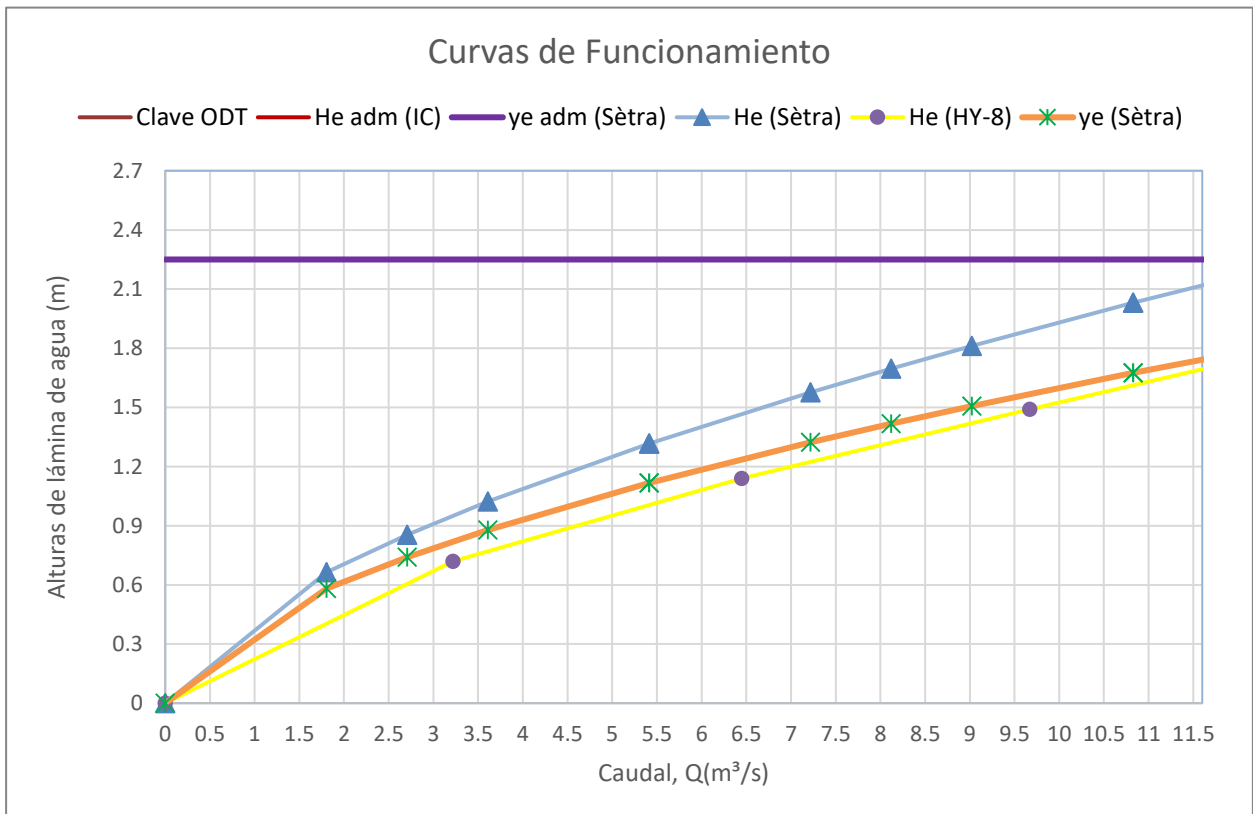
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.15	1.15	0.49	0.49	0.18	1-S2n	0.23	0.32	0.25	0.09	2.31	3.12
2.30	2.30	0.78	0.78	0.39	1-S2n	0.37	0.51	0.41	0.14	2.83	4.07
3.45	3.45	1.02	1.02	0.58	1-S2n	0.49	0.67	0.55	0.17	3.16	4.74
4.60	4.60	1.25	1.25	0.77	1-S2n	0.60	0.81	0.67	0.21	3.42	5.28
5.75	5.75	1.45	1.45	0.96	1-S2n	0.70	0.94	0.79	0.24	3.64	5.73
6.90	6.90	1.64	1.64	1.15	1-S2n	0.80	1.07	0.90	0.26	3.82	6.12
8.05	8.05	1.82	1.82	1.35	1-S2n	0.90	1.18	1.01	0.29	3.98	6.47
9.20	9.20	2.01	2.01	1.56	5-S2n	0.99	1.29	1.12	0.31	4.12	6.79
10.35	10.35	2.20	2.20	1.77	5-S2n	1.08	1.40	1.22	0.34	4.26	7.08
11.50	11.50	2.40	2.40	2.00	5-S2n	1.17	1.50	1.31	0.36	4.38	7.35

Q (m³/s)	0.767	1.151	1.535	2.302	2.302	3.069	3.453	3.837	4.604	4.604
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.621	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.959	2.243	2.243	2.470	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	5.371	5.755	6.139	6.906	6.906	7.673	8.057	9.208	10.359	11.510
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.2.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.200	cms
Maximum Flow	17.200	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x2

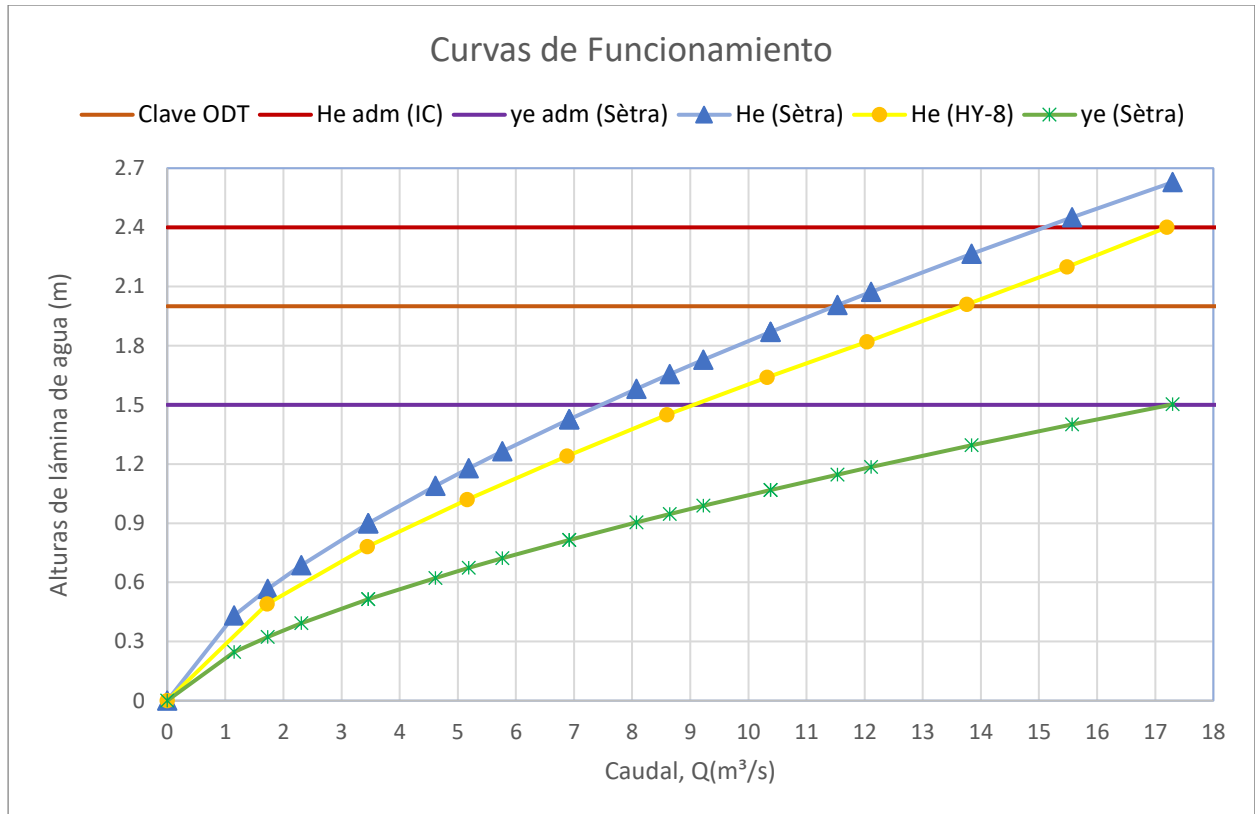
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.72	1.72	0.49	0.49	0.18	1-S2n	0.23	0.32	0.24	0.11	2.35	3.65
3.44	3.44	0.78	0.78	0.39	1-S2n	0.35	0.51	0.40	0.17	2.89	4.74
5.16	5.16	1.02	1.02	0.58	1-S2n	0.46	0.67	0.53	0.22	3.24	5.51
6.88	6.88	1.24	1.24	0.76	1-S2n	0.56	0.81	0.65	0.26	3.51	6.12
8.60	8.60	1.45	1.45	0.95	1-S2n	0.65	0.94	0.77	0.30	3.73	6.63
10.32	10.32	1.64	1.64	1.14	1-S2n	0.74	1.06	0.88	0.34	3.92	7.07
12.04	12.04	1.82	1.82	1.34	1-S2n	0.82	1.18	0.98	0.37	4.09	7.47
13.76	13.76	2.01	2.01	1.54	5-S2n	0.90	1.29	1.08	0.40	4.24	7.82
15.48	15.48	2.20	2.20	1.76	5-S2n	0.98	1.39	1.18	0.43	4.38	8.15
17.20	17.20	2.40	2.40	1.98	5-S2n	1.06	1.50	1.27	0.46	4.51	8.45

Q (m³/s)	1.153	1.730	2.307	3.460	3.460	4.613	5.190	5.767	6.920	6.920
ye (m)	0.247	0.324	0.392	0.514	0.514	0.622	0.673	0.722	0.816	0.816
Ve (m/s)	1.556	1.782	1.961	2.245	2.245	2.471	2.570	2.662	2.828	2.828
He (m)	0.432	0.566	0.686	0.899	0.899	1.089	1.178	1.264	1.427	1.427

Q (m³/s)	8.073	8.650	9.227	10.380	10.380	11.533	12.110	13.840	15.570	17.300
ye (m)	0.904	0.946	0.988	1.069	1.069	1.146	1.184	1.295	1.400	1.502
Ve (m/s)	2.978	3.047	3.113	3.238	3.238	3.354	3.409	3.564	3.706	3.839
He (m)	1.582	1.656	1.729	1.870	1.870	2.006	2.073	2.265	2.451	2.629



8.1.2.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	23.000	cms
Maximum Flow	23.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

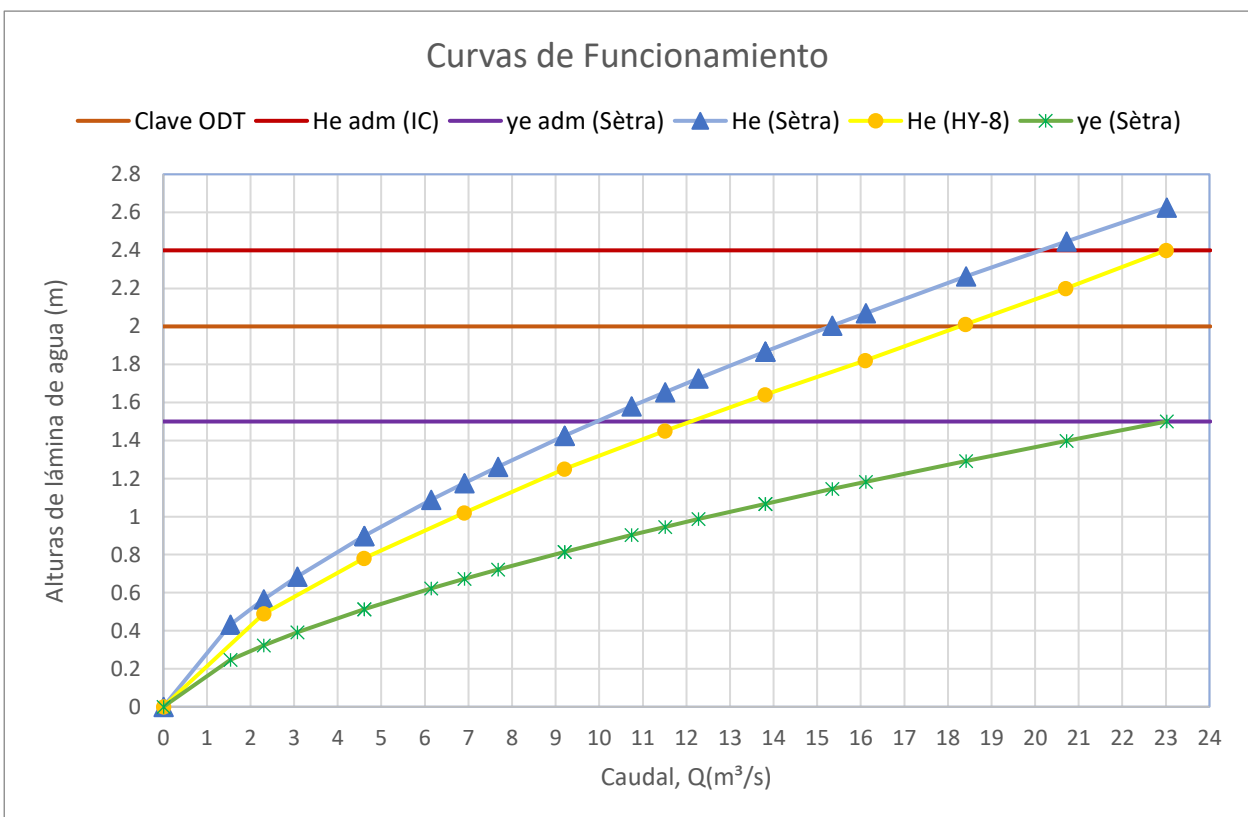
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.30	2.30	0.49	0.49	0.18	1-S2n	0.22	0.32	0.24	0.14	2.38	4.07
4.60	4.60	0.78	0.78	0.39	1-S2n	0.35	0.51	0.39	0.21	2.92	5.28
6.90	6.90	1.02	1.02	0.58	1-S2n	0.45	0.67	0.53	0.26	3.28	6.12
9.20	9.20	1.25	1.25	0.76	1-S2n	0.54	0.81	0.65	0.31	3.55	6.79
11.50	11.50	1.45	1.45	0.95	1-S2n	0.63	0.94	0.76	0.36	3.78	7.35
13.80	13.80	1.64	1.64	1.14	1-S2n	0.71	1.07	0.87	0.40	3.97	7.83
16.10	16.10	1.82	1.82	1.34	1-S2n	0.79	1.18	0.97	0.44	4.15	8.26
18.40	18.40	2.01	2.01	1.55	5-S2n	0.87	1.29	1.07	0.48	4.30	8.65
20.70	20.70	2.20	2.20	1.76	5-S2n	0.94	1.40	1.16	0.51	4.44	9.00
23.00	23.00	2.40	2.40	1.98	5-S2n	1.01	1.50	1.26	0.54	4.57	9.32

Q (m³/s)	1.535	2.302	3.069	4.604	4.604	6.139	6.906	7.673	9.208	9.208
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.622	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.960	2.243	2.243	2.469	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	10.743	11.510	12.277	13.812	13.812	15.347	16.114	18.416	20.718	23.020
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.2.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	31.700	cms
Maximum Flow	31.700	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

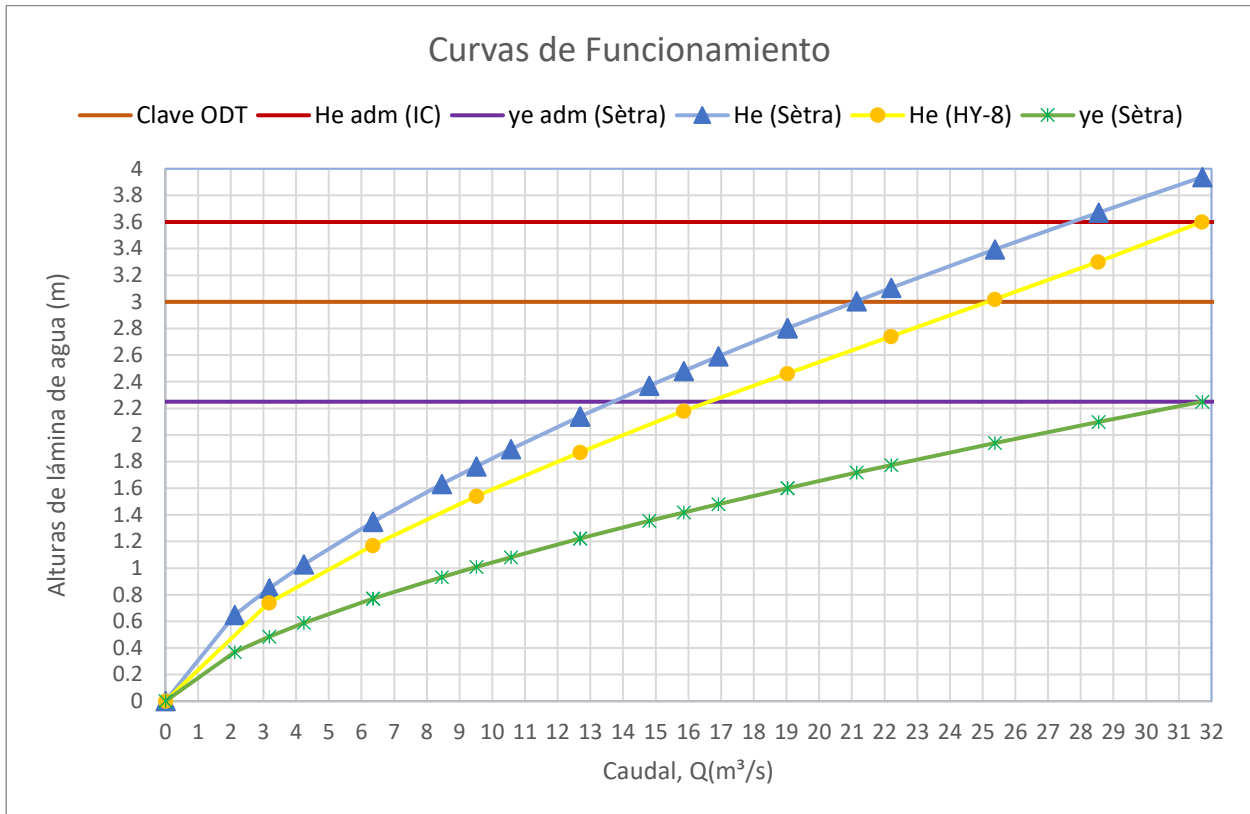
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.17	3.17	0.74	0.74	0.34	1-S2n	0.33	0.48	0.37	0.17	2.82	4.60
6.34	6.34	1.17	1.17	0.66	1-S2n	0.53	0.77	0.62	0.25	3.43	5.94
9.51	9.51	1.54	1.54	0.94	1-S2n	0.70	1.01	0.83	0.32	3.84	6.87
12.68	12.68	1.87	1.87	1.22	1-S2n	0.85	1.22	1.02	0.38	4.15	7.60
15.85	15.85	2.18	2.18	1.50	1-S2n	1.00	1.42	1.20	0.44	4.41	8.22
19.02	19.02	2.46	2.46	1.79	1-S2n	1.14	1.60	1.37	0.49	4.63	8.74
22.19	22.19	2.74	2.74	2.08	1-S2n	1.28	1.77	1.53	0.53	4.83	9.21
25.36	25.36	3.02	3.02	2.39	5-S2n	1.41	1.94	1.69	0.58	5.01	9.63
28.53	28.53	3.30	3.30	2.71	5-S2n	1.54	2.10	1.84	0.62	5.18	10.01
31.70	31.70	3.60	3.60	3.04	5-S2n	1.67	2.25	1.98	0.66	5.33	10.36

Q (m³/s)	2.115	3.172	4.229	6.344	6.344	8.459	9.516	10.573	12.688	12.688
ye (m)	0.370	0.485	0.587	0.770	0.770	0.932	1.008	1.082	1.222	1.222
Ve (m/s)	1.905	2.181	2.400	2.748	2.748	3.024	3.145	3.258	3.462	3.462
He (m)	0.647	0.848	1.028	1.347	1.347	1.632	1.765	1.893	2.138	2.138

Q (m³/s)	14.803	15.860	16.917	19.032	19.032	21.147	22.204	25.376	28.548	31.720
ye (m)	1.354	1.418	1.480	1.601	1.601	1.717	1.774	1.939	2.098	2.250
Ve (m/s)	3.644	3.729	3.810	3.963	3.963	4.105	4.172	4.362	4.536	4.699
He (m)	2.369	2.481	2.590	2.802	2.802	3.005	3.105	3.394	3.671	3.938



8.1.3 Pendiente 5%.

8.1.3.1 Secciones circulares.

8.1.3.1.1 D=800mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.990	cms
Maximum Flow	0.990	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 800

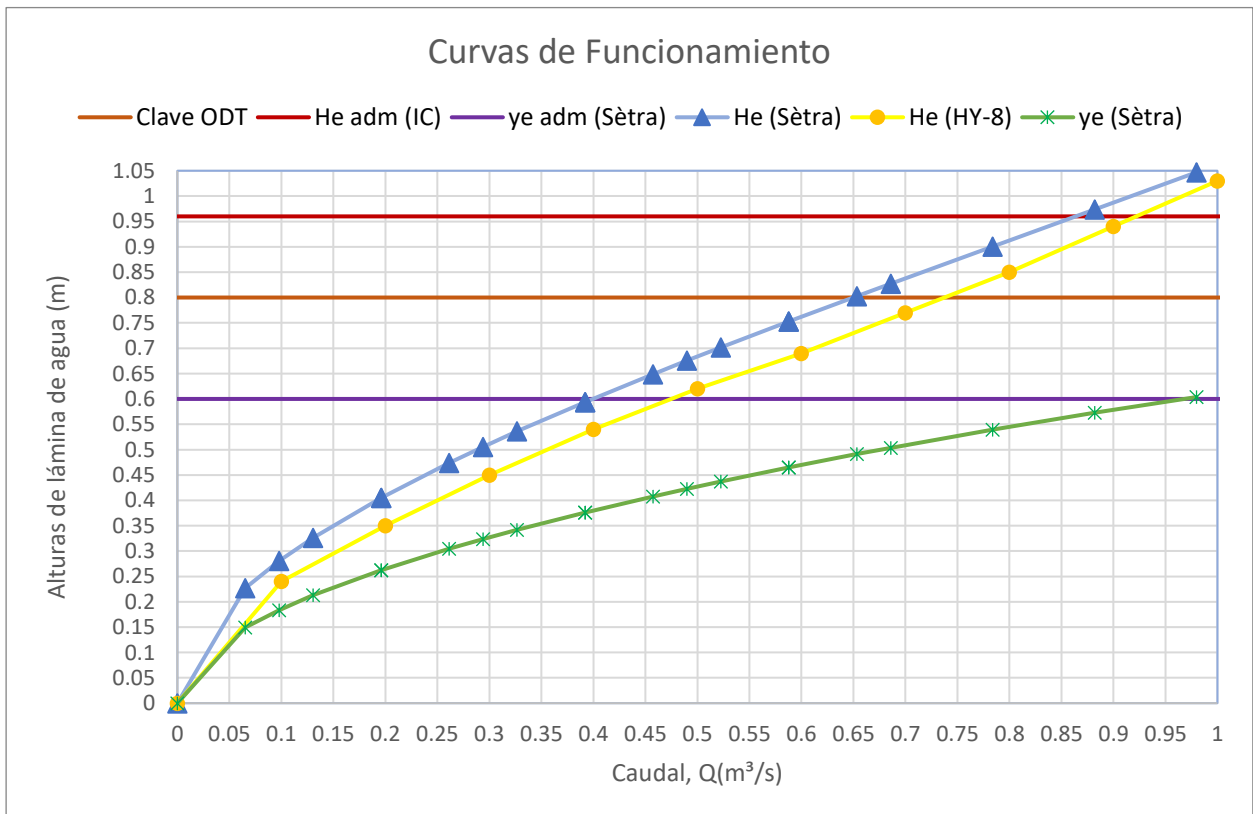
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.10	0.24	0.24	0.0*	1-S2n	0.10	0.18	0.11	0.02	2.43	1.19
0.20	0.20	0.35	0.35	0.0*	1-S2n	0.14	0.26	0.15	0.03	2.93	1.57
0.30	0.30	0.44	0.44	0.0*	1-S2n	0.17	0.32	0.19	0.04	3.21	1.84
0.40	0.40	0.53	0.53	0.0*	1-S2n	0.20	0.38	0.22	0.05	3.41	2.06
0.49	0.49	0.61	0.61	0.0*	1-S2n	0.22	0.42	0.25	0.05	3.58	2.25
0.59	0.59	0.69	0.69	0.0*	1-S2n	0.25	0.47	0.28	0.06	3.72	2.42
0.69	0.69	0.77	0.77	0.0*	1-S2n	0.27	0.51	0.30	0.07	3.84	2.57
0.79	0.79	0.84	0.84	0.04	5-S2n	0.29	0.54	0.33	0.07	3.96	2.70
0.89	0.89	0.93	0.93	0.14	5-S2n	0.31	0.58	0.35	0.08	4.05	2.83
0.99	0.99	1.02	1.02	0.35	5-S2n	0.32	0.61	0.37	0.08	4.14	2.95

Q (m³/s)	0.065	0.098	0.131	0.196	0.196	0.261	0.294	0.327	0.392	0.392
ye (m)	0.149	0.184	0.213	0.262	0.262	0.305	0.324	0.342	0.376	0.376
Ve (m/s)	1.007	1.126	1.215	1.368	1.368	1.486	1.542	1.594	1.689	1.689
He (m)	0.227	0.280	0.326	0.405	0.405	0.474	0.506	0.536	0.594	0.594

Q (m³/s)	0.457	0.490	0.523	0.588	0.588	0.653	0.686	0.784	0.882	0.980
ye (m)	0.408	0.423	0.437	0.465	0.465	0.491	0.504	0.540	0.573	0.604
Ve (m/s)	1.776	1.819	1.860	1.940	1.940	2.019	2.058	2.173	2.289	2.408
He (m)	0.649	0.676	0.702	0.753	0.753	0.803	0.827	0.901	0.974	1.047



8.1.3.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.610	cms
Maximum Flow	1.610	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1000

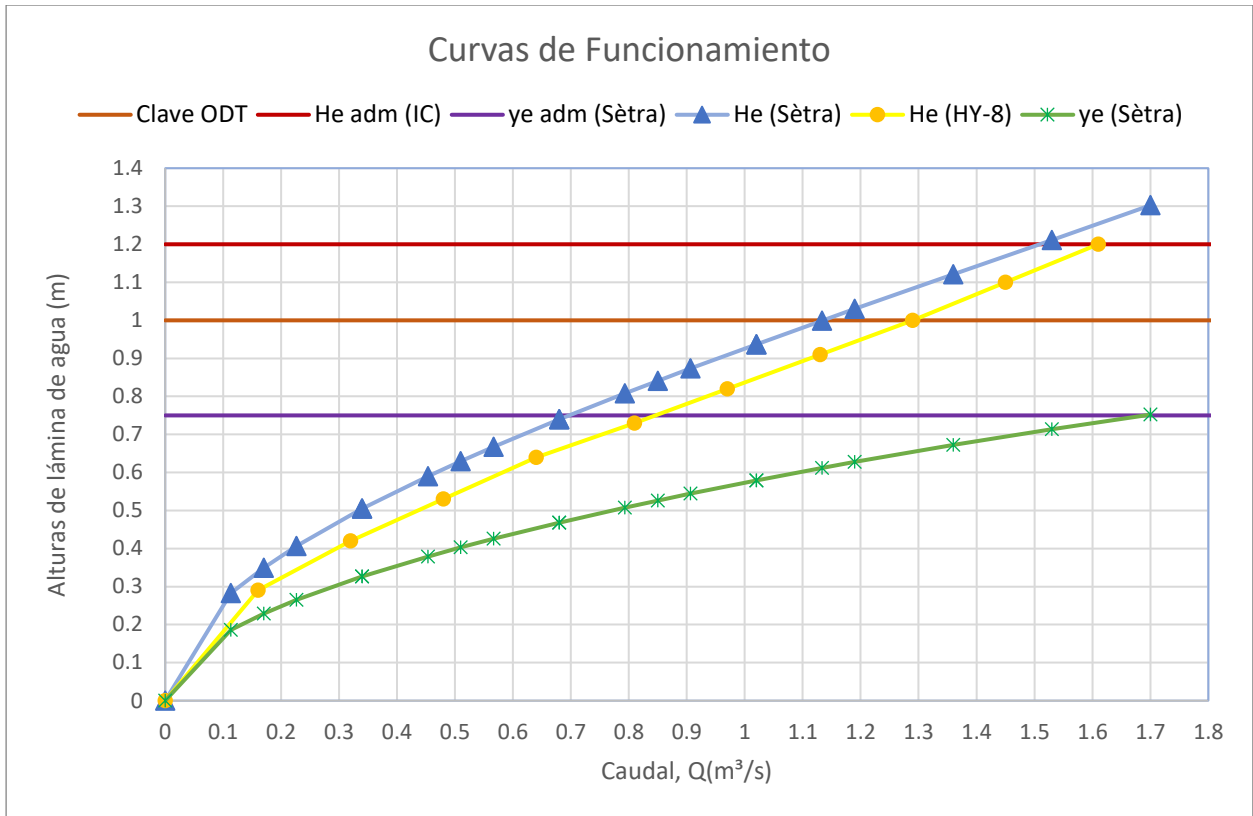
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	0.16	0.29	0.29	0.0*	1-S2n	0.12	0.22	0.13	0.03	2.70	1.45
0.32	0.32	0.42	0.42	0.0*	1-S2n	0.17	0.32	0.18	0.04	3.23	1.90
0.48	0.48	0.53	0.53	0.0*	1-S2n	0.20	0.39	0.23	0.05	3.51	2.23
0.64	0.64	0.64	0.64	0.0*	1-S2n	0.24	0.46	0.27	0.06	3.70	2.50
0.81	0.81	0.73	0.73	0.0*	1-S2n	0.26	0.51	0.30	0.07	3.88	2.72
0.97	0.97	0.82	0.82	0.0*	1-S2n	0.29	0.56	0.34	0.08	4.02	2.92
1.13	1.13	0.91	0.91	0.05	1-S2n	0.31	0.61	0.37	0.09	4.14	3.10
1.29	1.29	1.00	1.00	0.16	5-S2n	0.34	0.65	0.40	0.10	4.25	3.26
1.45	1.45	1.10	1.10	0.27	5-S2n	0.36	0.69	0.43	0.10	4.34	3.42
1.61	1.61	1.20	1.20	0.38	5-S2n	0.38	0.73	0.46	0.11	4.44	3.55

Q (m³/s)	0.113	0.170	0.227	0.340	0.340	0.453	0.510	0.567	0.680	0.680
ye (m)	0.186	0.229	0.265	0.327	0.327	0.379	0.403	0.426	0.468	0.468
Ve (m/s)	1.126	1.255	1.360	1.526	1.526	1.661	1.720	1.778	1.884	1.884
He (m)	0.283	0.349	0.406	0.505	0.505	0.590	0.629	0.667	0.740	0.740

Q (m³/s)	0.793	0.850	0.907	1.020	1.020	1.133	1.190	1.360	1.530	1.700
ye (m)	0.508	0.526	0.544	0.579	0.579	0.611	0.627	0.672	0.714	0.752
Ve (m/s)	1.982	2.029	2.075	2.164	2.164	2.252	2.294	2.422	2.551	2.683
He (m)	0.808	0.841	0.873	0.937	0.937	0.999	1.030	1.121	1.211	1.302



8.1.3.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.550	cms
Maximum Flow	2.550	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1200

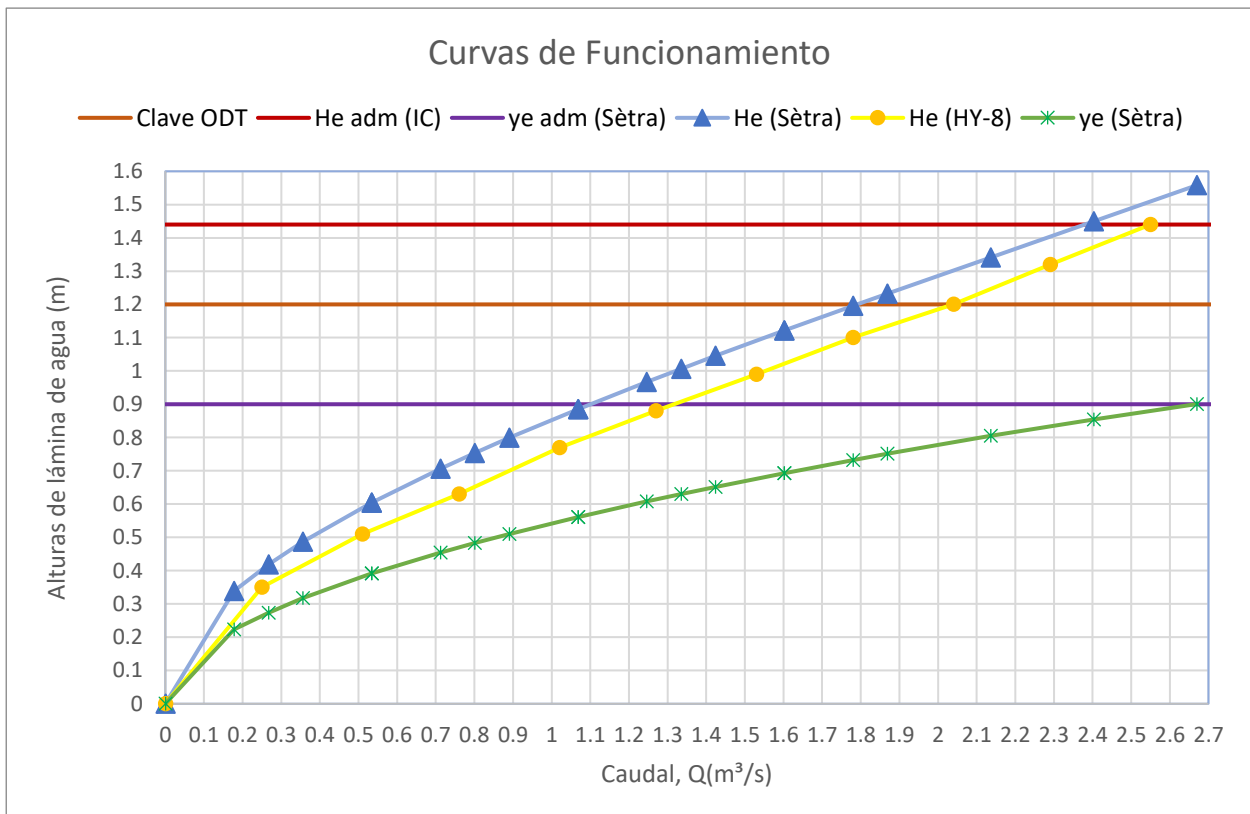
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.25	0.35	0.35	0.0*	1-S2n	0.14	0.27	0.15	0.04	2.98	1.74
0.51	0.51	0.51	0.51	0.0*	1-S2n	0.20	0.38	0.22	0.06	3.46	2.28
0.76	0.76	0.63	0.63	0.0*	1-S2n	0.24	0.47	0.27	0.07	3.78	2.67
1.02	1.02	0.77	0.77	0.0*	1-S2n	0.28	0.55	0.32	0.08	3.98	2.98
1.27	1.27	0.88	0.88	0.0*	1-S2n	0.31	0.61	0.37	0.10	4.16	3.25
1.53	1.53	0.99	0.99	0.09	1-S2n	0.34	0.68	0.41	0.11	4.30	3.49
1.78	1.78	1.10	1.10	0.21	1-S2n	0.37	0.73	0.45	0.12	4.42	3.70
2.04	2.04	1.20	1.20	0.33	5-S2n	0.40	0.78	0.49	0.13	4.53	3.89
2.29	2.29	1.32	1.32	0.46	5-S2n	0.43	0.83	0.53	0.14	4.64	4.07
2.55	2.55	1.44	1.44	0.59	5-S2n	0.45	0.88	0.56	0.15	4.74	4.23

Q (m³/s)	0.178	0.267	0.356	0.534	0.534	0.712	0.801	0.890	1.068	1.068
ye (m)	0.223	0.274	0.317	0.391	0.391	0.454	0.483	0.510	0.561	0.561
Ve (m/s)	1.229	1.375	1.488	1.668	1.668	1.817	1.882	1.945	2.059	2.059
He (m)	0.338	0.418	0.487	0.604	0.604	0.706	0.753	0.799	0.885	0.885

Q (m³/s)	1.246	1.335	1.424	1.602	1.602	1.780	1.869	2.136	2.403	2.670
ye (m)	0.608	0.630	0.652	0.693	0.693	0.732	0.751	0.805	0.855	0.901
Ve (m/s)	2.169	2.219	2.270	2.367	2.367	2.462	2.509	2.649	2.789	2.933
He (m)	0.967	1.007	1.046	1.122	1.122	1.196	1.232	1.341	1.449	1.558



8.1.3.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.440	cms
Maximum Flow	4.440	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1500

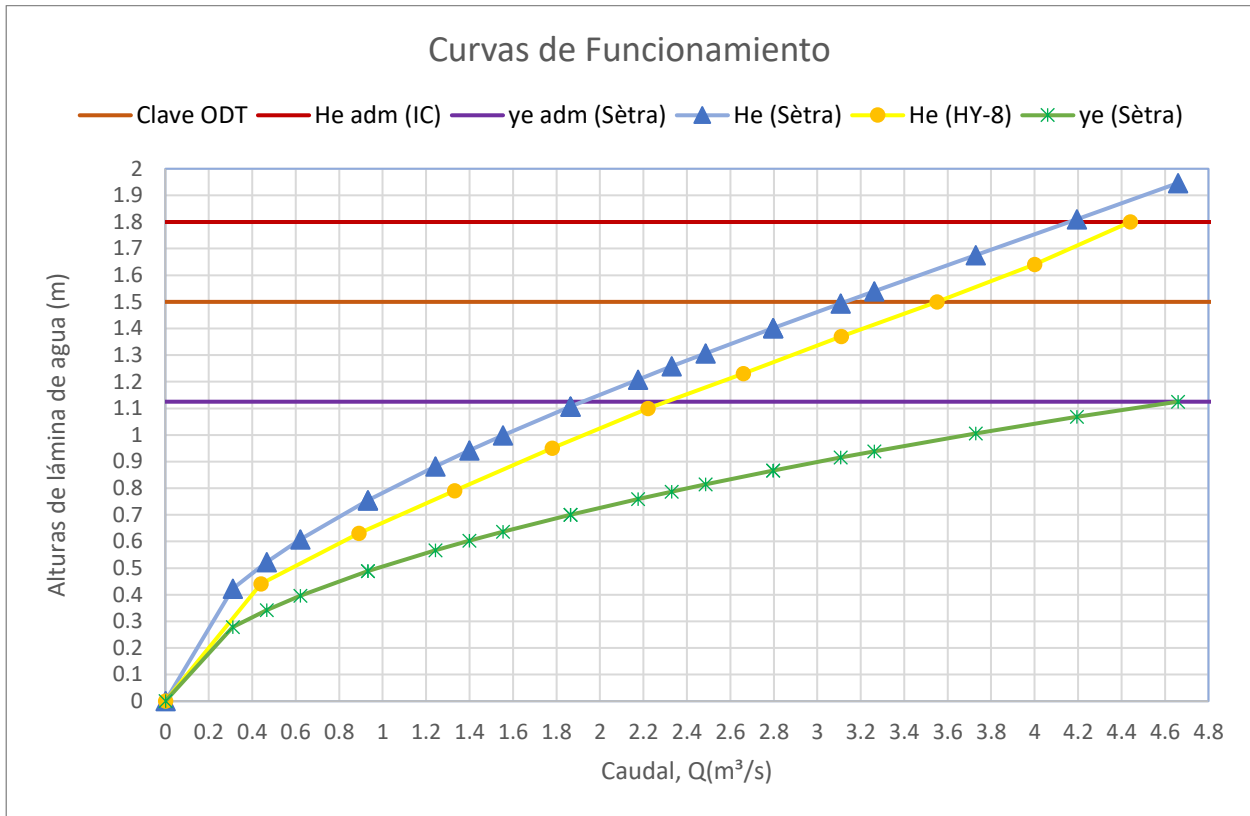
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.44	0.44	0.44	0.44	0.0*	1-S2n	0.17	0.33	0.19	0.05	3.26	2.16
0.89	0.89	0.63	0.63	0.0*	1-S2n	0.24	0.48	0.28	0.08	3.82	2.83
1.33	1.33	0.79	0.79	0.0*	1-S2n	0.30	0.59	0.35	0.10	4.10	3.31
1.78	1.78	0.95	0.95	0.02	1-S2n	0.34	0.68	0.41	0.12	4.31	3.69
2.22	2.22	1.10	1.10	0.15	1-S2n	0.38	0.77	0.47	0.13	4.49	4.02
2.66	2.66	1.23	1.23	0.29	1-S2n	0.42	0.84	0.53	0.15	4.63	4.30
3.11	3.11	1.37	1.37	0.43	1-S2n	0.46	0.91	0.58	0.16	4.77	4.56
3.55	3.55	1.50	1.50	0.58	5-S2n	0.49	0.98	0.63	0.18	4.89	4.80
4.00	4.00	1.64	1.64	0.74	5-S2n	0.52	1.04	0.67	0.19	5.01	5.01
4.44	4.44	1.80	1.80	0.90	5-S2n	0.55	1.10	0.72	0.20	5.12	5.21

Q (m³/s)	0.311	0.466	0.621	0.932	0.932	1.243	1.398	1.553	1.864	1.864
ye (m)	0.278	0.342	0.397	0.488	0.488	0.567	0.603	0.637	0.700	0.700
Ve (m/s)	1.377	1.537	1.663	1.866	1.866	2.031	2.105	2.174	2.304	2.304
He (m)	0.423	0.523	0.608	0.755	0.755	0.882	0.942	0.998	1.106	1.106

Q (m³/s)	2.175	2.330	2.485	2.796	2.796	3.107	3.262	3.728	4.194	4.660
ye (m)	0.759	0.787	0.814	0.866	0.866	0.915	0.939	1.006	1.068	1.125
Ve (m/s)	2.423	2.480	2.536	2.645	2.645	2.751	2.804	2.960	3.117	3.277
He (m)	1.208	1.258	1.306	1.401	1.401	1.494	1.540	1.676	1.811	1.946



8.1.3.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Favorable Circular i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.000	cms
Maximum Flow	7.000	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1800

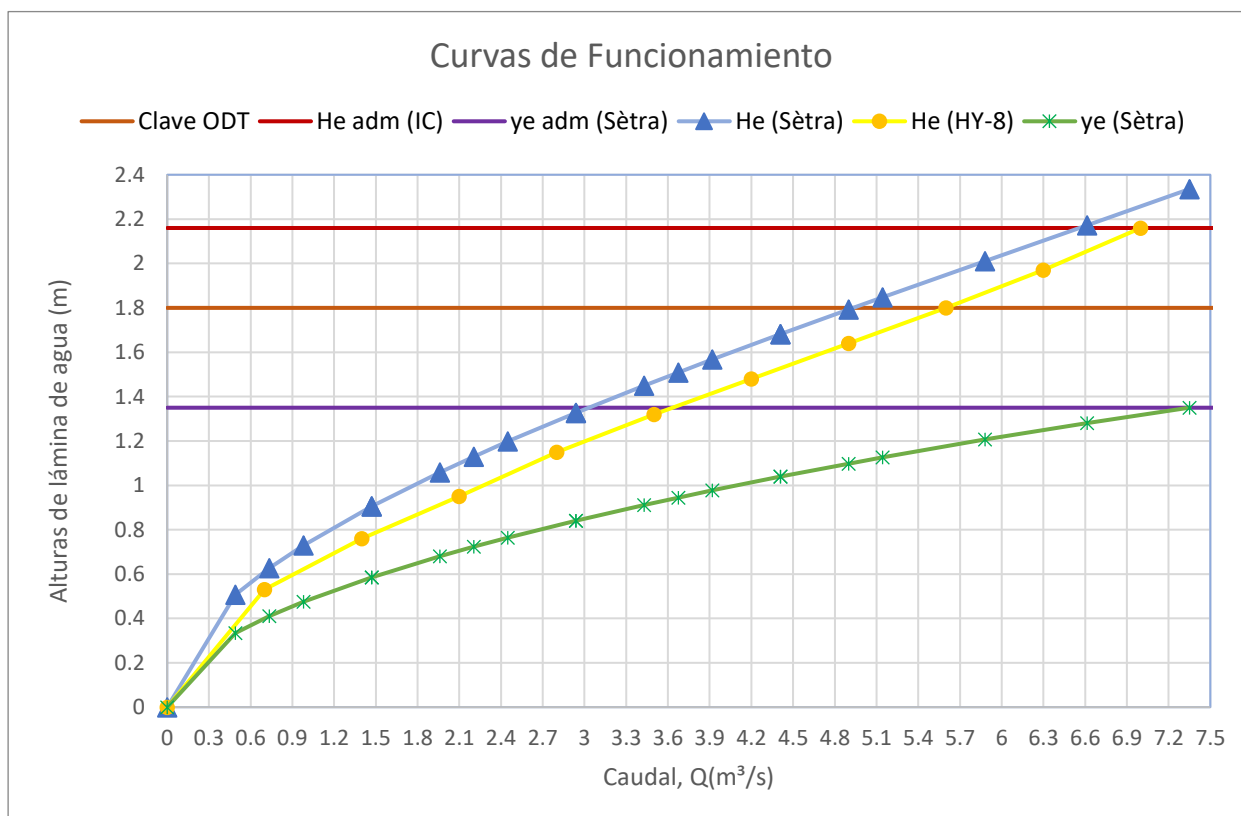
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	0.70	0.53	0.53	0.0*	1-S2n	0.20	0.40	0.23	0.07	3.56	2.58
1.40	1.40	0.76	0.76	0.0*	1-S2n	0.29	0.57	0.34	0.10	4.06	3.37
2.10	2.10	0.95	0.95	0.01	1-S2n	0.35	0.70	0.43	0.13	4.37	3.93
2.80	2.80	1.15	1.15	0.17	1-S2n	0.40	0.82	0.51	0.15	4.58	4.39
3.50	3.50	1.32	1.32	0.33	1-S2n	0.45	0.92	0.58	0.18	4.76	4.77
4.20	4.20	1.48	1.48	0.49	1-S2n	0.50	1.01	0.65	0.20	4.92	5.10
4.90	4.90	1.64	1.64	0.66	1-S2n	0.54	1.10	0.71	0.22	5.06	5.40
5.60	5.60	1.80	1.80	0.84	5-S2n	0.58	1.18	0.77	0.23	5.19	5.67
6.30	6.30	1.97	1.97	1.02	5-S2n	0.61	1.25	0.83	0.25	5.32	5.92
7.00	7.00	2.16	2.16	1.21	5-S2n	0.65	1.32	0.88	0.27	5.44	6.16

Q (m³/s)	0.490	0.735	0.980	1.470	1.470	1.960	2.205	2.450	2.940	2.940
ye (m)	0.334	0.410	0.476	0.586	0.586	0.680	0.723	0.764	0.840	0.840
Ve (m/s)	1.509	1.683	1.823	2.045	2.045	2.225	2.306	2.382	2.523	2.523
He (m)	0.508	0.627	0.730	0.906	0.906	1.059	1.130	1.198	1.327	1.327

Q (m³/s)	3.430	3.675	3.920	4.410	4.410	4.900	5.145	5.880	6.615	7.350
ye (m)	0.911	0.945	0.977	1.039	1.039	1.098	1.126	1.207	1.281	1.350
Ve (m/s)	2.654	2.717	2.778	2.898	2.898	3.014	3.071	3.242	3.414	3.590
He (m)	1.450	1.509	1.567	1.681	1.681	1.792	1.847	2.010	2.172	2.335



8.1.3.2 Secciones rectangulares.

8.1.3.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.590	cms
Maximum Flow	7.590	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

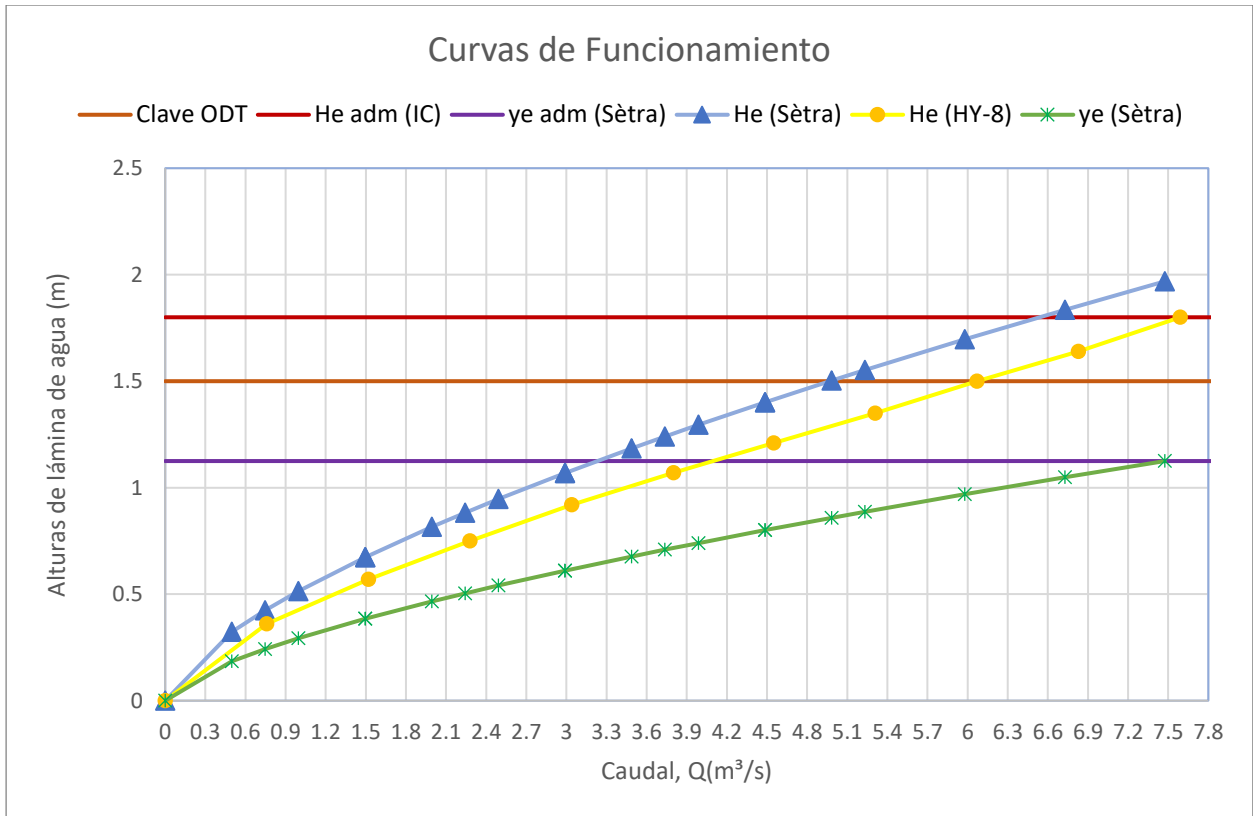
Culvert Properties

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.76	0.76	0.36	0.36	0.0*	1-S2n	0.11	0.24	0.12	0.07	3.18	2.66
1.52	1.52	0.57	0.57	0.0*	1-S2n	0.17	0.39	0.19	0.11	3.96	3.48
2.28	2.28	0.75	0.75	0.0*	1-S2n	0.22	0.51	0.26	0.14	4.33	4.06
3.04	3.04	0.92	0.92	0.0*	1-S2n	0.26	0.62	0.33	0.16	4.61	4.52
3.80	3.80	1.07	1.07	0.09	1-S2n	0.30	0.72	0.39	0.18	4.82	4.92
4.55	4.55	1.21	1.21	0.24	1-S2n	0.34	0.81	0.46	0.21	5.00	5.26
5.31	5.31	1.35	1.35	0.40	1-S2n	0.38	0.90	0.52	0.23	5.16	5.57
6.07	6.07	1.50	1.50	0.56	1-S2n	0.41	0.98	0.57	0.24	5.29	5.85
6.83	6.83	1.64	1.64	0.73	5-S2n	0.45	1.06	0.63	0.26	5.42	6.10
7.59	7.59	1.80	1.80	1.08	5-S2n	0.48	1.14	0.69	0.28	5.53	6.34

Q (m³/s)	0.498	0.748	0.997	1.495	1.495	1.993	2.243	2.492	2.990	2.990
ye (m)	0.185	0.242	0.294	0.385	0.385	0.466	0.504	0.541	0.611	0.611
Ve (m/s)	1.346	1.542	1.697	1.942	1.942	2.138	2.224	2.303	2.448	2.448
He (m)	0.324	0.424	0.514	0.673	0.673	0.816	0.882	0.947	1.069	1.069

Q (m³/s)	3.488	3.738	3.987	4.485	4.485	4.983	5.233	5.980	6.728	7.475
ye (m)	0.677	0.709	0.740	0.800	0.800	0.859	0.887	0.970	1.049	1.125
Ve (m/s)	2.577	2.637	2.694	2.802	2.802	2.902	2.950	3.084	3.208	3.322
He (m)	1.185	1.240	1.295	1.401	1.401	1.502	1.552	1.697	1.835	1.969



8.1.3.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	11.700	cms
Maximum Flow	11.700	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

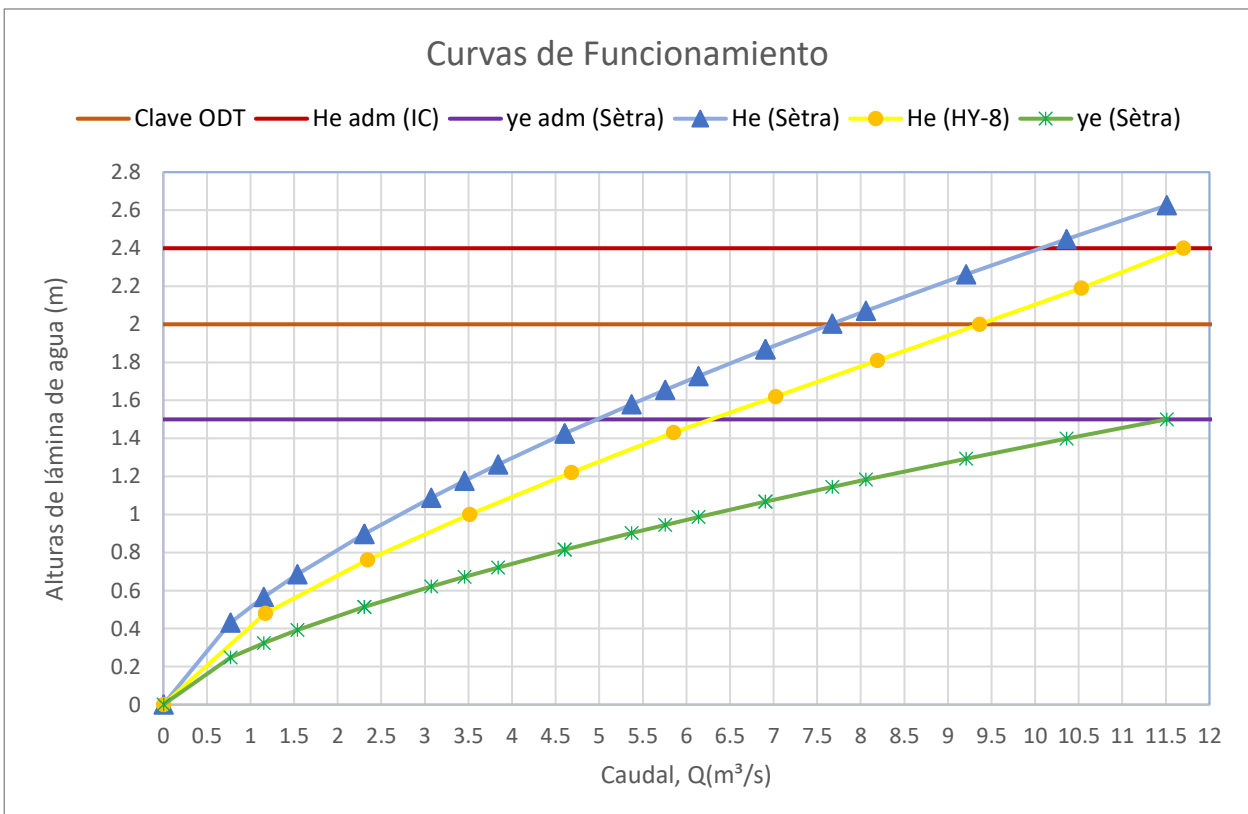
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.17	1.17	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.09	3.69	3.15
2.34	2.34	0.76	0.76	0.0*	1-S2n	0.22	0.52	0.27	0.14	4.35	4.10
3.51	3.51	1.00	1.00	0.0*	1-S2n	0.29	0.68	0.37	0.18	4.74	4.78
4.68	4.68	1.22	1.22	0.18	1-S2n	0.35	0.82	0.47	0.21	5.03	5.31
5.85	5.85	1.43	1.43	0.37	1-S2n	0.40	0.96	0.56	0.24	5.25	5.77
7.02	7.02	1.62	1.62	0.57	1-S2n	0.46	1.08	0.64	0.27	5.45	6.16
8.19	8.19	1.81	1.81	0.78	1-S2n	0.51	1.20	0.73	0.29	5.61	6.51
9.36	9.36	2.00	2.00	0.99	1-S2n	0.56	1.31	0.81	0.32	5.77	6.83
10.53	10.53	2.19	2.19	1.21	5-S2n	0.61	1.41	0.89	0.34	5.90	7.12
11.70	11.70	2.40	2.40	1.68	5-S2n	0.65	1.52	0.97	0.36	6.03	7.39

Q (m³/s)	0.767	1.151	1.535	2.302	2.302	3.069	3.453	3.837	4.604	4.604
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.621	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.959	2.243	2.243	2.470	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	5.371	5.755	6.139	6.906	6.906	7.673	8.057	9.208	10.359	11.510
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.3.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.530	cms
Maximum Flow	17.530	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x2

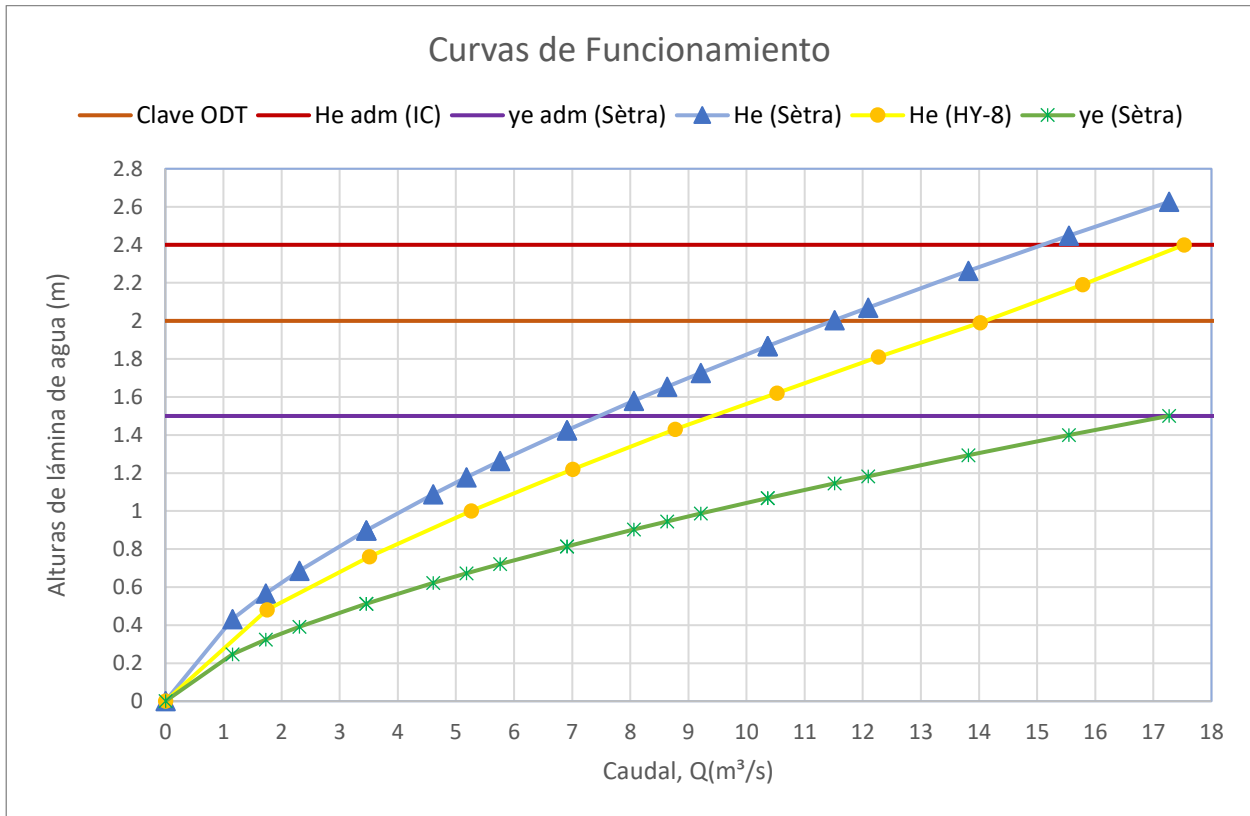
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.75	1.75	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.12	3.72	3.67
3.51	3.51	0.76	0.76	0.0*	1-S2n	0.21	0.52	0.26	0.18	4.41	4.77
5.26	5.26	1.00	1.00	0.0*	1-S2n	0.28	0.68	0.36	0.22	4.81	5.55
7.01	7.01	1.22	1.22	0.18	1-S2n	0.33	0.82	0.46	0.27	5.10	6.16
8.77	8.77	1.43	1.43	0.37	1-S2n	0.39	0.95	0.55	0.31	5.32	6.67
10.52	10.52	1.62	1.62	0.56	1-S2n	0.43	1.08	0.63	0.34	5.52	7.12
12.27	12.27	1.81	1.81	0.77	1-S2n	0.48	1.19	0.72	0.37	5.69	7.52
14.02	14.02	1.99	1.99	0.98	1-S2n	0.53	1.31	0.80	0.40	5.85	7.88
15.78	15.78	2.19	2.19	1.20	5-S2n	0.57	1.41	0.88	0.43	5.99	8.20
17.53	17.53	2.40	2.40	1.67	5-S2n	0.61	1.52	0.96	0.46	6.12	8.50

Q (m³/s)	1.151	1.727	2.303	3.454	3.454	4.605	5.181	5.757	6.908	6.908
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.622	0.672	0.721	0.815	0.815
Ve (m/s)	1.556	1.781	1.960	2.243	2.243	2.469	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.426	1.426

Q (m³/s)	8.059	8.635	9.211	10.362	10.362	11.513	12.089	13.816	15.543	17.270
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.399	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.352	3.407	3.562	3.704	3.837
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.004	2.070	2.263	2.448	2.626



8.1.3.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	23.370	cms
Maximum Flow	23.370	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

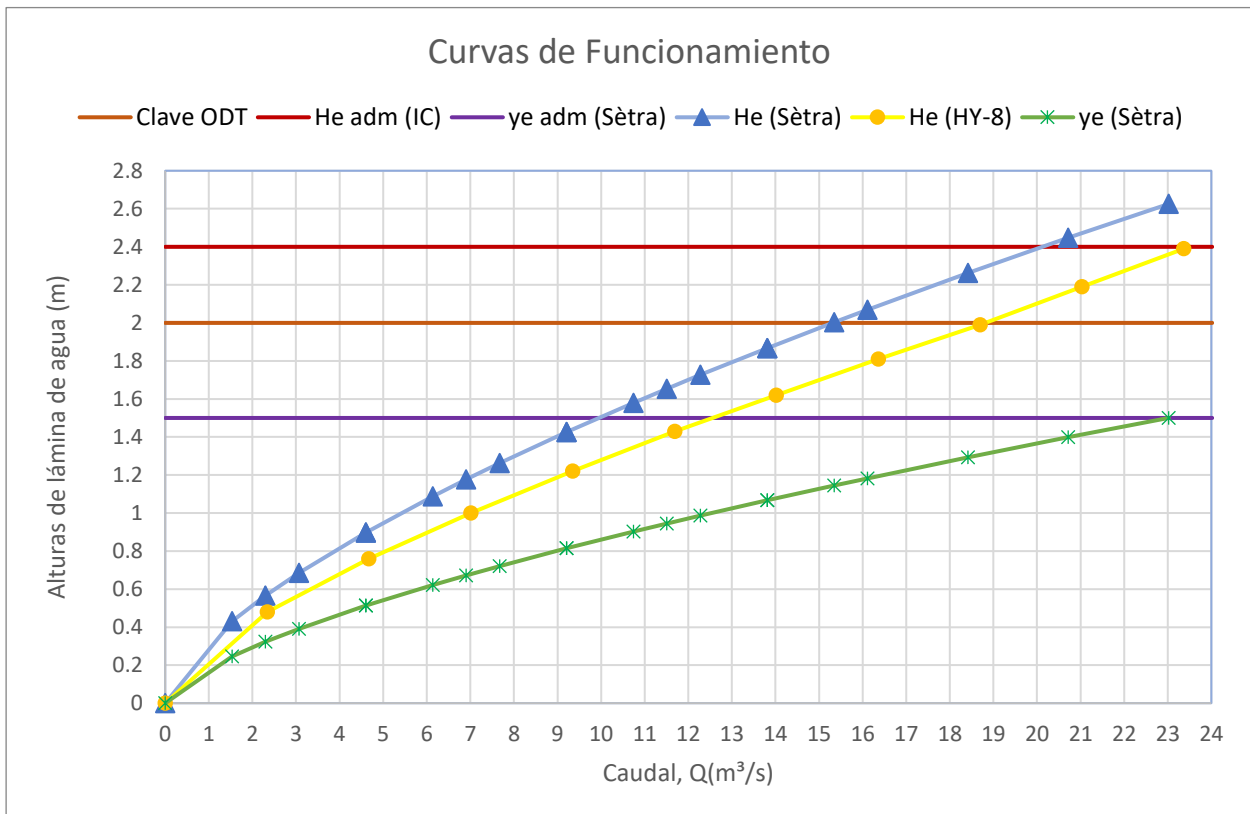
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.34	2.34	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.14	3.74	4.10
4.67	4.67	0.76	0.76	0.0*	1-S2n	0.21	0.52	0.26	0.21	4.44	5.31
7.01	7.01	1.00	1.00	0.0*	1-S2n	0.27	0.68	0.36	0.27	4.84	6.16
9.35	9.35	1.22	1.22	0.18	1-S2n	0.33	0.82	0.46	0.32	5.13	6.83
11.69	11.69	1.43	1.43	0.37	1-S2n	0.38	0.95	0.54	0.36	5.36	7.39
14.02	14.02	1.62	1.62	0.56	1-S2n	0.42	1.08	0.63	0.40	5.56	7.88
16.36	16.36	1.81	1.81	0.76	1-S2n	0.47	1.19	0.71	0.44	5.73	8.30
18.70	18.70	1.99	1.99	0.97	1-S2n	0.51	1.31	0.79	0.48	5.89	8.69
21.03	21.03	2.19	2.19	1.19	5-S2n	0.55	1.41	0.87	0.52	6.03	9.04
23.37	23.37	2.39	2.39	1.66	5-S2n	0.59	1.52	0.95	0.55	6.16	9.37

Q (m³/s)	1.535	2.302	3.069	4.604	4.604	6.139	6.906	7.673	9.208	9.208
ye (m)	0.247	0.323	0.392	0.513	0.513	0.622	0.672	0.721	0.814	0.814
Ve (m/s)	1.555	1.780	1.960	2.243	2.243	2.469	2.568	2.660	2.827	2.827
He (m)	0.432	0.566	0.685	0.898	0.898	1.088	1.177	1.262	1.425	1.425

Q (m³/s)	10.743	11.510	12.277	13.812	13.812	15.347	16.114	18.416	20.718	23.020
ye (m)	0.903	0.945	0.987	1.067	1.067	1.145	1.183	1.293	1.398	1.500
Ve (m/s)	2.976	3.045	3.111	3.236	3.236	3.351	3.406	3.561	3.704	3.836
He (m)	1.580	1.654	1.727	1.868	1.868	2.003	2.070	2.262	2.447	2.625



8.1.3.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Favorable Rectan. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	32.240	cms
Maximum Flow	32.240	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0500	m/m
Manning's n (channel)	0.014	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.22	3.22	0.72	0.72	0.0*	1-S2n	0.20	0.49	0.25	0.17	4.34	4.63
6.45	6.45	1.14	1.14	0.07	1-S2n	0.32	0.78	0.43	0.25	5.01	5.97
9.67	9.67	1.49	1.49	0.36	1-S2n	0.41	1.02	0.59	0.32	5.43	6.91
12.90	12.90	1.83	1.83	0.64	1-S2n	0.50	1.23	0.75	0.38	5.75	7.65
16.12	16.12	2.14	2.14	0.93	1-S2n	0.58	1.43	0.89	0.44	6.01	8.26
19.34	19.34	2.43	2.43	1.22	1-S2n	0.65	1.62	1.03	0.49	6.24	8.79
22.57	22.57	2.71	2.71	1.52	1-S2n	0.73	1.79	1.17	0.54	6.45	9.26
25.79	25.79	2.99	2.99	1.83	1-S2n	0.80	1.96	1.30	0.58	6.63	9.68
29.02	29.02	3.29	3.29	2.16	5-S2n	0.87	2.12	1.42	0.62	6.80	10.06
32.24	32.24	3.60	3.60	2.86	5-S2n	0.93	2.27	1.55	0.66	6.95	10.42

8.2 Resultados canal aguas abajo desfavorable.

Para garantizar este carácter desfavorable vamos a establecer una pendiente en el canal aguas abajo del 0.002m/m, menor que la de nuestros casos de estudio, y un coeficiente de Manning n=0.04 (correspondiente a terreno natural con vegetación segada (según Orden FOM/298/2016). No se va a variar la sección de dicho canal. Se decide así para unificar los casos de estudio y centrarnos en

8.2.1 Pendiente 0.5%.

8.2.1.1 Secciones circulares.

8.2.1.1.1 D=800mm.

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.879	cms
Maximum Flow	0.879	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 800 Add Culvert

Duplicate Culvert

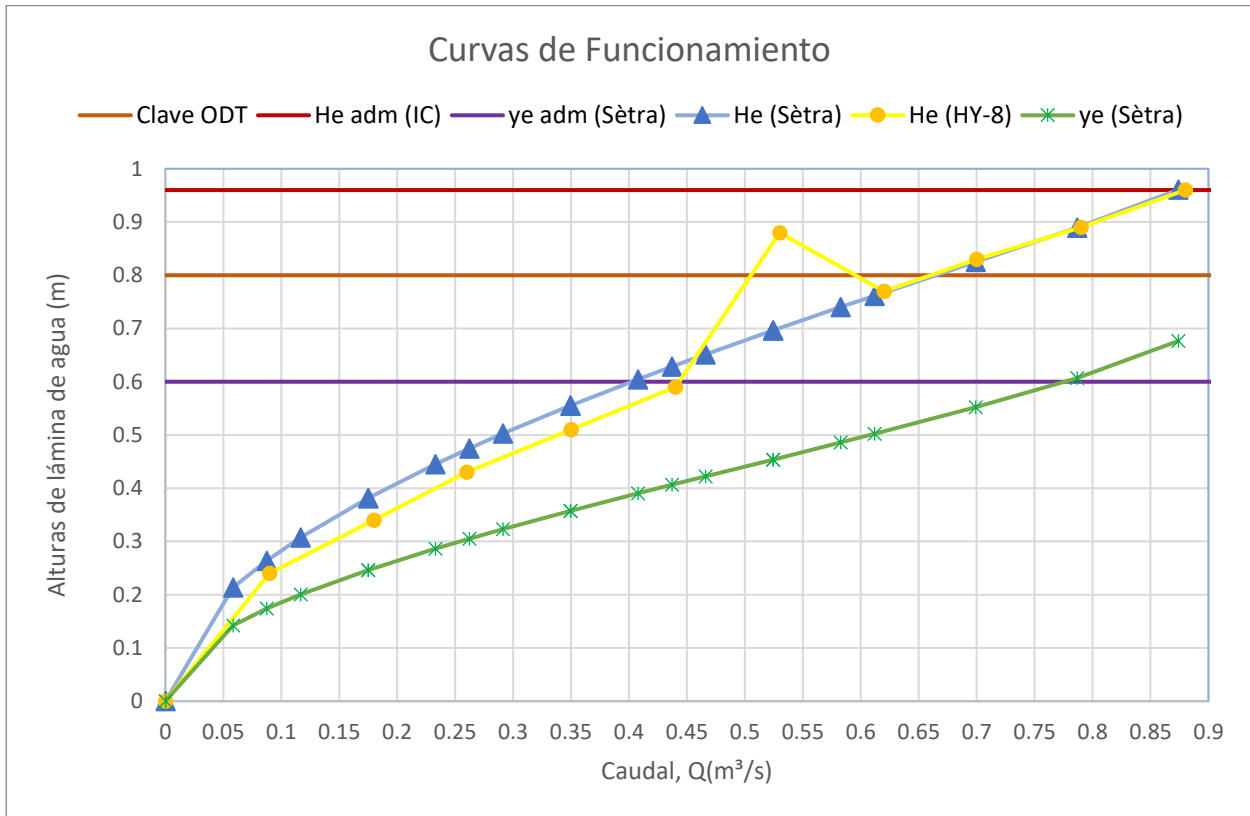
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.09	0.24	0.24	0.10	1-S2n	0.17	0.17	0.17	0.09	1.11	0.23
0.18	0.18	0.34	0.34	0.18	1-S2n	0.24	0.25	0.24	0.14	1.36	0.29
0.26	0.26	0.43	0.43	0.26	1-S2n	0.29	0.30	0.29	0.18	1.52	0.34
0.35	0.35	0.51	0.51	0.33	1-S2n	0.34	0.36	0.34	0.22	1.64	0.38
0.44	0.44	0.59	0.59	0.40	1-S2n	0.39	0.40	0.39	0.25	1.74	0.41
0.53	0.53	0.88	0.66	0.88	7-M2c	0.44	0.44	0.44	0.28	1.87	0.44
0.62	0.62	0.77	0.72	0.77	2-M2c	0.48	0.47	0.47	0.31	1.98	0.47
0.70	0.70	0.83	0.79	0.83	7-M2c	0.53	0.51	0.51	0.33	2.08	0.49
0.79	0.79	0.89	0.86	0.89	7-M2c	0.58	0.54	0.54	0.36	2.19	0.51
0.88	0.88	0.96	0.94	0.96	7-M2c	0.80	0.57	0.57	0.38	2.29	0.53

Q (m³/s)	0.058	0.087	0.117	0.175	0.175	0.233	0.262	0.291	0.350	0.350
ye (m)	0.142	0.174	0.200	0.246	0.246	0.286	0.305	0.323	0.357	0.357
Ve (m/s)	0.967	1.084	1.184	1.332	1.332	1.441	1.490	1.534	1.610	1.610
He (m)	0.213	0.264	0.307	0.382	0.382	0.445	0.475	0.503	0.555	0.555

Q (m³/s)	0.408	0.437	0.466	0.524	0.524	0.583	0.612	0.699	0.787	0.874
ye (m)	0.390	0.406	0.422	0.454	0.454	0.486	0.502	0.552	0.607	0.677
Ve (m/s)	1.674	1.704	1.732	1.783	1.783	1.823	1.842	1.890	1.923	1.928
He (m)	0.605	0.628	0.652	0.697	0.697	0.740	0.762	0.825	0.889	0.961



8.2.1.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.540	cms
Maximum Flow	1.540	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1000

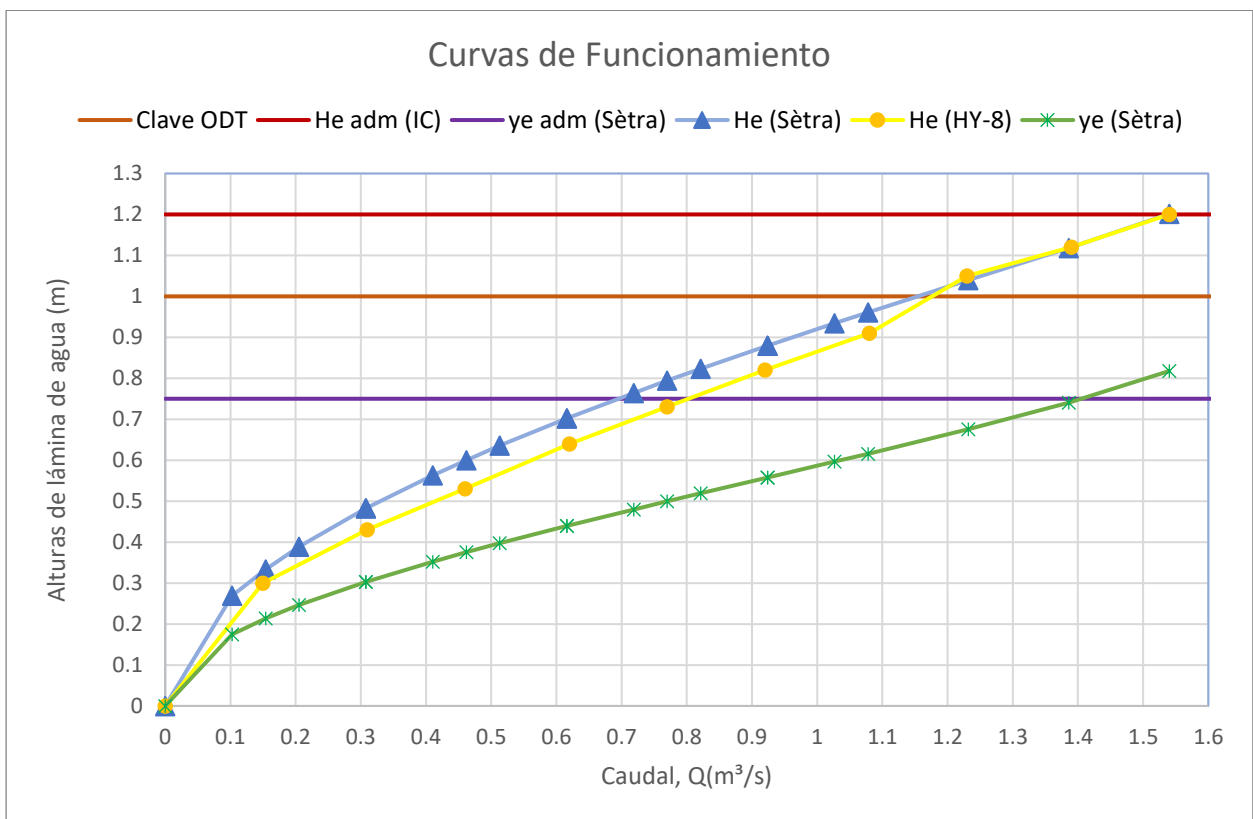
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.15	0.30	0.30	0.14	1-S2n	0.21	0.22	0.21	0.13	1.28	0.28
0.31	0.31	0.43	0.43	0.25	1-S2n	0.29	0.31	0.29	0.20	1.56	0.36
0.46	0.46	0.53	0.53	0.34	1-S2n	0.36	0.38	0.37	0.26	1.68	0.42
0.62	0.62	0.64	0.64	0.43	1-S2n	0.42	0.44	0.42	0.31	1.89	0.47
0.77	0.77	0.73	0.73	0.52	1-S2n	0.48	0.50	0.48	0.35	2.00	0.51
0.92	0.92	0.82	0.82	0.60	1-S2n	0.54	0.55	0.54	0.39	2.09	0.54
1.08	1.08	0.91	0.91	0.70	1-S2n	0.59	0.59	0.59	0.43	2.16	0.57
1.23	1.23	1.05	0.99	1.05	7-M2c	0.65	0.64	0.64	0.46	2.33	0.60
1.39	1.39	1.12	1.08	1.12	7-M2c	0.71	0.68	0.68	0.50	2.44	0.62
1.54	1.54	1.20	1.17	1.20	7-M2c	0.78	0.72	0.72	0.53	2.56	0.64

Q (m³/s)	0.103	0.154	0.205	0.308	0.308	0.411	0.462	0.513	0.616	0.616
ye (m)	0.175	0.214	0.246	0.303	0.303	0.352	0.375	0.397	0.440	0.440
Ve (m/s)	1.114	1.253	1.364	1.531	1.531	1.661	1.715	1.766	1.853	1.853
He (m)	0.270	0.334	0.389	0.482	0.482	0.563	0.600	0.636	0.702	0.702

Q (m³/s)	0.719	0.770	0.821	0.924	0.924	1.027	1.078	1.232	1.386	1.540
ye (m)	0.480	0.499	0.519	0.558	0.558	0.596	0.616	0.676	0.741	0.818
Ve (m/s)	1.929	1.963	1.995	2.052	2.052	2.102	2.124	2.182	2.222	2.240
He (m)	0.764	0.794	0.823	0.880	0.880	0.934	0.961	1.040	1.118	1.201



8.2.1.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.410	cms
Maximum Flow	2.410	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1200

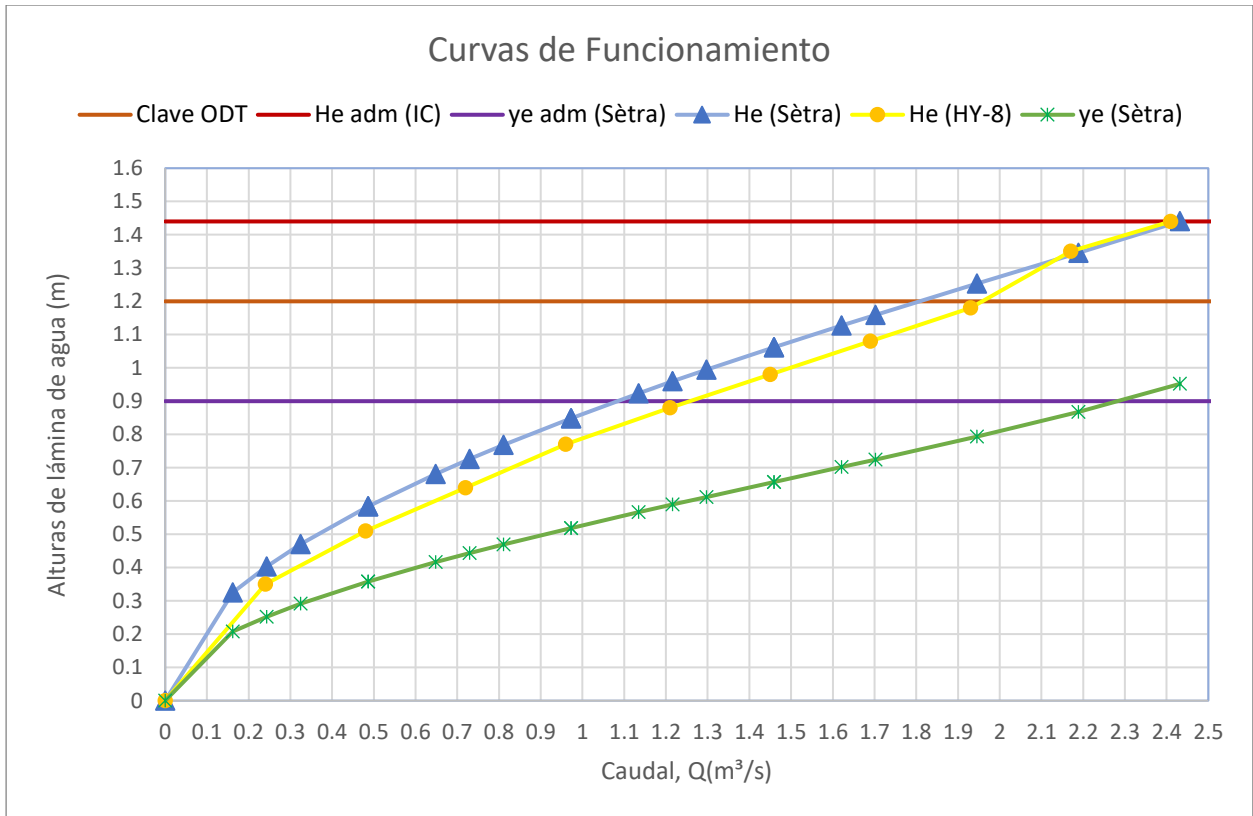
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.24	0.24	0.35	0.35	0.19	1-S2n	0.24	0.26	0.25	0.17	1.37	0.33
0.48	0.48	0.51	0.51	0.31	1-S2n	0.34	0.37	0.35	0.26	1.68	0.43
0.72	0.72	0.64	0.64	0.42	1-S2n	0.42	0.46	0.44	0.34	1.88	0.50
0.96	0.96	0.77	0.77	0.52	1-S2n	0.50	0.53	0.50	0.40	2.11	0.55
1.21	1.21	0.88	0.88	0.63	1-S2n	0.56	0.60	0.56	0.46	2.23	0.59
1.45	1.45	0.98	0.98	0.73	1-S2n	0.63	0.66	0.65	0.51	2.26	0.63
1.69	1.69	1.08	1.08	0.84	1-S2n	0.69	0.71	0.69	0.56	2.42	0.66
1.93	1.93	1.18	1.18	0.95	1-S2n	0.76	0.76	0.76	0.60	2.49	0.69
2.17	2.17	1.35	1.29	1.35	7-M2c	0.82	0.81	0.81	0.65	2.67	0.72
2.41	2.41	1.44	1.40	1.44	7-M2c	0.90	0.85	0.85	0.69	2.80	0.74

Q (m³/s)	0.162	0.243	0.324	0.486	0.486	0.649	0.730	0.811	0.973	0.973
ye (m)	0.207	0.252	0.291	0.358	0.358	0.416	0.443	0.469	0.519	0.519
Ve (m/s)	1.242	1.405	1.528	1.717	1.717	1.861	1.922	1.979	2.077	2.077
He (m)	0.325	0.403	0.470	0.583	0.583	0.681	0.726	0.768	0.849	0.849

Q (m³/s)	1.135	1.216	1.297	1.459	1.459	1.621	1.702	1.946	2.189	2.432
ye (m)	0.566	0.589	0.612	0.657	0.657	0.702	0.725	0.794	0.868	0.952
Ve (m/s)	2.161	2.201	2.237	2.301	2.301	2.358	2.384	2.450	2.500	2.527
He (m)	0.923	0.960	0.995	1.062	1.062	1.127	1.159	1.253	1.345	1.440



8.2.1.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.170	cms
Maximum Flow	4.170	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

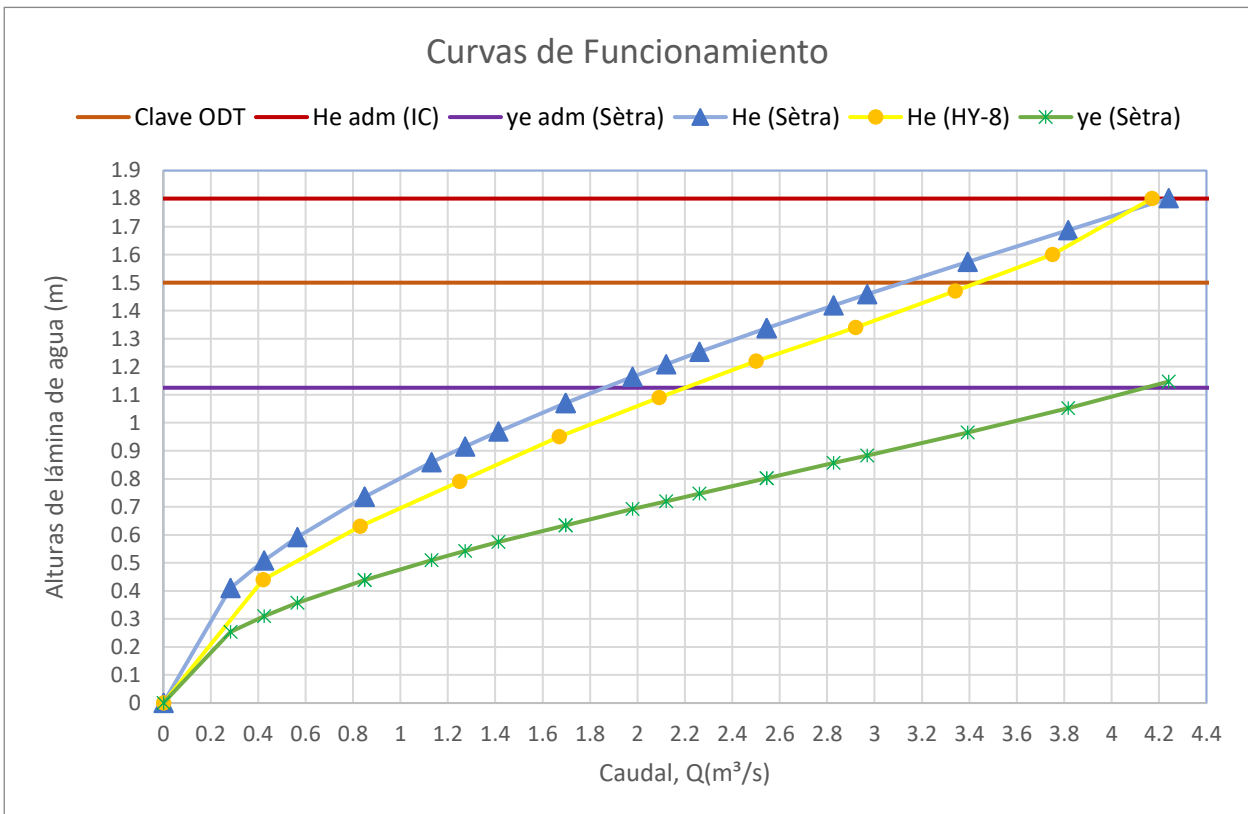
C 1500

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.42	0.42	0.44	0.44	0.25	1-S2n	0.30	0.32	0.30	0.24	1.57	0.41
0.83	0.83	0.63	0.63	0.40	1-S2n	0.42	0.46	0.43	0.37	1.91	0.52
1.25	1.25	0.79	0.79	0.54	1-S2n	0.52	0.57	0.53	0.47	2.14	0.60
1.67	1.67	0.95	0.95	0.66	1-S2n	0.60	0.66	0.62	0.55	2.31	0.66
2.09	2.09	1.09	1.09	0.79	1-S2n	0.69	0.74	0.71	0.63	2.46	0.71
2.50	2.50	1.22	1.22	0.92	1-S2n	0.76	0.82	0.79	0.71	2.58	0.75
2.92	2.92	1.34	1.34	1.05	1-S2n	0.84	0.88	0.86	0.77	2.69	0.79
3.34	3.34	1.47	1.47	1.18	1-S2n	0.92	0.95	0.94	0.84	2.78	0.83
3.75	3.75	1.60	1.60	1.33	5-S2n	1.00	1.01	1.00	0.89	2.93	0.86
4.17	4.17	1.80	1.74	1.80	7-M2c	1.08	1.06	1.06	0.95	3.11	0.88

Q (m³/s)	0.283	0.424	0.565	0.848	0.848	1.131	1.272	1.413	1.696	1.696
ye (m)	0.254	0.310	0.357	0.439	0.439	0.510	0.542	0.574	0.634	0.634
Ve (m/s)	1.430	1.610	1.753	1.970	1.970	2.136	2.207	2.272	2.386	2.386
He (m)	0.410	0.508	0.592	0.735	0.735	0.858	0.915	0.969	1.070	1.070

Q (m³/s)	1.979	2.120	2.261	2.544	2.544	2.827	2.968	3.392	3.816	4.240
ye (m)	0.692	0.720	0.747	0.802	0.802	0.856	0.883	0.965	1.051	1.147
Ve (m/s)	2.484	2.529	2.571	2.646	2.646	2.712	2.743	2.822	2.884	2.924
He (m)	1.164	1.209	1.253	1.337	1.337	1.419	1.458	1.574	1.687	1.801



8.2.1.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.770	cms
Maximum Flow	6.770	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1800

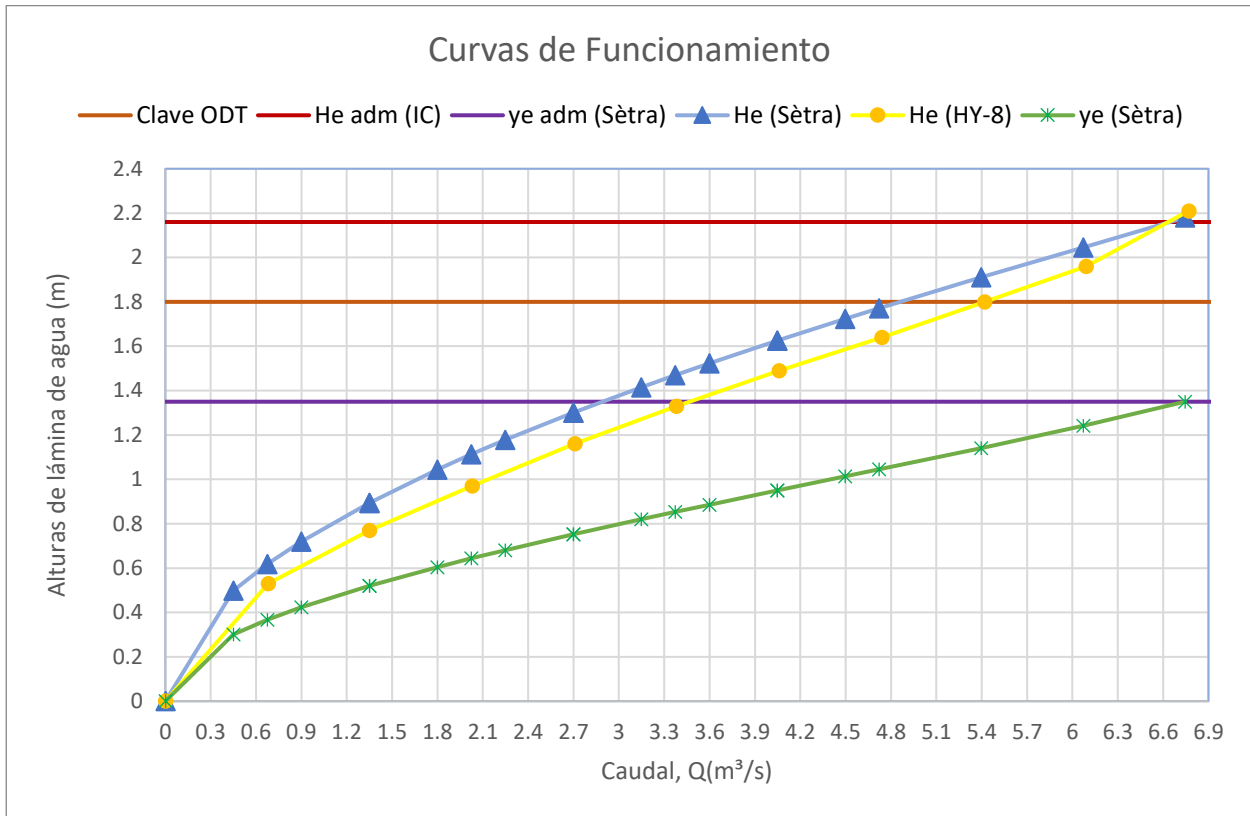
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.68	0.68	0.53	0.53	0.32	1-S2n	0.35	0.39	0.37	0.32	1.76	0.48
1.35	1.35	0.77	0.77	0.51	1-S2n	0.50	0.56	0.52	0.49	2.14	0.62
2.03	2.03	0.97	0.97	0.67	1-S2n	0.62	0.69	0.64	0.62	2.39	0.70
2.71	2.71	1.16	1.16	0.83	1-S2n	0.73	0.80	0.75	0.74	2.59	0.77
3.38	3.38	1.33	1.33	0.98	1-S2n	0.82	0.90	0.85	0.84	2.75	0.83
4.06	4.06	1.49	1.49	1.14	1-S2n	0.92	0.99	0.95	0.94	2.89	0.88
4.74	4.74	1.64	1.64	1.30	1-S2n	1.01	1.08	1.04	1.02	3.02	0.92
5.42	5.42	1.80	1.80	1.47	1-S2n	1.10	1.16	1.13	1.11	3.13	0.96
6.09	6.09	1.96	1.96	1.64	5-S2n	1.19	1.23	1.23	1.18	3.21	0.99
6.77	6.77	2.21	2.21	2.13	7-M2c	1.29	1.29	1.29	1.26	3.46	1.02

Q (m³/s)	0.450	0.675	0.899	1.349	1.349	1.799	2.024	2.248	2.698	2.698
ye (m)	0.301	0.367	0.424	0.521	0.521	0.604	0.643	0.681	0.752	0.752
Ve (m/s)	1.605	1.809	1.967	2.211	2.211	2.398	2.477	2.550	2.679	2.679
He (m)	0.498	0.617	0.720	0.894	0.894	1.044	1.113	1.178	1.301	1.301

Q (m³/s)	3.148	3.373	3.597	4.047	4.047	4.497	4.722	5.396	6.071	6.745
ye (m)	0.820	0.853	0.885	0.950	0.950	1.013	1.045	1.141	1.241	1.350
Ve (m/s)	2.790	2.840	2.887	2.972	2.972	3.048	3.082	3.172	3.244	3.295
He (m)	1.415	1.470	1.523	1.625	1.625	1.723	1.771	1.910	2.046	2.180



8.2.1.2 Secciones rectangulares.

8.2.1.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name: Desfavor. Rectangu. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.930	cms
Maximum Flow	6.930	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	: 1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x1.5

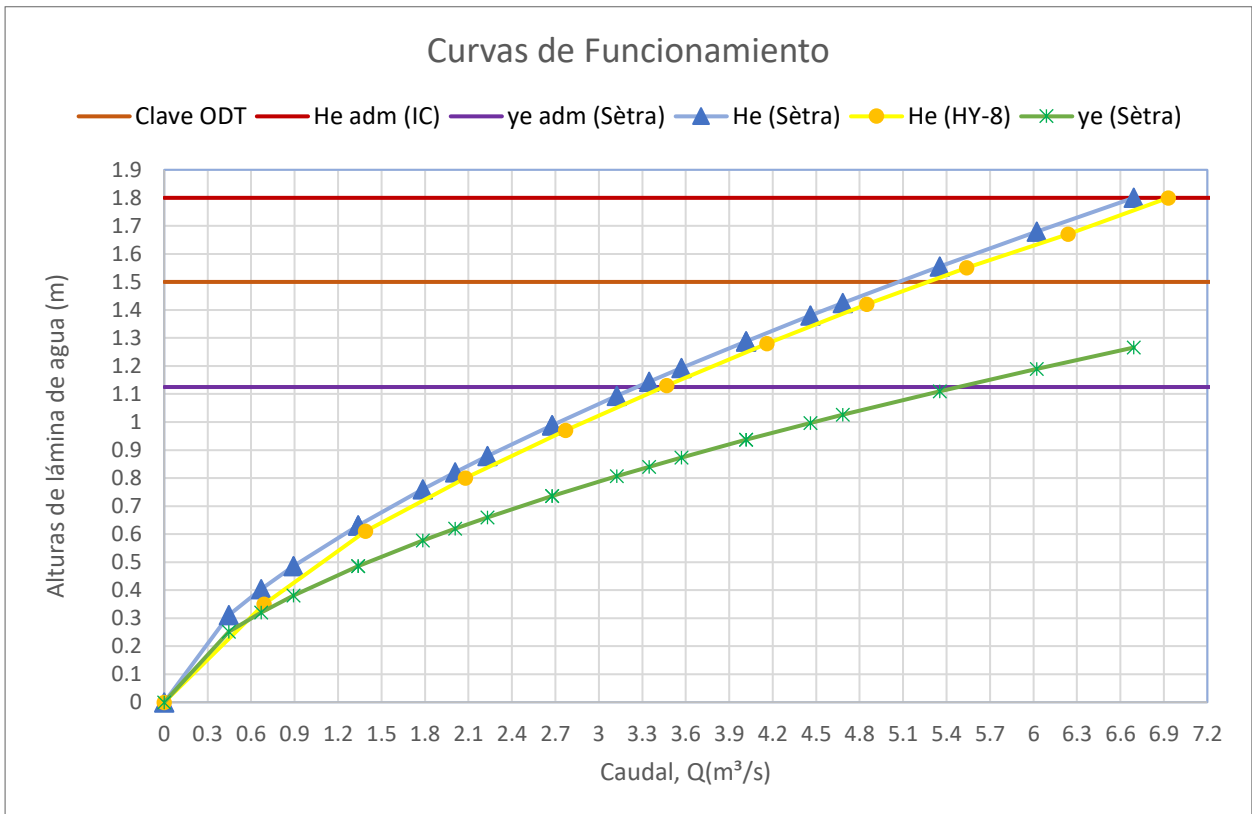
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.69	0.69	0.35	0.35	0.26	1-S1t	0.21	0.23	0.33	0.33	1.06	0.49
1.39	1.39	0.61	0.56	0.61	1-S1t	0.33	0.37	0.50	0.50	1.39	0.62
2.08	2.08	0.80	0.73	0.80	1-S1t	0.44	0.48	0.63	0.63	1.64	0.71
2.77	2.77	0.97	0.89	0.97	1-S1t	0.53	0.58	0.75	0.75	1.85	0.78
3.47	3.47	1.13	1.04	1.13	1-S1t	0.62	0.67	0.85	0.85	2.03	0.84
4.16	4.16	1.28	1.17	1.28	1-S1t	0.71	0.76	0.95	0.95	2.19	0.88
4.85	4.85	1.42	1.30	1.42	1-S1t	0.80	0.84	1.04	1.04	2.33	0.93
5.54	5.54	1.55	1.43	1.55	1-S1t	0.88	0.92	1.12	1.12	2.47	0.96
6.24	6.24	1.67	1.56	1.67	1-S1t	0.96	1.00	1.20	1.20	2.60	1.00
6.93	6.93	1.80	1.70	1.80	1-S1t	1.04	1.07	1.28	1.28	2.72	1.03

Q (m³/s)	0.446	0.669	0.892	1.339	1.339	1.785	2.008	2.231	2.677	2.677
ye (m)	0.252	0.321	0.381	0.486	0.486	0.578	0.620	0.660	0.736	0.736
Ve (m/s)	0.887	1.043	1.170	1.376	1.376	1.545	1.620	1.690	1.819	1.819
He (m)	0.312	0.404	0.486	0.631	0.631	0.760	0.820	0.878	0.989	0.989

Q (m³/s)	3.123	3.347	3.570	4.016	4.016	4.462	4.685	5.354	6.024	6.693
ye (m)	0.807	0.841	0.873	0.937	0.937	0.997	1.026	1.110	1.190	1.266
Ve (m/s)	1.936	1.991	2.043	2.144	2.144	2.238	2.283	2.411	2.531	2.644
He (m)	1.093	1.144	1.193	1.288	1.288	1.380	1.425	1.555	1.680	1.800



8.2.1.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	10.680	cms
Maximum Flow	10.680	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

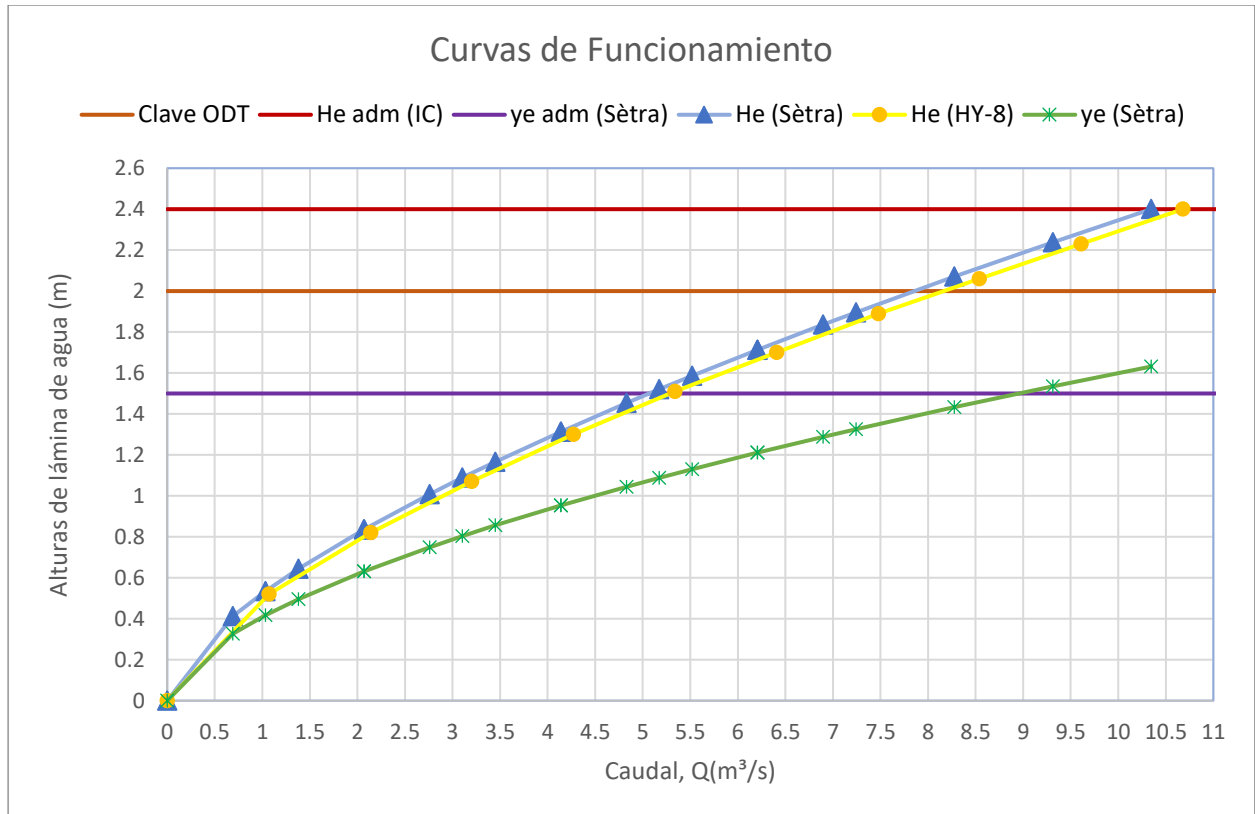
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.07	1.07	0.52	0.47	0.52	1-S1t	0.28	0.31	0.43	0.43	1.26	0.57
2.14	2.14	0.82	0.75	0.82	1-S1t	0.45	0.49	0.64	0.64	1.66	0.72
3.20	3.20	1.07	0.98	1.07	1-S1t	0.59	0.64	0.82	0.82	1.96	0.82
4.27	4.27	1.30	1.19	1.30	1-S1t	0.73	0.77	0.97	0.97	2.21	0.89
5.34	5.34	1.51	1.38	1.51	1-S1t	0.85	0.90	1.10	1.10	2.43	0.95
6.41	6.41	1.70	1.56	1.70	1-S1t	0.98	1.02	1.22	1.22	2.63	1.01
7.48	7.48	1.89	1.74	1.89	1-S1t	1.10	1.12	1.33	1.33	2.81	1.05
8.54	8.54	2.06	1.91	2.06	1-S1t	1.22	1.23	1.44	1.44	2.97	1.09
9.61	9.61	2.23	2.08	2.23	7-M1t	1.33	1.33	1.53	1.53	3.13	1.13
10.68	10.68	2.40	2.26	2.40	7-M1t	1.45	1.43	1.63	1.63	3.28	1.17

Q (m³/s)	0.690	1.035	1.380	2.069	2.069	2.759	3.104	3.449	4.139	4.139
ye (m)	0.327	0.417	0.495	0.631	0.631	0.749	0.804	0.856	0.954	0.954
Ve (m/s)	1.056	1.241	1.394	1.639	1.639	1.841	1.931	2.015	2.170	2.170
He (m)	0.412	0.535	0.643	0.837	0.837	1.008	1.089	1.166	1.314	1.314

Q (m³/s)	4.829	5.174	5.518	6.208	6.208	6.898	7.243	8.278	9.312	10.347
ye (m)	1.045	1.088	1.130	1.211	1.211	1.288	1.326	1.433	1.535	1.632
Ve (m/s)	2.311	2.378	2.442	2.563	2.563	2.677	2.731	2.888	3.034	3.171
He (m)	1.453	1.520	1.586	1.713	1.713	1.836	1.896	2.071	2.238	2.400



8.2.1.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	15.080	cms
Maximum Flow	15.080	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x2

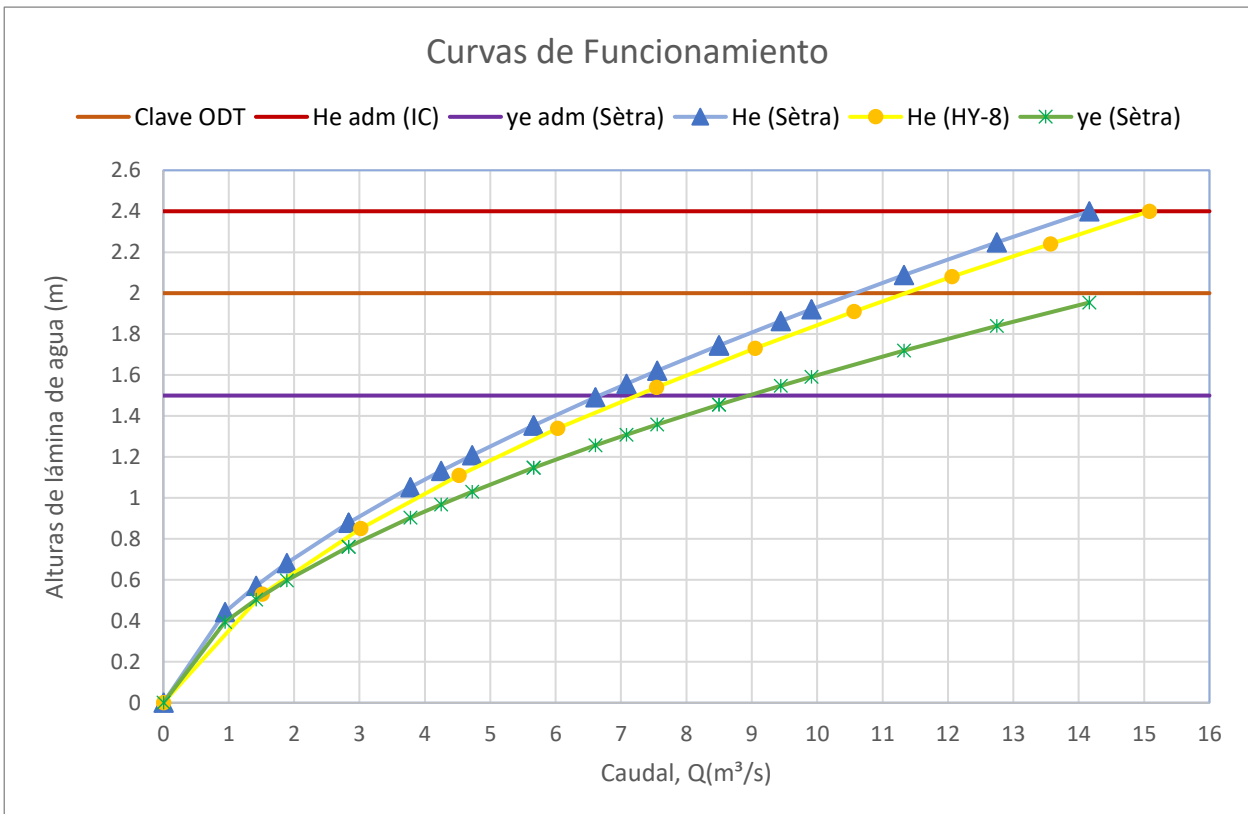
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.51	1.51	0.53	0.45	0.53	1-S1t	0.26	0.30	0.52	0.52	0.96	0.64
3.02	3.02	0.85	0.72	0.85	1-S1t	0.41	0.47	0.79	0.79	1.28	0.80
4.52	4.52	1.11	0.94	1.11	1-S1t	0.53	0.61	1.00	1.00	1.51	0.91
6.03	6.03	1.34	1.14	1.34	1-S1t	0.65	0.74	1.18	1.18	1.71	0.99
7.54	7.54	1.54	1.33	1.54	1-S1t	0.76	0.86	1.34	1.34	1.88	1.06
9.05	9.05	1.73	1.50	1.73	1-S1t	0.86	0.97	1.48	1.48	2.03	1.11
10.56	10.56	1.91	1.67	1.91	1-S1t	0.96	1.08	1.62	1.62	2.18	1.16
12.06	12.06	2.08	1.83	2.08	1-S1t	1.05	1.18	1.74	1.74	2.31	1.21
13.57	13.57	2.24	1.99	2.24	1-S1t	1.15	1.28	1.86	1.86	2.43	1.25
15.08	15.08	2.40	2.16	2.40	1-S1t	1.24	1.37	1.97	1.97	2.55	1.28

Q (m³/s)	0.944	1.416	1.888	2.832	2.832	3.776	4.248	4.720	5.664	5.664
ye (m)	0.395	0.503	0.597	0.761	0.761	0.903	0.968	1.031	1.148	1.148
Ve (m/s)	0.797	0.938	1.053	1.240	1.240	1.394	1.462	1.527	1.645	1.645
He (m)	0.443	0.570	0.682	0.879	0.879	1.051	1.132	1.209	1.355	1.355

Q (m³/s)	6.608	7.080	7.551	8.495	8.495	9.439	9.911	11.327	12.743	14.159
ye (m)	1.256	1.308	1.359	1.455	1.455	1.547	1.591	1.719	1.840	1.954
Ve (m/s)	1.753	1.804	1.853	1.946	1.946	2.034	2.076	2.196	2.309	2.415
He (m)	1.491	1.557	1.621	1.745	1.745	1.863	1.921	2.088	2.247	2.400



8.2.1.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.220	cms
Maximum Flow	17.220	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

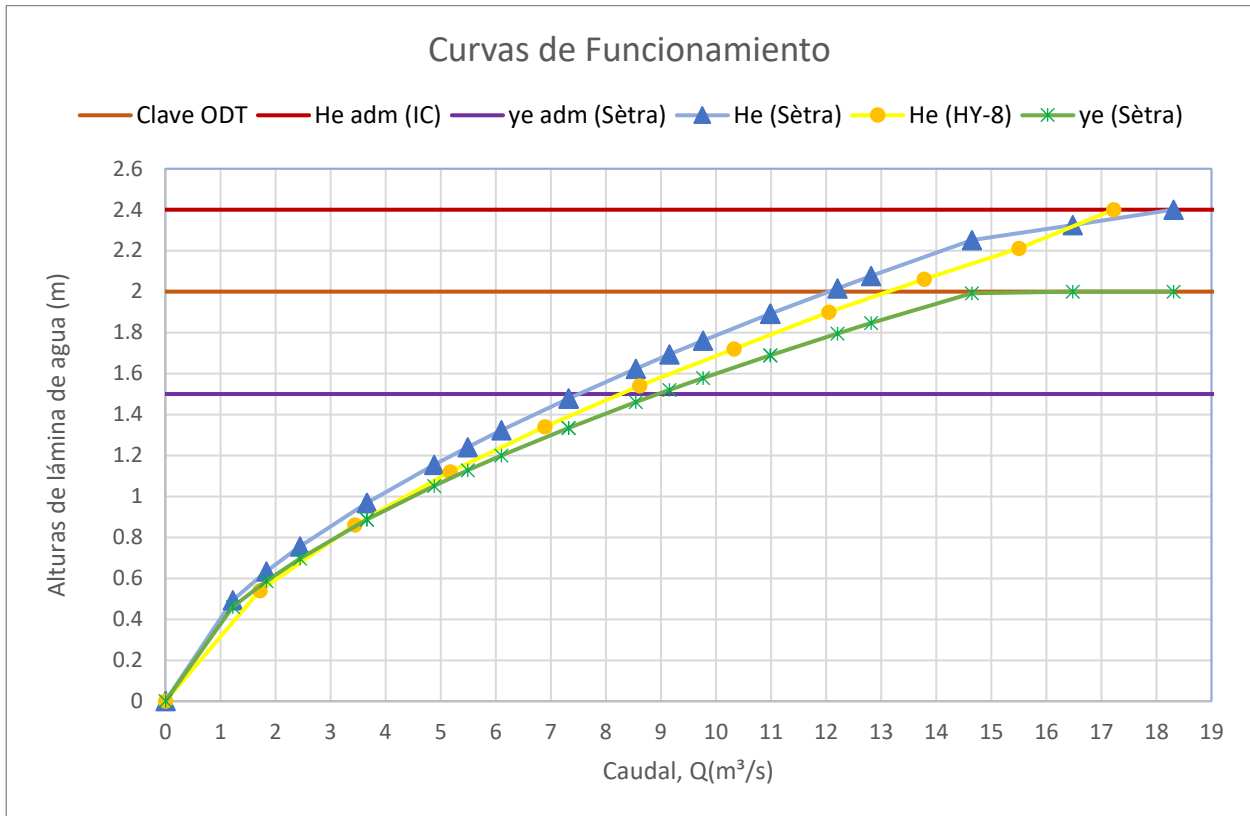
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.72	1.72	0.54	0.41	0.54	1-S1t	0.23	0.27	0.57	0.57	0.76	0.67
3.44	3.44	0.86	0.65	0.86	1-S1t	0.36	0.42	0.85	0.85	1.01	0.83
5.17	5.17	1.12	0.85	1.12	1-S1t	0.47	0.55	1.08	1.08	1.20	0.94
6.89	6.89	1.34	1.03	1.34	1-S1t	0.56	0.67	1.27	1.27	1.36	1.03
8.61	8.61	1.54	1.20	1.54	1-S1t	0.65	0.78	1.44	1.44	1.49	1.10
10.33	10.33	1.72	1.35	1.72	1-S1t	0.74	0.88	1.60	1.60	1.62	1.16
12.05	12.05	1.90	1.50	1.90	1-S1t	0.82	0.97	1.74	1.74	1.73	1.21
13.78	13.78	2.06	1.64	2.06	1-S1t	0.90	1.07	1.87	1.87	1.84	1.25
15.50	15.50	2.21	1.78	2.21	1-S1t	0.98	1.15	2.00	2.00	1.94	1.29
17.22	17.22	2.40	1.92	2.40	4-FFF	1.05	1.24	2.00	2.12	2.15	1.33

Q (m³/s)	1.221	1.831	2.441	3.662	3.662	4.883	5.493	6.103	7.324	7.324
ye (m)	0.460	0.587	0.697	0.887	0.887	1.051	1.127	1.199	1.334	1.334
Ve (m/s)	0.663	0.780	0.876	1.032	1.032	1.161	1.218	1.272	1.372	1.372
He (m)	0.494	0.633	0.755	0.968	0.968	1.154	1.241	1.323	1.478	1.478

Q (m³/s)	8.545	9.155	9.765	10.986	10.986	12.207	12.817	14.648	16.479	18.310
ye (m)	1.460	1.520	1.578	1.689	1.689	1.795	1.846	1.992	2.000	2.000
Ve (m/s)	1.463	1.506	1.547	1.626	1.626	1.700	1.736	1.838	2.060	2.289
He (m)	1.624	1.693	1.761	1.891	1.891	2.016	2.076	2.251	2.324	2.400



8.2.1.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.005

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	28.640	cms
Maximum Flow	28.640	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.075	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

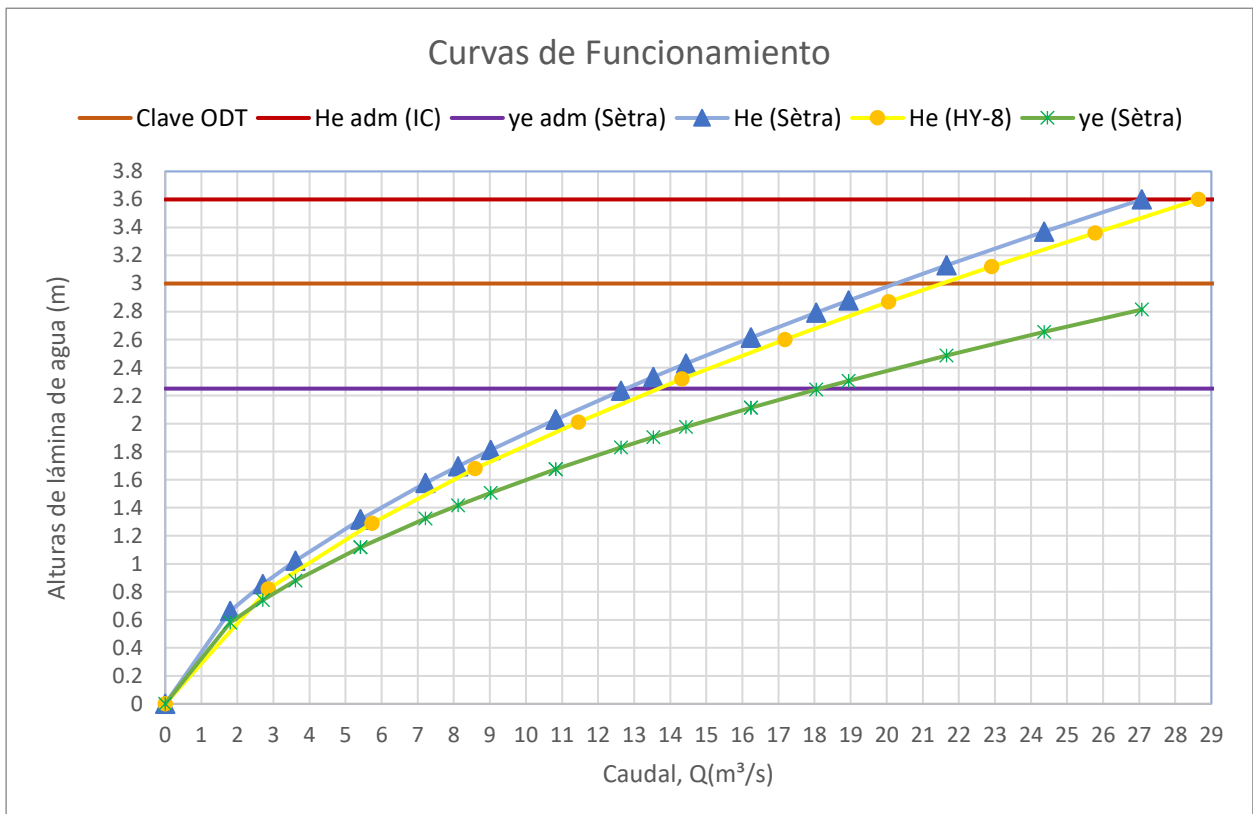
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.075	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.86	2.86	0.82	0.69	0.82	1-S1t	0.39	0.45	0.76	0.76	1.25	0.79
5.73	5.73	1.29	1.10	1.29	1-S1t	0.63	0.72	1.14	1.14	1.67	0.97
8.59	8.59	1.68	1.44	1.68	1-S1t	0.83	0.94	1.44	1.44	1.99	1.10
11.46	11.46	2.01	1.75	2.01	1-S1t	1.02	1.14	1.69	1.69	2.26	1.19
14.32	14.32	2.32	2.04	2.32	1-S1t	1.19	1.32	1.91	1.91	2.49	1.26
17.18	17.18	2.60	2.30	2.60	1-S1t	1.37	1.50	2.11	2.11	2.71	1.33
20.05	20.05	2.87	2.56	2.87	1-S1t	1.53	1.66	2.30	2.30	2.91	1.38
22.91	22.91	3.12	2.81	3.12	1-S1t	1.70	1.81	2.47	2.47	3.09	1.43
25.78	25.78	3.36	3.06	3.36	1-S1t	1.86	1.96	2.63	2.63	3.27	1.48
28.64	28.64	3.60	3.32	3.60	1-S1t	2.02	2.10	2.78	2.78	3.44	1.52

Q (m³/s)	1.805	2.707	3.609	5.414	5.414	7.219	8.121	9.023	10.828	10.828
ye (m)	0.582	0.741	0.879	1.117	1.117	1.323	1.417	1.507	1.675	1.675
Ve (m/s)	1.034	1.218	1.368	1.615	1.615	1.818	1.910	1.996	2.155	2.155
He (m)	0.663	0.854	1.022	1.317	1.317	1.576	1.696	1.812	2.030	2.030

Q (m³/s)	12.633	13.535	14.437	16.242	16.242	18.047	18.949	21.656	24.363	27.070
ye (m)	1.831	1.904	1.976	2.113	2.113	2.243	2.306	2.485	2.654	2.814
Ve (m/s)	2.300	2.369	2.436	2.562	2.562	2.682	2.740	2.905	3.060	3.207
He (m)	2.235	2.333	2.429	2.615	2.615	2.793	2.879	3.130	3.370	3.600



8.2.2 Pendiente 1%.

8.2.2.1 Secciones circulares.

8.2.2.1.1 D=800mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.910	cms
Maximum Flow	0.910	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 800

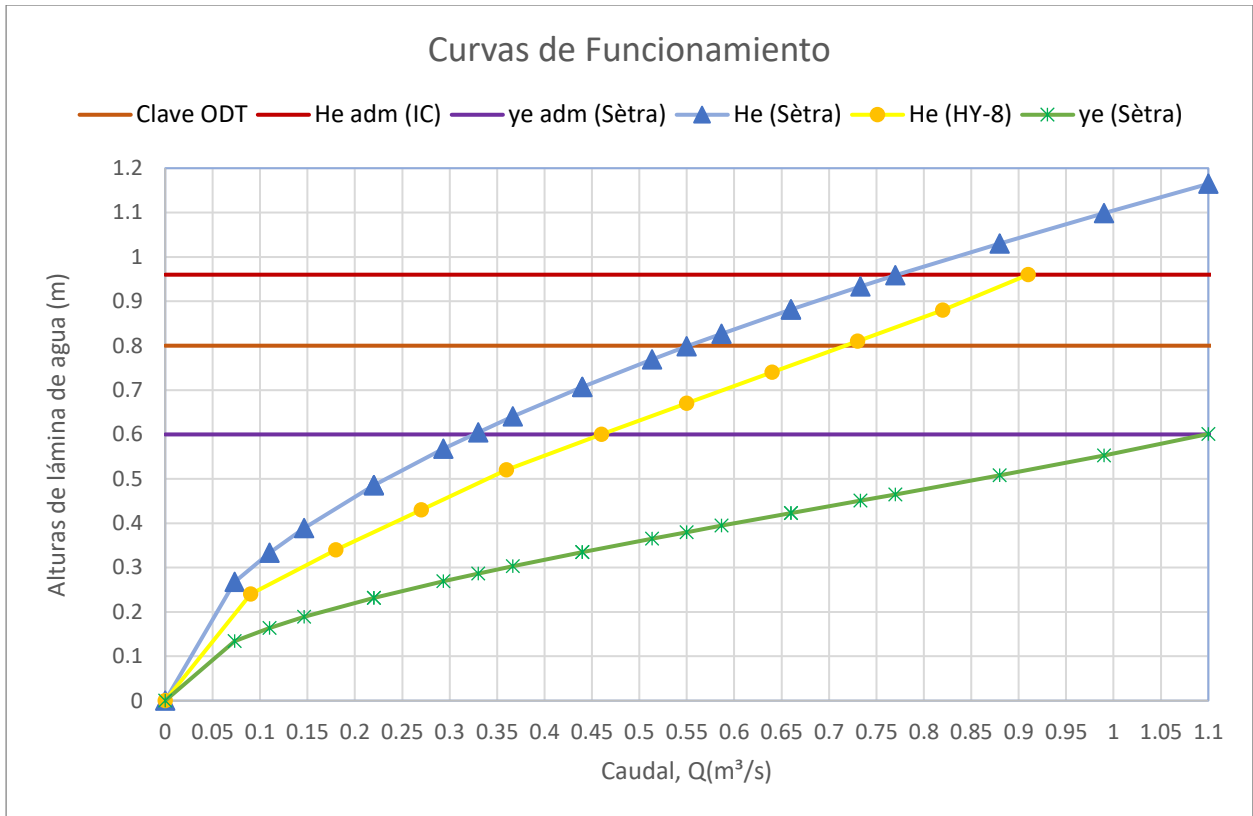
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.09	0.09	0.24	0.24	0.03	1-S2n	0.14	0.18	0.14	0.10	1.43	0.23
0.18	0.18	0.34	0.34	0.11	1-S2n	0.20	0.25	0.21	0.15	1.67	0.30
0.27	0.27	0.43	0.43	0.19	1-S2n	0.25	0.31	0.26	0.19	1.87	0.35
0.36	0.36	0.52	0.52	0.26	1-S2n	0.29	0.36	0.30	0.22	2.01	0.39
0.46	0.46	0.60	0.60	0.34	1-S2n	0.33	0.41	0.34	0.25	2.14	0.42
0.55	0.55	0.67	0.67	0.42	1-S2n	0.36	0.45	0.38	0.28	2.24	0.45
0.64	0.64	0.74	0.74	0.50	1-S2n	0.40	0.48	0.42	0.31	2.33	0.47
0.73	0.73	0.81	0.81	0.58	5-S2n	0.43	0.52	0.45	0.34	2.41	0.50
0.82	0.82	0.88	0.88	0.67	5-S2n	0.46	0.55	0.49	0.36	2.48	0.52
0.91	0.91	0.96	0.96	0.76	5-S2n	0.50	0.58	0.52	0.39	2.55	0.54

Q (m³/s)	0.073	0.110	0.147	0.220	0.220	0.293	0.330	0.367	0.440	0.440
ye (m)	0.134	0.163	0.189	0.232	0.232	0.269	0.287	0.303	0.335	0.335
Ve (m/s)	1.320	1.491	1.616	1.821	1.821	1.976	2.039	2.100	2.208	2.208
He (m)	0.267	0.333	0.389	0.485	0.485	0.568	0.604	0.640	0.707	0.707

Q (m³/s)	0.513	0.550	0.587	0.660	0.660	0.733	0.770	0.880	0.990	1.100
ye (m)	0.365	0.380	0.394	0.423	0.423	0.451	0.465	0.508	0.553	0.601
Ve (m/s)	2.299	2.340	2.378	2.450	2.450	2.511	2.542	2.614	2.673	2.715
He (m)	0.769	0.798	0.827	0.881	0.881	0.933	0.959	1.030	1.099	1.165



8.2.2.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.580	cms
Maximum Flow	1.580	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1000

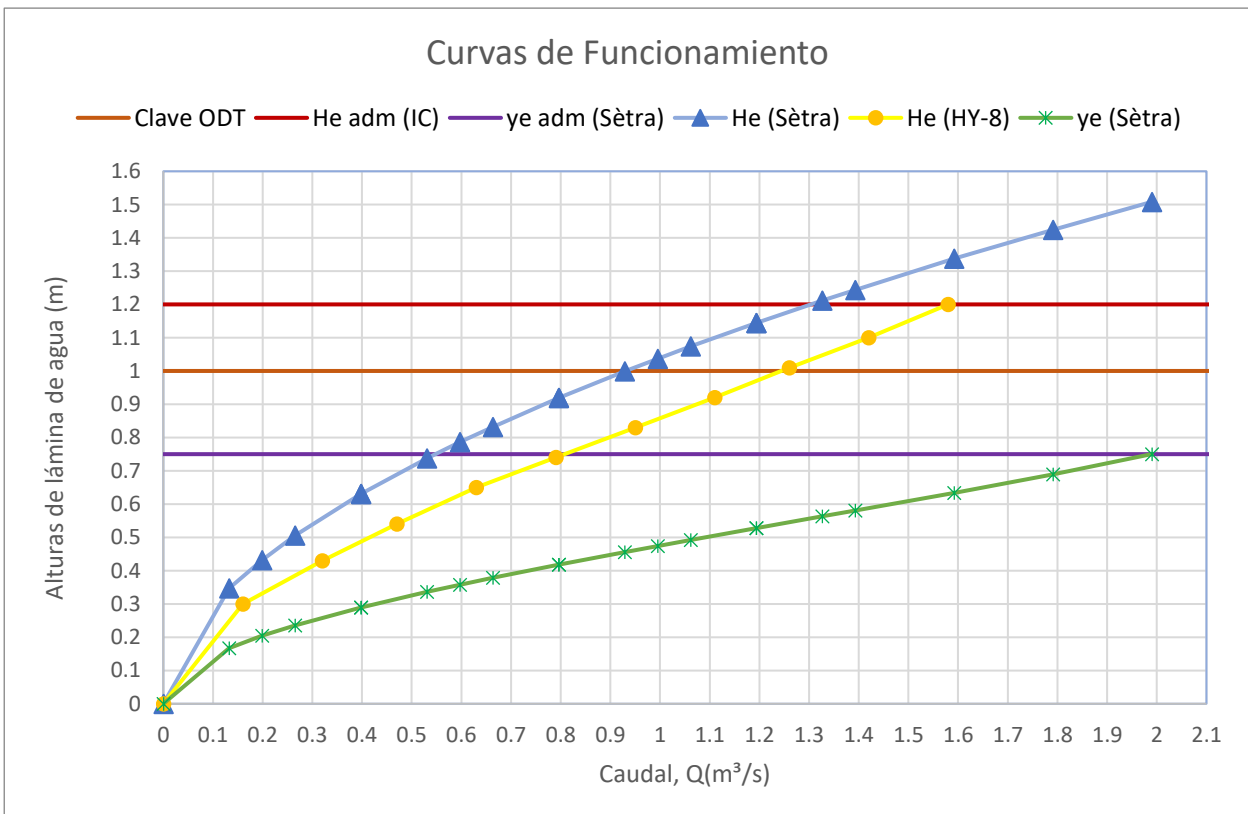
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.16	0.16	0.30	0.30	0.07	1-S2n	0.18	0.22	0.18	0.14	1.57	0.28
0.32	0.32	0.43	0.43	0.18	1-S2n	0.25	0.31	0.26	0.20	1.90	0.37
0.47	0.47	0.54	0.54	0.27	1-S2n	0.30	0.39	0.32	0.26	2.11	0.43
0.63	0.63	0.65	0.65	0.36	1-S2n	0.35	0.45	0.38	0.31	2.27	0.47
0.79	0.79	0.74	0.74	0.45	1-S2n	0.40	0.51	0.42	0.36	2.40	0.51
0.95	0.95	0.83	0.83	0.54	1-S2n	0.44	0.56	0.47	0.40	2.52	0.54
1.11	1.11	0.92	0.92	0.64	1-S2n	0.48	0.60	0.52	0.43	2.62	0.57
1.26	1.26	1.01	1.01	0.74	5-S2n	0.53	0.65	0.56	0.47	2.71	0.60
1.42	1.42	1.10	1.10	0.85	5-S2n	0.57	0.69	0.60	0.50	2.80	0.63
1.58	1.58	1.20	1.20	0.96	5-S2n	0.61	0.72	0.64	0.54	2.88	0.65

Q (m³/s)	0.133	0.199	0.265	0.398	0.398	0.531	0.597	0.663	0.796	0.796
ye (m)	0.167	0.205	0.236	0.289	0.289	0.336	0.357	0.378	0.418	0.418
Ve (m/s)	1.533	1.723	1.879	2.113	2.113	2.291	2.368	2.436	2.560	2.560
He (m)	0.347	0.432	0.506	0.631	0.631	0.737	0.786	0.832	0.919	0.919

Q (m³/s)	0.929	0.995	1.061	1.194	1.194	1.327	1.393	1.592	1.791	1.990
ye (m)	0.456	0.474	0.492	0.528	0.528	0.563	0.581	0.634	0.690	0.750
Ve (m/s)	2.666	2.713	2.759	2.840	2.840	2.912	2.945	3.033	3.101	3.149
He (m)	0.999	1.037	1.074	1.144	1.144	1.211	1.244	1.337	1.425	1.508



8.2.2.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.490	cms
Maximum Flow	2.490	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1200

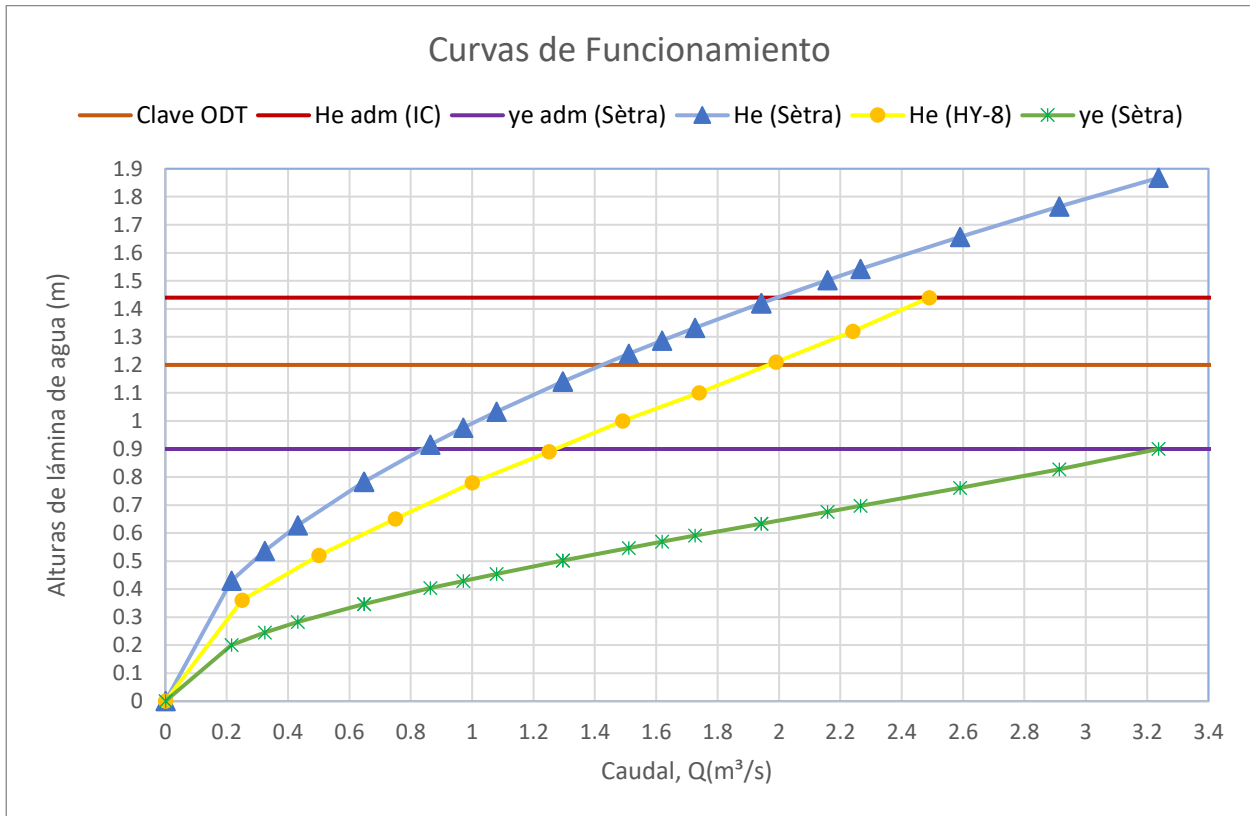
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.25	0.36	0.36	0.12	1-S2n	0.21	0.26	0.22	0.18	1.74	0.34
0.50	0.50	0.52	0.52	0.24	1-S2n	0.29	0.38	0.31	0.27	2.09	0.43
0.75	0.75	0.65	0.65	0.35	1-S2n	0.36	0.46	0.38	0.34	2.32	0.50
1.00	1.00	0.78	0.78	0.46	1-S2n	0.42	0.54	0.45	0.41	2.49	0.55
1.25	1.25	0.89	0.89	0.57	1-S2n	0.47	0.61	0.51	0.47	2.64	0.60
1.49	1.49	1.00	1.00	0.68	1-S2n	0.52	0.67	0.56	0.52	2.76	0.64
1.74	1.74	1.10	1.10	0.79	1-S2n	0.57	0.72	0.62	0.57	2.88	0.67
1.99	1.99	1.21	1.21	0.91	5-S2n	0.62	0.77	0.67	0.62	2.98	0.70
2.24	2.24	1.32	1.32	1.03	5-S2n	0.66	0.82	0.72	0.66	3.08	0.73
2.49	2.49	1.44	1.44	1.16	5-S2n	0.71	0.87	0.77	0.70	3.17	0.75

Q (m³/s)	0.216	0.324	0.432	0.647	0.647	0.863	0.971	1.079	1.295	1.295
ye (m)	0.201	0.245	0.283	0.347	0.347	0.403	0.429	0.454	0.502	0.502
Ve (m/s)	1.733	1.951	2.124	2.386	2.386	2.587	2.674	2.752	2.891	2.891
He (m)	0.430	0.536	0.627	0.782	0.782	0.915	0.976	1.033	1.141	1.141

Q (m³/s)	1.511	1.619	1.726	1.942	1.942	2.158	2.266	2.590	2.913	3.237
ye (m)	0.547	0.569	0.590	0.633	0.633	0.676	0.697	0.761	0.828	0.900
Ve (m/s)	3.011	3.065	3.116	3.208	3.208	3.289	3.326	3.424	3.502	3.557
He (m)	1.240	1.287	1.333	1.420	1.420	1.503	1.543	1.657	1.765	1.867



8.2.2.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.360	cms
Maximum Flow	4.360	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1500

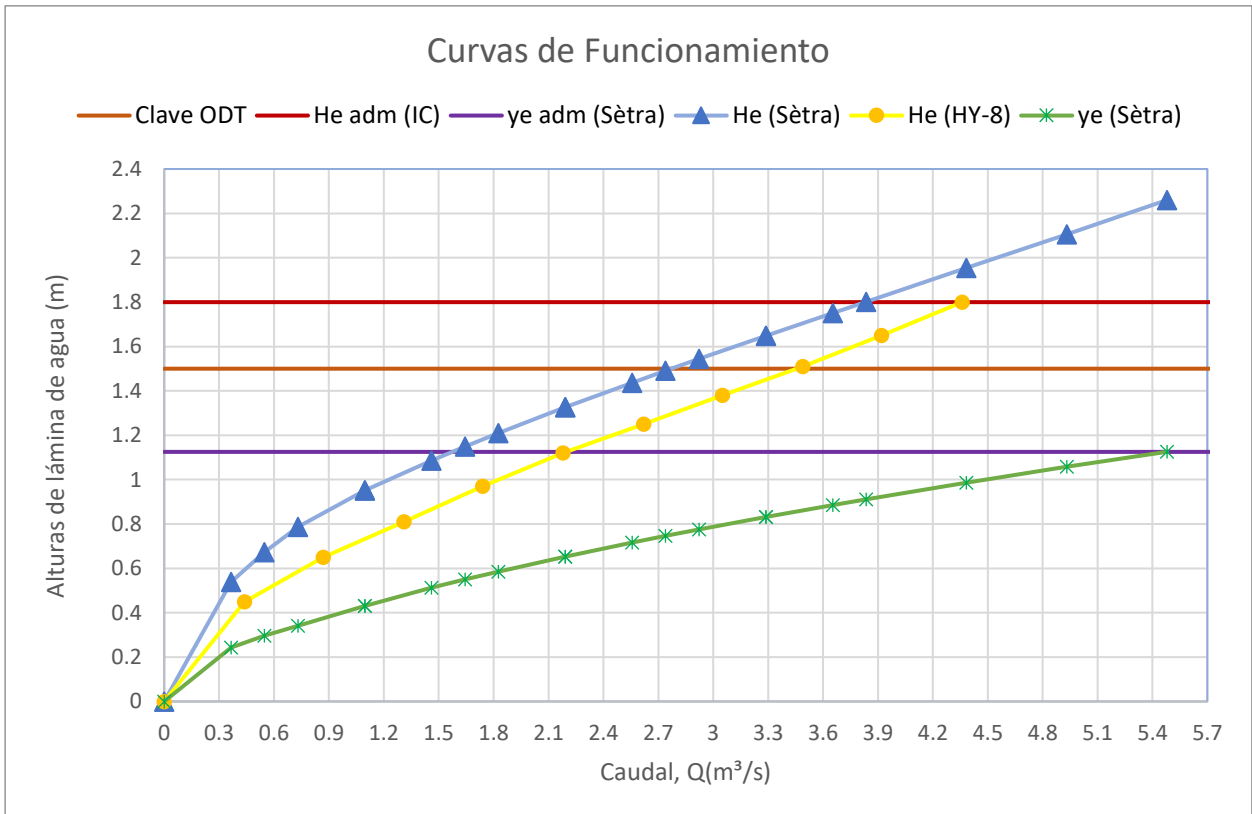
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.44	0.44	0.45	0.45	0.19	1-S2n	0.25	0.33	0.27	0.25	1.97	0.41
0.87	0.87	0.65	0.65	0.34	1-S2n	0.36	0.47	0.38	0.38	2.35	0.53
1.31	1.31	0.81	0.81	0.48	1-S2n	0.44	0.58	0.48	0.48	2.59	0.61
1.74	1.74	0.97	0.97	0.61	1-S2n	0.51	0.68	0.56	0.57	2.78	0.67
2.18	2.18	1.12	1.12	0.74	1-S2n	0.58	0.76	0.64	0.65	2.94	0.72
2.62	2.62	1.25	1.25	0.88	1-S2n	0.64	0.84	0.71	0.72	3.08	0.76
3.05	3.05	1.38	1.38	1.02	1-S2n	0.70	0.91	0.77	0.79	3.21	0.80
3.49	3.49	1.51	1.51	1.16	5-S2n	0.76	0.97	0.84	0.86	3.33	0.84
3.92	3.92	1.65	1.65	1.31	5-S2n	0.81	1.03	0.90	0.92	3.44	0.87
4.36	4.36	1.80	1.80	1.47	5-S2n	0.87	1.09	0.96	0.98	3.56	0.90

Q (m³/s)	0.365	0.548	0.731	1.096	1.096	1.461	1.644	1.827	2.192	2.192
ye (m)	0.243	0.296	0.341	0.431	0.431	0.513	0.550	0.586	0.653	0.653
Ve (m/s)	1.968	2.221	2.415	2.607	2.607	2.739	2.800	2.858	2.967	2.967
He (m)	0.539	0.673	0.787	0.951	0.951	1.086	1.149	1.210	1.326	1.326

Q (m³/s)	2.557	2.740	2.923	3.288	3.288	3.653	3.836	4.384	4.932	5.480
ye (m)	0.716	0.746	0.776	0.832	0.832	0.886	0.912	0.987	1.058	1.125
Ve (m/s)	3.070	3.121	3.170	3.268	3.268	3.365	3.413	3.557	3.703	3.853
He (m)	1.437	1.491	1.544	1.648	1.648	1.751	1.802	1.954	2.106	2.260



8.2.2.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor. Circular i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.880	cms
Maximum Flow	6.880	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1800

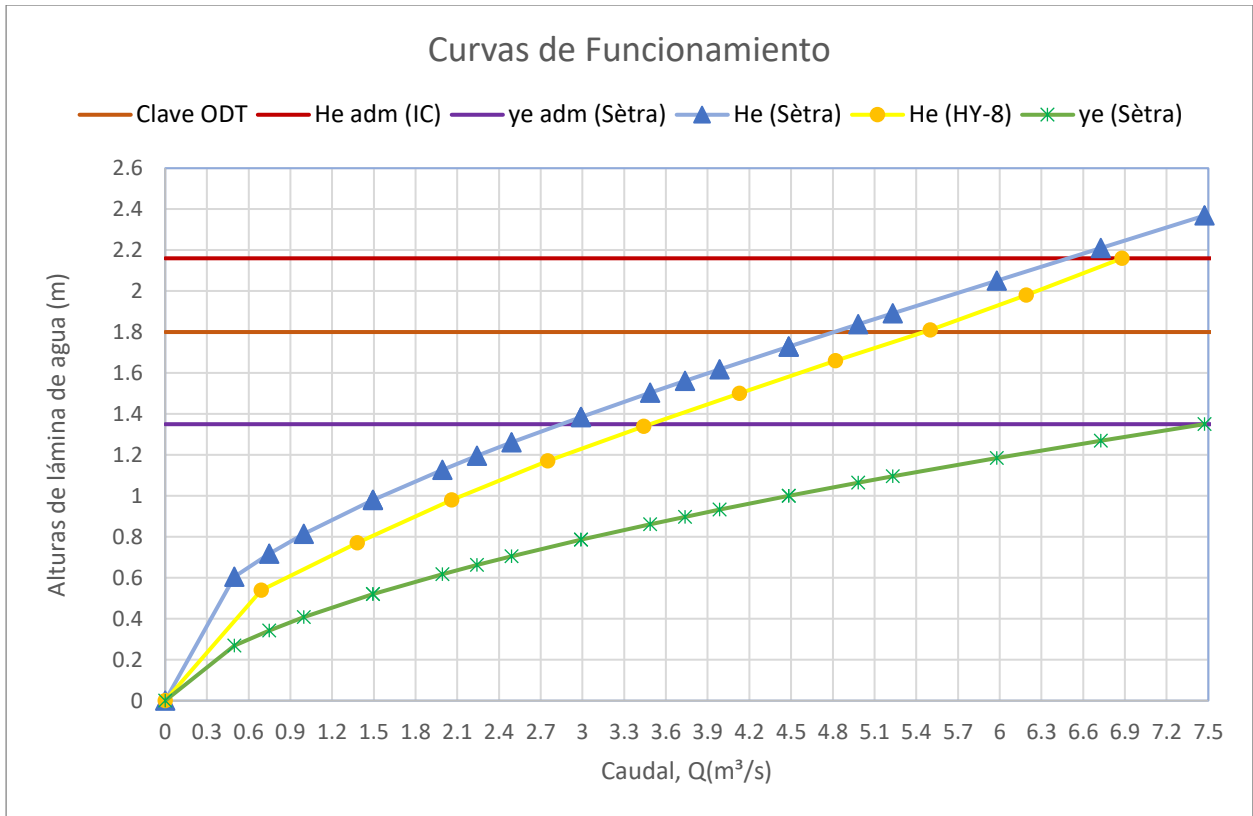
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.69	0.69	0.54	0.54	0.25	1-S2n	0.30	0.40	0.32	0.33	2.16	0.49
1.38	1.38	0.77	0.77	0.44	1-S2n	0.42	0.57	0.46	0.49	2.56	0.62
2.06	2.06	0.98	0.98	0.60	1-S2n	0.52	0.70	0.58	0.63	2.83	0.71
2.75	2.75	1.17	1.17	0.76	1-S2n	0.61	0.81	0.68	0.75	3.03	0.78
3.44	3.44	1.34	1.34	0.92	1-S2n	0.68	0.91	0.77	0.85	3.20	0.83
4.13	4.13	1.50	1.50	1.08	1-S2n	0.76	1.00	0.85	0.95	3.36	0.88
4.82	4.82	1.66	1.66	1.24	1-S2n	0.83	1.09	0.93	1.03	3.50	0.92
5.50	5.50	1.81	1.81	1.41	5-S2n	0.89	1.17	1.01	1.12	3.64	0.96
6.19	6.19	1.98	1.98	1.59	5-S2n	0.96	1.24	1.08	1.20	3.77	1.00
6.88	6.88	2.16	2.16	1.78	5-S2n	1.02	1.31	1.15	1.27	3.89	1.03

Q (m³/s)	0.498	0.747	0.997	1.495	1.495	1.993	2.242	2.491	2.990	2.990
ye (m)	0.269	0.343	0.408	0.520	0.520	0.617	0.662	0.705	0.786	0.786
Ve (m/s)	2.096	2.212	2.305	2.455	2.455	2.584	2.640	2.696	2.800	2.800
He (m)	0.605	0.717	0.814	0.981	0.981	1.127	1.195	1.261	1.385	1.385

Q (m³/s)	3.488	3.737	3.986	4.484	4.484	4.983	5.232	5.979	6.727	7.474
ye (m)	0.862	0.897	0.933	1.000	1.000	1.064	1.095	1.185	1.270	1.350
Ve (m/s)	2.899	2.948	2.995	3.089	3.089	3.182	3.228	3.366	3.506	3.650
He (m)	1.504	1.562	1.618	1.729	1.729	1.838	1.892	2.051	2.210	2.369



8.2.2.2 Secciones rectangulares.

8.2.2.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.450	cms
Maximum Flow	7.450	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x1.5

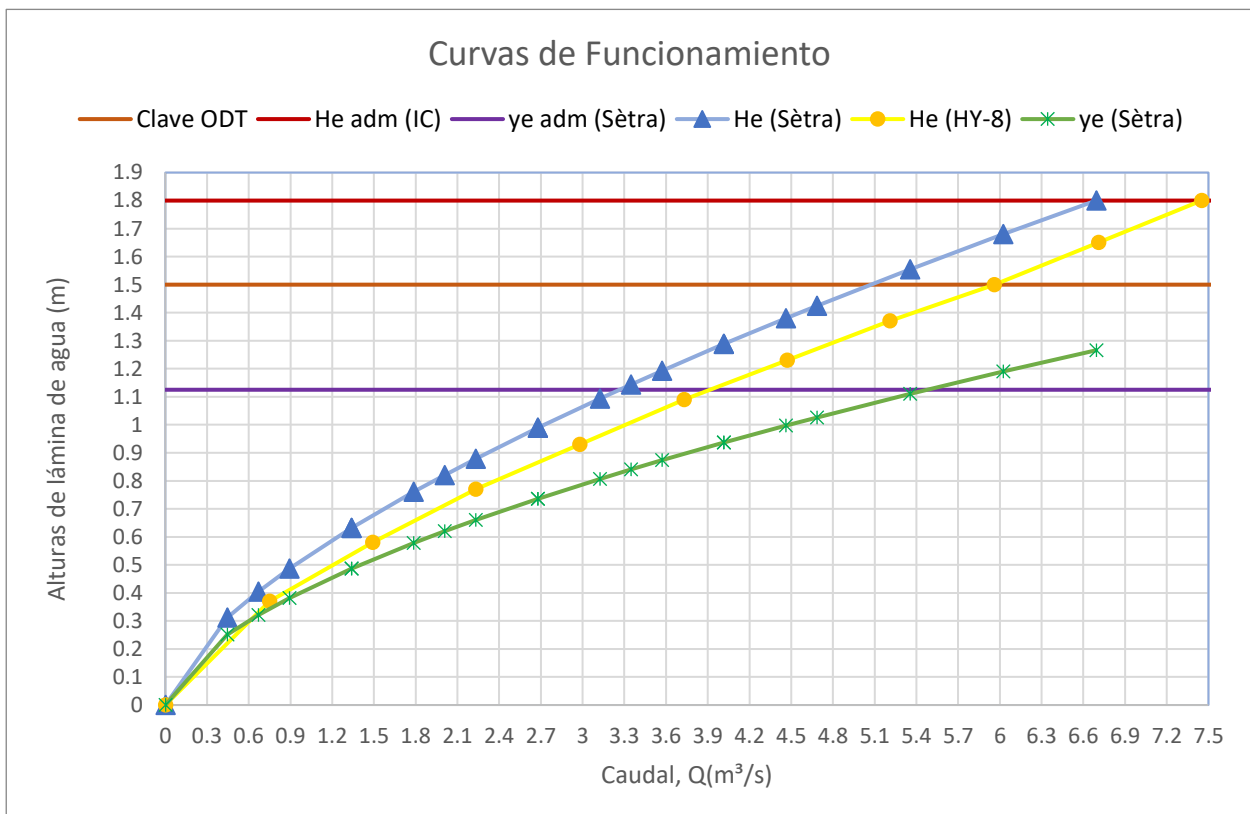
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.75	0.37	0.37	0.20	1-JS1t	0.18	0.24	0.34	0.34	1.09	0.50
1.49	1.49	0.58	0.58	0.39	1-JS1t	0.28	0.38	0.52	0.52	1.44	0.64
2.23	2.23	0.77	0.77	0.55	1-JS1t	0.36	0.50	0.66	0.66	1.69	0.73
2.98	2.98	0.93	0.93	0.71	1-JS1t	0.44	0.61	0.78	0.78	1.91	0.80
3.73	3.73	1.09	1.09	0.86	1-JS1t	0.51	0.71	0.89	0.89	2.09	0.85
4.47	4.47	1.23	1.23	1.02	1-JS1t	0.58	0.80	0.99	0.99	2.26	0.90
5.21	5.21	1.37	1.37	1.18	1-JS1t	0.65	0.88	1.08	1.08	2.41	0.95
5.96	5.96	1.50	1.50	1.34	5-S2n	0.72	0.97	0.81	1.17	3.67	0.99
6.71	6.71	1.65	1.65	1.50	5-S2n	0.78	1.05	0.88	1.25	3.79	1.02
7.45	7.45	1.80	1.80	1.67	5-S2n	0.85	1.12	0.96	1.33	3.90	1.05

Q (m³/s)	0.446	0.669	0.892	1.339	1.339	1.785	2.008	2.231	2.677	2.677
ye (m)	0.252	0.321	0.381	0.486	0.486	0.578	0.620	0.660	0.736	0.736
Ve (m/s)	0.887	1.043	1.170	1.376	1.376	1.545	1.620	1.690	1.819	1.819
He (m)	0.312	0.404	0.486	0.631	0.631	0.760	0.820	0.878	0.989	0.989

Q (m³/s)	3.123	3.347	3.570	4.016	4.016	4.462	4.685	5.354	6.024	6.693
ye (m)	0.807	0.841	0.873	0.937	0.937	0.997	1.026	1.110	1.190	1.266
Ve (m/s)	1.936	1.991	2.043	2.144	2.144	2.238	2.283	2.411	2.531	2.644
He (m)	1.093	1.144	1.193	1.288	1.288	1.380	1.425	1.555	1.680	1.800



8.2.2.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	11.470	cms
Maximum Flow	11.470	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

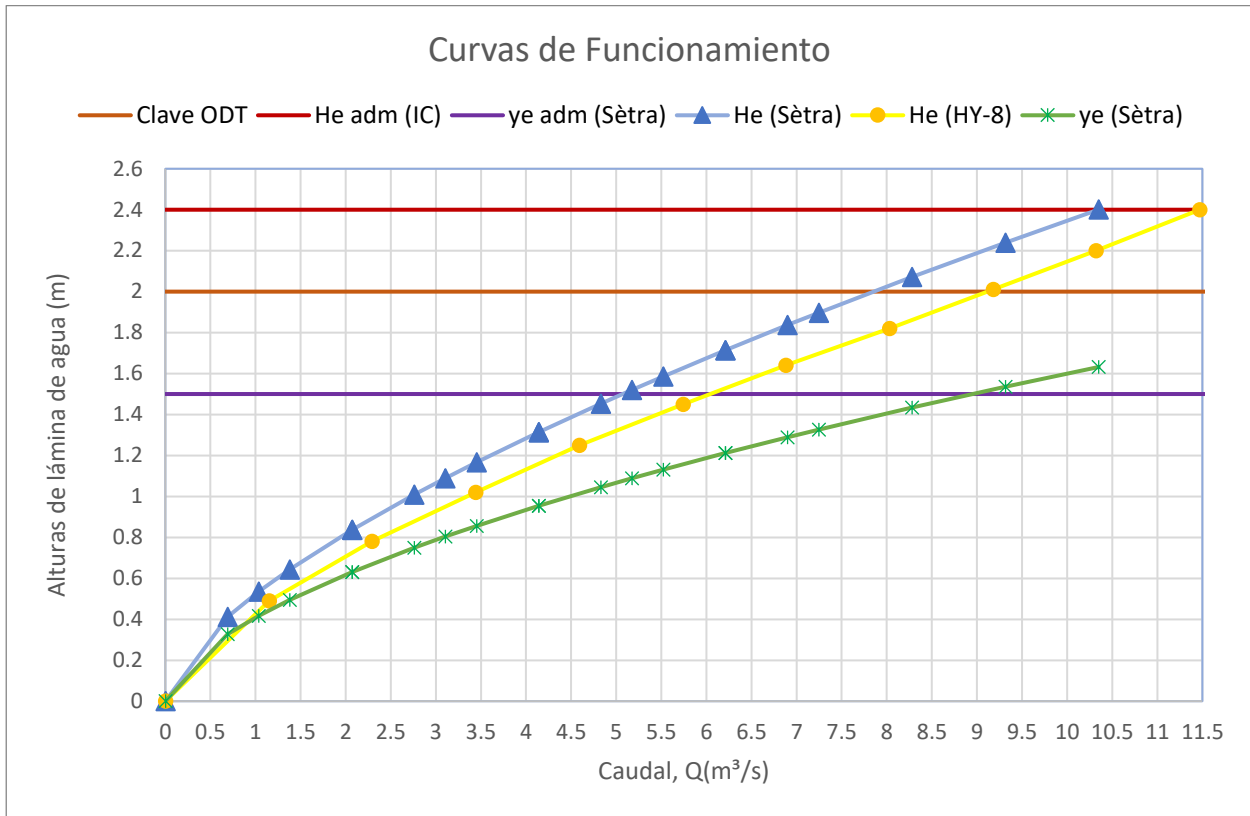
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.15	1.15	0.49	0.49	0.30	1-JS1t	0.23	0.32	0.44	0.44	1.29	0.58
2.29	2.29	0.78	0.78	0.55	1-JS1t	0.37	0.51	0.67	0.67	1.71	0.73
3.44	3.44	1.02	1.02	0.76	1-JS1t	0.49	0.67	0.85	0.85	2.02	0.83
4.59	4.59	1.25	1.25	0.96	1-JS1t	0.60	0.81	1.01	1.01	2.28	0.91
5.74	5.74	1.45	1.45	1.16	1-JS1t	0.70	0.94	1.14	1.14	2.51	0.97
6.88	6.88	1.64	1.64	1.35	1-S2n	0.80	1.06	0.90	1.27	3.82	1.03
8.03	8.03	1.82	1.82	1.55	1-S2n	0.89	1.18	1.01	1.39	3.98	1.08
9.18	9.18	2.01	2.01	1.76	5-S2n	0.99	1.29	1.11	1.50	4.12	1.12
10.32	10.32	2.20	2.20	1.97	5-S2n	1.08	1.39	1.21	1.60	4.25	1.15
11.47	11.47	2.40	2.40	2.19	5-S2n	1.17	1.50	1.31	1.69	4.37	1.19

Q (m³/s)	0.690	1.035	1.380	2.070	2.070	2.760	3.105	3.450	4.140	4.140
ye (m)	0.327	0.417	0.495	0.631	0.631	0.750	0.804	0.856	0.954	0.954
Ve (m/s)	1.056	1.241	1.393	1.640	1.640	1.841	1.931	2.015	2.170	2.170
He (m)	0.412	0.535	0.644	0.837	0.837	1.009	1.089	1.166	1.314	1.314

Q (m³/s)	4.830	5.175	5.520	6.210	6.210	6.900	7.245	8.280	9.315	10.350
ye (m)	1.045	1.088	1.130	1.211	1.211	1.289	1.326	1.434	1.535	1.632
Ve (m/s)	2.312	2.378	2.442	2.563	2.563	2.677	2.732	2.888	3.034	3.171
He (m)	1.453	1.520	1.586	1.714	1.714	1.837	1.897	2.071	2.239	2.401



8.2.2.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	15.570	cms
Maximum Flow	15.570	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x2

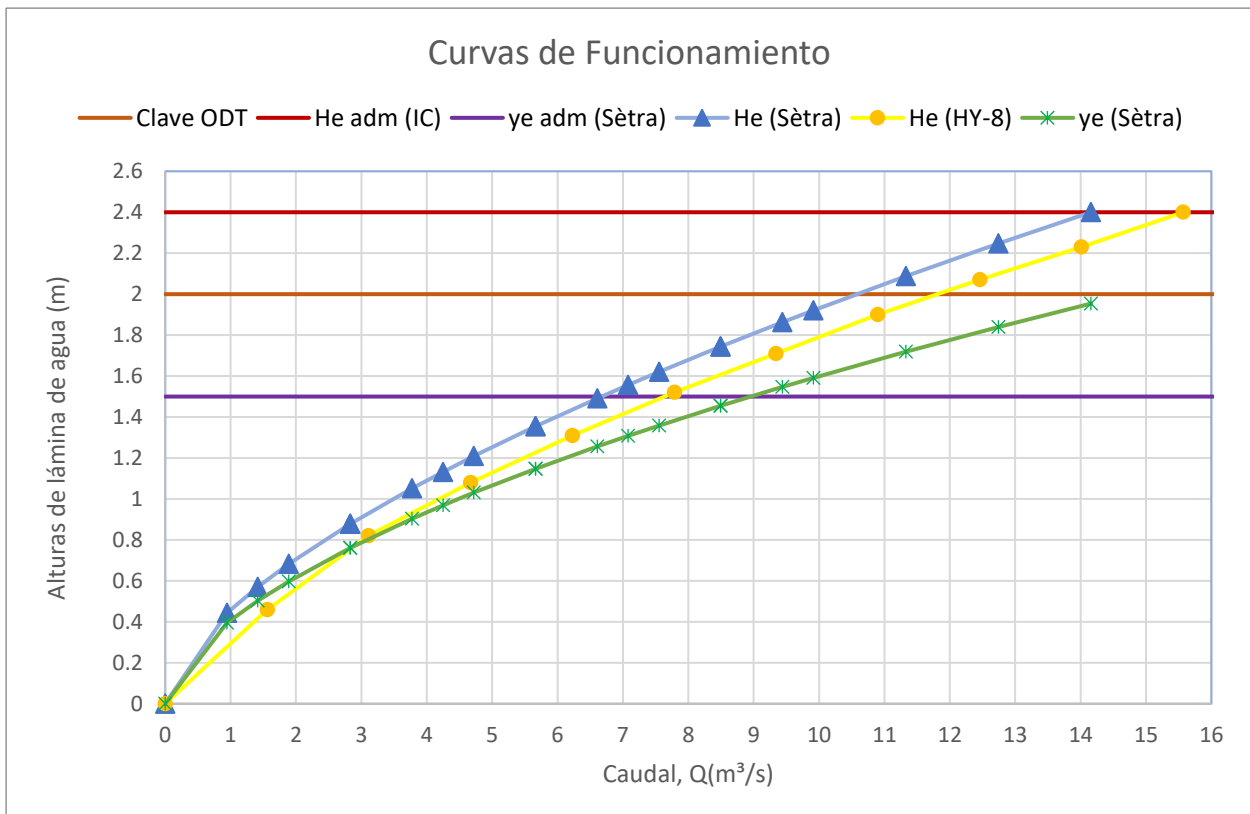
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.56	1.56	0.46	0.46	0.39	1-JS1t	0.21	0.30	0.53	0.53	0.97	0.65
3.11	3.11	0.82	0.73	0.82	1-S1t	0.33	0.48	0.80	0.80	1.29	0.81
4.67	4.67	1.08	0.96	1.08	1-S1t	0.43	0.63	1.02	1.02	1.53	0.92
6.23	6.23	1.31	1.16	1.31	1-S1t	0.52	0.76	1.20	1.20	1.73	1.00
7.79	7.79	1.52	1.35	1.52	1-S1t	0.61	0.88	1.36	1.36	1.90	1.07
9.34	9.34	1.71	1.53	1.71	1-S1t	0.69	1.00	1.51	1.51	2.06	1.12
10.90	10.90	1.90	1.70	1.90	1-S1t	0.77	1.10	1.65	1.65	2.21	1.17
12.46	12.46	2.07	1.87	2.07	1-S1t	0.84	1.21	1.77	1.77	2.34	1.22
14.01	14.01	2.23	2.03	2.23	1-S1t	0.92	1.31	1.89	1.89	2.47	1.26
15.57	15.57	2.40	2.21	2.40	1-S1f	0.99	1.40	2.00	2.00	2.59	1.29

Q (m³/s)	0.944	1.416	1.888	2.832	2.832	3.776	4.248	4.720	5.664	5.664
ye (m)	0.395	0.503	0.597	0.761	0.761	0.903	0.968	1.031	1.148	1.148
Ve (m/s)	0.797	0.938	1.053	1.240	1.240	1.394	1.462	1.527	1.645	1.645
He (m)	0.443	0.570	0.682	0.879	0.879	1.052	1.132	1.209	1.355	1.355

Q (m³/s)	6.608	7.080	7.552	8.496	8.496	9.440	9.912	11.328	12.744	14.160
ye (m)	1.256	1.308	1.359	1.455	1.455	1.547	1.592	1.719	1.840	1.954
Ve (m/s)	1.753	1.804	1.853	1.946	1.946	2.034	2.076	2.196	2.309	2.415
He (m)	1.491	1.557	1.621	1.745	1.745	1.863	1.921	2.088	2.247	2.400



8.2.2.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.910	cms
Maximum Flow	17.910	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

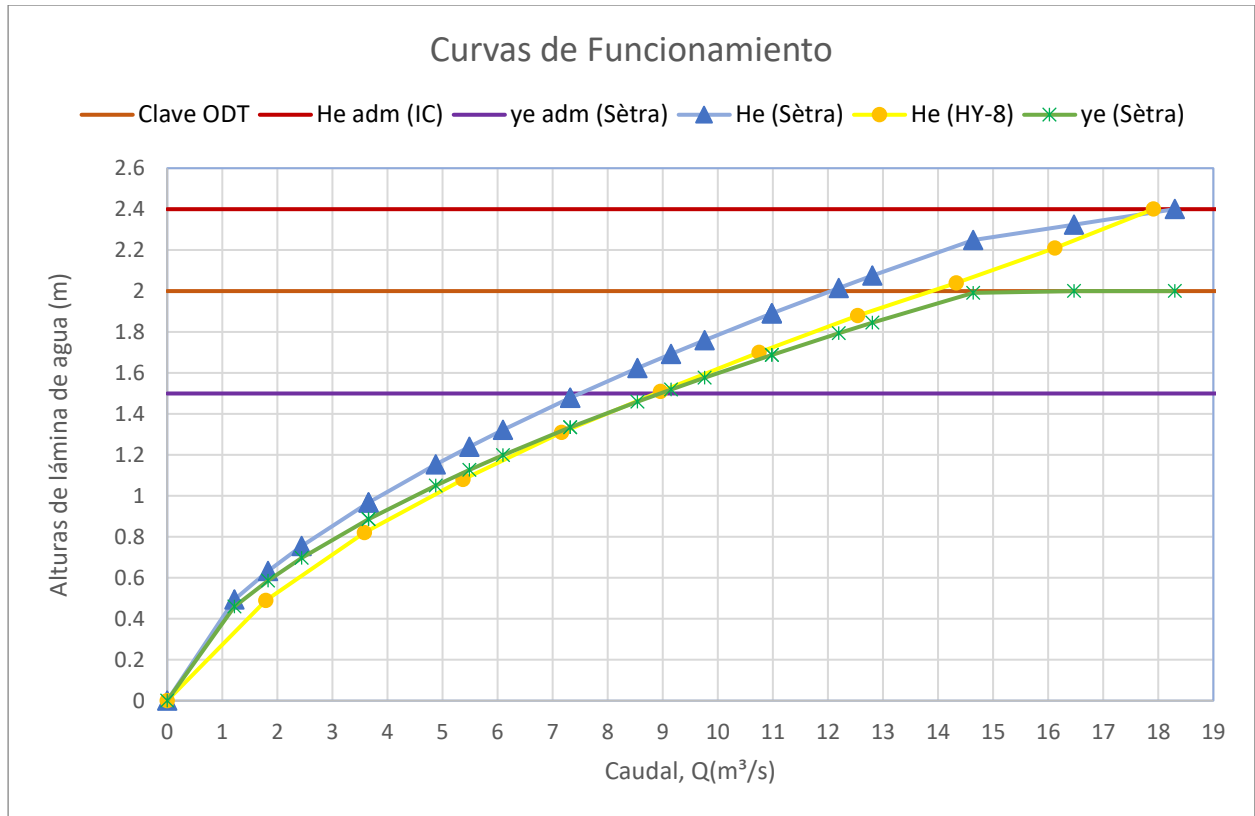
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.79	1.79	0.49	0.42	0.49	1-S1t	0.19	0.27	0.58	0.58	0.77	0.68
3.58	3.58	0.82	0.66	0.82	1-S1t	0.30	0.43	0.87	0.87	1.03	0.84
5.37	5.37	1.08	0.87	1.08	1-S1t	0.38	0.57	1.10	1.10	1.22	0.96
7.16	7.16	1.31	1.05	1.31	1-S1t	0.46	0.69	1.30	1.30	1.38	1.04
8.96	8.96	1.51	1.22	1.51	1-S1t	0.53	0.80	1.47	1.47	1.52	1.11
10.75	10.75	1.70	1.39	1.70	1-S1t	0.60	0.90	1.63	1.63	1.64	1.17
12.54	12.54	1.88	1.54	1.88	1-S1t	0.67	1.00	1.78	1.78	1.76	1.22
14.33	14.33	2.04	1.68	2.04	1-S1t	0.73	1.09	1.92	1.92	1.87	1.26
16.12	16.12	2.21	1.83	2.21	1-S1f	0.79	1.18	2.00	2.04	2.01	1.31
17.91	17.91	2.40	1.97	2.40	4-FFF	0.85	1.27	2.00	2.16	2.24	1.34

Q (m³/s)	1.220	1.830	2.440	3.660	3.660	4.880	5.490	6.100	7.320	7.320
ye (m)	0.460	0.586	0.696	0.886	0.886	1.051	1.127	1.199	1.334	1.334
Ve (m/s)	0.663	0.780	0.876	1.032	1.032	1.161	1.218	1.272	1.372	1.372
He (m)	0.494	0.633	0.755	0.968	0.968	1.154	1.240	1.322	1.478	1.478

Q (m³/s)	8.540	9.150	9.760	10.980	10.980	12.200	12.810	14.640	16.470	18.300
ye (m)	1.460	1.519	1.577	1.689	1.689	1.794	1.845	1.992	2.000	2.000
Ve (m/s)	1.463	1.506	1.547	1.626	1.626	1.700	1.736	1.838	2.059	2.288
He (m)	1.623	1.693	1.760	1.891	1.891	2.015	2.076	2.250	2.324	2.400



8.2.2.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.01

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	29.170	cms
Maximum Flow	29.170	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.150	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

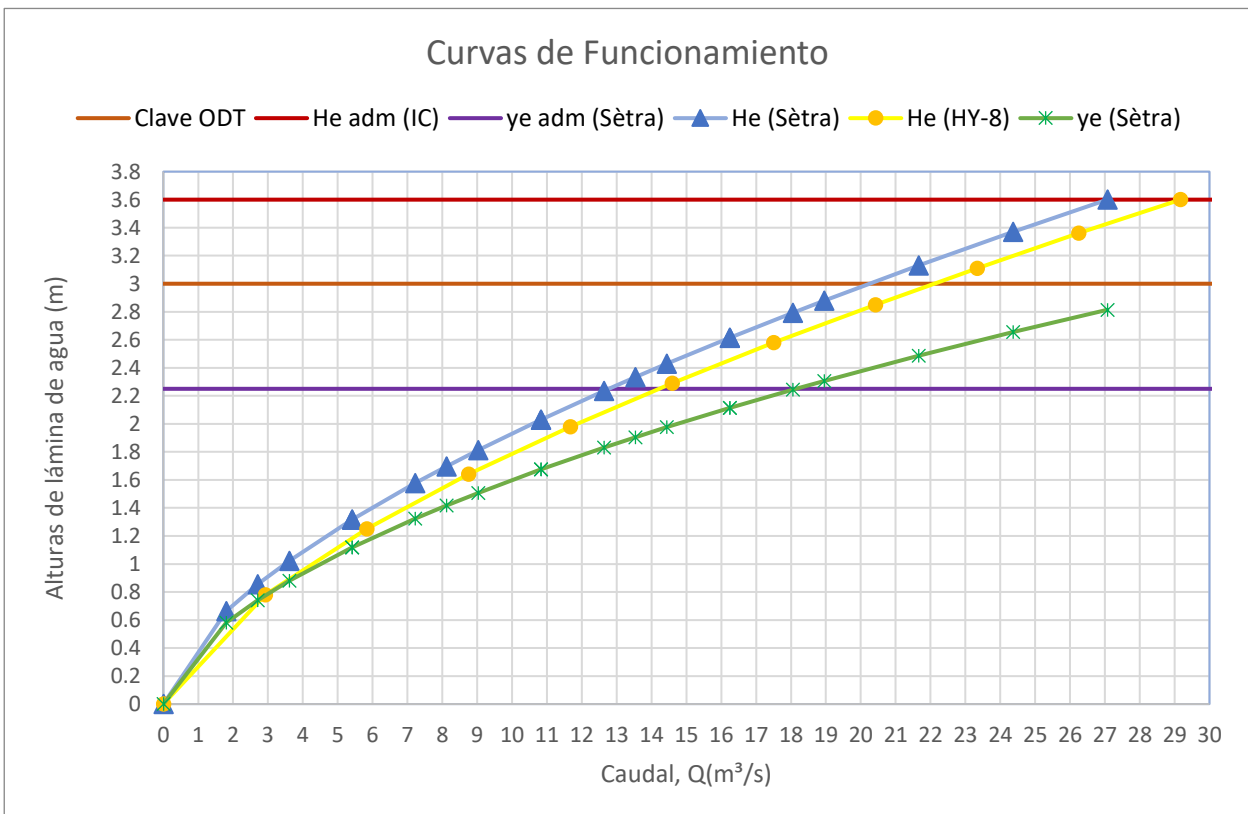
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.150	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.92	2.92	0.78	0.70	0.78	1-S1t	0.32	0.46	0.77	0.77	1.26	0.79
5.83	5.83	1.25	1.11	1.25	1-S1t	0.50	0.73	1.16	1.16	1.68	0.98
8.75	8.75	1.64	1.45	1.64	1-S1t	0.66	0.95	1.46	1.46	2.00	1.10
11.67	11.67	1.98	1.77	1.98	1-S1t	0.81	1.16	1.71	1.71	2.27	1.20
14.59	14.59	2.29	2.06	2.29	1-S1t	0.94	1.34	1.93	1.93	2.51	1.27
17.50	17.50	2.58	2.33	2.58	1-S1t	1.07	1.51	2.14	2.14	2.73	1.34
20.42	20.42	2.85	2.58	2.85	1-S1t	1.20	1.68	2.32	2.32	2.93	1.39
23.34	23.34	3.11	2.84	3.11	1-S1t	1.33	1.83	2.49	2.49	3.12	1.44
26.25	26.25	3.36	3.09	3.36	1-S1t	1.45	1.98	2.65	2.65	3.30	1.49
29.17	29.17	3.60	3.36	3.60	1-S1t	1.57	2.13	2.80	2.80	3.47	1.53

Q (m³/s)	1.805	2.707	3.609	5.414	5.414	7.219	8.121	9.023	10.828	10.828
ye (m)	0.582	0.741	0.879	1.117	1.117	1.323	1.417	1.507	1.675	1.675
Ve (m/s)	1.034	1.218	1.368	1.615	1.615	1.818	1.910	1.996	2.155	2.155
He (m)	0.663	0.854	1.022	1.317	1.317	1.576	1.696	1.812	2.030	2.030

Q (m³/s)	12.633	13.535	14.437	16.242	16.242	18.047	18.949	21.656	24.363	27.070
ye (m)	1.831	1.904	1.976	2.113	2.113	2.243	2.306	2.485	2.654	2.814
Ve (m/s)	2.300	2.369	2.436	2.562	2.562	2.682	2.740	2.905	3.060	3.207
He (m)	2.235	2.333	2.429	2.615	2.615	2.793	2.879	3.130	3.370	3.600



8.2.3 Pendiente 5%.

8.2.3.1 Secciones circulares.

8.2.3.1.1 D=800mm.

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.910	cms
Maximum Flow	1.910	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 800

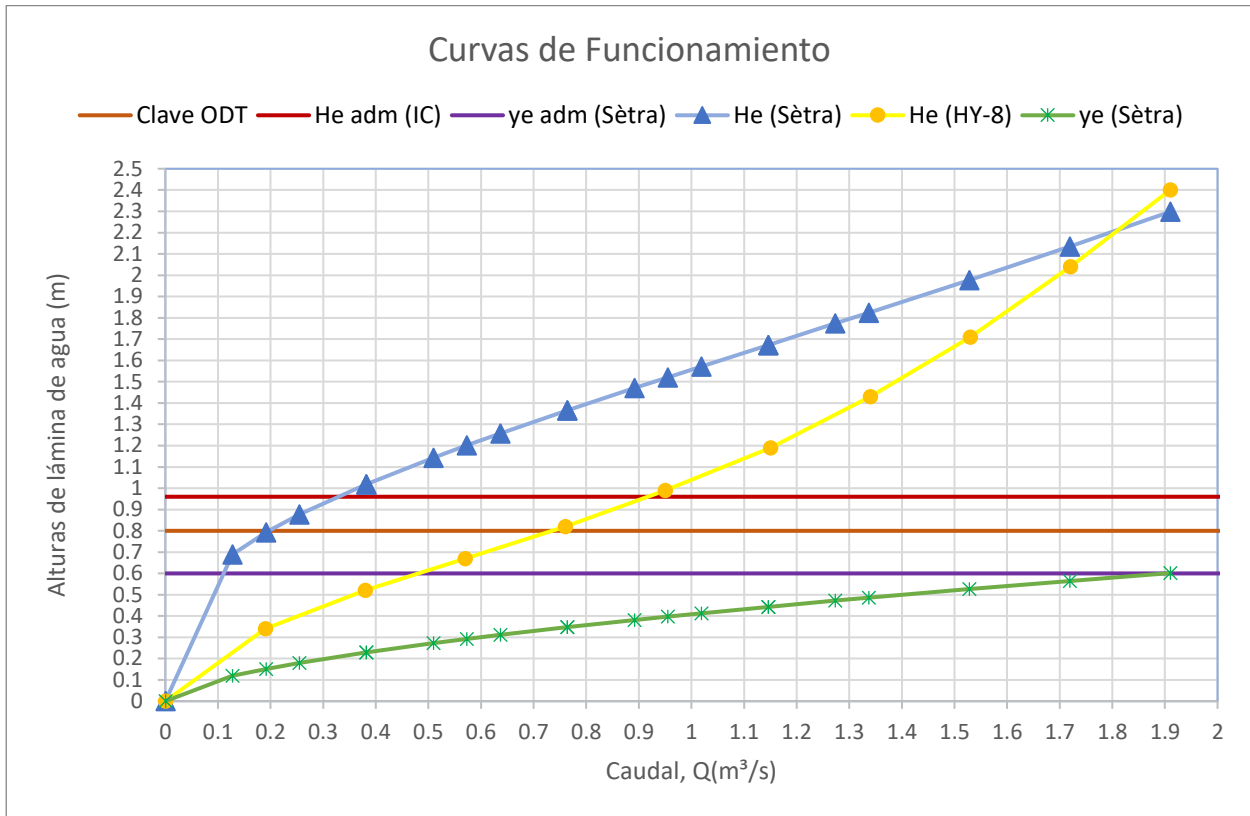
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.19	0.19	0.34	0.34	0.0*	1-S2n	0.14	0.26	0.15	0.15	2.91	0.30
0.38	0.38	0.52	0.52	0.0*	1-S2n	0.20	0.37	0.22	0.23	3.38	0.39
0.57	0.57	0.67	0.67	0.0*	1-S2n	0.24	0.46	0.27	0.29	3.69	0.46
0.76	0.76	0.82	0.82	0.02	5-S2n	0.28	0.53	0.32	0.35	3.93	0.51
0.95	0.95	0.99	0.99	0.21	5-S2n	0.32	0.60	0.37	0.40	4.11	0.55
1.15	1.15	1.19	1.19	0.50	5-S2n	0.35	0.65	0.41	0.44	4.27	0.58
1.34	1.34	1.43	1.43	0.71	5-S2n	0.38	0.69	0.45	0.49	4.43	0.61
1.53	1.53	1.71	1.71	0.95	5-S2n	0.41	0.73	0.49	0.53	4.57	0.64
1.72	1.72	2.04	2.04	1.21	5-S2n	0.45	0.75	0.53	0.56	4.73	0.67
1.91	1.91	2.40	2.40	1.50	5-S2n	0.48	0.76	0.57	0.60	4.89	0.69

Q (m³/s)	0.127	0.191	0.255	0.382	0.382	0.509	0.573	0.637	0.764	0.764
ye (m)	0.119	0.151	0.180	0.229	0.229	0.272	0.292	0.311	0.347	0.347
Ve (m/s)	2.730	2.897	3.019	3.212	3.212	3.374	3.448	3.515	3.649	3.649
He (m)	0.689	0.793	0.876	1.018	1.018	1.143	1.201	1.256	1.365	1.365

Q (m³/s)	0.891	0.955	1.019	1.146	1.146	1.273	1.337	1.528	1.719	1.910
ye (m)	0.381	0.397	0.413	0.443	0.443	0.472	0.486	0.526	0.565	0.602
Ve (m/s)	3.774	3.833	3.893	4.010	4.010	4.126	4.183	4.356	4.531	4.711
He (m)	1.470	1.520	1.572	1.673	1.673	1.774	1.824	1.977	2.134	2.298



8.2.3.1.2 D=1000mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	2.770	cms
Maximum Flow	2.770	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1000

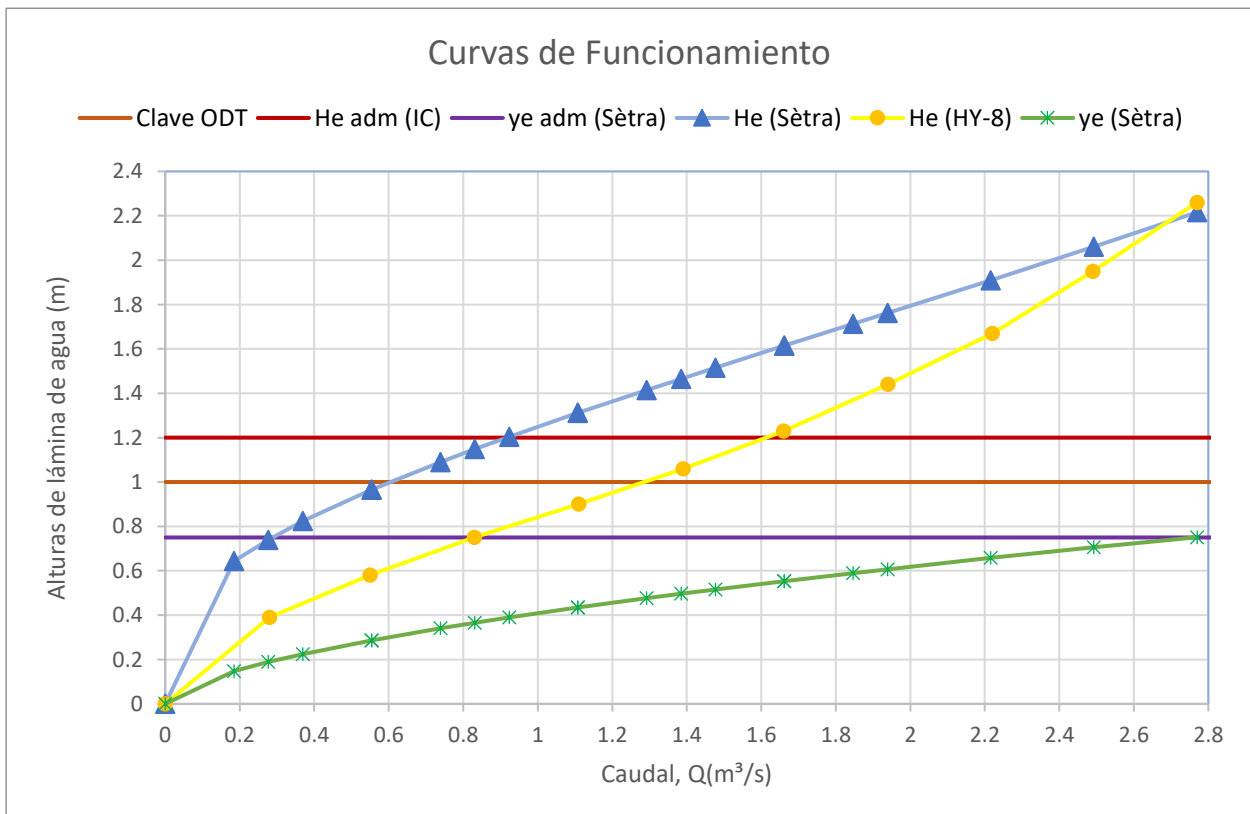
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1000	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.28	0.28	0.39	0.39	0.0*	1-S2n	0.16	0.29	0.17	0.19	3.03	0.35
0.55	0.55	0.58	0.58	0.0*	1-S2n	0.22	0.42	0.24	0.29	3.59	0.45
0.83	0.83	0.75	0.75	0.0*	1-S2n	0.27	0.52	0.31	0.37	3.91	0.52
1.11	1.11	0.90	0.90	0.04	1-S2n	0.31	0.60	0.37	0.43	4.12	0.57
1.39	1.39	1.06	1.06	0.22	5-S2n	0.35	0.68	0.42	0.50	4.31	0.62
1.66	1.66	1.23	1.23	0.42	5-S2n	0.39	0.74	0.47	0.55	4.47	0.66
1.94	1.94	1.44	1.44	0.73	5-S2n	0.42	0.80	0.51	0.61	4.62	0.69
2.22	2.22	1.67	1.67	0.93	5-S2n	0.45	0.85	0.56	0.66	4.77	0.72
2.49	2.49	1.95	1.95	1.15	5-S2n	0.49	0.89	0.60	0.70	4.91	0.75
2.77	2.77	2.26	2.26	1.39	5-S2n	0.52	0.92	0.64	0.75	5.06	0.78

Q (m³/s)	0.185	0.277	0.369	0.554	0.554	0.739	0.831	0.923	1.108	1.108
ye (m)	0.148	0.189	0.225	0.286	0.286	0.340	0.365	0.389	0.434	0.434
Ve (m/s)	2.547	2.681	2.799	2.982	2.982	3.131	3.200	3.262	3.387	3.387
He (m)	0.644	0.739	0.824	0.966	0.966	1.090	1.148	1.203	1.311	1.311

Q (m³/s)	1.293	1.385	1.477	1.662	1.662	1.847	1.939	2.216	2.493	2.770
ye (m)	0.476	0.496	0.516	0.554	0.554	0.590	0.607	0.658	0.705	0.751
Ve (m/s)	3.504	3.560	3.614	3.725	3.725	3.833	3.887	4.046	4.211	4.377
He (m)	1.415	1.465	1.515	1.614	1.614	1.713	1.762	1.909	2.061	2.216



8.2.3.1.3 D=1200mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	3.760	cms
Maximum Flow	3.760	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1200

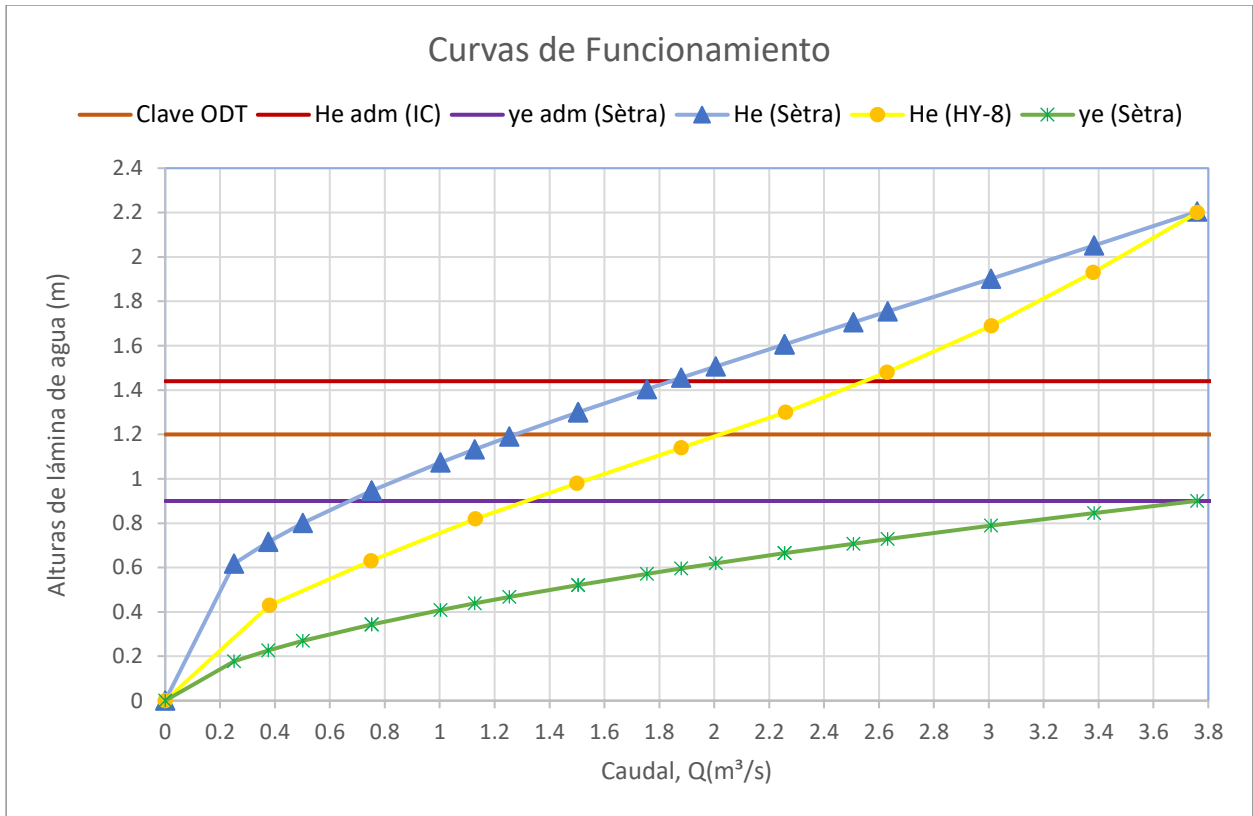
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1200	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.38	0.38	0.43	0.43	0.0*	1-S2n	0.17	0.33	0.19	0.23	3.23	0.39
0.75	0.75	0.63	0.63	0.0*	1-S2n	0.24	0.47	0.27	0.34	3.76	0.50
1.13	1.13	0.82	0.82	0.0*	1-S2n	0.29	0.58	0.34	0.44	4.06	0.58
1.50	1.50	0.98	0.98	0.08	1-S2n	0.34	0.67	0.41	0.52	4.28	0.64
1.88	1.88	1.14	1.14	0.25	1-S2n	0.38	0.75	0.47	0.60	4.47	0.69
2.26	2.26	1.30	1.30	0.44	5-S2n	0.42	0.83	0.52	0.66	4.63	0.73
2.63	2.63	1.48	1.48	0.64	5-S2n	0.46	0.89	0.57	0.73	4.78	0.77
3.01	3.01	1.69	1.69	0.97	5-S2n	0.49	0.95	0.62	0.79	4.91	0.80
3.38	3.38	1.93	1.93	1.17	5-S2n	0.53	1.00	0.67	0.84	5.06	0.83
3.76	3.76	2.20	2.20	1.38	5-S2n	0.56	1.05	0.71	0.90	5.20	0.86

Q (m³/s)	0.251	0.376	0.501	0.752	0.752	1.003	1.128	1.253	1.504	1.504
ye (m)	0.178	0.227	0.270	0.344	0.344	0.409	0.439	0.468	0.521	0.521
Ve (m/s)	2.398	2.529	2.636	2.806	2.806	2.947	3.012	3.073	3.190	3.190
He (m)	0.617	0.716	0.801	0.946	0.946	1.073	1.132	1.190	1.299	1.299

Q (m³/s)	1.755	1.880	2.005	2.256	2.256	2.507	2.632	3.008	3.384	3.760
ye (m)	0.572	0.596	0.619	0.665	0.665	0.708	0.729	0.789	0.846	0.901
Ve (m/s)	3.300	3.354	3.407	3.510	3.510	3.612	3.663	3.815	3.970	4.129
He (m)	1.404	1.456	1.507	1.606	1.606	1.705	1.754	1.902	2.051	2.204



8.2.3.1.4 D=1500mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	4.440	cms
Maximum Flow	5.480	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1500

Add Culvert

Duplicate Culvert

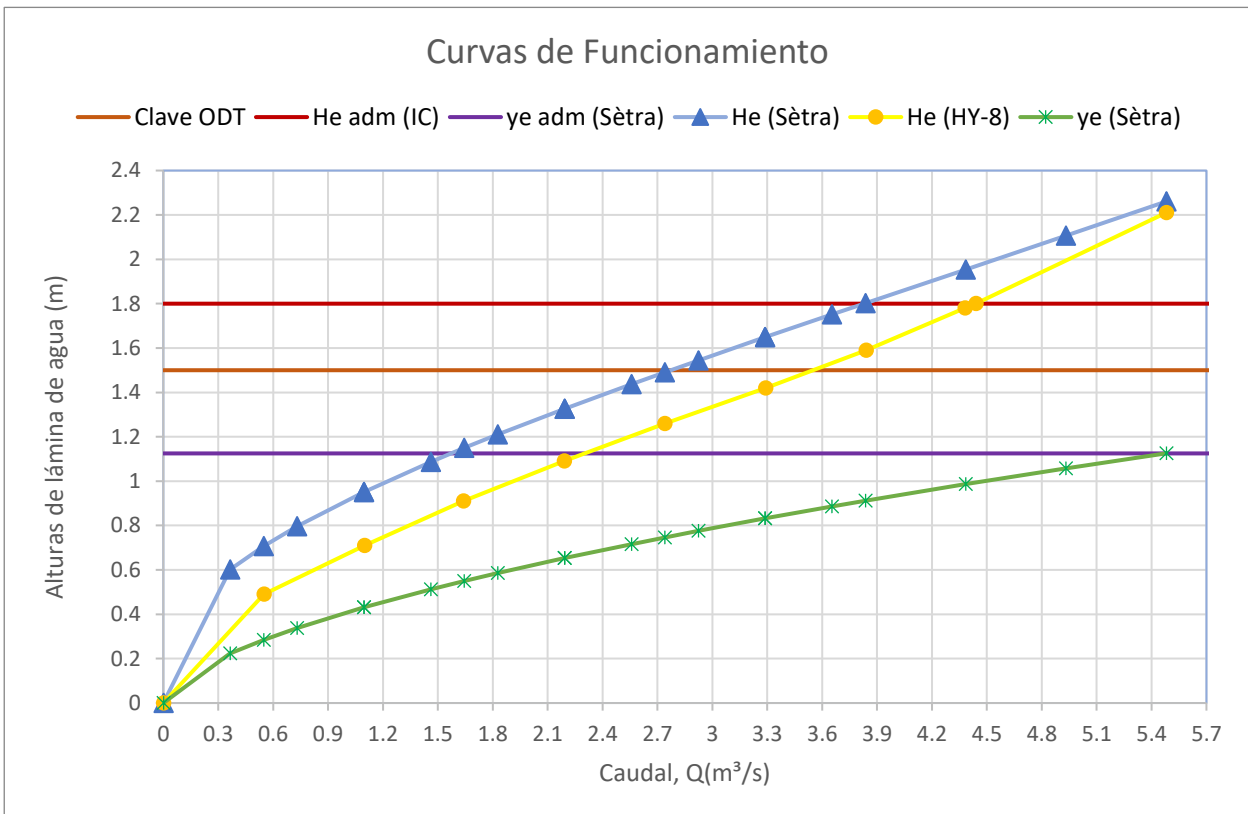
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1500	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.55	0.55	0.49	0.49	0.0*	1-S2n	0.19	0.37	0.21	0.29	3.42	0.45
1.10	1.10	0.71	0.71	0.0*	1-S2n	0.27	0.53	0.31	0.43	3.95	0.57
1.64	1.64	0.91	0.91	0.0*	1-S2n	0.33	0.66	0.40	0.55	4.26	0.66
2.19	2.19	1.09	1.09	0.15	1-S2n	0.38	0.76	0.47	0.65	4.48	0.72
2.74	2.74	1.26	1.26	0.31	1-S2n	0.43	0.86	0.54	0.74	4.66	0.78
3.29	3.29	1.42	1.42	0.49	1-S2n	0.47	0.94	0.60	0.83	4.82	0.82
3.84	3.84	1.59	1.59	0.68	5-S2n	0.51	1.02	0.66	0.91	4.97	0.86
4.38	4.38	1.78	1.78	0.88	5-S2n	0.55	1.09	0.71	0.98	5.10	0.90
4.44	4.44	1.80	1.80	0.90	5-S2n	0.55	1.10	0.72	0.99	5.12	0.90
5.48	5.48	2.21	2.21	1.45	5-S2n	0.62	1.21	0.82	1.11	5.37	0.96

Q (m³/s)	0.365	0.548	0.731	1.096	1.096	1.461	1.644	1.827	2.192	2.192
ye (m)	0.223	0.285	0.338	0.431	0.431	0.513	0.550	0.586	0.653	0.653
Ve (m/s)	2.224	2.349	2.448	2.607	2.607	2.739	2.800	2.858	2.967	2.967
He (m)	0.601	0.707	0.796	0.951	0.951	1.086	1.149	1.210	1.326	1.326

Q (m³/s)	2.557	2.740	2.923	3.288	3.288	3.653	3.836	4.384	4.932	5.480
ye (m)	0.716	0.746	0.776	0.832	0.832	0.886	0.912	0.987	1.058	1.125
Ve (m/s)	3.070	3.121	3.170	3.268	3.268	3.365	3.413	3.557	3.703	3.853
He (m)	1.437	1.491	1.544	1.648	1.648	1.751	1.802	1.954	2.106	2.260



8.2.3.1.5 D=1800mm.

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.000	cms
Maximum Flow	7.472	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

C 1800

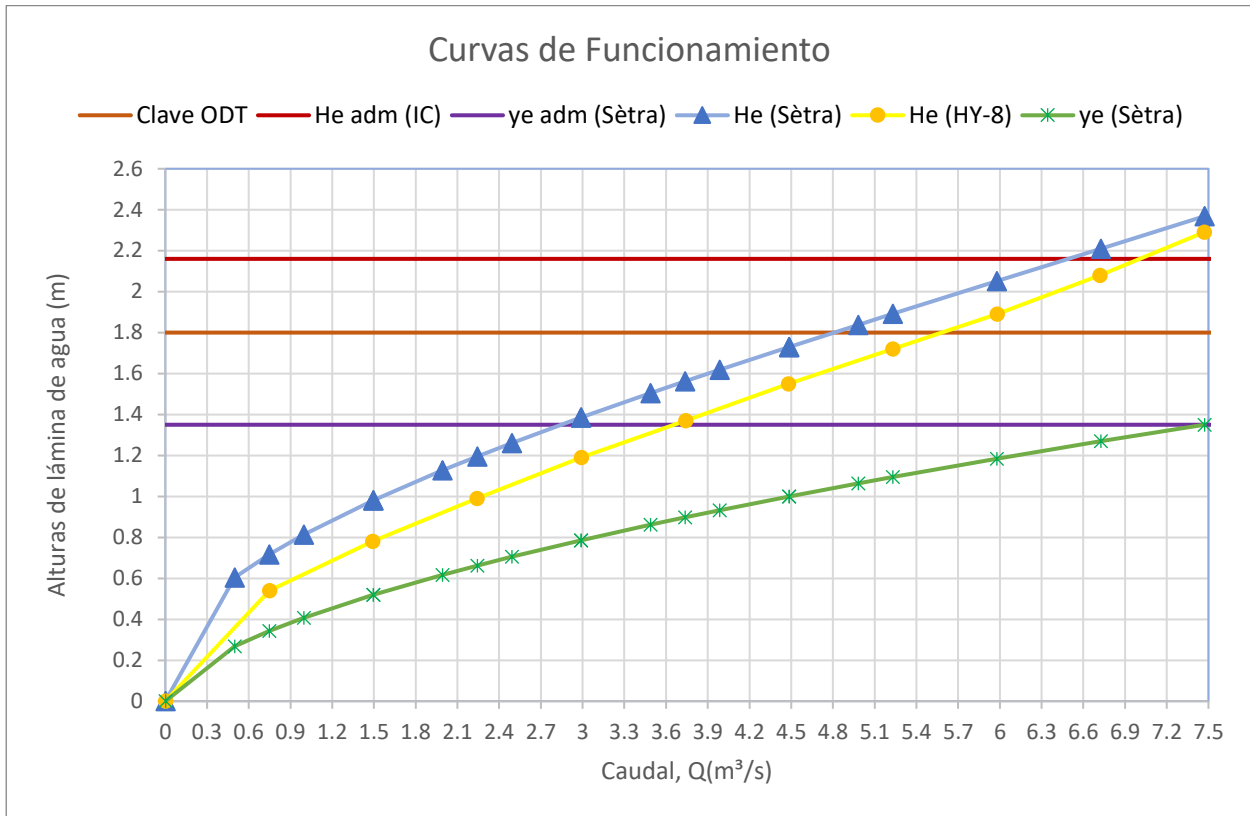
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	C 1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.75	0.75	0.54	0.54	0.0*	1-S2n	0.21	0.41	0.24	0.34	3.61	0.50
1.49	1.49	0.78	0.78	0.0*	1-S2n	0.30	0.59	0.35	0.52	4.11	0.64
2.24	2.24	0.99	0.99	0.04	1-S2n	0.36	0.73	0.45	0.66	4.41	0.73
2.99	2.99	1.19	1.19	0.22	1-S2n	0.42	0.85	0.53	0.78	4.63	0.80
3.74	3.74	1.37	1.37	0.38	1-S2n	0.47	0.95	0.60	0.89	4.82	0.86
4.48	4.48	1.55	1.55	0.56	1-S2n	0.51	1.05	0.67	0.99	4.98	0.90
5.23	5.23	1.72	1.72	0.74	1-S2n	0.56	1.14	0.74	1.09	5.13	0.95
5.98	5.98	1.89	1.89	0.93	5-S2n	0.60	1.22	0.80	1.17	5.26	0.99
6.72	6.72	2.08	2.08	1.13	5-S2n	0.64	1.29	0.86	1.25	5.40	1.02
7.47	7.47	2.29	2.29	1.56	5-S2n	0.67	1.36	0.92	1.33	5.53	1.05

Q (m³/s)	0.498	0.747	0.996	1.494	1.494	1.993	2.242	2.491	2.989	2.989
ye (m)	0.269	0.343	0.407	0.520	0.520	0.617	0.662	0.705	0.786	0.786
Ve (m/s)	2.096	2.212	2.305	2.455	2.455	2.583	2.640	2.696	2.800	2.800
He (m)	0.604	0.717	0.814	0.980	0.980	1.127	1.195	1.260	1.385	1.385

Q (m³/s)	3.487	3.736	3.985	4.483	4.483	4.981	5.230	5.978	6.725	7.472
ye (m)	0.861	0.897	0.932	1.000	1.000	1.064	1.095	1.185	1.269	1.350
Ve (m/s)	2.899	2.948	2.995	3.089	3.089	3.181	3.228	3.366	3.506	3.649
He (m)	1.504	1.562	1.618	1.729	1.729	1.838	1.891	2.051	2.209	2.368



8.2.3.2 Secciones rectangulares.

8.2.3.2.1 2x1.5m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	7.600	cms
Maximum Flow	7.600	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x1.5

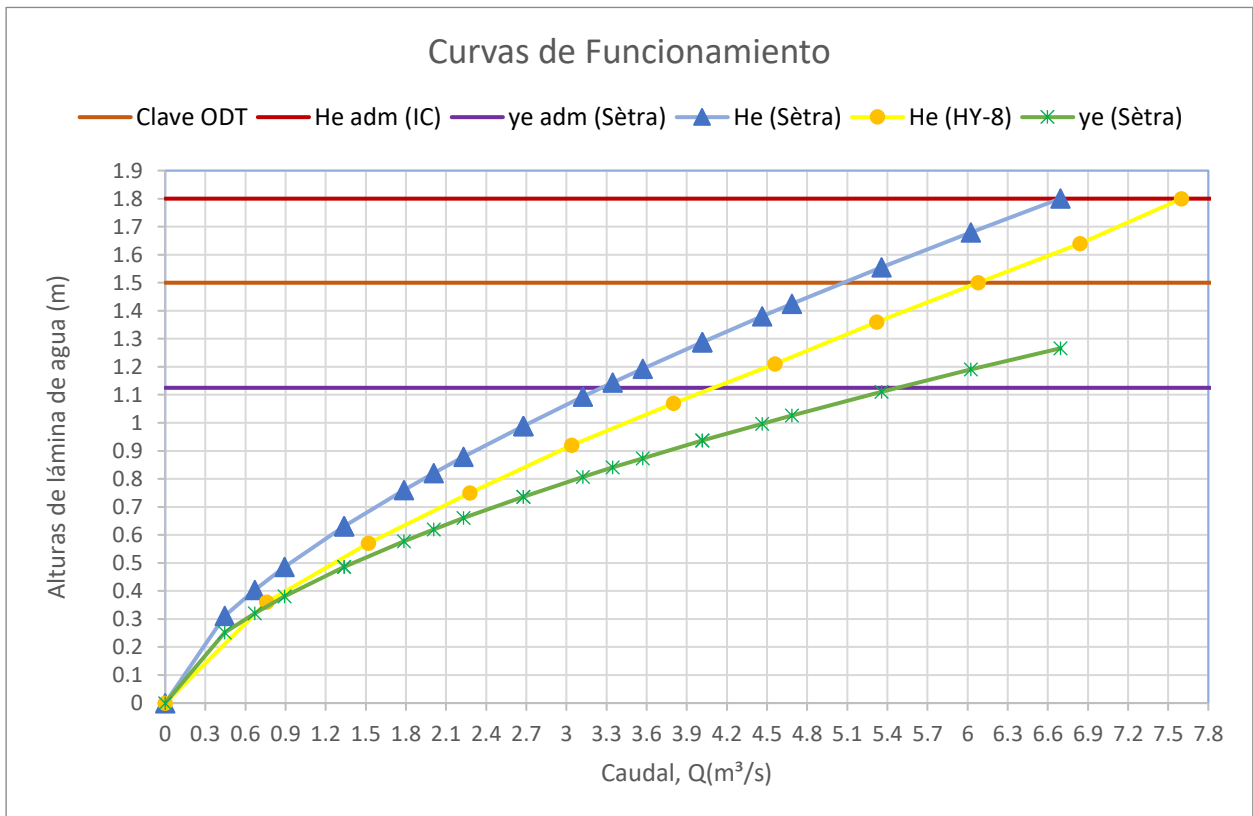
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x1.5	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.76	0.76	0.36	0.36	0.0*	1-S2n	0.11	0.25	0.12	0.35	3.18	0.50
1.52	1.52	0.57	0.57	0.0*	1-S2n	0.17	0.39	0.19	0.52	3.96	0.64
2.28	2.28	0.75	0.75	0.0*	1-S2n	0.22	0.51	0.26	0.67	4.33	0.73
3.04	3.04	0.92	0.92	0.12	1-S2n	0.26	0.62	0.33	0.79	4.61	0.80
3.80	3.80	1.07	1.07	0.28	1-S2n	0.30	0.72	0.39	0.90	4.82	0.86
4.56	4.56	1.21	1.21	0.44	1-S2n	0.34	0.81	0.46	1.00	5.00	0.91
5.32	5.32	1.36	1.36	0.60	1-S2n	0.38	0.90	0.52	1.10	5.16	0.95
6.08	6.08	1.50	1.50	0.76	1-S2n	0.41	0.98	0.57	1.18	5.29	0.99
6.84	6.84	1.64	1.64	0.93	5-S2n	0.45	1.06	0.63	1.27	5.42	1.03
7.60	7.60	1.80	1.80	1.11	5-S2n	0.48	1.14	0.69	1.34	5.53	1.06

Q (m³/s)	0.446	0.670	0.893	1.339	1.339	1.785	2.009	2.232	2.678	2.678
ye (m)	0.252	0.321	0.381	0.486	0.486	0.578	0.620	0.660	0.736	0.736
Ve (m/s)	0.887	1.043	1.170	1.376	1.376	1.545	1.620	1.690	1.819	1.819
He (m)	0.312	0.404	0.486	0.631	0.631	0.760	0.821	0.879	0.989	0.989

Q (m³/s)	3.124	3.348	3.571	4.017	4.017	4.463	4.687	5.356	6.026	6.695
ye (m)	0.807	0.841	0.874	0.937	0.937	0.997	1.026	1.110	1.190	1.266
Ve (m/s)	1.936	1.991	2.044	2.144	2.144	2.238	2.283	2.412	2.531	2.644
He (m)	1.093	1.144	1.193	1.288	1.288	1.380	1.425	1.555	1.680	1.801



8.2.3.2.2 2x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	11.690	cms
Maximum Flow	11.690	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 2x2

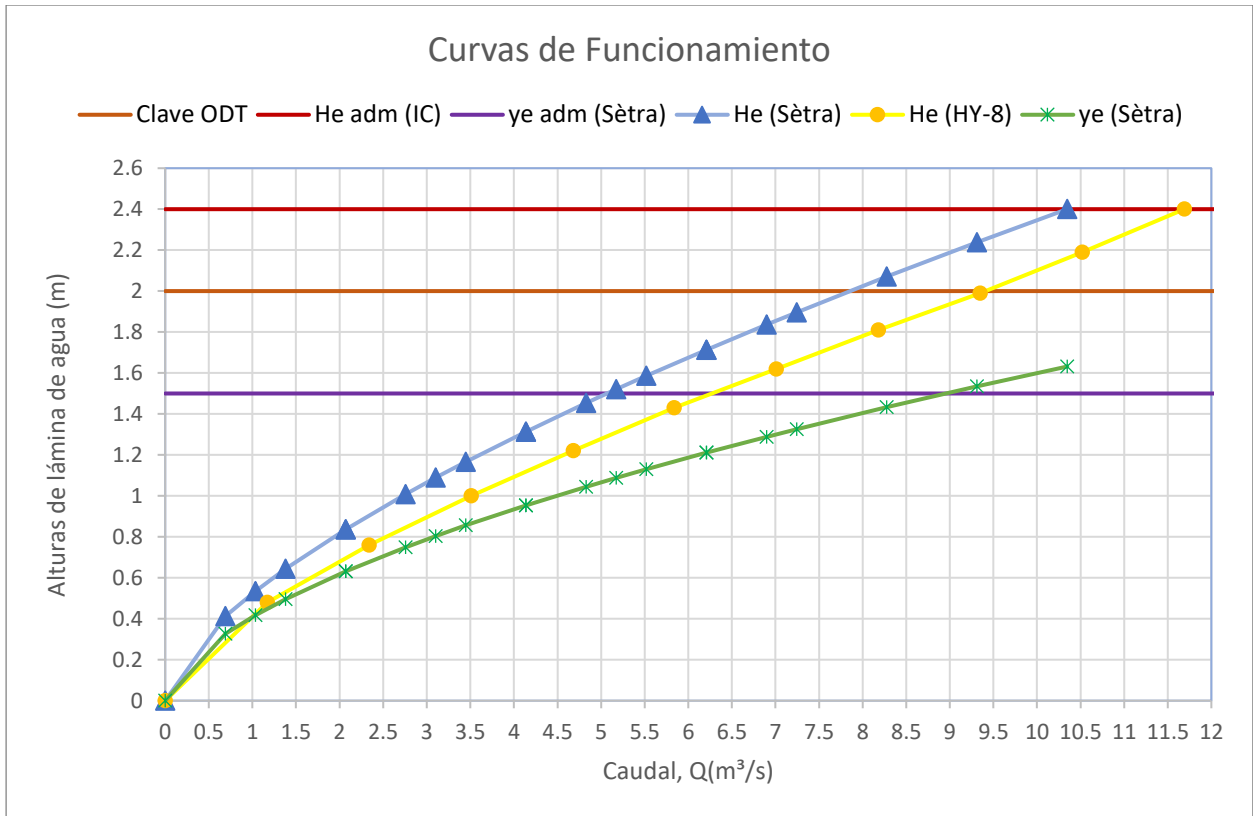
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 2x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.17	1.17	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.45	3.69	0.59
2.34	2.34	0.76	0.76	0.0*	1-S2n	0.22	0.52	0.27	0.68	4.35	0.74
3.51	3.51	1.00	1.00	0.17	1-S2n	0.29	0.68	0.37	0.86	4.74	0.84
4.68	4.68	1.22	1.22	0.37	1-S2n	0.35	0.82	0.47	1.02	5.02	0.92
5.84	5.84	1.43	1.43	0.57	1-S2n	0.40	0.95	0.56	1.16	5.25	0.98
7.01	7.01	1.62	1.62	0.78	1-S2n	0.46	1.08	0.64	1.28	5.44	1.03
8.18	8.18	1.81	1.81	0.98	1-S2n	0.51	1.19	0.73	1.40	5.61	1.08
9.35	9.35	1.99	1.99	1.19	1-S2n	0.56	1.31	0.81	1.51	5.77	1.12
10.52	10.52	2.19	2.19	1.41	5-S2n	0.61	1.41	0.89	1.61	5.90	1.16
11.69	11.69	2.40	2.40	1.63	5-S2n	0.65	1.52	0.97	1.71	6.03	1.20

Q (m³/s)	0.690	1.035	1.380	2.069	2.069	2.759	3.104	3.449	4.139	4.139
ye (m)	0.327	0.417	0.495	0.631	0.631	0.749	0.804	0.856	0.954	0.954
Ve (m/s)	1.056	1.241	1.394	1.639	1.639	1.841	1.931	2.015	2.170	2.170
He (m)	0.412	0.535	0.643	0.837	0.837	1.008	1.089	1.166	1.314	1.314

Q (m³/s)	4.829	5.174	5.518	6.208	6.208	6.898	7.243	8.278	9.312	10.347
ye (m)	1.045	1.088	1.130	1.211	1.211	1.288	1.326	1.433	1.535	1.632
Ve (m/s)	2.311	2.378	2.442	2.563	2.563	2.677	2.731	2.888	3.034	3.171
He (m)	1.453	1.520	1.586	1.713	1.713	1.836	1.896	2.071	2.238	2.400



8.2.3.2.3 3x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	17.530	cms
Maximum Flow	17.530	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x2

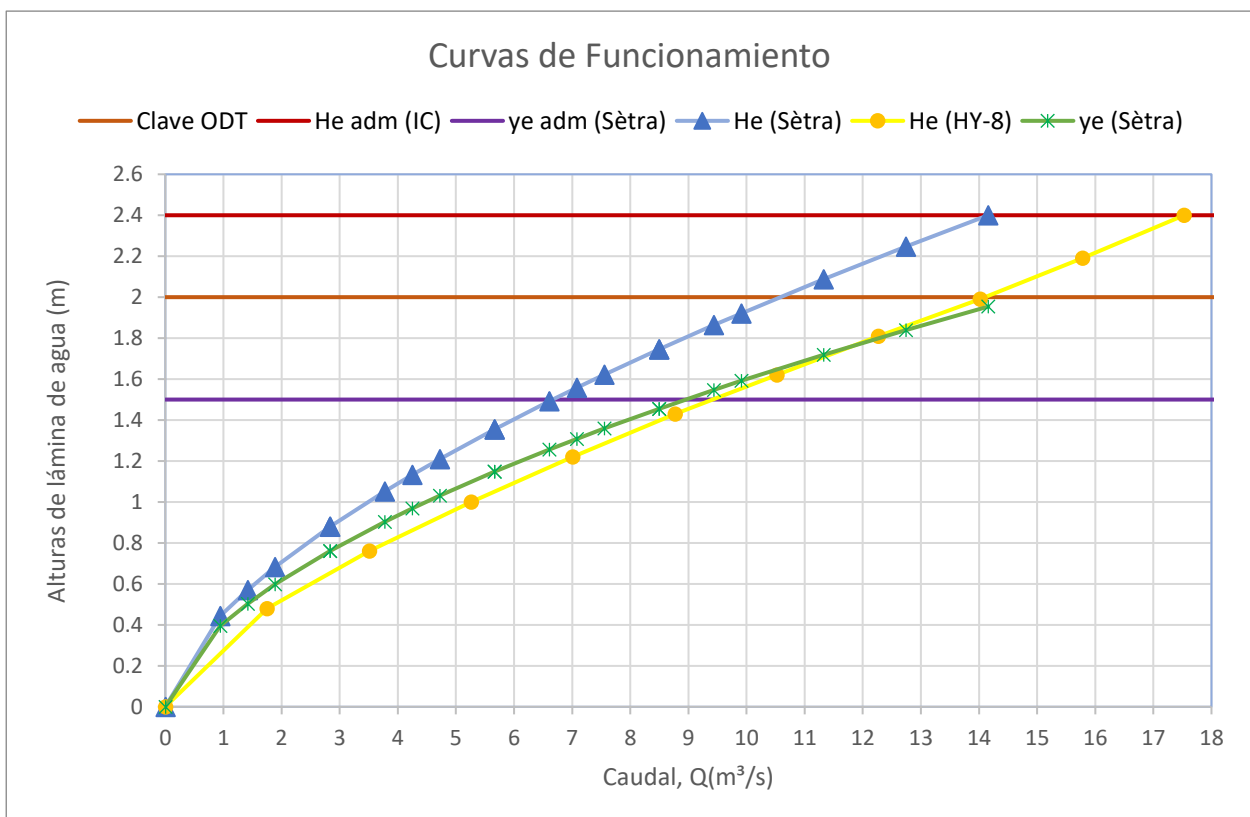
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.75	1.75	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.57	3.72	0.67
3.51	3.51	0.76	0.76	0.14	1-S2n	0.21	0.52	0.26	0.86	4.41	0.84
5.26	5.26	1.00	1.00	0.40	1-S2n	0.28	0.68	0.36	1.09	4.81	0.95
7.01	7.01	1.22	1.22	0.64	1-S2n	0.33	0.82	0.46	1.28	5.10	1.03
8.77	8.77	1.43	1.43	0.87	1-S2n	0.39	0.95	0.55	1.46	5.32	1.10
10.52	10.52	1.62	1.62	1.10	1-S2n	0.43	1.08	0.63	1.61	5.52	1.16
12.27	12.27	1.81	1.81	1.33	1-S2n	0.48	1.19	0.72	1.76	5.69	1.21
14.02	14.02	1.99	1.99	1.56	1-S2n	0.53	1.31	0.80	1.89	5.85	1.26
15.78	15.78	2.19	2.19	1.80	5-S2n	0.57	1.41	0.88	2.02	5.99	1.30
17.53	17.53	2.40	2.40	2.05	5-S2n	0.61	1.52	0.96	2.14	6.12	1.34

Q (m³/s)	0.944	1.416	1.888	2.832	2.832	3.776	4.248	4.720	5.664	5.664
ye (m)	0.395	0.503	0.597	0.761	0.761	0.903	0.968	1.031	1.148	1.148
Ve (m/s)	0.797	0.938	1.053	1.240	1.240	1.394	1.462	1.527	1.645	1.645
He (m)	0.443	0.570	0.682	0.879	0.879	1.051	1.132	1.209	1.355	1.355

Q (m³/s)	6.608	7.080	7.551	8.495	8.495	9.439	9.911	11.327	12.743	14.159
ye (m)	1.256	1.308	1.359	1.455	1.455	1.547	1.591	1.719	1.840	1.954
Ve (m/s)	1.753	1.804	1.853	1.946	1.946	2.034	2.076	2.196	2.309	2.415
He (m)	1.491	1.557	1.621	1.745	1.745	1.863	1.921	2.088	2.247	2.400



8.2.3.2.4 4x2m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	23.380	cms
Maximum Flow	23.380	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 4x2

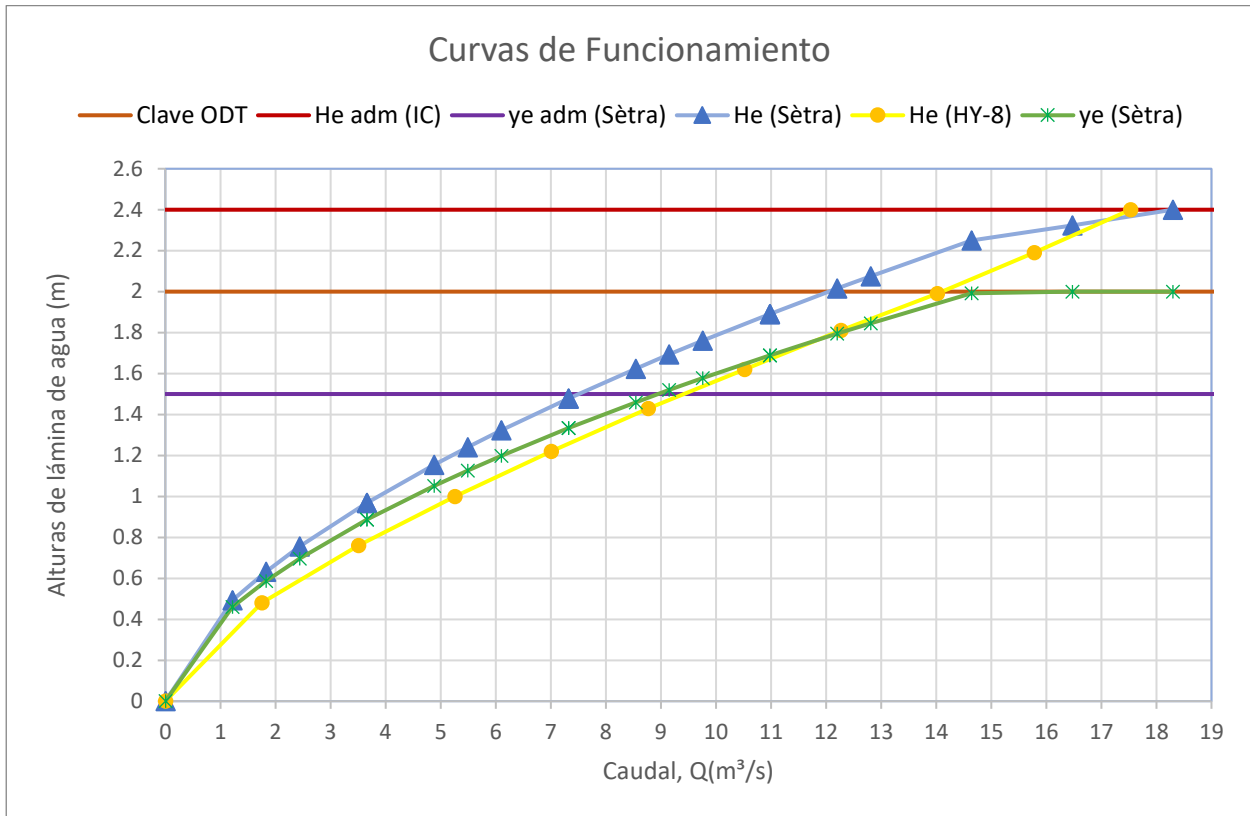
Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 4x2	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.34	2.34	0.48	0.48	0.0*	1-S2n	0.14	0.33	0.16	0.68	3.74	0.74
4.68	4.68	0.76	0.76	0.29	1-S2n	0.21	0.52	0.26	1.02	4.44	0.92
7.01	7.01	1.00	1.00	0.59	1-S2n	0.27	0.68	0.36	1.28	4.84	1.03
9.35	9.35	1.22	1.22	0.87	1-S2n	0.33	0.82	0.46	1.51	5.13	1.12
11.69	11.69	1.43	1.43	1.12	1-S2n	0.38	0.95	0.55	1.71	5.36	1.20
14.03	14.03	1.62	1.62	1.38	1-S2n	0.42	1.08	0.63	1.89	5.56	1.26
16.37	16.37	1.81	1.81	1.63	1-S2n	0.47	1.19	0.71	2.06	5.73	1.31
18.70	18.70	1.99	1.99	1.88	1-S2n	0.51	1.31	0.79	2.21	5.89	1.36
21.04	21.04	2.19	2.19	2.14	5-JS1f	0.55	1.41	2.00	2.36	2.63	1.40
23.38	23.38	2.40	2.40	1.75	5-JS1f	0.59	1.52	2.00	2.50	2.92	1.44

Q (m³/s)	1.220	1.830	2.440	3.660	3.660	4.880	5.490	6.100	7.320	7.320
ye (m)	0.460	0.586	0.696	0.886	0.886	1.051	1.127	1.199	1.334	1.334
Ve (m/s)	0.663	0.780	0.876	1.032	1.032	1.161	1.218	1.272	1.372	1.372
He (m)	0.494	0.633	0.755	0.968	0.968	1.154	1.240	1.322	1.478	1.478

Q (m³/s)	8.540	9.150	9.760	10.980	10.980	12.200	12.810	14.640	16.470	18.300
ye (m)	1.460	1.519	1.577	1.689	1.689	1.794	1.845	1.992	2.000	2.000
Ve (m/s)	1.463	1.506	1.547	1.626	1.626	1.700	1.736	1.838	2.059	2.288
He (m)	1.623	1.693	1.760	1.891	1.891	2.015	2.076	2.250	2.324	2.400



8.2.3.2.5 3x3m².

Crossing Properties

Name: Desfavor.Rectangu. i=0.05

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	32.230	cms
Maximum Flow	32.230	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	4.000	m
Side Slope (H:V)	1.000	_:1
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	-0.750	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	6.000	m
Crest Elevation	6.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	10.000	m

Culvert Properties

R 3x3

Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	R 3x3	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	3000.000	mm
Rise	3000.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (30-75° flare) Wingwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	0.000	m
Outlet Station	15.000	m
Outlet Elevation	-0.750	m
Number of Barrels	1	

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.22	3.22	0.72	0.72	0.08	1-S2n	0.20	0.49	0.25	0.82	4.34	0.82
6.45	6.45	1.14	1.14	0.51	1-S2n	0.32	0.78	0.43	1.22	5.01	1.01
9.67	9.67	1.49	1.49	0.88	1-S2n	0.41	1.02	0.59	1.54	5.43	1.13
12.89	12.89	1.83	1.83	1.21	1-S2n	0.50	1.23	0.75	1.81	5.75	1.23
16.11	16.11	2.14	2.14	1.53	1-S2n	0.58	1.43	0.89	2.04	6.01	1.31
19.34	19.34	2.43	2.43	1.85	1-S2n	0.65	1.62	1.03	2.25	6.24	1.37
22.56	22.56	2.71	2.71	2.17	1-S2n	0.73	1.79	1.17	2.45	6.44	1.43
25.78	25.78	2.99	2.99	2.50	1-S2n	0.80	1.96	1.30	2.63	6.63	1.48
29.01	29.01	3.29	3.29	2.83	5-S2n	0.87	2.12	1.42	2.80	6.79	1.53
32.23	32.23	3.60	3.60	3.17	5-S2n	0.93	2.27	1.55	2.95	6.95	1.57

Q (m³/s)	1.805	2.707	3.609	5.414	5.414	7.219	8.121	9.023	10.828	10.828
ye (m)	0.582	0.741	0.879	1.117	1.117	1.323	1.417	1.507	1.675	1.675
Ve (m/s)	1.034	1.218	1.368	1.615	1.615	1.818	1.910	1.996	2.155	2.155
He (m)	0.663	0.854	1.022	1.317	1.317	1.576	1.696	1.812	2.030	2.030

Q (m³/s)	12.633	13.535	14.437	16.242	16.242	18.047	18.949	21.656	24.363	27.070
ye (m)	1.831	1.904	1.976	2.113	2.113	2.243	2.306	2.485	2.654	2.814
Ve (m/s)	2.300	2.369	2.436	2.562	2.562	2.682	2.740	2.905	3.060	3.207
He (m)	2.235	2.333	2.429	2.615	2.615	2.793	2.879	3.130	3.370	3.600

