

ANEJO Nº 11: DRENAJE

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN 5

2.- CAUDALES DE APORTACIÓN 5

3.- DRENAJE TRANSVERSAL 5

 3.1.- SITUACIÓN ACTUAL..... 5

 3.2.- PROYECTO DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL..... 6

 3.3.- ENCAJES DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL (ODT)..... 7

 3.3.1.- PLANTA 7

 3.3.2.- PERFIL LONGITUDINAL 7

 3.3.3.- EMBOCADURAS 7

 3.4.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL 7

 3.4.1.- DIMENSIÓN LIBRE MÍNIMA 7

 3.4.2.- COMPROBACIÓN HIDRÁULICA 7

 3.4.3.- PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL 9

 3.4.4.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS..... 10

 3.4.5.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CADA OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL 11

 3.5.- RESUMEN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADAS 11

 3.6.- CÁLCULO MECÁNICO DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL..... 11

4.- DRENAJE LONGITUDINAL 11

 4.1.- INTRODUCCIÓN..... 11

 4.2.- DIMENSIONAMIENTO 11

5.- ENCAUZAMIENTOS..... 13

6.- APÉNDICE Nº 1. PLANO DEL DRENAJE EXISTENTE 17

7.- APÉNDICE Nº 2. PREDIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL 21

8.- APÉNDICE Nº 3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL 25

9.- APÉNDICE Nº 4. CÁLCULOS MECÁNICOS DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL 37

1.- INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta las características del presente proyecto, en el cual se proyecta una nueva glorieta que conecta con las carreteras actuales, es necesario el estudio del drenaje de la nueva situación, comprobando hidráulicamente las obras de drenaje actuales y proyectando nuevas obras de drenaje si fuera necesario.

Además se dimensionarán las cunetas necesarias para evacuar las aguas pluviales caídas sobre la plataforma y taludes próximos, para el trazado propuesto.

El cálculo de los caudales de aportación se ha realizado en el Anejo nº 5, Climatología e hidrología, del presente proyecto.

El dimensionamiento de los elementos que constituyen el sistema de drenaje se ha realizado según:

- 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, la cual deroga la anterior norma de drenaje y que realiza el cálculo del caudal de aportación mediante la adaptación del Método Racional a los valores obtenidos en las distintas estaciones de aforo distribuidas por la geografía española.
- Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales. El terreno afectado por el proyecto pertenece en su mayor parte (intersección de las carreteras N-435 y EX-105) a Suelo No Urbanizable Común. La única zona de Suelo Urbano donde se actúa es en algunos ramales de la glorieta de reordenación de accesos.

2.- CAUDALES DE APORTACIÓN

Según se ha calculado en el Anejo nº 5, Climatología e hidrología, y debido al trazado de la solución proyectada, se han determinado las cuencas que deberán ser drenadas por el drenaje transversal y longitudinal del presente proyecto. Estos caudales son:

CUENCA	PERIODO DE RETORNO							
	T= 2 AÑOS	T=5 AÑOS	T=10 AÑOS	T=25 AÑOS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=200 AÑOS	T=500 AÑOS
CUENCA 1	0,051	0,094	0,129	0,194	0,252	0,315	0,392	0,502
CUENCA 2	0,009	0,013	0,017	0,023	0,028	0,034	0,041	0,051
CUENCA 3	0,038	0,050	0,058	0,071	0,080	0,090	0,100	0,115
CUENCA 4	0,030	0,047	0,060	0,083	0,103	0,124	0,149	0,185
CUENCA 5	0,084	0,116	0,140	0,177	0,207	0,238	0,274	0,323
CUENCA 6	0,055	0,082	0,103	0,137	0,166	0,196	0,232	0,282
CUENCA 7	0,0492	0,0697	0,0853	0,1099	0,1304	0,1522	0,1776	0,2129

3.- DRENAJE TRANSVERSAL

Para realizar la comprobación de la capacidad hidráulica de las obras de drenaje existentes se ha procedido de la siguiente forma:

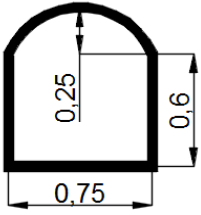
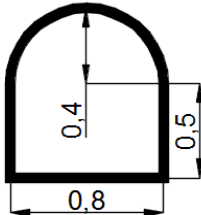
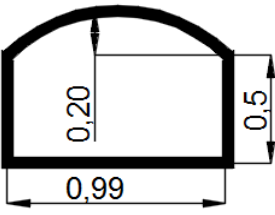
- Determinación del punto de incidencia del cauce con la traza de la carretera.
- Obtención de la cuenca vertiente en ese punto.
- Determinación de la tipología óptima para cada ODT (Obra de Drenaje Transversal).
- Encaje geométrico con el terreno y traza proyectada, colocando el cuerpo de obra sensiblemente coincidente con el cauce natural.
- Dimensionamiento de la obra de drenaje transversal según el caudal de aportación.
- Comprobación hidráulica para cada periodo de retorno estudiado.

Los periodos de retorno para los cuales se han diseñado las obras han sido (según apartado 1.3.2 de la 5.2-IC):

- Obras de drenaje transversal: 100 años (comprobación para 500 años).
- Drenaje longitudinal (cunetas): 25 años.

3.1.- SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, las carreteras afectadas por la nueva intersección tipo glorieta cuenta con 4 obras de drenaje transversal, resumidas a continuación.

ODT	TIPO	DIMENSIONES (m)	FOTOGRAFÍA
ODTE 1	Tajea		
ODTE 2	CAÑO	0,6 m de diámetro	
ODTE 3	TAJEA		
ODTE 4	TAJEA		

En el Apéndice Nº 1 del presente anejo se incluye un plano con la situación del drenaje actual.

3.2.- PROYECTO DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Una vez se han trazado los ejes que componen la solución proyectada, incluyendo las dos glorietas, se ha estudiado cuál es la solución óptima para el drenaje de la plataforma y las cuencas interceptadas.

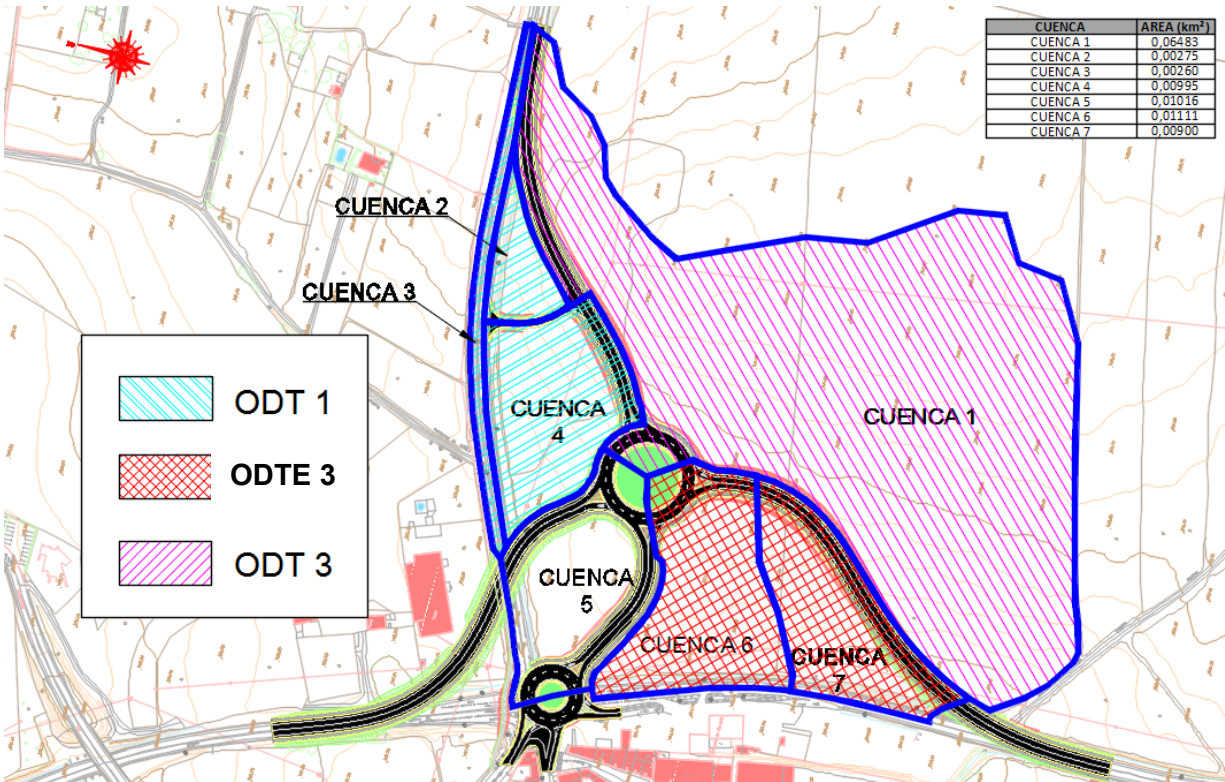
Debido a la poca entidad de dichas cuencas y gracias a las condiciones del terreno, se han podido agrupar algunas de ellas para drenarlas por una obra de drenaje transversal.

La distribución de cuencas drenadas por cada obra de drenaje transversal se resume a continuación:

ODT	CUENCA DRENADA
ODT 1	CUENCA 1
ODT 2	NO SE GENERA NUEVA CUENCA
ODT 3	CUENCA 2 + CUENCA 3 + CUENCA 4

Las cuencas 6 y 7 serán drenadas por la obra de drenaje transversal existente ODTE 3, por lo que se ha realizado la comprobación hidráulica de esta obra de drenaje transversal para T=100 años y T= 500 años.

La cuenca 5 drenará mediante un encauzamiento efectuado a tal efecto, tal y como se detalla en el apartado correspondiente.



Tal y como se establecía anteriormente, se dimensionarán las obras de drenaje transversal para un caudal correspondiente al periodo de retorno T=100 años siendo estos:

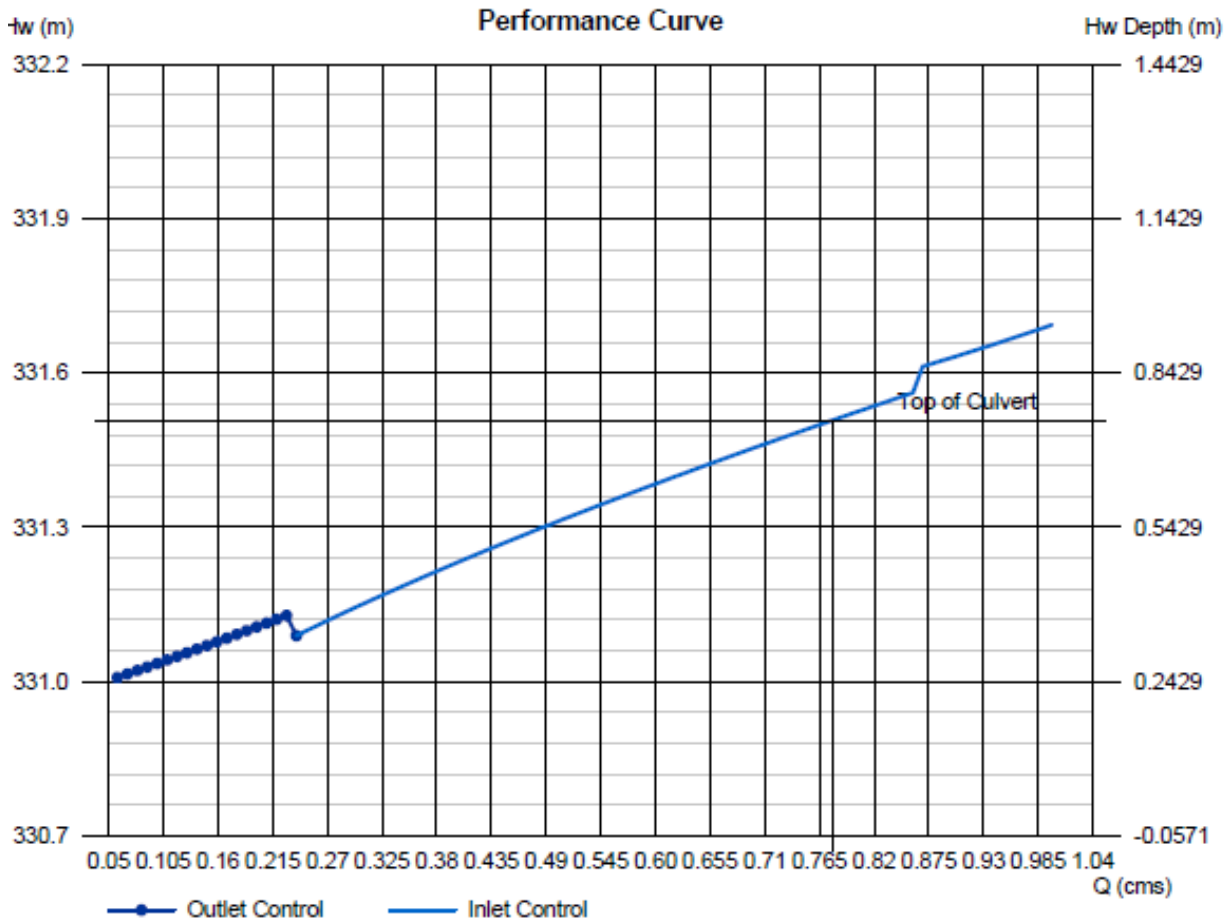
ODT	CAUDAL DE APORTACIÓN (m³/s)
ODT 1	0,315
ODT 2	-
ODT 3	0,248

*NOTA: Además se comprobará cada ODT para T= 500 años.

La ODT 2 se diseñará para que sea capaz de absorber el máximo caudal desaguado por la obra de drenaje transversal actual, que toma un valor de 0,779 m³/s según se muestra a continuación:

ODT2 CAUDAL MAXIMO

Invert Elev Dn (m)	= 330.5840	Calculations	
Pipe Length (m)	= 21.0000	Qmin (cms)	= 0.0590
Slope (%)	= 0.8242	Qmax (cms)	= 1.0000
Invert Elev Up (m)	= 330.7571	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 750.0		
Shape	= Box	Highlighted	
Span (mm)	= 780.0	Qtotat (cms)	= 0.7790
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.7790
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Flared Wingwalls	Veloc Dn (m/s)	= 1.6417
Culvert Entrance	= 30D to 75D wingwall flares	Veloc Up (m/s)	= 2.1402
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.026, 1, 0.0347, 0.81, 0.4	HGL Dn (m)	= 331.1924
		HGL Up (m)	= 331.2238
		Hw Elev (m)	= 331.5086
		Hw/D (m)	= 1.0020
		Flow Regime	= Inlet Control
Embankment			
Top Elevation (m)	= 334.2380		
Top Width (m)	= 9.0000		
Crest Width (m)	= 10.0000		



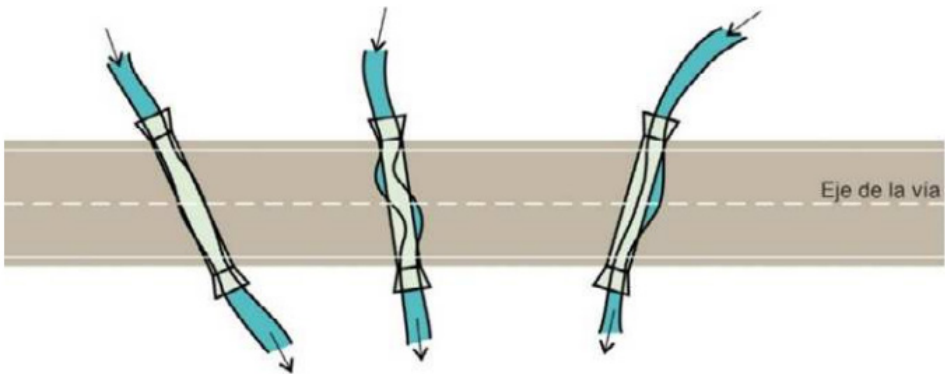
En los siguientes apartados se detallan los cálculos realizados para la definición completa de las obras de drenaje transversal que componen el proyecto.

3.3.- ENCAJES DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL (ODT)

3.3.1.- PLANTA

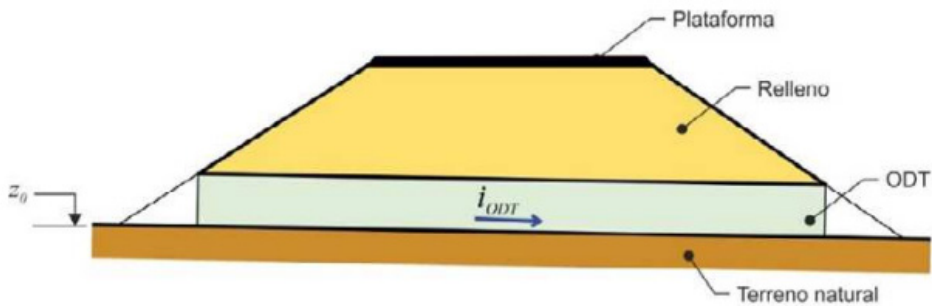
Una ODT se compone de embocadura de entrada, uno o varios tramos enterrados, una embocadura de salida y conexiones entre ellos. Los tramos enterrados se han proyectado con planta recta sin cambios de sección.

Como se anticipaba anteriormente, la planta de las ODTs se ha diseñado recta y adaptándose sensiblemente al cauce existente, quedando por tanto esviadas con respecto al eje de las variantes proyectadas.



3.3.2.- PERFIL LONGITUDINAL

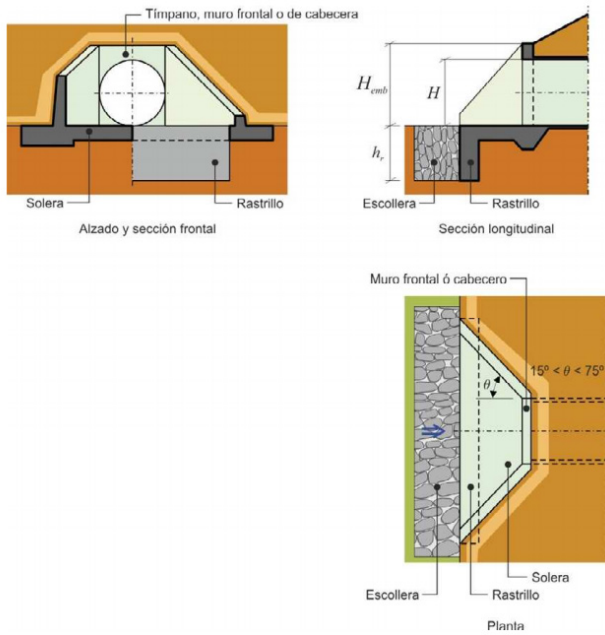
El perfil longitudinal de las ODT se ajustará lo más posible al del cauce y se ha proyectado con pendiente uniforme.



3.3.3.- EMBOCADURAS

Las embocaduras permiten acoplar el conducto al cauce y a los taludes de los rellenos. Tienen funciones de transición geométrica e hidráulica y deben ser resistentes a la erosión y socavación. Su disposición influye en las condiciones de desagüe. La altura de las embocaduras de la ODT debe ser al menos uno coma dos veces la altura libre del conducto ($H_{EMB} \geq 1,20H$) medida desde el plano de la solera.

Las embocaduras disponen de solera terminada en un rastrillo. Cuando sea necesario disponer protección de escollera ésta se colocará a continuación del rastrillo.



3.4.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

3.4.1.- DIMENSIÓN LIBRE MÍNIMA

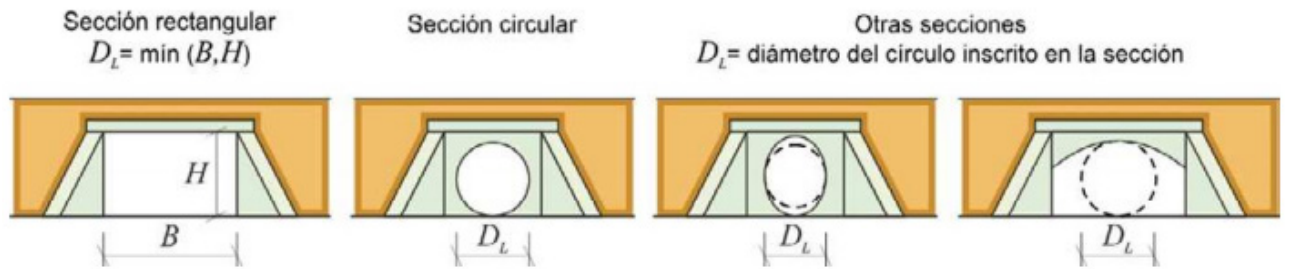
La dimensión libre mínima de la sección transversal de una ODT de un solo tramo, D_L , se debe medir entre sus caras interiores y se define en función de la longitud de la obra entre las embocaduras de entrada y de salida. Su valor se debe determinar a partir de la tabla 4.1, salvo que la Administración Hidráulica prescriba un valor superior.

L (m)	D_L (m)
$L (m) < 3$	$D_L (m) \geq 0,60$
$3 \leq L (m) < 4$	$D_L (m) \geq 0,80$
$4 \leq L (m) < 5$	$D_L (m) \geq 1,00$
$5 \leq L (m) < 10$	$D_L (m) \geq 1,20$
$10 \leq L (m) < 15$	$D_L (m) \geq 1,50$
$L (m) \geq 15$	$D_L (m) \geq 1,80$

TABLA 4.1.- DIMENSIÓN MÍNIMA RECOMENDADA DE UNA ODT EN FUNCIÓN DE SU LONGITUD

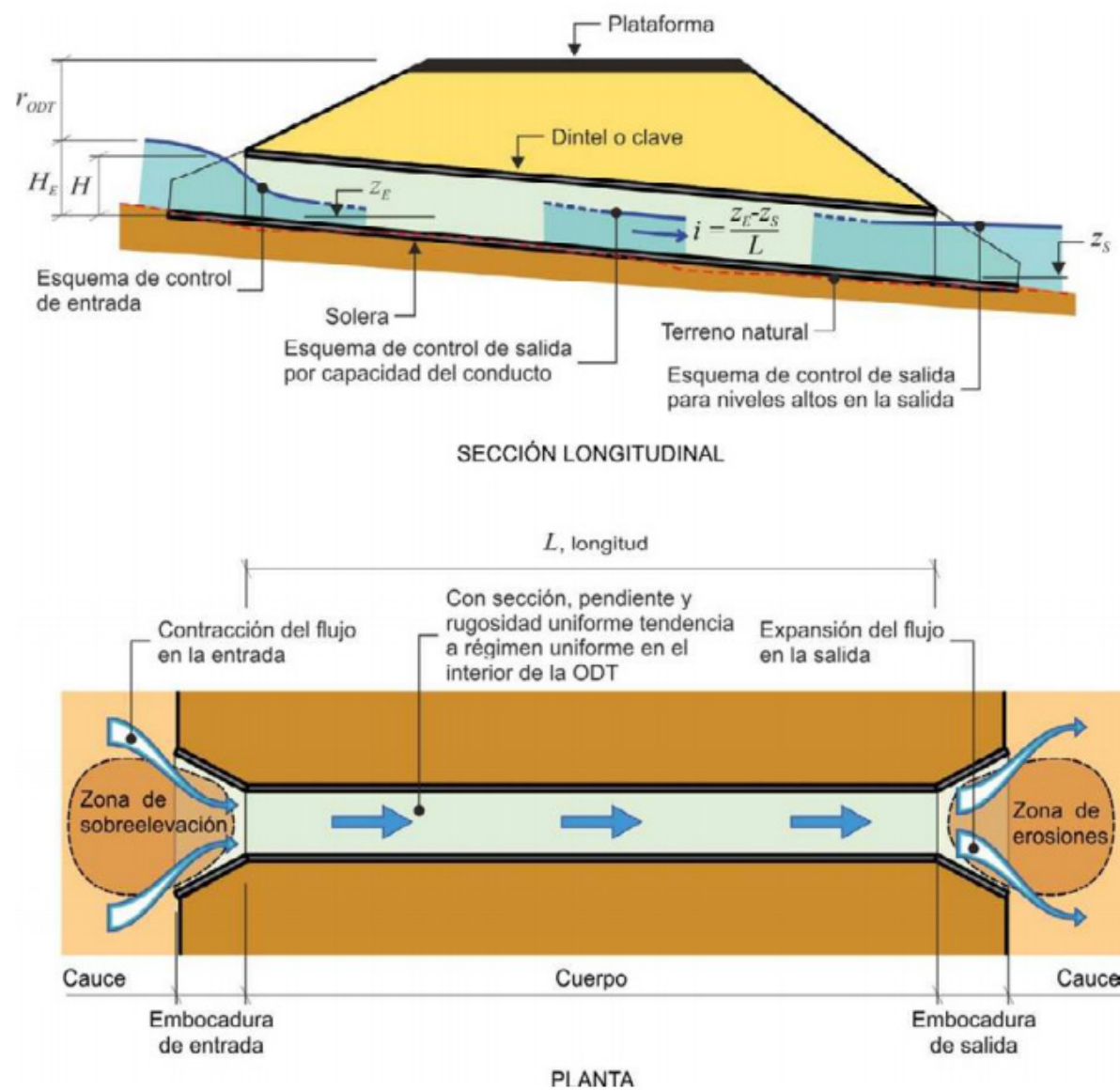
La dimensión D_L de la tabla 4.1 hace referencia a:

- Sección circular: Diámetro
- Sección rectangular: Lado menor
- Resto de secciones: El diámetro del mayor círculo que se pueda inscribir en la sección.



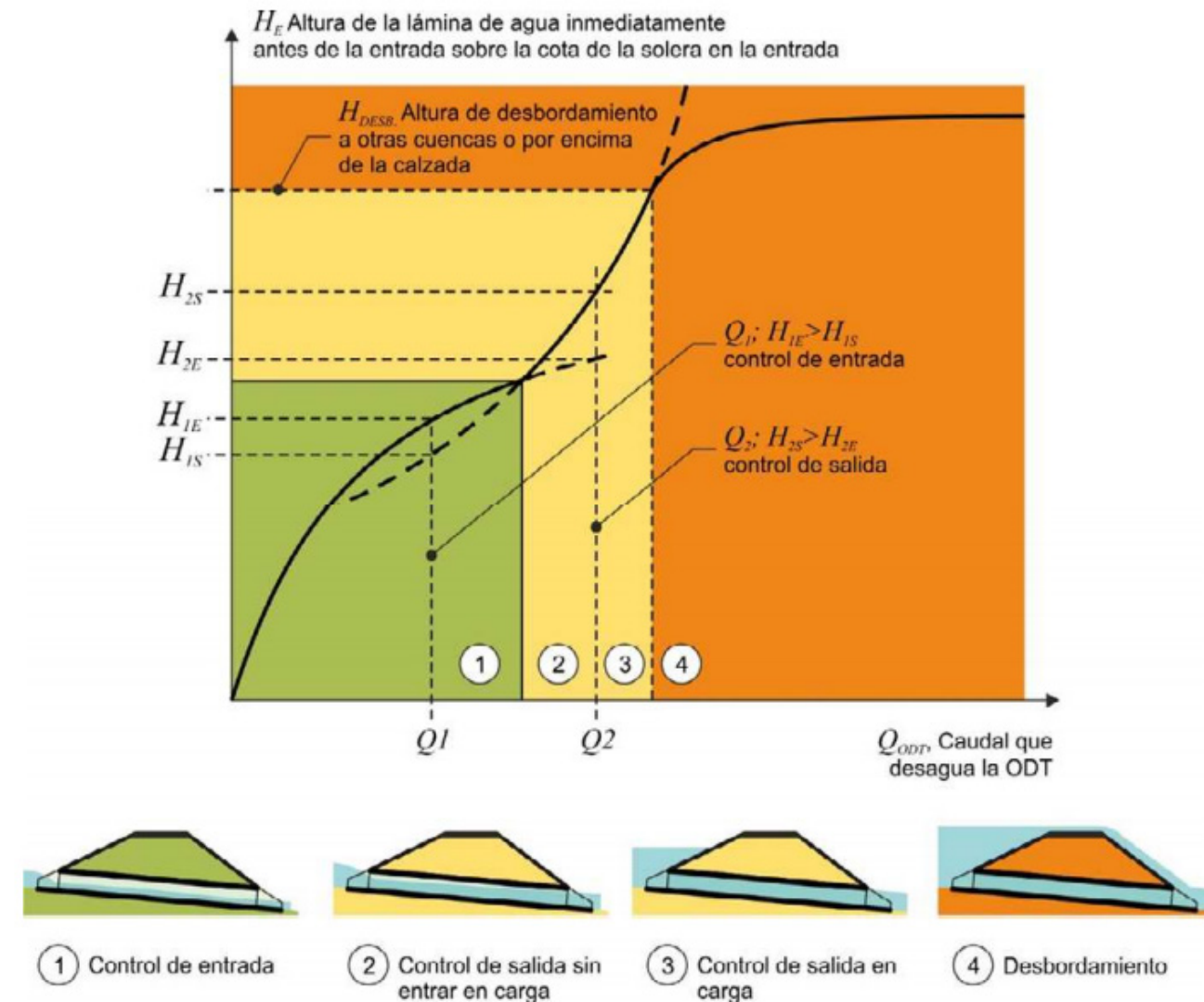
3.4.2.- COMPROBACIÓN HIDRÁULICA

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 ODTs se han proyectado 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 ($H_E < 1,2 H$).
- Con carácter general, el resguardo libre existente hasta la plataforma debe ser superior a cero coma cinco metros (0,5 m).
- 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, la cual viene determinada por la siguiente tabla:

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas	0,90-0,1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20-2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20-1,80
Rocas blandas	1,40-3,00
Mampostería, rocas duras	3,00-5,00
Hormigón	4,50-6,00

- 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.
- No se han producido casos excepcionales una vez se ha sometido el dimensionamiento que se adjunta a continuación a la supervisión de la Administración Hidráulica.

3.4.3.- PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Con los caudales de referencia obtenidos en el apartado anterior, se procede con la comprobación y dimensionamiento de la capacidad de desagüe de las obras de drenaje transversal existentes. Para realizar esta comprobación se utiliza la fórmula de Manning-Strickler, que según la Instrucción 5.2.-I.C. "Drenaje Superficial", es:

$$Q = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K \cdot U$$

Donde:

S: área de la sección (m²)

R: radio hidráulico de la sección (m). R=S/p (perímetro mojado)

J: pendiente de la línea de energía. Ya que el régimen puede considerarse uniforme, se considera la pendiente longitudinal de la obra de drenaje transversal.

K: coeficiente de rugosidad del material con el cual está formado la obra de drenaje transversal. Su valor (ya que en todos los casos presentes en este proyecto dicho material es hormigón) se toma de la tabla 4.1 de la Instrucción 5.2.-I.C. "Drenaje superficial". Para el presente proyecto K=67,50 m^{1/3}/s.

U: coeficiente de conversión que según la tabla 4.2 de la Instrucción 5.2.-I.C. "Drenaje superficial" tendrá un valor de 1.

Cabe destacar que para el cálculo hidráulico de las ODTs recogidas en el presente proyecto se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- Para el diseño tanto en planta, perfil, sección y embocaduras se tendrá en cuenta la Instrucción 5.2.-I.C, "Drenaje superficial".
- La sección hidráulica considerada será el 80 % de la sección llena de las ODTs.
- Se descontarán de la sección hidráulica considerada al menos 5 cm de calado para prever la deposición de sedimentos.

- Los límites de velocidad considerados son de 4,5 a 6 m/s como máximo (tabla 1.3 de la norma de drenaje superficial) y de 0,50 m/s como mínimo, a sección llena.

Para el cálculo del diámetro de las obras de drenaje transversal tipo caño o bien las dimensiones de las obras de drenaje tipo marco de hormigón armado, sustituye en la fórmula de Manning-Stickler, donde se tantea con los diámetros o dimensiones hasta alcanzar el óptimo que cumple hidráulicamente. Dichas formulas son:

OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL TIPO CAÑO:

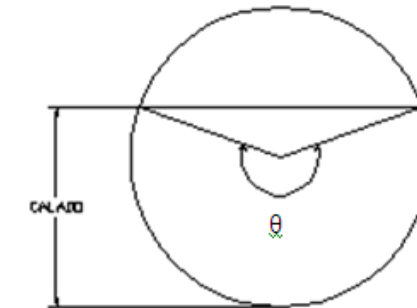
$$Q_{referencia} = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen}\theta) D^2 \times \left\{ \sqrt[3]{\left[\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right) D \right]^2} \right\} \times \sqrt[3]{J} \times K \times U$$

Donde se obtiene θ en radianes, y mediante la relación trigonométrica, conocido el diámetro del caño y θ , se obtiene el calado.

Una vez conocido el calado se calculan la sección hidráulica mojada resultante de ese calado y se compara con el 80% de la sección llena y se comprueba que sea siempre menor. Si esta condición no se cumpliera, se pasaría a un diámetro superior, iterando hasta que se cumpla.

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

$$Radio\ hidráulico = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right) D$$



Esquema calculo hidráulico obra de drenaje transversal tipo caño.

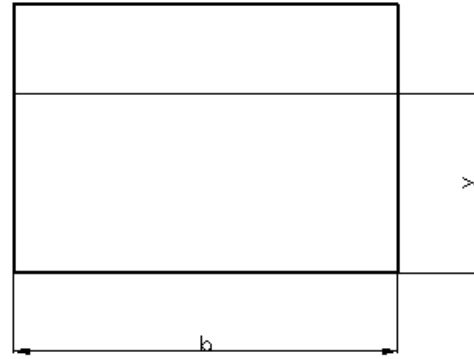
OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL TIPO MARCOS DE HORMIGÓN ARMADO:

$$Q_{referencia} = by \times \left[\sqrt[3]{\left(\frac{by}{b + 2y} \right)^2} \right] \times \sqrt[3]{J} \times K \times U$$

Donde se obtiene el calado asociado a la base del marco proyectado, calculándose la sección hidráulica del marco y comparándola con el 80% de la sección llena.

$$Sección\ mojada = by$$

$$Radio\ hidráulico = \frac{by}{b + 2y}$$



Esquema cálculo hidráulico obra de drenaje transversal tipo marco hormigón armado.

Este predimensionamiento se adjunta en el Apéndice N° 2 del presente anejo.

Una vez predimensionados los cuerpos de obra, para adaptarse a la norma 5.2-IC, será necesario calcular las curvas características de cada obra de drenaje transversal, lo que se realiza a continuación.

3.4.4.- MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

Para el cálculo de las curvas características de cada ODT se ha seguido el procedimiento especificado en la publicación *Hydraulic Design of Highway Culverts (HDS-5) (Third Edition)* del U.S. Department of Transportation, de abril de 2012.

Según este manual, las obras de drenaje transversal funcionan en dos regímenes distintos:

- Control de Entrada.
- Control de Salida.

En el caso del control de entrada podemos considerar que es más difícil para el agua entrar dentro de la ODT que fluir dentro de ella, mientras que en el control de salida es más difícil para el agua fluir dentro del conducto que entrar en el mismo.

Control de entrada

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del control de entrada en el manual HDS-5 dependen de la altura de la lámina de agua en la entrada de la obra de drenaje transversal (Hw). Si esta altura es mayor que la obra de paso, la entrada estará sumergida y si es menor el conducto no estará sumergido.

Las fórmulas usadas en ambos casos serán:

ENTRADA SUMERGIDA.

$$Hw = D \times \left[c \left(\frac{Q}{A\sqrt{D}} \right)^2 + Y - 0,50S \right]$$

ENTRADA NO SUMERGIDA.

$$Hw = D \times \left[K \left(\frac{Q}{A\sqrt{D}} \right)^M \right]$$

Donde:

Hw: Elevación del agua en la entrada de la ODT.

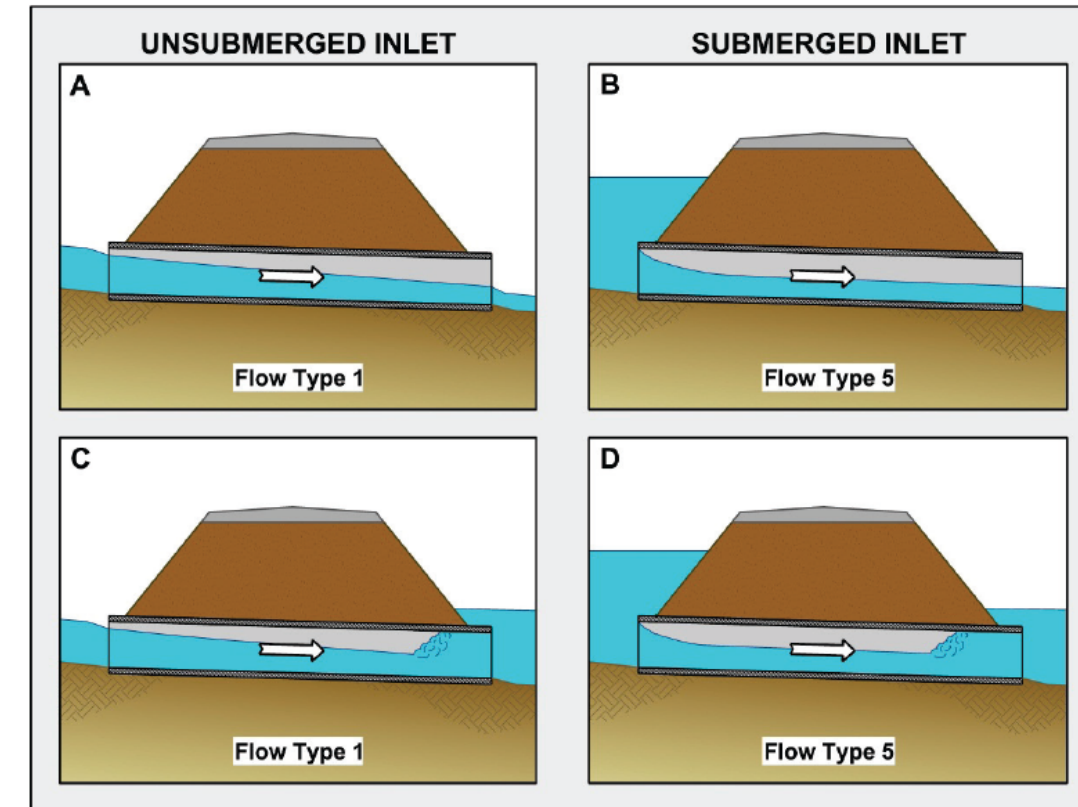
D: longitud de la (m)

Q: caudal del proyecto (m3/s).

A: área hidráulica a sección llena del conducto (m2)

K, M, c, Y: parámetros que dependen de las embocaduras.

S: pendiente del conducto.



Control de salida.

Para el cálculo del control de salida, se ha utilizado el método Energy-Based Standard Step, que es un proceso iterativo que aplica la ecuación de la energía de Bernoulli entre aguas arriba y aguas abajo de la ODT, utilizando para la pérdida de carga la fórmula de Manning.

La expresión utilizada por el software de cálculo es:

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + V_1 = \frac{V_2^2}{2g} + Z_1 + V_1 + HL$$

Donde:

V: velocidad del agua (m/s)

Z: cota entrada/salida tubería (m)

Y: HGL- Z entrada(m).

Las pérdidas de carga se determinan:

$$HL = \frac{hf1 + hf2}{2}$$

Donde:

$$hf = \left(\frac{Q * n}{K_{MAR}^{0,0667}} \right)^2 \times LONGITUD \text{ CONDUCTO}$$

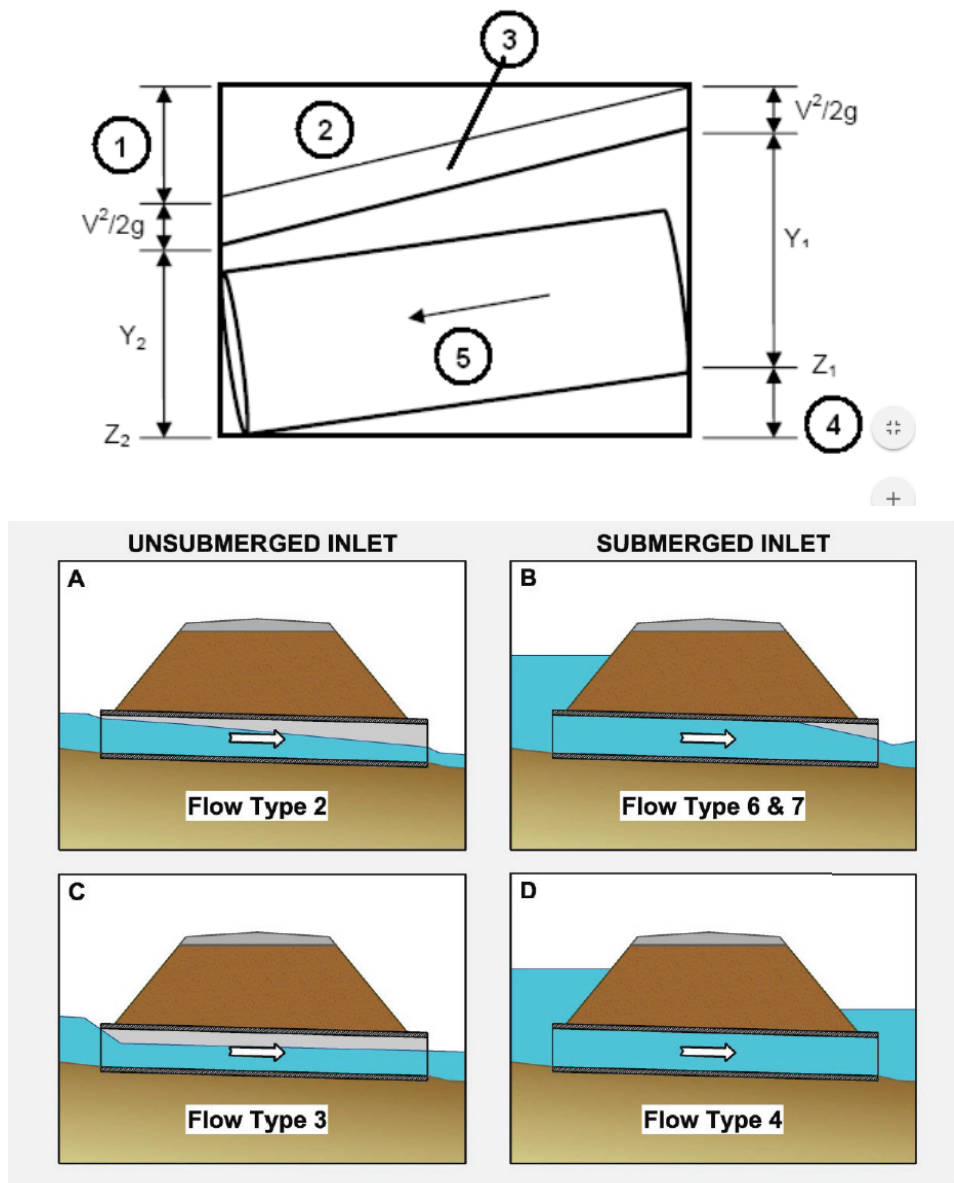
Donde:

Km: 1,486

n: coeficiente de rugosidad de Manning.

A: área hidráulica a sección llena del conducto (m2)

R: radio hidráulico.



3.4.5.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CADA OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

En el Apéndice Nº 3 se adjuntan las curvas características de cada obra de drenaje transversal proyectada.

3.5.- RESUMEN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADAS

A continuación se resumen las obras de drenaje transversal proyectadas:

P.K.	EJE	TIPOLOGÍA	DIAMETRO (mm)	PENDIENTE (%)	ANGULO ESVIAJE (g)	LONGITUD (m)
0+078,706	EJE 5	CAÑO H.A.	1000	0,50	82,9379	16,9
0+070,686	EJE 2	CAÑO H.A.	1200	5,08	84,8749	21,6
0+205,176	EJE 2	CAÑO H.A.	1200	0,46	46,8448	33,6

3.6.- CÁLCULO MECÁNICO DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

En el Apéndice Nº 4 del presente anejo se adjuntan los cálculos mecánicos de las obras de drenaje transversal proyectadas según el programa de cálculo de la Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado (ATHA) basado en la Norma UNE 127916, revisión del 2013, que es el Complemento Nacional de la Norma UNE-EN 1916, en su versión de enero de 2014.

4.- DRENAJE LONGITUDINAL

4.1.- INTRODUCCIÓN.

Este apartado comprende el conjunto de elementos que cumplen dos tipos de funciones: Drenaje de la plataforma y protección de taludes.

Los elementos integrantes se combinan para captar y conducir el agua, en recorrido fundamentalmente longitudinal, hasta los cauces naturales directamente o a través de Obras de Drenaje Transversal.

Para el cálculo de la capacidad de la cuneta se ha establecido la sección más desfavorable, es decir, donde la sección de la cuneta reciba mayor caudal de aportación y posea menor pendiente, es decir la que recoge las aguas de la Cuenca 1 hasta desembocar en la ODT 1.

Para el cálculo del caudal de aportación se ha seguido, al igual que para las obras de drenaje transversal, el Método Hidrometeorológico.

El único cambio radica en que se ha utilizado para calcular el caudal el periodo de retorno de 25 años, según la tabla 1.3.2 de la Norma 5.2.-IC, "Drenaje superficial", además de que debe utilizarse otro factor de corrección del umbral de escorrentía tal y como se ha mencionado en el Anejo nº 5 del presente proyecto.

4.2.- DIMENSIONAMIENTO.

Para el dimensionamiento de las obras de drenaje longitudinal, compuestas por cunetas triangulares revestidas de hormigón se han seguido las prescripciones técnicas indicadas en la Norma 5.2.-IC, "Drenaje superficial" en su apartado 3.4.5.

Así, en los elementos como las cunetas se deberán comprobar simultáneamente las siguientes condiciones:

La capacidad hidráulica, de los elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre para la sección llena sin entrada en carga debe ser mayor que el caudal de proyecto, Q_P .

$$Q_{CH} = \frac{J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_{max}}{n} \geq Q_P$$

Donde:

S_{max} : área de la cuneta sección llena (m^2)

R : radio hidráulico de la sección (m). $R=S/p$ (perímetro mojado)

J : pendiente de la línea de energía. Ya que el régimen puede considerarse uniforme, se considera la pendiente longitudinal de la cuneta.

n : coeficiente de rugosidad del material con el cual está formado la cuneta. Su valor se establece en la tabla 3.1 de la Norma 5.2.-IC y que para el presente proyecto se toma 0,015 (cuneta revestida de hormigón "in situ").

La velocidad media del agua para el caudal de proyecto, debe ser menor que la que produce daños en el elemento de drenaje superficial, en función de su material constitutivo.

$$V_P = \frac{Q_P}{V_P} \leq V_{max}$$

Donde:

Q_{CH} (m^3/s) Capacidad hidráulica del elemento de drenaje. Caudal en régimen uniforme en lámina libre para la sección llena calculado igualando las pérdidas de carga por rozamiento con las paredes y fondo del conducto a la pendiente longitudinal.

J (adimensional o m/m) Pendiente geométrica del elemento lineal.

S_{max} (m^2) Área de la sección transversal del conducto.

R_H (m) Radio hidráulico $RH= S/p$.

S (m^2) Área de la sección transversal ocupada por la corriente.

p (m) Perímetro mojado

n (s/m^{1/3}) Coeficiente de rugosidad de Manning, dependiente del tipo de material del elemento lineal. Salvo justificación en contrario, se deben tomar los valores de la tabla 3.1 de la Norma 5.2-I.C y que para el presente proyecto se toma 0,015 (cuneta revestida de hormigón in situ).

Q_P (m³/s) Caudal de proyecto del elemento de drenaje

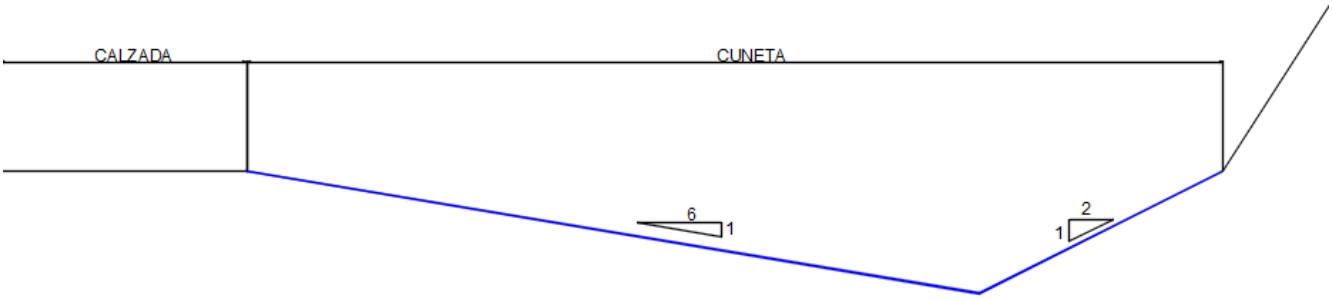
V_P (m/s) Velocidad media de la corriente para el caudal de proyecto

S_P (m²) Área de la sección transversal ocupada por la corriente para el caudal de proyecto

V_{max} (m/s) Velocidad máxima admisible en el elemento de drenaje transversal, dada por la tabla 3.2, en función del material del que está constituido y que para el hormigón toma valores entre 4,50y 600 m/s.

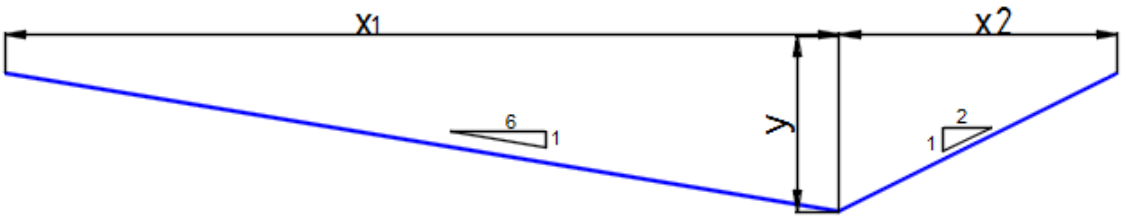
Además, se ha diseñado la cuneta con un resguardo mínimo de 5 cm de calado.

La geometría de la cuneta es triangular asimétrica con talud 6H/1V en el lado más cercano a la calzada y talud 2H/1V en lado contrario.



Para determinar el calado (y) que resultaría cuando el caudal del proyecto (Q_P) discorra por la cuneta se ha igualado este caudal con la formula de Manning-Stickler especificada anteriormente, siendo:

$$Q_P = \frac{J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_P}{n}$$



$$S_P = \frac{(x_1 \cdot y)}{2} + \frac{(x_2 \cdot y)}{2} = \frac{(6y \cdot y)}{2} + \frac{(2y \cdot y)}{2} = 4y^2$$

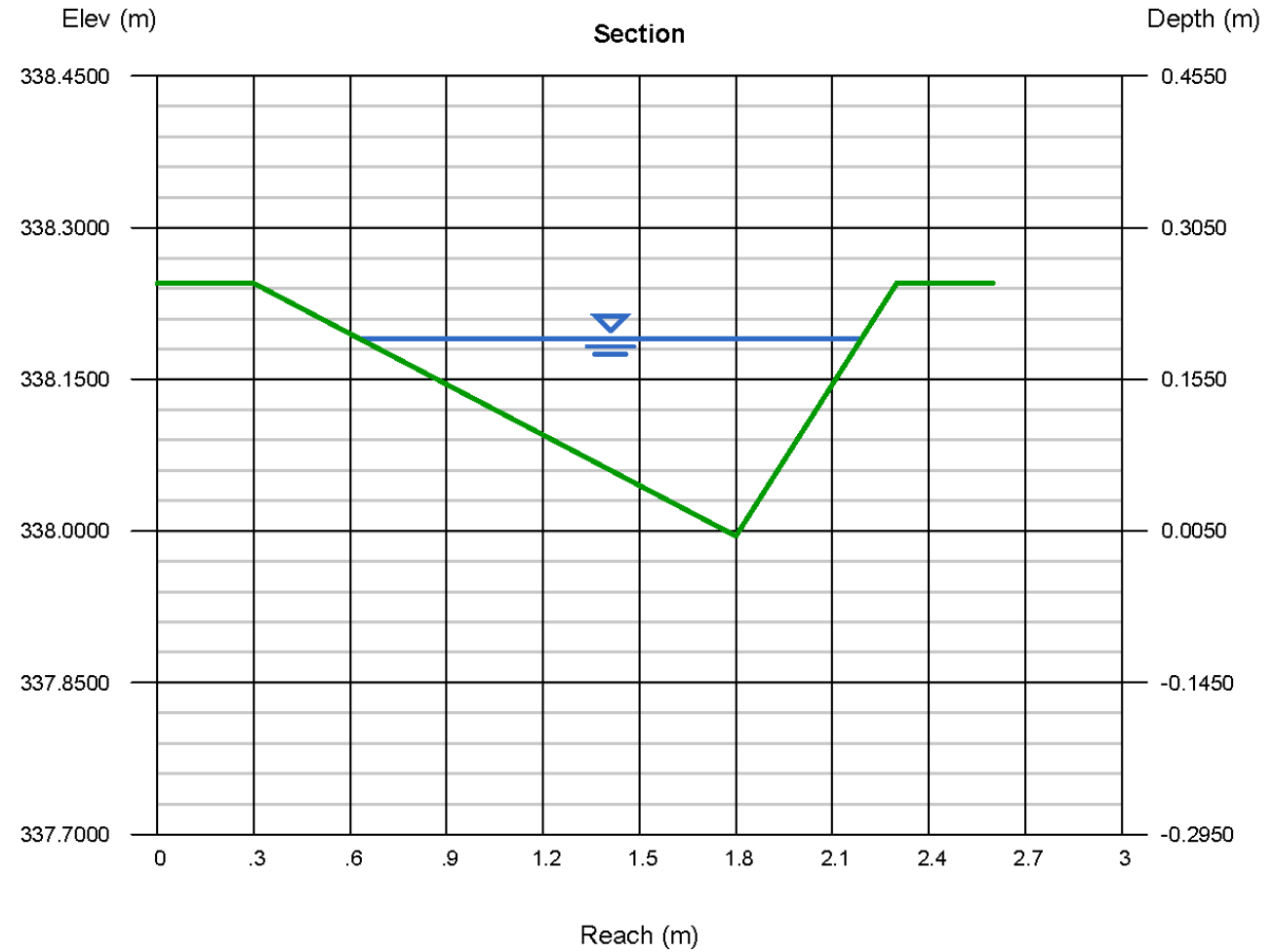
$$R_H = \frac{S_P}{P} = \frac{4y^2}{\sqrt{36y^2 + y^2} + \sqrt{4y^2 + y^2}}$$

Sustituyendo en esta ecuación se obtiene el calado que genera el caudal de proyecto, que tal y como se puede observar a continuación toma un valor de 0,1951, siendo el punto escogido para este cálculo el que tiene la menor pendiente (0,8 %).

Así, para el caudal de proyecto se alcanza un calado que permite mantener un resguardo de 5,50 cm, mayor del establecido por la Norma 5.2-I.C. Drenaje.

CUNETA ALMENDRAL

Triangular		Highlighted	
Side Slopes (z:1)	= 6.0000, 2.0000	Depth (m)	= 0.1951
Total Depth (m)	= 0.2500	Q (cms)	= 0.194
		Area (sqm)	= 0.1522
Invert Elev (m)	= 337.9950	Velocity (m/s)	= 1.2745
Slope (%)	= 0.8050	Wetted Perim (m)	= 1.6228
N-Value	= 0.014	Crit Depth, Yc (m)	= 0.2195
		Top Width (m)	= 1.5606
		EGL (m)	= 0.2779
Calculations			
Compute by:	Known Q		
Known Q (cms)	= 0.1940		



Además, se ha calculado el área de la cuneta a sección llena, observándose que se desagua un caudal total de 0,3901 m³/s, siendo este mayor incluso que el correspondiente a T=100 años (0,315 m³/s).

CUNETA ALMENDRAL

Triangular

Side Slopes (z:1) = 6.0000, 2.0000
Total Depth (m) = 0.2500

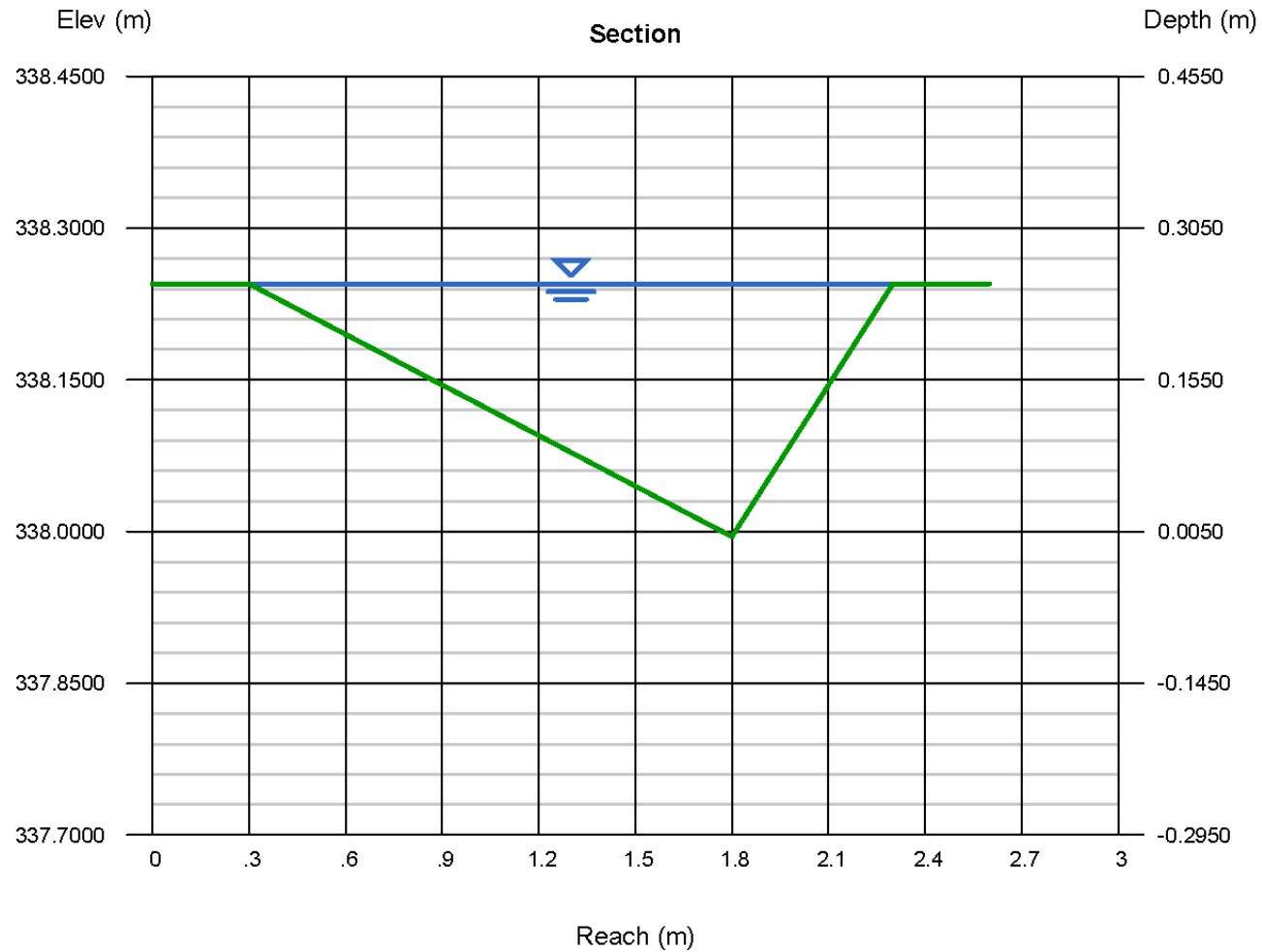
Invert Elev (m) = 337.9950
Slope (%) = 0.8050
N-Value = 0.014

Calculations

Compute by: Known Depth
Known Depth (m) = 0.2500

Highlighted

Depth (m) = 0.2500
Q (cms) = 0.3901
Area (sqm) = 0.2500
Velocity (m/s) = 1.5606
Wetted Perim (m) = 2.0797
Crit Depth, Yc (m) = 0.2500
Top Width (m) = 2.0000
EGL (m) = 0.3742



Por último se ha realizado la comparativa entre los distintos calados que generaría una subida progresiva del caudal, tal y como se muestra a continuación:

Depth (m)	Q (cms)	Area (sqm)	Veloc (m/s)	Wp (m)	Yc (m)	TopWidth (m)	Energy (m)
0.0250	0.001	0.002	0.3360	0.2080	0.0274	0.2000	0.0308
0.0500	0.005	0.010	0.5334	0.4159	0.0518	0.4000	0.0645
0.0750	0.016	0.022	0.6991	0.6239	0.0823	0.6000	0.0999
0.1000	0.034	0.040	0.8470	0.8319	0.1097	0.8000	0.1366
0.1250	0.061	0.062	0.9829	1.0399	0.1372	1.0000	0.1743
0.1500	0.100	0.090	1.1100	1.2478	0.1676	1.2000	0.2128
0.1750	0.151	0.123	1.2302	1.4558	0.1981	1.4000	0.2522
0.2000	0.215	0.160	1.3448	1.6638	0.2286	1.6000	0.2922
0.2250	0.295	0.202	1.4547	1.8717	0.2500	1.8000	0.3329
0.2500	0.390	0.250	1.5606	2.0797	0.2500	2.0000	0.3742

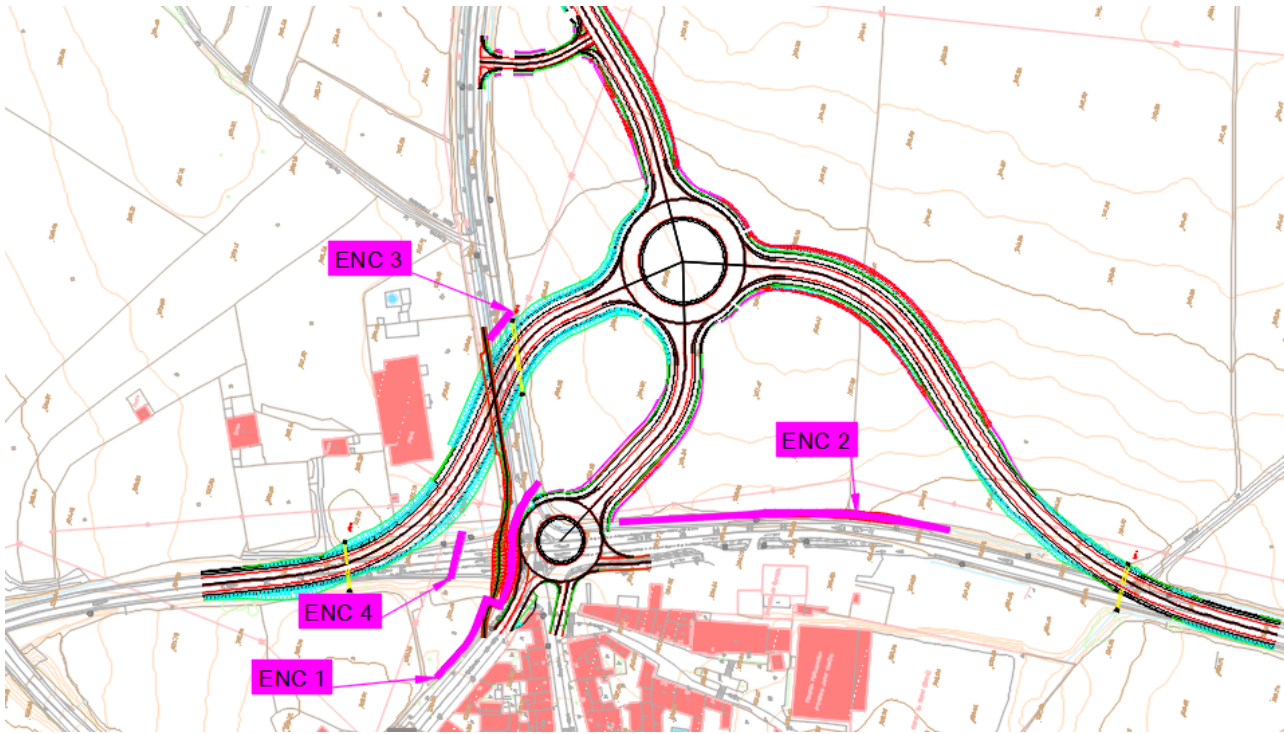
5.- ENCAUZAMIENTOS

En este apartado de la memoria se expone la solución dada a las cuencas que no generan obras de drenaje transversal ni son drenaje longitudinal propiamente dicho, pero que es necesario evacuar para que no afecten a los usuarios de la vía.

Así, se van a comprobar hidráulicamente los encauzamientos necesarios para completar el drenaje de las actuaciones proyectadas.

Se han diseñado un total de 4 encauzamientos, los cuales se resumen a continuación:

ENCAUZAMIENTO	DESCRIPCIÓN
ENC 1	Drena la cuenca 5 y la suma de las cuencas 2, 3 y 4 que atraviesan el Eje 2 (Ramal N-435 norte) a través de la ODT 3. Supone una demolición de la carretera existente.
ENC 2	Drena las cuencas 6 y 7 hasta la ODTE 3
ENC 3	Comunica la cuenca 3 con la cuenca 4, demoliendo la carretera existente.
ENC 4	Da salida al área que queda entre la carretera N-435 actual, y el Ramal N-435 Norte, demoliendo la carretera existente.



Para el diseño hidráulico de estos encauzamientos se ha obtenido el perfil longitudinal de cada uno de ellos (escogiendo el tramo más desfavorable) y el caudal que soportarían cada uno de ellos, obviándose el encauzamiento 4 por la poca área de aportación que tiene. Estos caudales, para T=100 años serían:

ENCAUZAMIENTO 1	Q T= 100 AÑOS (m³/s)	PENDIENTE (%)
ENC 1	0,486	0,50
ENC 2	0,242	0,52
ENC 3	0,090	2,25

A continuación, se adjunta la justificación hidráulica realizada con la fórmula de Manning-Stickler para situación más desfavorable (ENC 1).

Trapezoidal

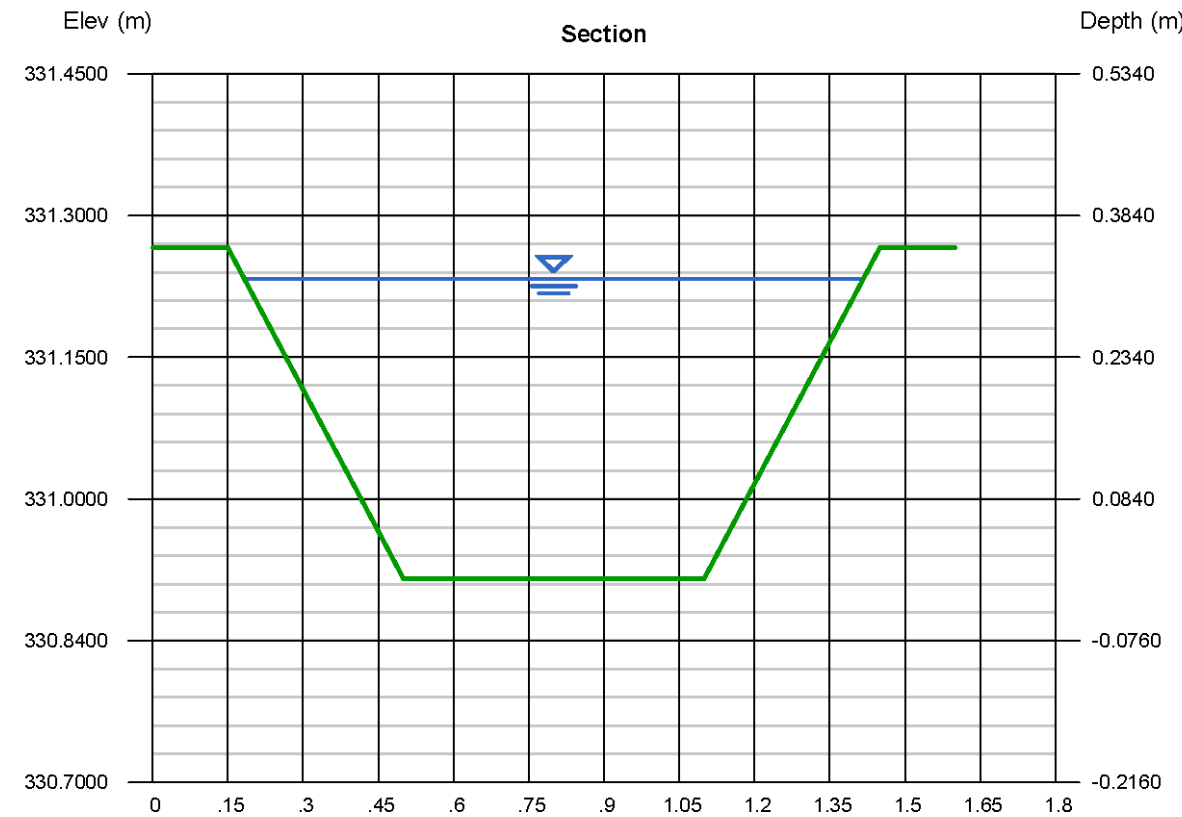
Bottom Width (m)	= 0.6000
Side Slopes (z:1)	= 1.0000, 1.0000
Total Depth (m)	= 0.3500
Invert Elev (m)	= 330.9160
Slope (%)	= 0.5000
N-Value	= 0.014

Calculations

Compute by:	Known Q
Known Q (cms)	= 0.4860

Highlighted

Depth (m)	= 0.3170
Q (cms)	= 0.4860
Area (sqm)	= 0.2907
Velocity (m/s)	= 1.6719
Wetted Perim (m)	= 1.4966
Crit Depth, Yc (m)	= 0.3353
Top Width (m)	= 1.2340
EGL (m)	= 0.4596



La sección proyectada es de tipo trapecial con una base menor de 0,60 metros de anchura y calado de 0,35 metros. Los taludes laterales serán 1H:1V y todo el encauzamiento irá revestido de una capa de hormigón en masa de 15 cm.

Esta sección soporta, a sección llena, un caudal de 0,5916 m³/s.

Trapezoidal

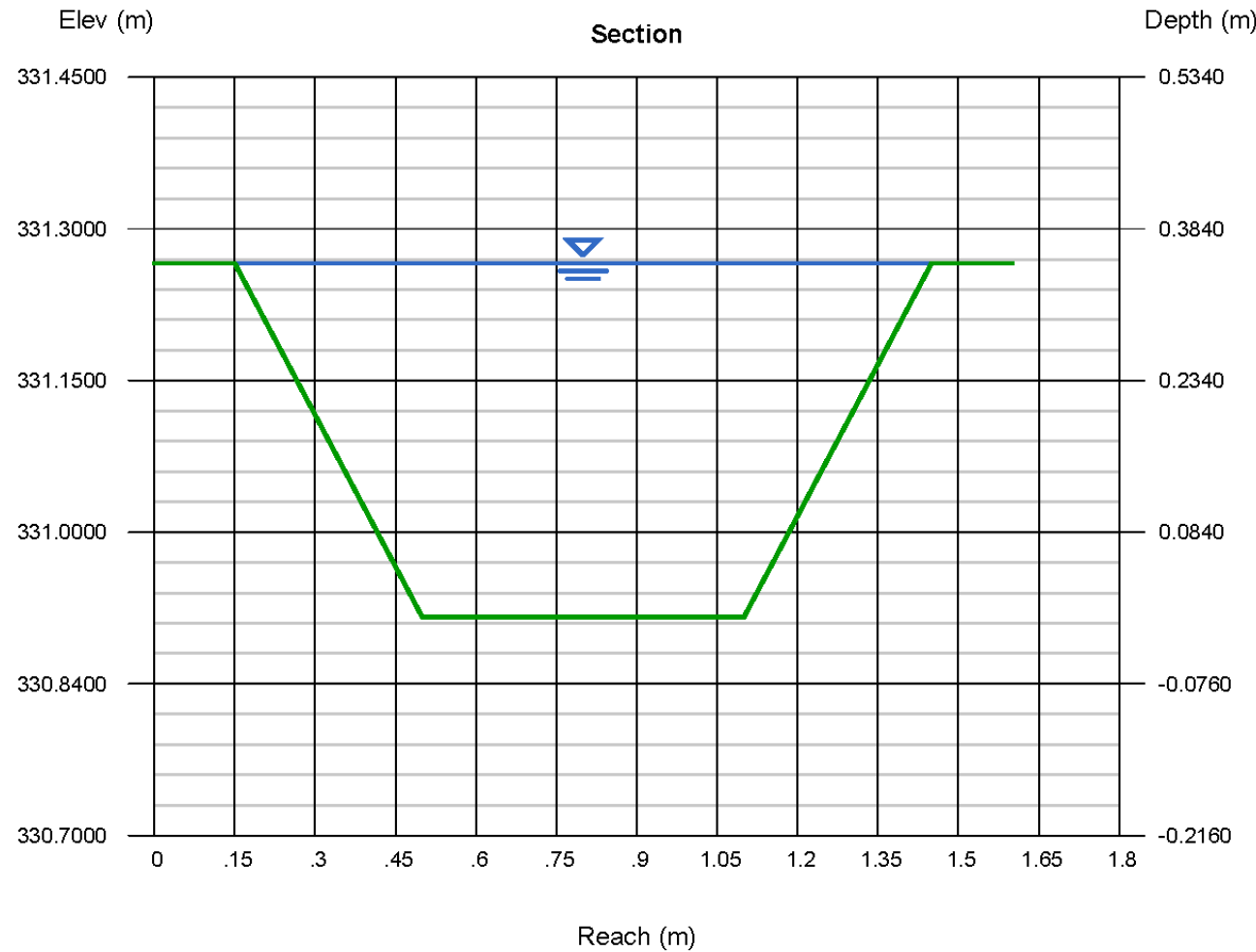
Bottom Width (m)	= 0.6000
Side Slopes (z:1)	= 1.0000, 1.0000
Total Depth (m)	= 0.3500
Invert Elev (m)	= 330.9160
Slope (%)	= 0.5000
N-Value	= 0.014

Highlighted

Depth (m)	= 0.3500
Q (cms)	= 0.5916
Area (sqm)	= 0.3325
Velocity (m/s)	= 1.7794
Wetted Perim (m)	= 1.5899
Crit Depth, Yc (m)	= 0.3500
Top Width (m)	= 1.3000
EGL (m)	= 0.5115

Calculations

Compute by:	Known Depth
Known Depth (m)	= 0.3500



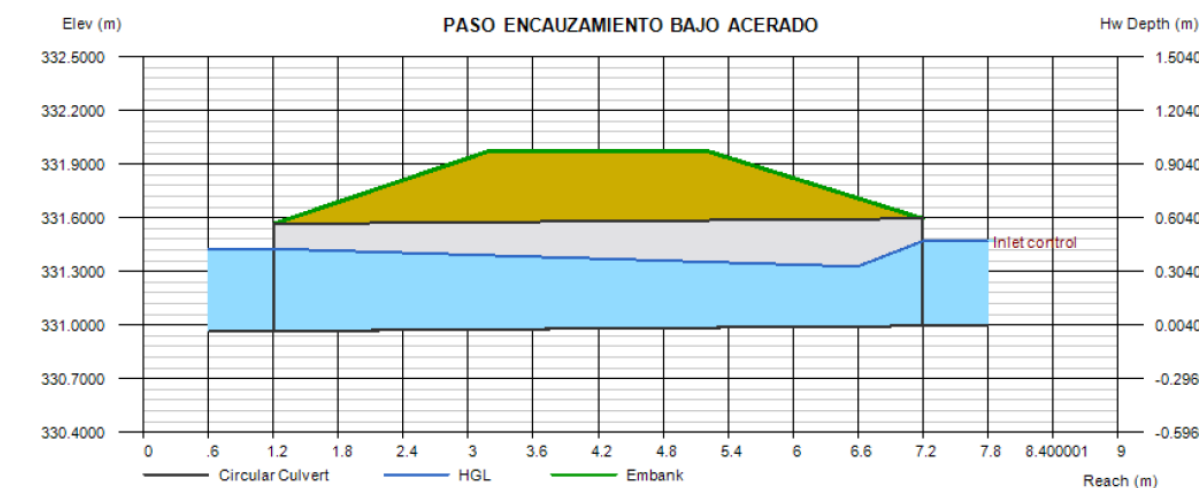
Para dar continuidad al Encauzamiento 1 bajo el acerado que bordea la glorieta se dispondrá una obra de paso bajo este vial.

Esta obra de paso se proyecta compuesta por dos tubos de hormigón armado de 600 mm de diámetro para evacuar el máximo caudal soportado por el encauzamiento (0,486 m³/s).

A continuación, se adjuntan los cálculos hidráulicos de esta obra de drenaje doble.

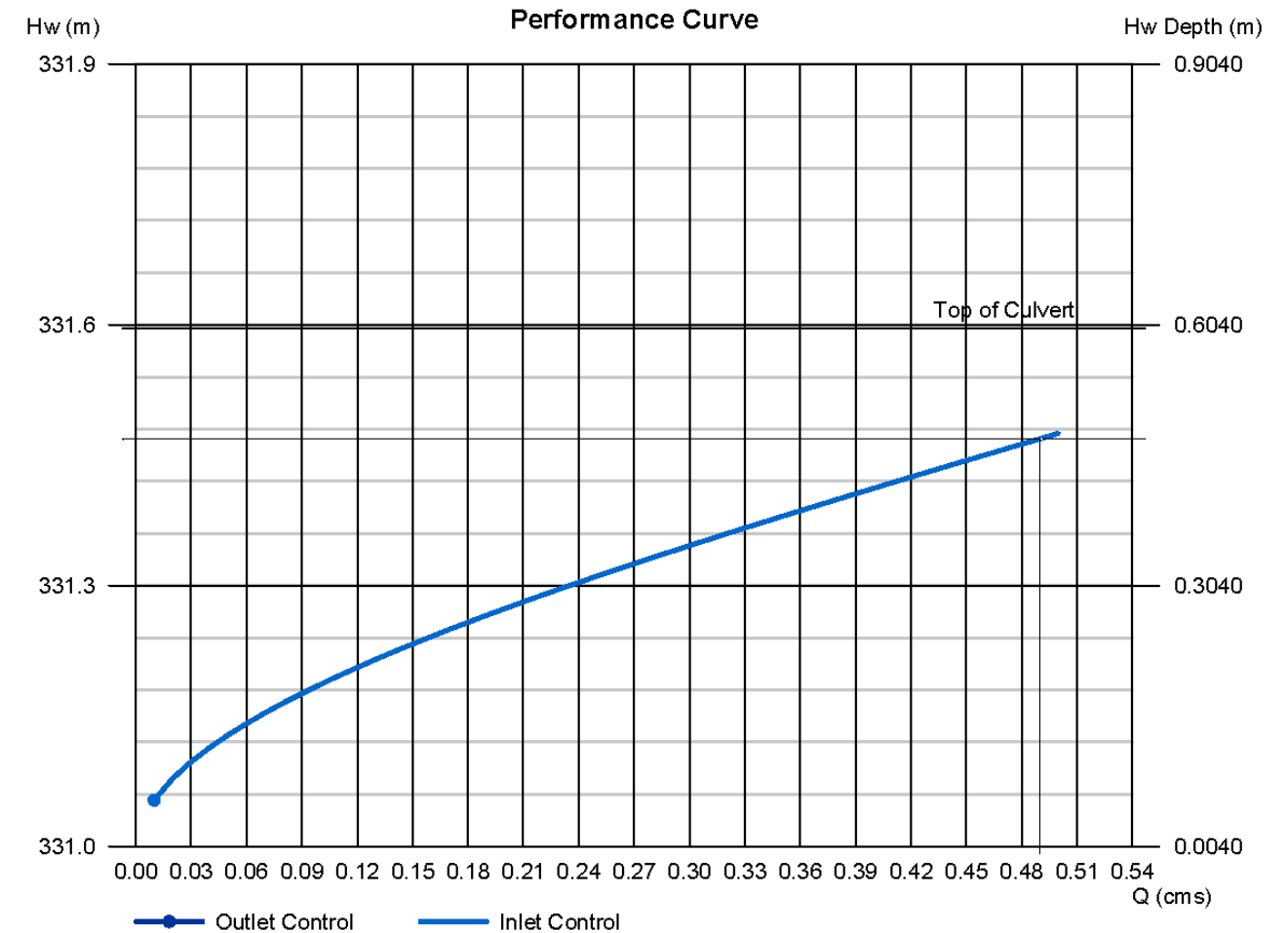
PASO ENCAUZAMIENTO BAJO ACERADO

Invert Elev Dn (m)	= 330.9660	Calculations	
Pipe Length (m)	= 6.0000	Qmin (cms)	= 0.0100
Slope (%)	= 0.4998	Qmax (cms)	= 0.5000
Invert Elev Up (m)	= 330.9960	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 600.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 600.0	Qtotat (cms)	= 0.4900
No. Barrels	= 2	Qpipe (cms)	= 0.4900
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Veloc Dn (m/s)	= 1.0521
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Up (m/s)	= 1.5911
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	HGL Dn (m)	= 331.4265
		HGL Up (m)	= 331.3170
		Hw Elev (m)	= 331.4688
		Hw/D (m)	= 0.7880
		Flow Regime	= Inlet Control
Embankment			
Top Elevation (m)	= 331.9750		
Top Width (m)	= 2.0000		
Crest Width (m)	= 10.0000		

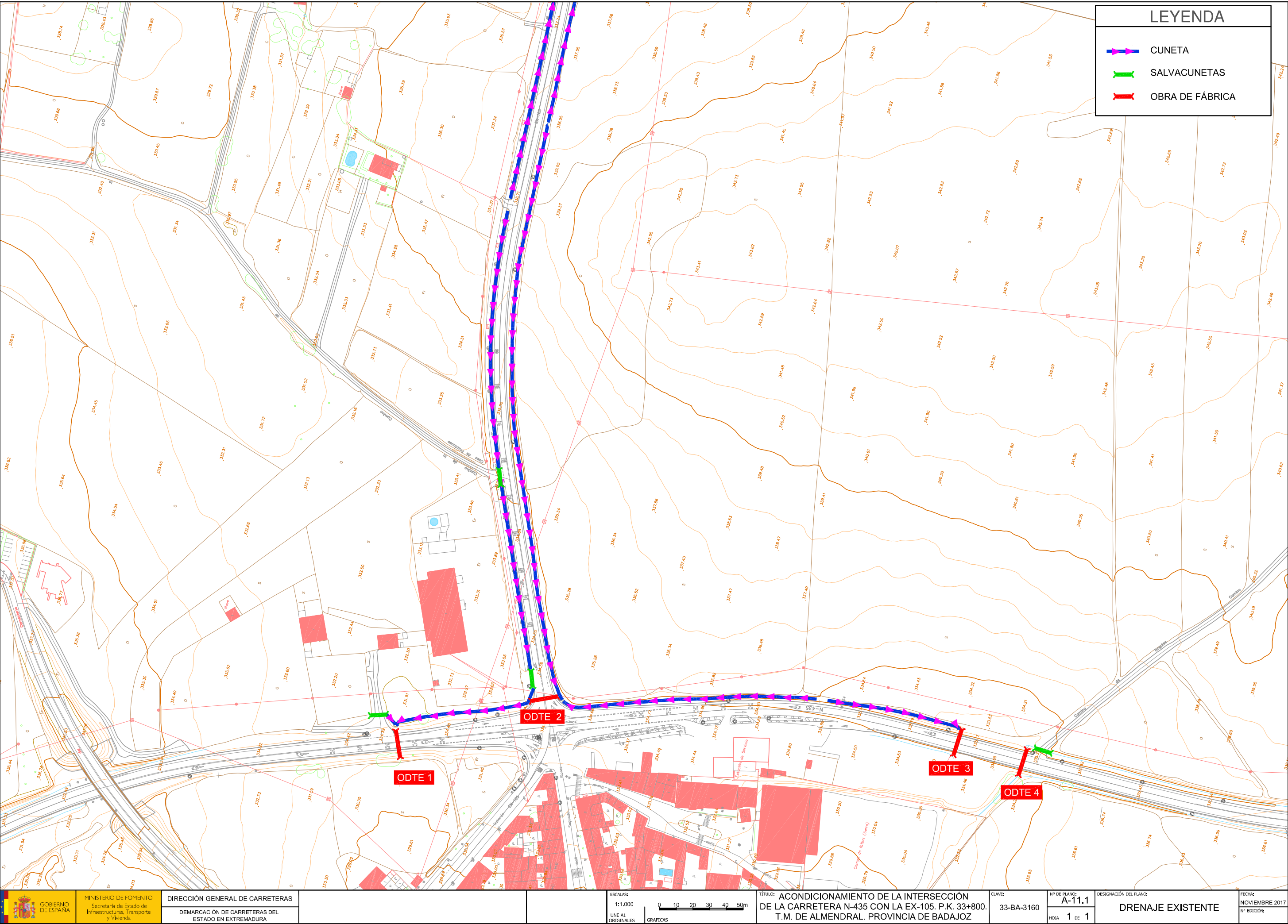


PASO ENCAUZAMIENTO BAJO ACERADO

Invert Elev Dn (m)	= 330.9660	Calculations	
Pipe Length (m)	= 6.0000	Qmin (cms)	= 0.0100
Slope (%)	= 0.4998	Qmax (cms)	= 0.5000
Invert Elev Up (m)	= 330.9960	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 600.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 600.0	Qtotat (cms)	= 0.4900
No. Barrels	= 2	Qpipe (cms)	= 0.4900
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Veloc Dn (m/s)	= 1.0521
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Up (m/s)	= 1.5911
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	HGL Dn (m)	= 331.4265
		HGL Up (m)	= 331.3170
		Hw Elev (m)	= 331.4688
		Hw/D (m)	= 0.7880
		Flow Regime	= Inlet Control
Embankment			
Top Elevation (m)	= 331.9750		
Top Width (m)	= 2.0000		
Crest Width (m)	= 10.0000		



6.- APÉNDICE Nº 1. PLANO DEL DRENAJE EXISTENTE



LEYENDA

CUNETA

SALVACUNETAS

OBRA DE FÁBRICA

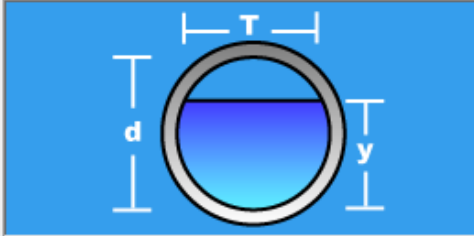
7.- APÉNDICE Nº 2. PREDIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

ODT 1

Lugar:	ALMENDRAL	Proyecto:	GLORIETA N-435 - EX-105
Tramo:	ODT 1	Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	0.315	m3/s
Diámetro (d):	1	m
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.005	m/m



Resultados:

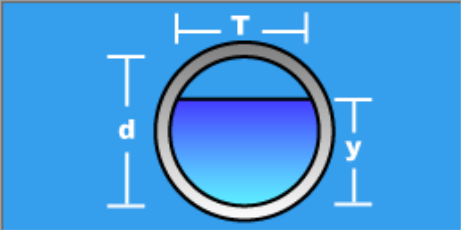
Tirante normal (y):	0.3034	m	Perímetro mojado (p):	1.1666	m
Área hidráulica (A):	0.2013	m2	Radio hidráulico (R):	0.1725	m
Espejo de agua (T):	0.9194	m	Velocidad (v):	1.5652	m/s
Número de Froude (F):	1.0681		Energía específica (E):	0.4282	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

ODT 3

Lugar:	ALMENDRAL	Proyecto:	GLORIETA N-435 - EX-105
Tramo:	ODT 3	Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	0.248	m3/s
Diámetro (d):	1.2	m
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.0015	m/m



Resultados:

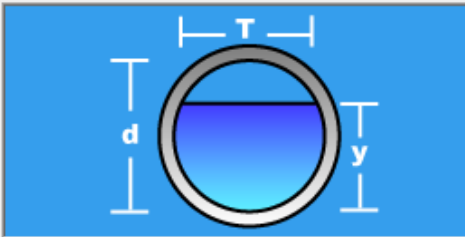
Tirante normal (y):	0.3416	m	Perímetro mojado (p):	1.3507	m
Área hidráulica (A):	0.2653	m2	Radio hidráulico (R):	0.1964	m
Espejo de agua (T):	1.0830	m	Velocidad (v):	0.9348	m/s
Número de Froude (F):	0.6030		Energía específica (E):	0.3862	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

ODT 2

Lugar:	ALMENDRAL	Proyecto:	GLORIETA N-435 - EX-105
Tramo:	ODT 2	Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	0.779	m3/s
Diámetro (d):	1.2	m
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.0080	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.4007	m	Perímetro mojado (p):	1.4787	m
Área hidráulica (A):	0.3308	m2	Radio hidráulico (R):	0.2237	m
Espejo de agua (T):	1.1319	m	Velocidad (v):	2.3546	m/s
Número de Froude (F):	1.3905		Energía específica (E):	0.6833	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

8.- APÉNDICE Nº 3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

ODT 1

ODT 1 T=100 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 332.8831
Pipe Length (m)	= 16.8000
Slope (%)	= 0.5001
Invert Elev Up (m)	= 332.9671
Rise (mm)	= 1000.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 1000.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5

Embankment

Top Elevation (m)	= 335.4820
Top Width (m)	= 12.6000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations

Qmin (cms)	= 0.0500
Qmax (cms)	= 0.6000
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2

Highlighted

Qtotal (cms)	= 0.3200
Qpipe (cms)	= 0.3200
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 0.5838
Veloc Up (m/s)	= 1.5010
HGL Dn (m)	= 333.5412
HGL Up (m)	= 333.2834
Hw Elev (m)	= 333.4011
Hw/D (m)	= 0.4340
Flow Regime	= Inlet Control

Invert Elev Dn (m)	= 332.8830
Pipe Length (m)	= 16.5000
Slope (%)	= 1.0001
Invert Elev Up (m)	= 333.0480
Rise (mm)	= 800.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 800.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5

Embankment

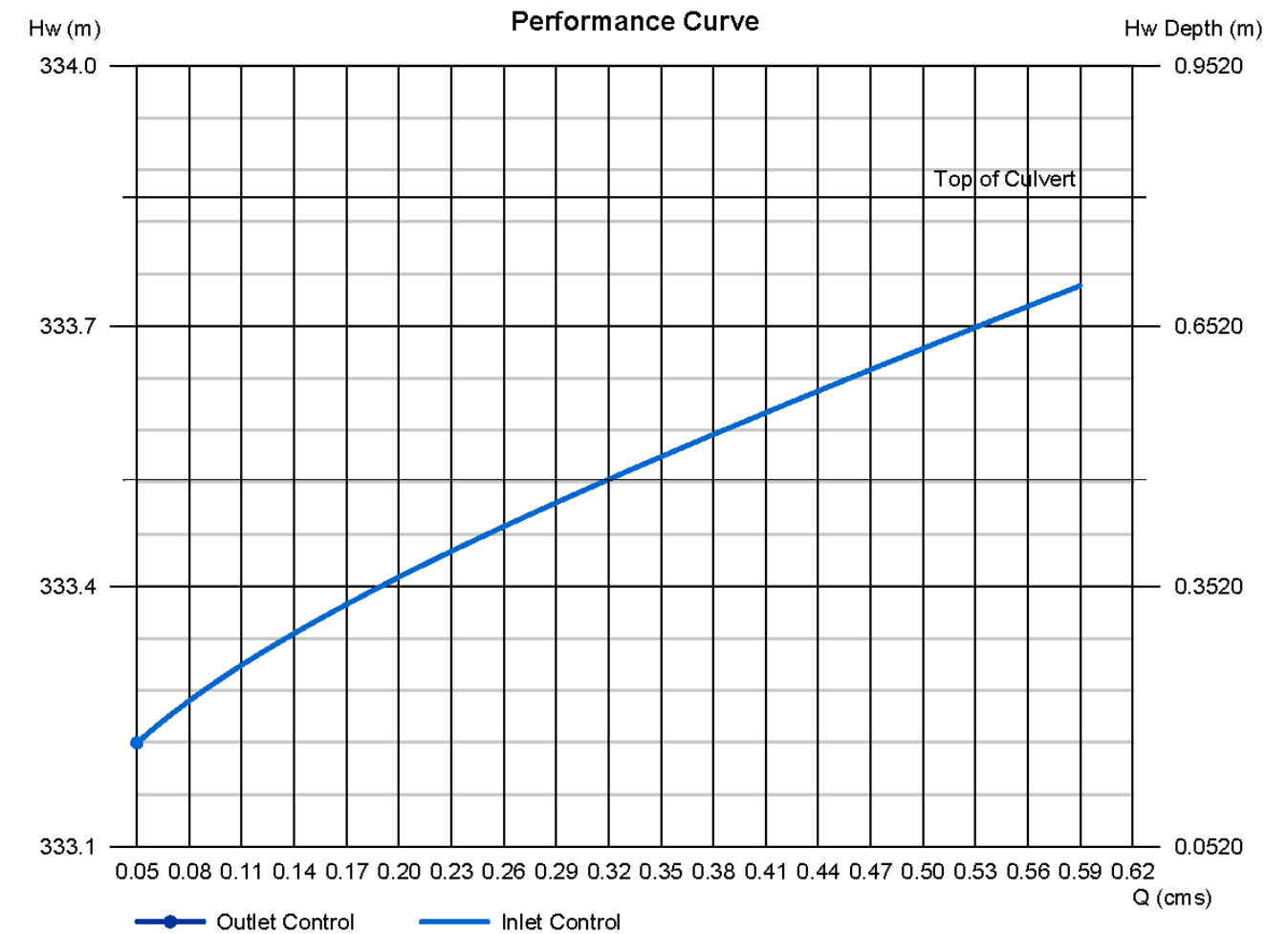
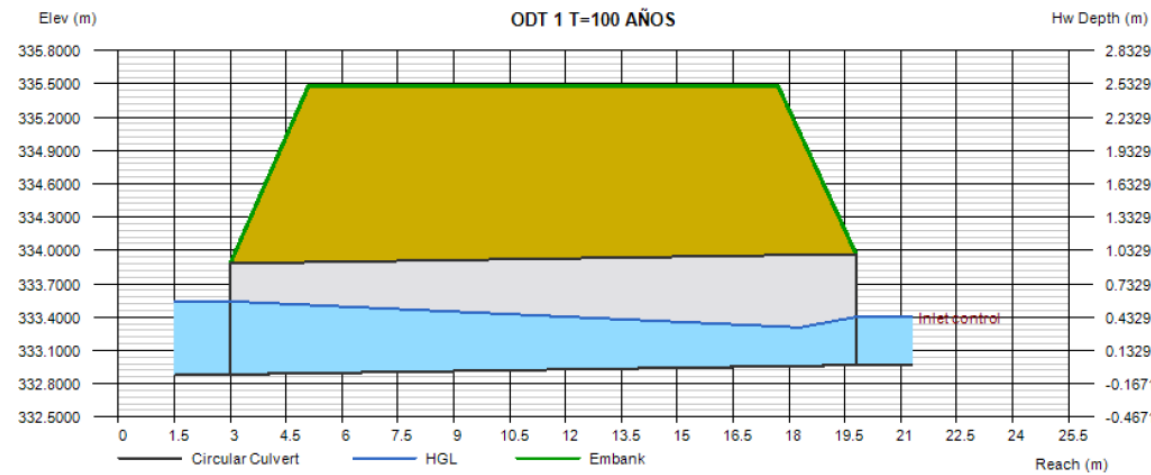
Top Elevation (m)	= 335.4820
Top Width (m)	= 12.6000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations

Qmin (cms)	= 0.0500
Qmax (cms)	= 0.6000
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2

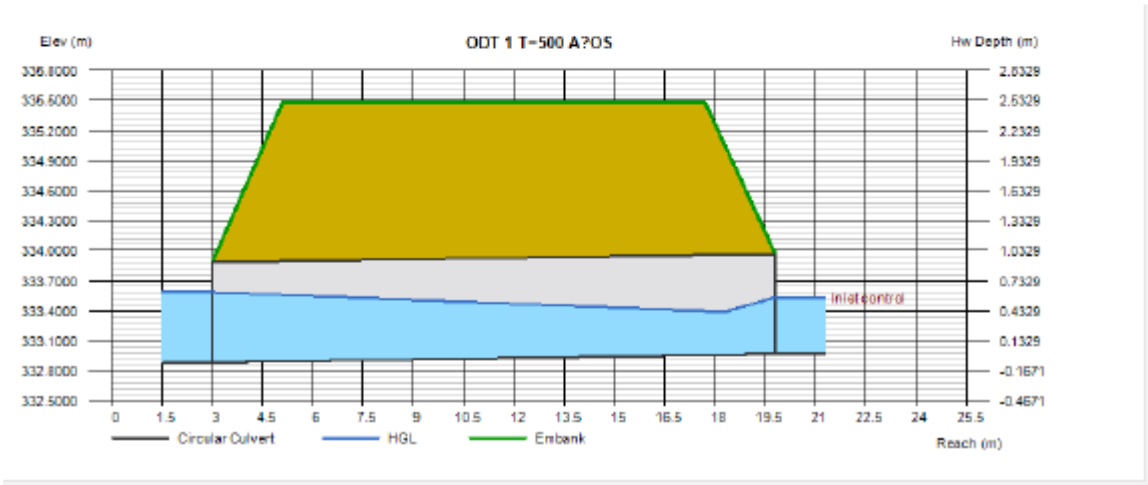
Highlighted

Qtotal (cms)	= 0.3200
Qpipe (cms)	= 0.3200
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 0.8369
Veloc Up (m/s)	= 1.5852
HGL Dn (m)	= 333.4519
HGL Up (m)	= 333.3859
Hw Elev (m)	= 333.5231
Hw/D (m)	= 0.5939
Flow Regime	= Inlet Control



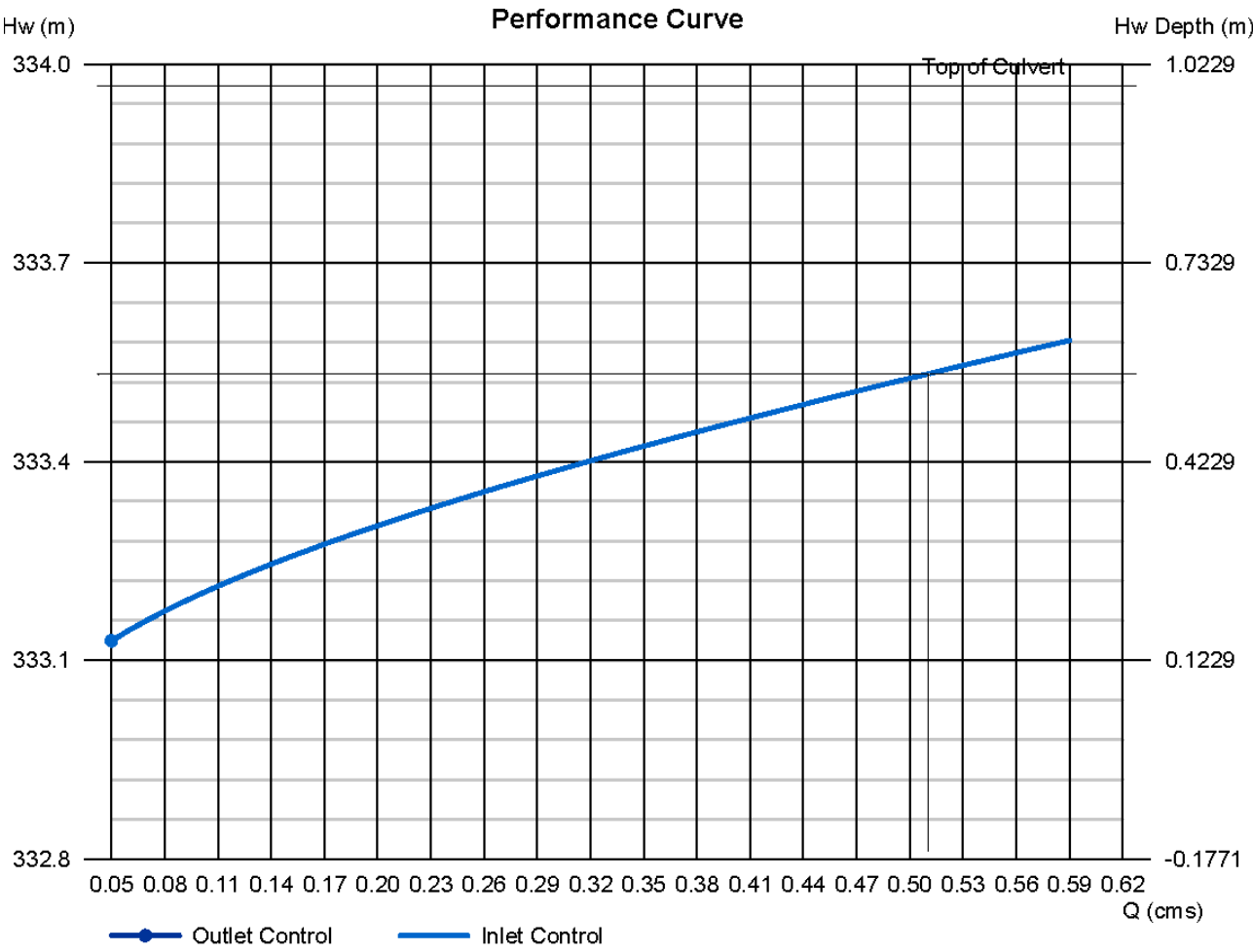
ODT 1 T=500 A?OS

Invert Elev Dn (m)	= 332.8831	Calculations	
Pipe Length (m)	= 16.8000	Qmin (cms)	= 0.0500
Slope (%)	= 0.5001	Qmax (cms)	= 0.6000
Invert Elev Up (m)	= 332.9671	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 1000.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 1000.0	Qtotat (cms)	= 0.5100
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.5100
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Veloc Dn (m/s)	= 0.8667
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Up (m/s)	= 1.7227
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	HGL Dn (m)	= 333.5844
		HGL Up (m)	= 333.3698
Embankment		Hw Elev (m)	= 333.5323
Top Elevation (m)	= 335.4820	Hw/D (m)	= 0.5652
Top Width (m)	= 12.6000	Flow Regime	= Inlet Control
Crest Width (m)	= 10.0000		



ODT 1 T=500 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 332.8831	Calculations	
Pipe Length (m)	= 16.8000	Qmin (cms)	= 0.0500
Slope (%)	= 0.5001	Qmax (cms)	= 0.6000
Invert Elev Up (m)	= 332.9671	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 1000.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 1000.0	Qtotat (cms)	= 0.5100
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.5100
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Veloc Dn (m/s)	= 0.8667
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Up (m/s)	= 1.7227
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	HGL Dn (m)	= 333.5844
		HGL Up (m)	= 333.3698
Embankment		Hw Elev (m)	= 333.5323
Top Elevation (m)	= 335.4820	Hw/D (m)	= 0.5652
Top Width (m)	= 12.6000	Flow Regime	= Inlet Control
Crest Width (m)	= 10.0000		



Q			Veloc		Depth		HGL	HGL		
Total	Pipe	Over	Dn	Up	Dn	Up	Dn	Up	Hw	Hw/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
0.0500	0.0500	0.0000	0.1102	0.9075	561.3052	122.6344	333.4444	333.0898	333.1294	0.1623
0.0600	0.0600	0.0000	0.1305	0.9534	567.1468	134.3174	333.4502	333.1014	333.1455	0.1784
0.0700	0.0700	0.0000	0.1505	0.9911	572.7278	145.4423	333.4558	333.1125	333.1604	0.1933
0.0800	0.0800	0.0000	0.1701	1.0267	577.8252	155.5998	333.4609	333.1227	333.1743	0.2072
0.0900	0.0900	0.0000	0.1895	1.0598	582.5877	165.1620	333.4657	333.1323	333.1875	0.2204
0.1000	0.1000	0.0000	0.2086	1.0907	587.0897	174.1661	333.4702	333.1413	333.2000	0.2329
0.1100	0.1100	0.0000	0.2274	1.1176	591.4802	182.9842	333.4746	333.1501	333.2119	0.2448
0.1200	0.1200	0.0000	0.2461	1.1449	595.5729	191.1697	333.4787	333.1583	333.2234	0.2563
0.1300	0.1300	0.0000	0.2644	1.1702	599.5541	199.0948	333.4826	333.1662	333.2344	0.2673
0.1400	0.1400	0.0000	0.2827	1.1941	603.3492	206.7223	333.4865	333.1738	333.2451	0.2780
0.1500	0.1500	0.0000	0.3006	1.2156	607.1443	214.2753	333.4902	333.1814	333.2554	0.2883
0.1600	0.1600	0.0000	0.3184	1.2369	610.7534	221.4935	333.4938	333.1886	333.2655	0.2984
0.1700	0.1700	0.0000	0.3360	1.2582	614.1765	228.3768	333.4973	333.1955	333.2752	0.3081
0.1800	0.1800	0.0000	0.3535	1.2784	617.5623	235.1484	333.5006	333.2022	333.2848	0.3177
0.1900	0.1900	0.0000	0.3708	1.2975	620.8737	241.7341	333.5040	333.2088	333.2941	0.3270
0.2000	0.2000	0.0000	0.3880	1.3159	624.1107	248.2081	333.5072	333.2153	333.3032	0.3361
0.2100	0.2100	0.0000	0.4050	1.3338	627.2361	254.4961	333.5103	333.2216	333.3121	0.3450
0.2200	0.2200	0.0000	0.4219	1.3514	630.2871	260.5981	333.5134	333.2277	333.3209	0.3538
0.2300	0.2300	0.0000	0.4385	1.3672	633.3753	266.7744	333.5165	333.2339	333.3295	0.3624
0.2400	0.2400	0.0000	0.4552	1.3845	636.2774	272.5415	333.5194	333.2397	333.3379	0.3708
0.2500	0.2500	0.0000	0.4716	1.4003	639.1796	278.3458	333.5223	333.2455	333.3462	0.3791
0.2600	0.2600	0.0000	0.4879	1.4146	642.0817	284.1873	333.5252	333.2513	333.3544	0.3873
0.2700	0.2700	0.0000	0.5042	1.4308	644.7979	289.6195	333.5279	333.2567	333.3625	0.3954
0.2800	0.2800	0.0000	0.5204	1.4458	647.5511	295.0890	333.5306	333.2622	333.3704	0.4033
0.2900	0.2900	0.0000	0.5364	1.4596	650.2673	300.5584	333.5334	333.2677	333.3782	0.4111
0.3000	0.3000	0.0000	0.5523	1.4739	652.9090	305.8418	333.5360	333.2729	333.3860	0.4189
0.3100	0.3100	0.0000	0.5680	1.4872	655.5879	311.1624	333.5387	333.2783	333.3936	0.4265
0.3200	0.3200	0.0000	0.5838	1.5010	658.1180	316.2598	333.5412	333.2834	333.4011	0.4340
0.3300	0.3300	0.0000	0.5995	1.5155	660.5736	321.1711	333.5437	333.2883	333.4086	0.4415
0.3400	0.3400	0.0000	0.6149	1.5277	663.1409	326.3057	333.5462	333.2934	333.4160	0.4489
0.3500	0.3500	0.0000	0.6303	1.5405	665.6338	331.2170	333.5487	333.2983	333.4232	0.4561
0.3600	0.3600	0.0000	0.6458	1.5541	667.9778	335.9423	333.5511	333.3030	333.4305	0.4634
0.3700	0.3700	0.0000	0.6609	1.5655	670.4707	340.9280	333.5536	333.3080	333.4377	0.4706
0.3800	0.3800	0.0000	0.6761	1.5777	672.8148	345.6533	333.5559	333.3127	333.4448	0.4777
0.3900	0.3900	0.0000	0.6913	1.5908	675.0844	350.1926	333.5582	333.3173	333.4518	0.4847

Q			Veloc		Depth		HGL	HGL		
Total	Pipe	Over	Dn	Up	Dn	Up	Dn	Up	Hw	Hw/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
0.4000	0.4000	0.0000	0.7063	1.6017	677.4656	354.9551	333.5605	333.3221	333.4588	0.4917
0.4100	0.4100	0.0000	0.7212	1.6136	679.7725	359.5315	333.5629	333.3266	333.4657	0.4986
0.4200	0.4200	0.0000	0.7360	1.6249	682.0421	364.0708	333.5651	333.3312	333.4726	0.5055
0.4300	0.4300	0.0000	0.7509	1.6371	684.2001	368.4240	333.5673	333.3355	333.4794	0.5123
0.4400	0.4400	0.0000	0.7655	1.6474	686.5069	373.0005	333.5696	333.3401	333.4861	0.5190
0.4500	0.4500	0.0000	0.7802	1.6586	688.6649	377.3537	333.5717	333.3445	333.4928	0.5257
0.4600	0.4600	0.0000	0.7947	1.6694	690.8602	381.7441	333.5739	333.3488	333.4995	0.5324
0.4700	0.4700	0.0000	0.8093	1.6812	692.9437	385.8741	333.5760	333.3530	333.5062	0.5391
0.4800	0.4800	0.0000	0.8237	1.6911	695.1390	390.2646	333.5782	333.3574	333.5128	0.5457
0.4900	0.4900	0.0000	0.8381	1.7020	697.1854	394.3945	333.5803	333.3615	333.5193	0.5522
0.5000	0.5000	0.0000	0.8524	1.7126	699.2689	398.5617	333.5824	333.3657	333.5258	0.5587
0.5100	0.5100	0.0000	0.8667	1.7227	701.3525	402.7289	333.5844	333.3698	333.5323	0.5652
0.5200	0.5200	0.0000	0.8809	1.7339	703.3245	406.6357	333.5864	333.3737	333.5387	0.5716
0.5300	0.5300	0.0000	0.8950	1.7434	705.4081	410.8400	333.5885	333.3779	333.5451	0.5780
0.5400	0.5400	0.0000	0.9091	1.7539	707.3801	414.7840	333.5905	333.3819	333.5515	0.5844
0.5500	0.5500	0.0000	0.9232	1.7641	709.3521	418.7279	333.5924	333.3858	333.5578	0.5907
0.5600	0.5600	0.0000	0.9372	1.7740	711.3240	422.6719	333.5944	333.3898	333.5641	0.5970
0.5700	0.5700	0.0000	0.9510	1.7836	713.2960	426.6158	333.5964	333.3937	333.5704	0.6033
0.5800	0.5800	0.0000	0.9649	1.7929	715.2679	430.5598	333.5984	333.3977	333.5767	0.6096
0.5900	0.5900	0.0000	0.9786	1.8020	717.2772	434.5409	333.6004	333.4016	333.5829	0.6158

ODT 2

ODT2 CAUDAL MAXIMO

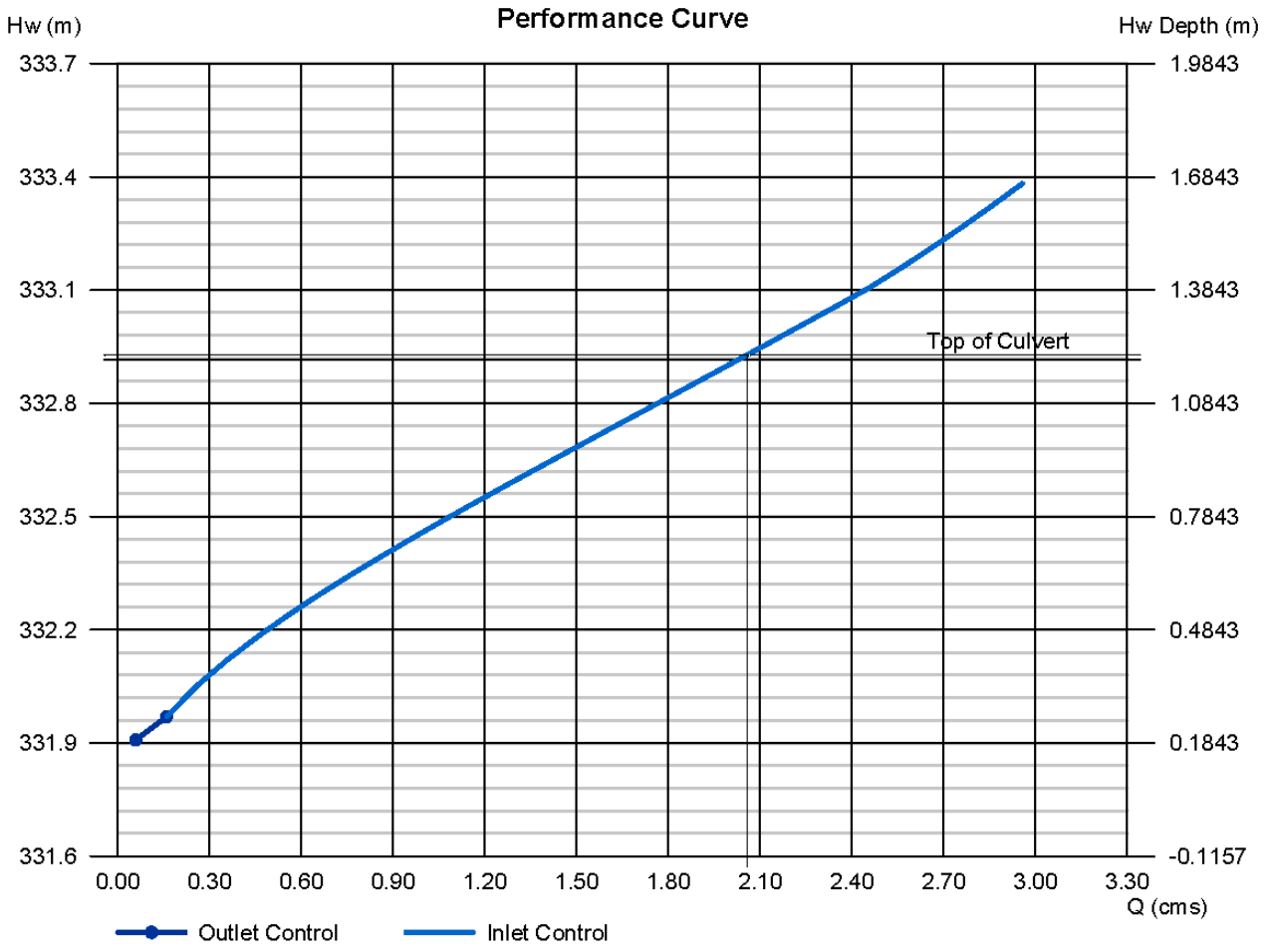
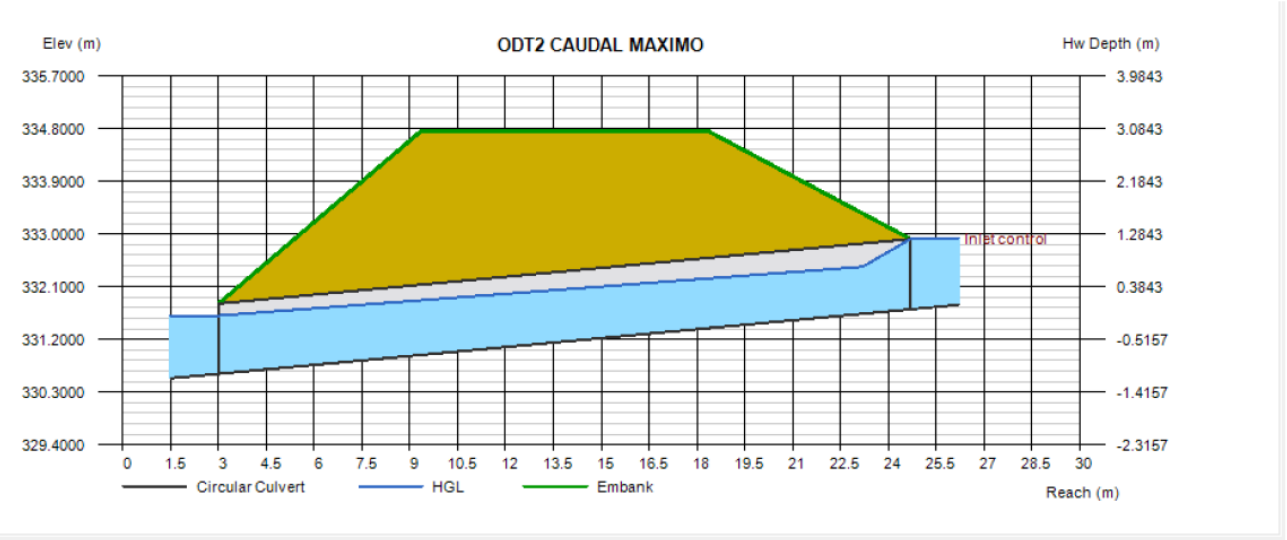
Invert Elev Dn (m)	= 330.6133
Pipe Length (m)	= 21.7000
Slope (%)	= 5.0800
Invert Elev Up (m)	= 331.7157
Rise (mm)	= 1200.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 1200.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5

Embankment	
Top Elevation (m)	= 334.7600
Top Width (m)	= 9.0000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations	
Qmin (cms)	= 0.0590
Qmax (cms)	= 3.0000
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Highlighted	
Qtotal (cms)	= 2.0590
Qpipe (cms)	= 2.0590
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 2.0545
Veloc Up (m/s)	= 2.6109
HGL Dn (m)	= 331.6078
HGL Up (m)	= 332.5048
Hw Elev (m)	= 332.9286
Hw/D (m)	= 1.0108
Flow Regime	= Inlet Control

Invert Elev Dn (m)	= 330.6133
Pipe Length (m)	= 21.7000
Slope (%)	= 5.0800
Invert Elev Up (m)	= 331.7157
Rise (mm)	= 1200.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 1200.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5
Embankment	
Top Elevation (m)	= 334.7600
Top Width (m)	= 9.0000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations	
Qmin (cms)	= 0.0590
Qmax (cms)	= 3.0000
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Highlighted	
Qtotal (cms)	= 2.0590
Qpipe (cms)	= 2.0590
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 2.0545
Veloc Up (m/s)	= 2.6109
HGL Dn (m)	= 331.6078
HGL Up (m)	= 332.5048
Hw Elev (m)	= 332.9286
Hw/D (m)	= 1.0108
Flow Regime	= Inlet Control



ODT 3

ODT 3 T=100 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.7869
Pipe Length (m)	= 32.0000
Slope (%)	= 0.1500
Invert Elev Up (m)	= 333.8349
Rise (mm)	= 1200.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 1200.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5

Embankment

Top Elevation (m)	= 337.4030
Top Width (m)	= 23.0000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations

Qmin (cms)	= 0.0700
Qmax (cms)	= 0.3500
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2

Highlighted

Qtotal (cms)	= 0.2500
Qpipe (cms)	= 0.2500
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 0.3458
Veloc Up (m/s)	= 1.3511
HGL Dn (m)	= 334.5192
HGL Up (m)	= 334.0994
Hw Elev (m)	= 334.1932
Hw/D (m)	= 0.2986
Flow Regime	= Inlet Control

ODT 3 T=100 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.7869
Pipe Length (m)	= 32.0000
Slope (%)	= 0.1500
Invert Elev Up (m)	= 333.8349
Rise (mm)	= 1200.0
Shape	= Circular
Span (mm)	= 1200.0
No. Barrels	= 1
n-Value	= 0.014
Culvert Type	= Circular Concrete
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5

Embankment

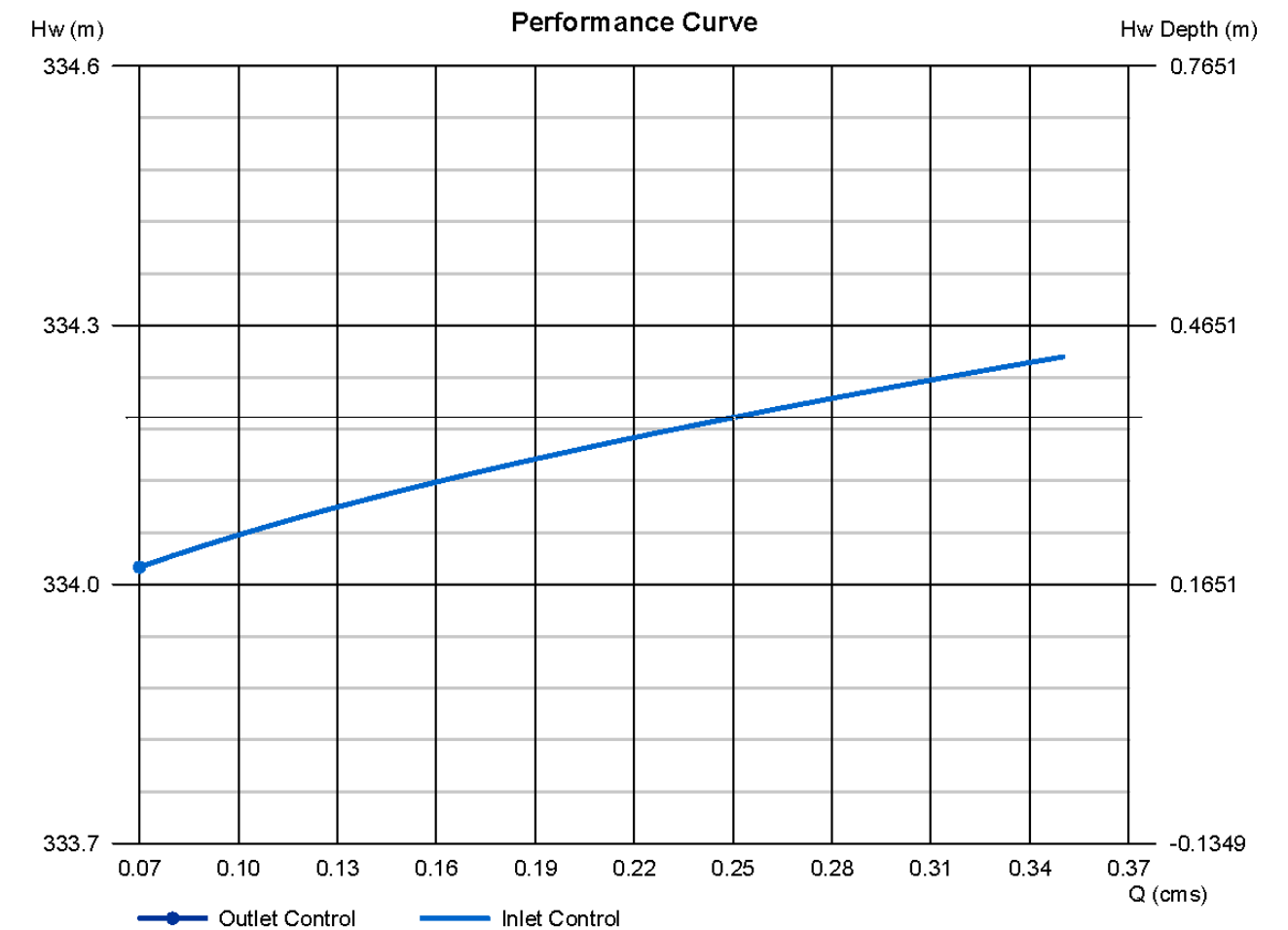
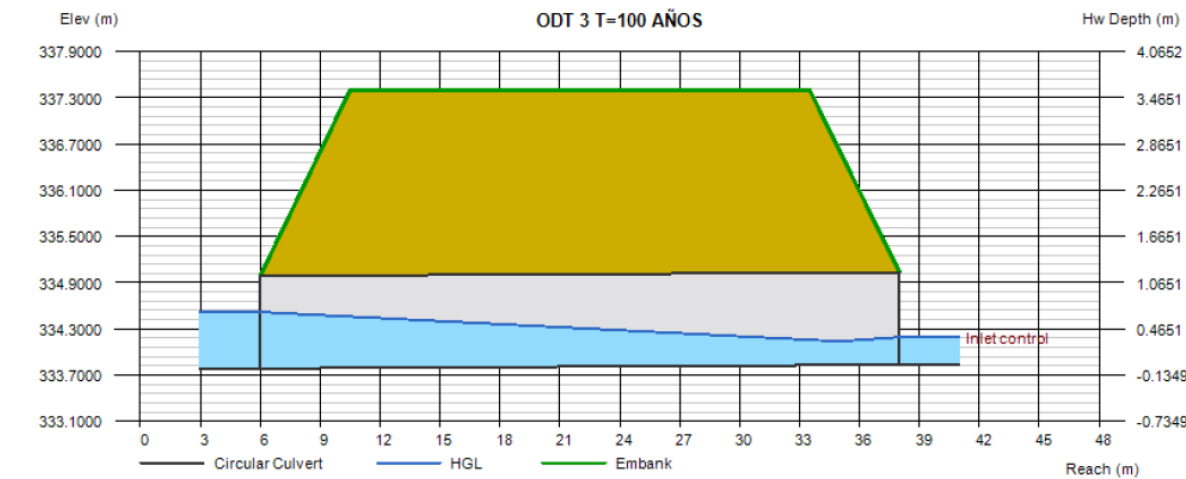
Top Elevation (m)	= 337.4030
Top Width (m)	= 23.0000
Crest Width (m)	= 10.0000

Calculations

Qmin (cms)	= 0.0700
Qmax (cms)	= 0.3500
Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2

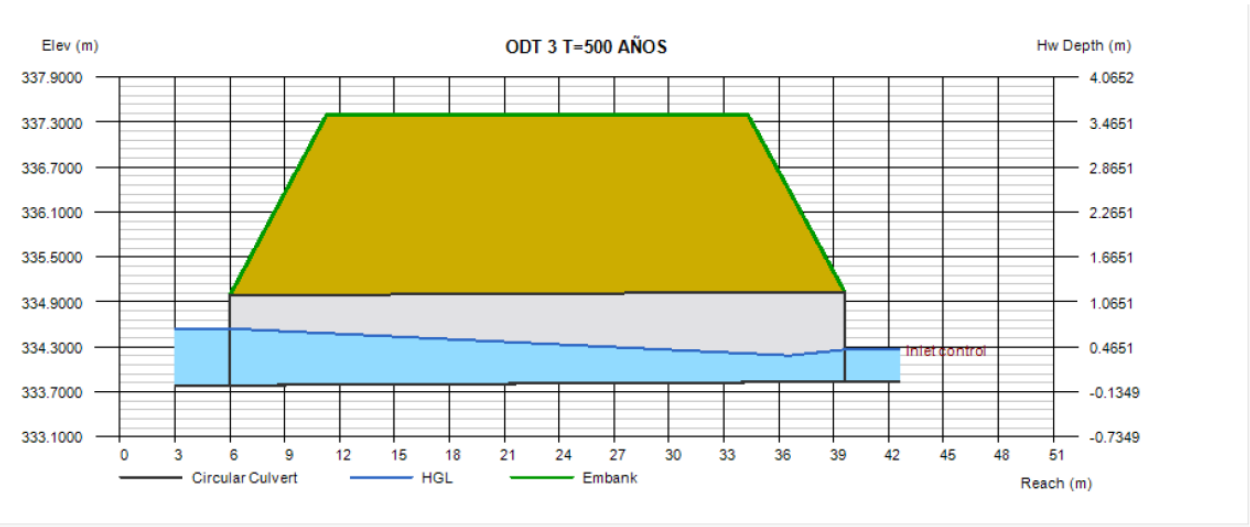
Highlighted

Qtotal (cms)	= 0.2500
Qpipe (cms)	= 0.2500
Qovertop (cms)	= 0.0000
Veloc Dn (m/s)	= 0.3458
Veloc Up (m/s)	= 1.3511
HGL Dn (m)	= 334.5192
HGL Up (m)	= 334.0994
Hw Elev (m)	= 334.1932
Hw/D (m)	= 0.2986
Flow Regime	= Inlet Control



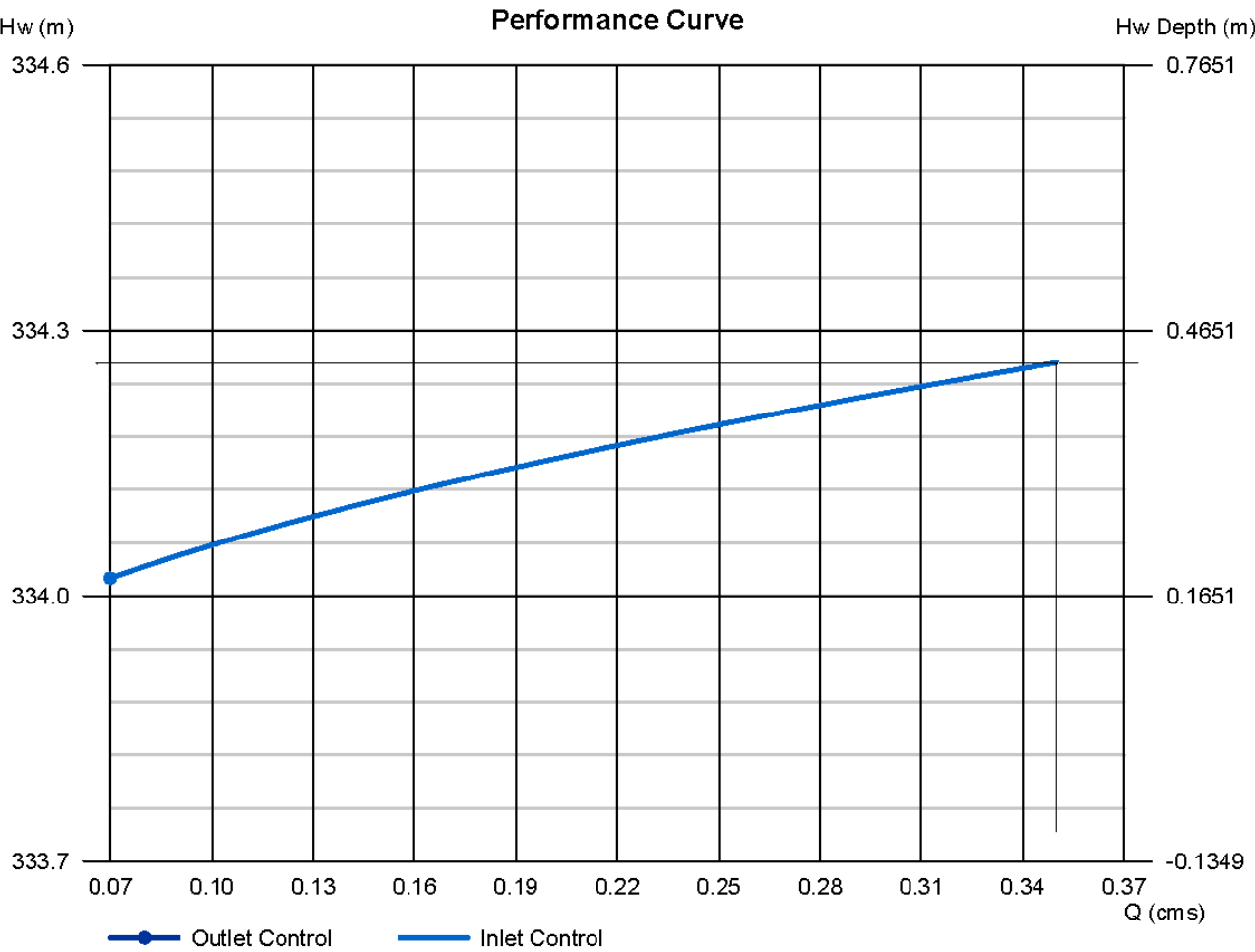
ODT 3 T=500 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.7869	Calculations	
Pipe Length (m)	= 33.6000	Qmin (cms)	= 0.0700
Slope (%)	= 0.1428	Qmax (cms)	= 0.3500
Invert Elev Up (m)	= 333.8349	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 1200.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 1200.0	Qtotal (cms)	= 0.3500
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.3500
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Veloc Dn (m/s)	= 0.4655
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Up (m/s)	= 1.4825
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	HGL Dn (m)	= 334.5440
		HGL Up (m)	= 334.1492
		Hw Elev (m)	= 334.2635
		Hw/D (m)	= 0.3572
		Flow Regime	= Inlet Control
Embankment			
Top Elevation (m)	= 337.4030		
Top Width (m)	= 23.0000		
Crest Width (m)	= 10.0000		



ODT 3 T=500 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.7869	Calculations	
Pipe Length (m)	= 33.6000	Qmin (cms)	= 0.0700
Slope (%)	= 0.1428	Qmax (cms)	= 0.3500
Invert Elev Up (m)	= 333.8349	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 1200.0		
Shape	= Circular	Highlighted	
Span (mm)	= 1200.0	Qtotal (cms)	= 0.3500
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.3500
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Circular Concrete	Top of Culvert (m)	= 334.5440
Culvert Entrance	= Square edge w/headwall (C)	Veloc Dn (m/s)	= 0.4655
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.0098, 2, 0.0398, 0.67, 0.5	Veloc Up (m/s)	= 1.4825
		HGL Dn (m)	= 334.5440
		HGL Up (m)	= 334.1492
		Hw Elev (m)	= 334.2635
		Hw/D (m)	= 0.3572
		Flow Regime	= Inlet Control
Embankment			
Top Elevation (m)	= 337.4030		
Top Width (m)	= 23.0000		
Crest Width (m)	= 10.0000		



Q			Veloc		Depth		HGL	HGL		
Total	Pipe	Over	Dn	Up	Dn	Up	Dn	Up	Hw	Hw/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
0.0700	0.0700	0.0000	0.1080	0.9649	669.2056	138.4102	334.4561	333.9733	334.0200	0.1543
0.0800	0.0800	0.0000	0.1223	0.9986	674.0798	148.1212	334.4610	333.9830	334.0331	0.1652
0.0900	0.0900	0.0000	0.1364	1.0289	678.6563	157.3113	334.4655	333.9922	334.0455	0.1755
0.1000	0.1000	0.0000	0.1504	1.0580	682.9722	165.9434	334.4698	334.0008	334.0573	0.1853
0.1100	0.1100	0.0000	0.1643	1.0854	687.0278	174.0917	334.4739	334.0090	334.0685	0.1947
0.1200	0.1200	0.0000	0.1780	1.1103	690.9717	181.9796	334.4778	334.0169	334.0792	0.2036
0.1300	0.1300	0.0000	0.1915	1.1336	694.8041	189.5698	334.4817	334.0244	334.0895	0.2122
0.1400	0.1400	0.0000	0.2050	1.1561	698.4131	196.8624	334.4853	334.0317	334.0995	0.2205
0.1500	0.1500	0.0000	0.2183	1.1783	701.9106	203.7829	334.4888	334.0387	334.1092	0.2286
0.1600	0.1600	0.0000	0.2315	1.1987	705.2964	210.5918	334.4922	334.0455	334.1185	0.2364
0.1700	0.1700	0.0000	0.2446	1.2178	708.6451	217.2518	334.4955	334.0521	334.1276	0.2440
0.1800	0.1800	0.0000	0.2576	1.2378	711.7705	223.5398	334.4987	334.0584	334.1365	0.2513
0.1900	0.1900	0.0000	0.2704	1.2551	714.9331	229.8650	334.5018	334.0648	334.1451	0.2585
0.2000	0.2000	0.0000	0.2832	1.2720	718.0213	236.0414	334.5049	334.0709	334.1536	0.2656
0.2100	0.2100	0.0000	0.2960	1.2903	720.8862	241.7713	334.5078	334.0767	334.1618	0.2725
0.2200	0.2200	0.0000	0.3086	1.3067	723.7884	247.5756	334.5107	334.0825	334.1699	0.2792
0.2300	0.2300	0.0000	0.3210	1.3213	726.7277	253.4543	334.5136	334.0883	334.1778	0.2858
0.2400	0.2400	0.0000	0.3335	1.3379	729.4438	258.8493	334.5163	334.0937	334.1856	0.2923
0.2500	0.2500	0.0000	0.3458	1.3511	732.2715	264.5420	334.5192	334.0994	334.1932	0.2986
0.2600	0.2600	0.0000	0.3581	1.3665	734.9133	269.7882	334.5218	334.1047	334.2007	0.3049
0.2700	0.2700	0.0000	0.3703	1.3806	737.5178	275.0716	334.5244	334.1100	334.2081	0.3110
0.2800	0.2800	0.0000	0.3825	1.3952	740.0479	280.1317	334.5269	334.1150	334.2154	0.3171
0.2900	0.2900	0.0000	0.3946	1.4086	742.6151	285.2291	334.5295	334.1201	334.2225	0.3231
0.3000	0.3000	0.0000	0.4065	1.4209	745.1824	290.3637	334.5321	334.1252	334.2296	0.3289
0.3100	0.3100	0.0000	0.4184	1.4340	747.6381	295.2378	334.5345	334.1301	334.2365	0.3347
0.3200	0.3200	0.0000	0.4303	1.4461	750.0938	300.1491	334.5370	334.1350	334.2434	0.3404
0.3300	0.3300	0.0000	0.4421	1.4591	752.4378	304.8372	334.5393	334.1397	334.2502	0.3461
0.3400	0.3400	0.0000	0.4538	1.4712	754.7818	309.5625	334.5417	334.1444	334.2568	0.3516
0.3500	0.3500	0.0000	0.4655	1.4825	757.1631	314.2878	334.5440	334.1492	334.2635	0.3572

ODTE 3

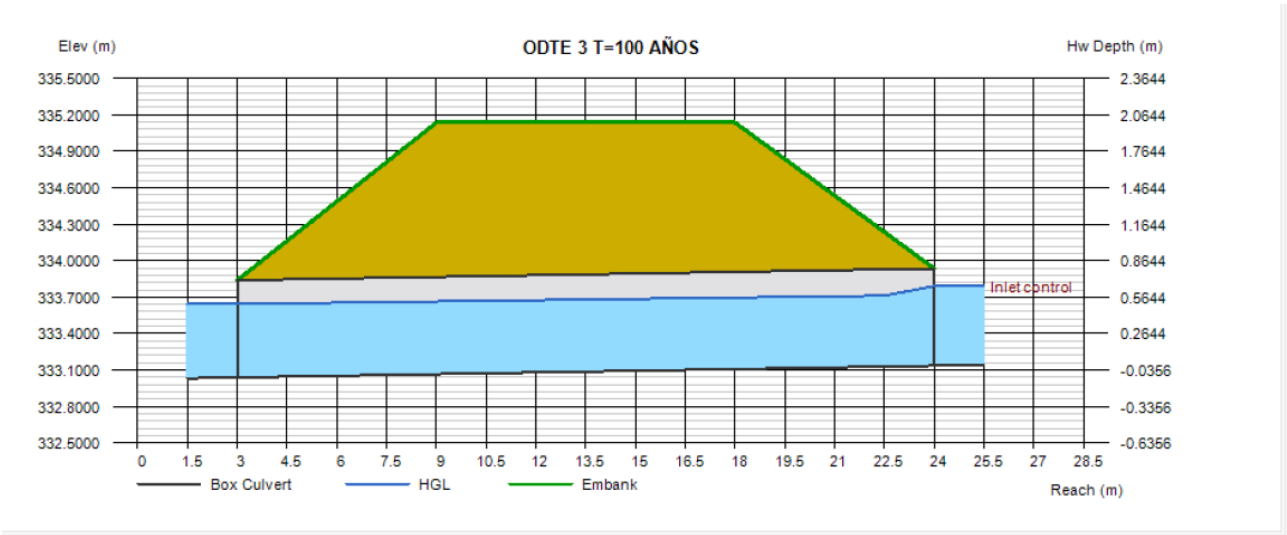
ODTE 3 T=100 AÑOS

Invert Elev Dn (m) = 333.0390
Pipe Length (m) = 21.0000
Slope (%) = 0.4599
Invert Elev Up (m) = 333.1356
Rise (mm) = 800.0
Shape = Box
Span (mm) = 500.0
No. Barrels = 1
n-Value = 0.014
Culvert Type = Flared Wingwalls
Culvert Entrance = 30D to 75D wingwall flares
Coeff. K,M,c,Y,k = 0.026, 1, 0.0347, 0.81, 0.4

Embankment
Top Elevation (m) = 335.1360
Top Width (m) = 9.0000
Crest Width (m) = 10.0000

Calculations
Qmin (cms) = 0.0000
Qmax (cms) = 0.5000
Tailwater Elev (m) = (dc+D)/2

Highlighted
Qtotal (cms) = 0.4100
Qpipe (cms) = 0.4100
Qovertop (cms) = 0.0000
Veloc Dn (m/s) = 1.3562
Veloc Up (m/s) = 1.4102
HGL Dn (m) = 333.6436
HGL Up (m) = 333.7170
Hw Elev (m) = 333.7910
Hw/D (m) = 0.8192
Flow Regime = Inlet Control

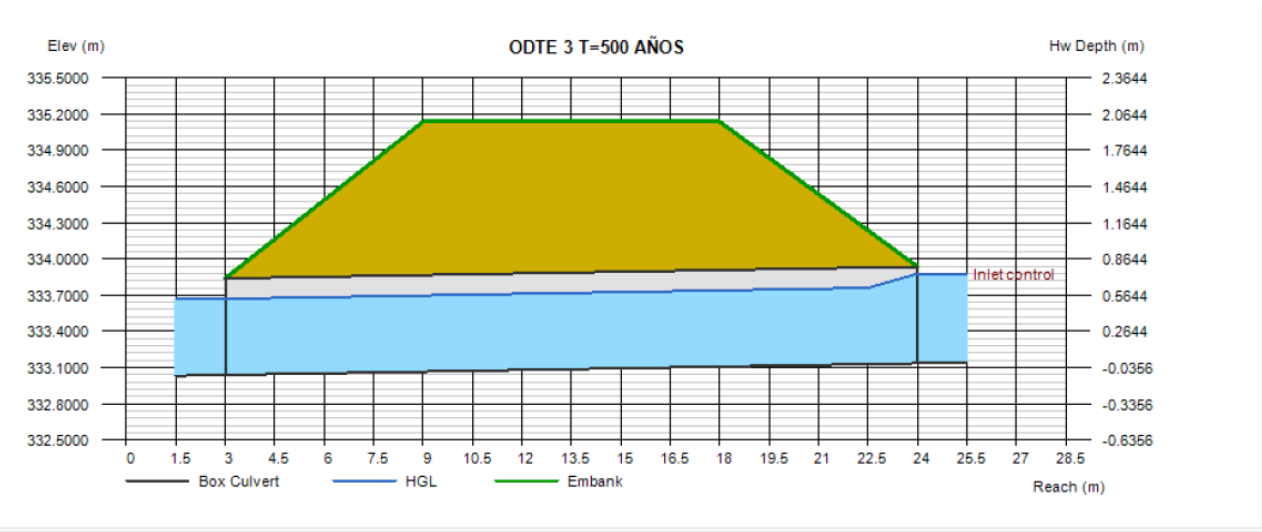
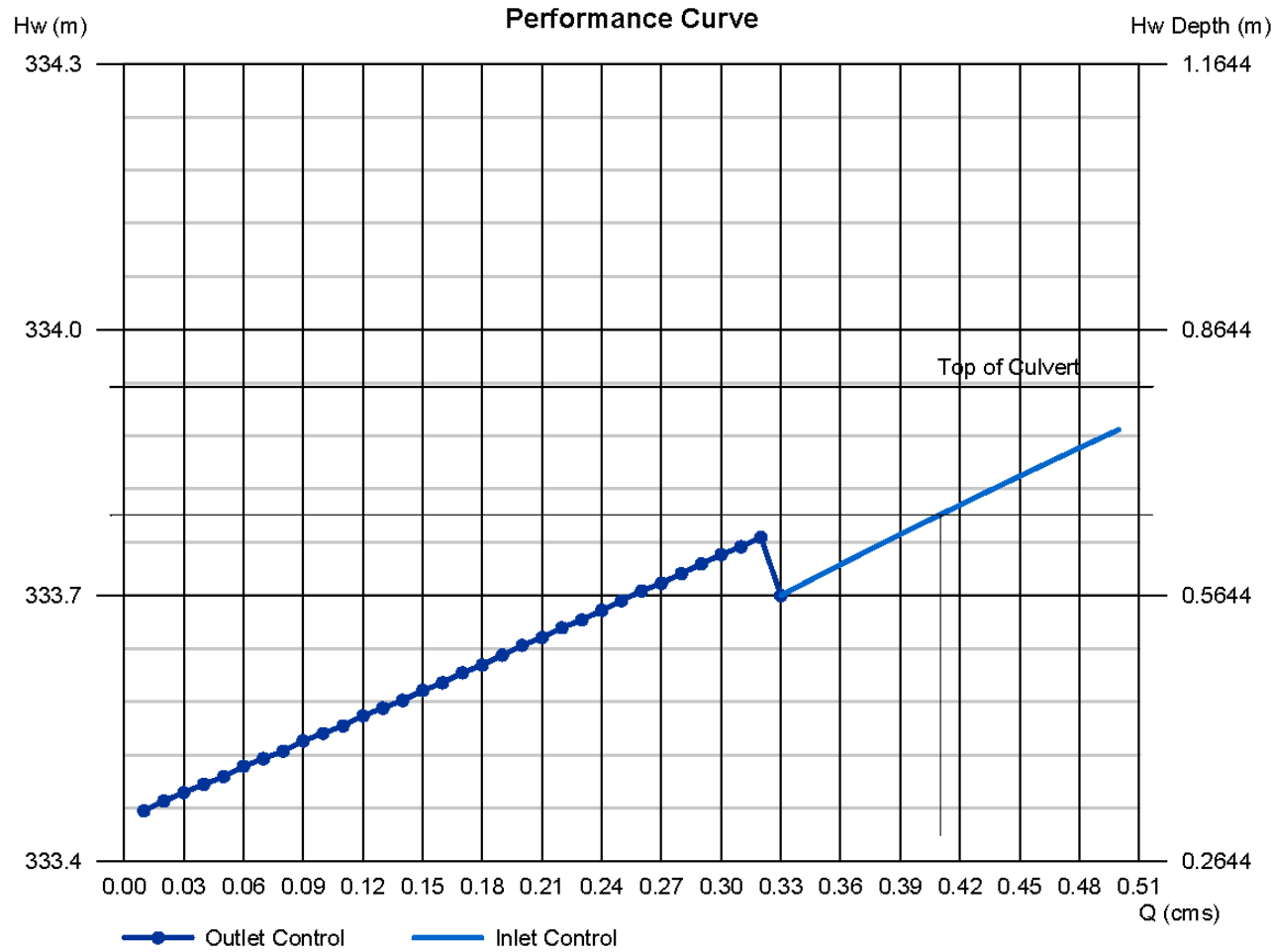


ODTE 3 T=100 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.0390	Calculations	
Pipe Length (m)	= 21.0000	Qmin (cms)	= 0.0000
Slope (%)	= 0.4599	Qmax (cms)	= 0.5000
Invert Elev Up (m)	= 333.1356	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 800.0		
Shape	= Box	Highlighted	
Span (mm)	= 500.0	Qtotat (cms)	= 0.4100
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.4100
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Flared Wingwalls	Veloc Dn (m/s)	= 1.3562
Culvert Entrance	= 30D to 75D wingwall flares	Veloc Up (m/s)	= 1.4102
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.026, 1, 0.0347, 0.81, 0.4	HGL Dn (m)	= 333.6436
		HGL Up (m)	= 333.7170
Embankment		Hw Elev (m)	= 333.7910
Top Elevation (m)	= 335.1360	Hw/D (m)	= 0.8192
Top Width (m)	= 9.0000	Flow Regime	= Inlet Control
Crest Width (m)	= 10.0000		

ODTE 3 T=500 AÑOS

Invert Elev Dn (m)	= 333.0390	Calculations	
Pipe Length (m)	= 21.0000	Qmin (cms)	= 0.0000
Slope (%)	= 0.4599	Qmax (cms)	= 0.5000
Invert Elev Up (m)	= 333.1356	Tailwater Elev (m)	= (dc+D)/2
Rise (mm)	= 800.0		
Shape	= Box	Highlighted	
Span (mm)	= 500.0	Qtotat (cms)	= 0.4900
No. Barrels	= 1	Qpipe (cms)	= 0.4900
n-Value	= 0.014	Qovertop (cms)	= 0.0000
Culvert Type	= Flared Wingwalls	Veloc Dn (m/s)	= 1.5546
Culvert Entrance	= 30D to 75D wingwall flares	Veloc Up (m/s)	= 1.5515
Coeff. K,M,c,Y,k	= 0.026, 1, 0.0347, 0.81, 0.4	HGL Dn (m)	= 333.6694
		HGL Up (m)	= 333.7672
Embankment		Hw Elev (m)	= 333.8769
Top Elevation (m)	= 335.1360	Hw/D (m)	= 0.9266
Top Width (m)	= 9.0000	Flow Regime	= Inlet Control
Crest Width (m)	= 10.0000		



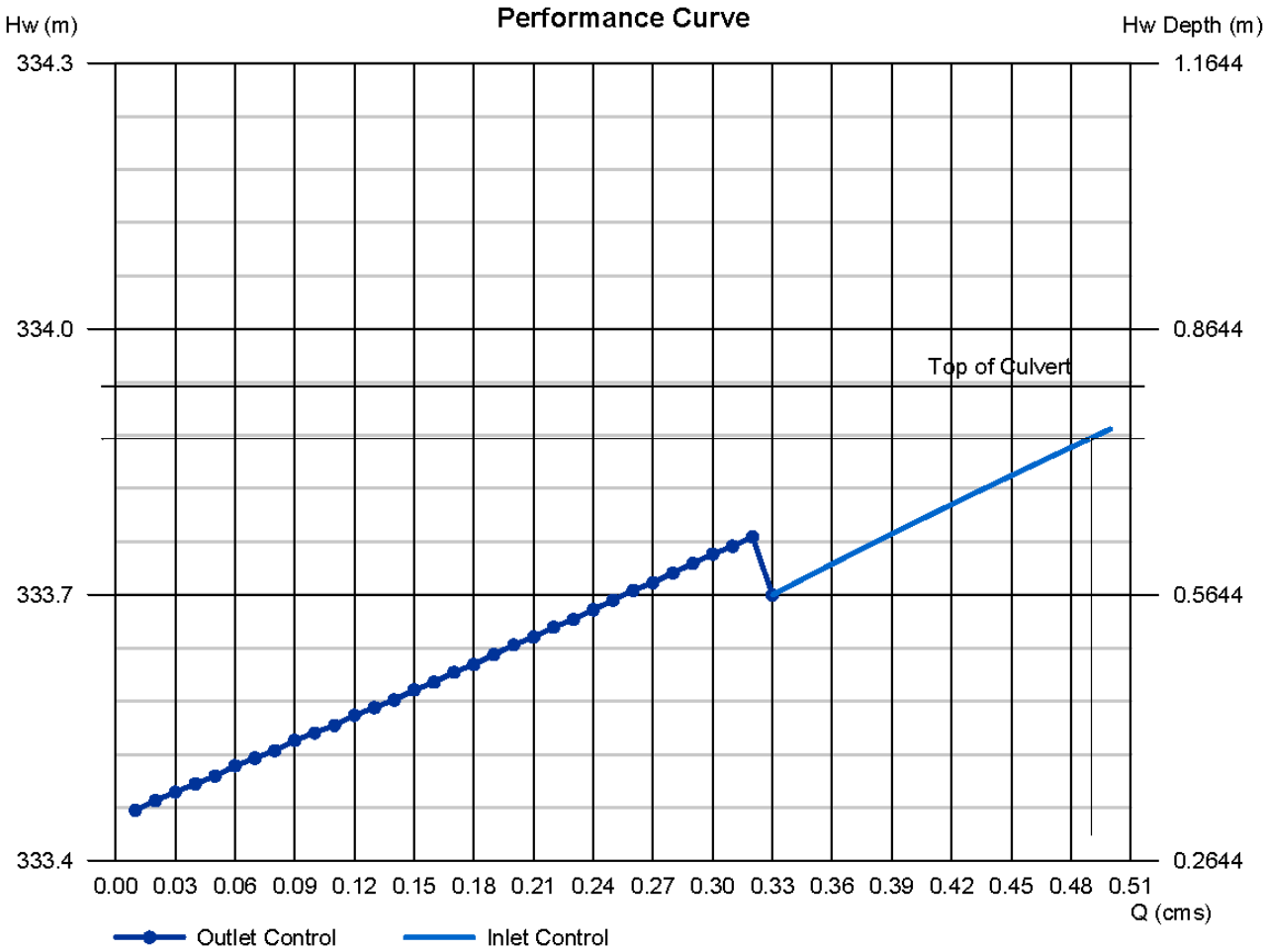
ODTE 3 T=500 AÑOS

Invert Elev Dn (m) = 333.0390
Pipe Length (m) = 21.0000
Slope (%) = 0.4599
Invert Elev Up (m) = 333.1356
Rise (mm) = 800.0
Shape = Box
Span (mm) = 500.0
No. Barrels = 1
n-Value = 0.014
Culvert Type = Flared Wingwalls
Culvert Entrance = 30D to 75D wingwall flares
Coeff. K,M,c,Y,k = 0.026, 1, 0.0347, 0.81, 0.4

Embankment
Top Elevation (m) = 335.1360
Top Width (m) = 9.0000
Crest Width (m) = 10.0000

Calculations
Qmin (cms) = 0.0000
Qmax (cms) = 0.5000
Tailwater Elev (m) = (dc+D)/2

Highlighted
Qtotal (cms) = 0.4900
Qpipe (cms) = 0.4900
Qovertop (cms) = 0.0000
Veloc Dn (m/s) = 1.5546
Veloc Up (m/s) = 1.5515
HGL Dn (m) = 333.6694
HGL Up (m) = 333.7672
Hw Elev (m) = 333.8769
Hw/D (m) = 0.9266
Flow Regime = Inlet Control



Q			Veloc		Depth		HGL	HGL		
Total	Pipe	Over	Dn	Up	Dn	Up	Dn	Up	Hw	Hw/D
(cms)	(cms)	(cms)	(m/s)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)	
0.0100	0.0100	0.0000	0.0479	0.0623	417.2397	320.9478	333.4562	333.4565	333.4568	0.4015
0.0200	0.0200	0.0000	0.0936	0.1208	427.3600	331.0681	333.4663	333.4666	333.4677	0.4151
0.0300	0.0300	0.0000	0.1377	0.1767	435.8432	339.5514	333.4748	333.4751	333.4774	0.4272
0.0400	0.0400	0.0000	0.1804	0.2305	443.4334	347.1416	333.4824	333.4827	333.4865	0.4387
0.0500	0.0500	0.0000	0.2220	0.2824	450.3911	354.0993	333.4894	333.4897	333.4954	0.4497
0.0600	0.0600	0.0000	0.2626	0.3300	456.9023	363.6615	333.4959	333.4992	333.5070	0.4643
0.0700	0.0700	0.0000	0.3023	0.3786	463.0415	369.8007	333.5020	333.5054	333.5156	0.4750
0.0800	0.0800	0.0000	0.3412	0.4259	468.9202	375.6794	333.5079	333.5113	333.5242	0.4858
0.0900	0.0900	0.0000	0.3793	0.4683	474.5385	384.3486	333.5135	333.5199	333.5356	0.5000
0.1000	0.1000	0.0000	0.4167	0.5132	479.9335	389.7437	333.5189	333.5253	333.5441	0.5106
0.1100	0.1100	0.0000	0.4534	0.5570	485.1797	394.9898	333.5242	333.5306	333.5527	0.5214
0.1200	0.1200	0.0000	0.4895	0.5953	490.2770	403.1382	333.5293	333.5387	333.5640	0.5355
0.1300	0.1300	0.0000	0.5250	0.6371	495.2256	408.0867	333.5342	333.5437	333.5727	0.5463
0.1400	0.1400	0.0000	0.5600	0.6781	500.0253	412.8864	333.5390	333.5485	333.5813	0.5572
0.1500	0.1500	0.0000	0.5943	0.7132	504.7506	420.6627	333.5437	333.5562	333.5926	0.5712
0.1600	0.1600	0.0000	0.6283	0.7525	509.3271	425.2392	333.5483	333.5608	333.6013	0.5821
0.1700	0.1700	0.0000	0.6617	0.7856	513.8291	432.7922	333.5528	333.5684	333.6125	0.5961
0.1800	0.1800	0.0000	0.6946	0.8234	518.2567	437.2198	333.5573	333.5728	333.6212	0.6070
0.1900	0.1900	0.0000	0.7271	0.8546	522.6099	444.6240	333.5616	333.5802	333.6324	0.6210
0.2000	0.2000	0.0000	0.7592	0.8851	526.8516	451.9166	333.5658	333.5875	333.6435	0.6348
0.2100	0.2100	0.0000	0.7909	0.9208	531.0560	456.1210	333.5700	333.5917	333.6522	0.6458
0.2200	0.2200	0.0000	0.8221	0.9497	535.1859	463.3019	333.5742	333.5989	333.6633	0.6596
0.2300	0.2300	0.0000	0.8530	0.9843	539.2415	467.3575	333.5782	333.6029	333.6721	0.6706
0.2400	0.2400	0.0000	0.8836	1.0119	543.2227	474.3524	333.5822	333.6099	333.6830	0.6843
0.2500	0.2500	0.0000	0.9138	1.0387	547.1666	481.3474	333.5862	333.6169	333.6940	0.6980
0.2600	0.2600	0.0000	0.9436	1.0649	551.0733	488.3051	333.5901	333.6239	333.7049	0.7116
0.2700	0.2700	0.0000	0.9731	1.0972	554.9056	492.1374	333.5939	333.6277	333.7137	0.7227
0.2800	0.2800	0.0000	1.0023	1.1222	558.7380	499.0207	333.5977	333.6346	333.7245	0.7362
0.2900	0.2900	0.0000	1.0312	1.1467	562.4587	505.7924	333.6014	333.6414	333.7353	0.7496
0.3000	0.3000	0.0000	1.0597	1.1706	566.1794	512.5640	333.6052	333.6481	333.7460	0.7630
0.3100	0.3100	0.0000	1.0880	1.2010	569.8629	516.2476	333.6089	333.6518	333.7548	0.7740
0.3200	0.3200	0.0000	1.1160	1.2239	573.4720	522.9076	333.6125	333.6585	333.7654	0.7873
0.3300	0.3300	0.0000	1.1437	1.2463	577.0811	529.5677	333.6161	333.6651	333.6998	0.7053
0.3400	0.3400	0.0000	1.1712	1.2683	580.6157	536.1533	333.6196	333.6717	333.7115	0.7199
0.3500	0.3500	0.0000	1.1983	1.2897	584.1504	542.7390	333.6231	333.6783	333.7231	0.7344
0.3600	0.3600	0.0000	1.2252	1.3108	587.6478	549.2874	333.6266	333.6849	333.7347	0.7489
0.3700	0.3700	0.0000	1.2519	1.3314	591.1081	555.7986	333.6301	333.6914	333.7461	0.7631
0.3800	0.3800	0.0000	1.2783	1.3517	594.5311	562.2726	333.6335	333.6978	333.7574	0.7773
0.3900	0.3900	0.0000	1.3045	1.3716	597.9170	568.6722	333.6369	333.7043	333.7687	0.7914
0.4000	0.4000	0.0000	1.3305	1.3911	601.2656	575.0718	333.6403	333.7107	333.7798	0.8053
0.4100	0.4100	0.0000	1.3562	1.4102	604.6143	581.4715	333.6436	333.7170	333.7910	0.8192
0.4200	0.4200	0.0000	1.3817	1.4290	607.9257	587.8339	333.6469	333.7234	333.8019	0.8329
0.4300	0.4300	0.0000	1.4071	1.4474	611.1999	594.1591	333.6502	333.7297	333.8129	0.8466
0.4400	0.4400	0.0000	1.4321	1.4655	614.4741	600.4843	333.6535	333.7361	333.8237	0.8601
0.4500	0.4500	0.0000	1.4570	1.4833	617.7111	606.7723	333.6567	333.7423	333.8345	0.8736
0.4600	0.4600	0.0000	1.4817	1.5008	620.9109	613.0230	333.6599	333.7486	333.8452	0.8870
0.4700	0.4700	0.0000	1.5061	1.5179	624.1107	619.2738	333.6631	333.7549	333.8558	0.9003
0.4800	0.4800	0.0000	1.5304	1.5348	627.2733	625.4874	333.6663	333.7611	333.8664	0.9135
0.4900	0.4900	0.0000	1.5546	1.5515	630.3987	631.6638	333.6694	333.7672	333.8769	0.9266
0.5000	0.5000	0.0000	1.5785	1.5604	633.5241	640.8539	333.6725	333.7764	333.8873	0.9396

9.- APÉNDICE Nº 4. CÁLCULOS MECÁNICOS DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

ODT 1

ZANJA TERRAPLENADA


CALCULAR

DATOS DE SERVICIO

* **Di (mm)** 1000 * **Es (mm)** 135

De (mm) 1270 * **hr (m)** 0,7

Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610 (m) 2,65

* **Ancho de zanja, b (m)** 1,97 * **Altura de la zanja hr" (m)** 0,2

* **Factor de apoyo filo ZANJA** 2,8

Apoyo en hormigón 120° con relleno compactado 95% PN

Factor de apoyo Terraplén 6,42

Factor de apoyo variable ZANJA 6,42

CARGA PUNTUAL

* **Carga (t)** 2,3

* **Distancia (m)** 1,7

* **Carga Distribuida (t/m²)** 0,84

Tipo de terreno Arena arcillosa

TERRENO

$\lambda_{\mu'}$ 0,15

λ 0,33

γ_r -peso específico- (kN/m³) 19,2

* **Tráfico automovilístico**

IAP 2011

* **Tráfico ferroviario**

Ninguna

Velocidad no mayor de 120 km/h

* **Tráfico aeronaves**

Ninguno

* **Tipo de base** Suelo Natural Ordinario

* **Talud de la zanja (°)** 79

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama c (m) 0,1 Resguardo mín (m) 0,42

Razón de Asentamiento, δ 0,26 Razón de proyección, η 0,1

Carga debida al terreno ZANJA TERRAPLENADA (kN/m) 24,4

Carga debida al terreno TERRAPLÉN (kN/m) 19,58

Anchura de transición (m) 1,45

Altura plano igual asent. z. terrap. (m) 0,9 Altura plano igual asent. terrap. (m) 1,9

Carga debida a cargas puntuales en superficie (kN/m) 0,23

Altura de relleno adicional por cargas distribuidas en superficie (m) 0,44

Carga debida a las cargas distribuidas en superficie en ZT (kN/m) 15,25

Carga debida a las cargas distribuidas en superficie en T (kN/m) 12,24

Carga debida al tráfico: q_m (kN/m) 139,83

Coefficiente carga zanja terrap., C_{ZT} 0,92 Coeficiente carga terraplén, C_T 1,15

CÁLCULOS FINALES

Carga total ZANJA TERRAPLENADA TRADICIONAL y PROGRESIVA (kN/m) 179,71

Carga total TERRAPLÉN (m) 171,88

CARGA MÍNIMA DE ROTURA

En condición de zanja terraplenada (tradicional) (kN/m) 96,27

En condición de zanja terraplenada (con FA progresiva) (kN/m) 40,18

En condición de terraplén (kN/m) 40,18

CARGA MÍNIMA DE FISURACIÓN

En condición de zanja terraplenada (tradicional) (kN/m) 64,18

En condición de zanja terraplenada (con FA progresiva) (kN/m) 26,79

En condición de terraplén (kN/m) 26,79

CLASE RESISTENTE



(Tipo A) zanja terraplenada



(Tipo A) Zanja progresiva



(Tipo A) Terraplén



(Tipo E) zanja terraplenada



(Tipo E) zanja T progresiva



(Tipo E) Terraplén

CLASE 135

¡¡Zanja estrecha!! La seguridad de los operarios se verá comprometida (EN 1610)

Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja. Los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la acción del prisma central, de ancho De, en lugar del prisma de ancho b son la causa

DATOS DE SERVICIO			
* DI (mm)	1200	* Es (mm)	155
De (mm)	1510	* hr (m)	1,98
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610 (m)		2,99	
* Ancho de zanja, b (m)	3,07	* Altura de la zanja hr" (m)	0,2
* Factor de apoyo filo ZANJA			2,8
Apoyo en hormigón 120° con relleno compactado 95% PN			
Factor de apoyo Terraplén	4,59		
Factor de apoyo variable ZANJA	4,59		
CARGA PUNTUAL	* Carga (t)	2,3	
	* Distancia (m)	1,7	
* Carga Distribuida (t/m²)	0,84		
TERRENO	Tipo de terreno	Arena arcillosa	
	$\lambda\mu'$	0,15	
	λ	0,33	
	γ_r -peso específico- (kN/m³)	19,2	
CARGAS DE TRÁFICO	* Tráfico automovilístico		
	IAP 2011		
	* Tráfico ferroviario		
	Ninguna		
	Velocidad no mayor de 120 km/h		
* Tráfico aeronaves			
Ninguno			
* Tipo de base	Suelo Natural Ordinario		
* Talud de la zanja (°)	79		



CALCULAR

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama c (m)	0,1	Resguardo mín (m)	0,42
Razón de Asentamiento, δ	0,31	Razón de proyección, η	0,07
Carga debida al terreno ZANJA TERRAPLENADA (kN/m)		106,94	
Carga debida al terreno TERRAPLÉN (kN/m)		73,64	
Anchura de transición (m)		1,89	
Altura plano igual asent. z. terrap. (m)	1,2	Altura plano igual asent. terrap.(m)	2,3
Carga debida a cargas puntuales en superficie (kN/m)		1,06	
Altura de relleno adicional por cargas distribuidas en superficie (m)		0,44	
Carga debida a las cargas distribuidas en superficie en ZT (kN/m)		23,63	
Carga debida a las cargas distribuidas en superficie en T (kN/m)		16,27	
Carga debida al tráfico: qm (kN/m)		56,38	
Coefficiente carga zanja terrap., C_{ZT}	0,92	Coefficiente carga terraplén, C_T	1,28

CÁLCULOS FINALES

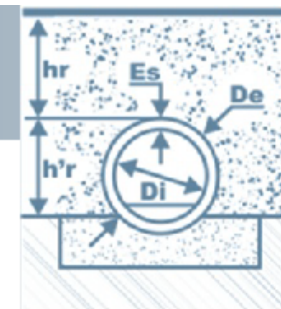
CARGA MÍNIMA DE ROTURA	Carga total ZANJA TERRAPLENADA TRADICIONAL y PROGRESIVA (kN/m)	188,07
	Carga total TERRAPLÉN (m)	147,35
	En condición de zanja terraplenada (tradicional) (kN/m)	83,93
	En condición de zanja terraplenada (con FA progresivo) (kN/m)	40,16
CARGA MÍNIMA DE FISURACIÓN	En condición de terraplén (kN/m)	40,16
	En condición de zanja terraplenada (tradicional) (kN/m)	55,96
	En condición de zanja terraplenada (con FA progresivo) (kN/m)	26,77
	En condición de terraplén (kN/m)	26,77
CLASE RESISTENTE	 (Tipo A) zanja terraplenada	CLASE 90
	 (Tipo A) Zanja progresiva	
	 (Tipo A) Terraplén	
	 (Tipo E) zanja terraplenada	
	 (Tipo E) zanja T progresiva	
	 (Tipo E) Terraplén	

Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén
La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja. Los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la acción del prisma central, de ancho D_e , en lugar del prisma de ancho b son la causa



ODT 3

TERRAPLÉN


CALCULAR

DATOS DE SERVICIO

* **DI (mm)** * **Es (mm)**
 De (mm) * **hr (m)**

* Tipo de apoyo

Tipo A: Apoyo en hormigón 120°

Factor de apoyo Terraplén

* **Razón de proyección, n**

CARGA PUNTUAL

* **Carga (t)**

* **Distancia (m)**

* **Carga Distribuida (t/m²)**

TERRENO

* **Tipo terreno**

$\lambda_{\mu'}$

λ

γ_r -peso específico- (kN/m³)

CARGAS DE TRÁFICO

* Tráfico automovilístico

* Tráfico ferroviario

* Tráfico aeronaves

* **Tipo de base**

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama c (m)

Razón de Asentamiento, δ

Carga debida al terreno TERRAPLÉN (kN/m)

Altura del plano de igual asentamiento (m)

Carga debida a cargas puntuales en superficie (kN/m)

Altura de relleno adicional por cargas distribuidas en superficie (m)

Carga debida a cargas distribuidas en superficie (kN/m)

Carga debida al tráfico: q_m (kN/m)

Coeficiente carga terraplén, C_T

CÁLCULOS FINALES

Carga total TERRAPLÉN (kN/m)

Carga mínima de rotura (kN/m²)

Carga mínima de fisuración (kN/m²)

CLASE RESISTENTE

☐ Tipo A

☐ Tipo E

