



Anejo 2.11-Drenaje



urbanismo, medio ambiente
y movilidad

MADRID

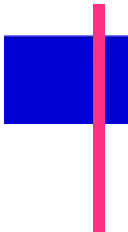
Control de documentación

Hoja de control

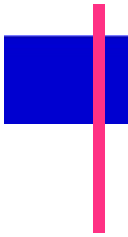
Realizado	Revisado	Aprobado
CMOF	BON	VMLS

Control de modificaciones

Versión	Fecha	Control de Modificaciones	Autor
1.0	27/10/2023	Primera entrega completa para Supervisión del Ayuntamiento	BON
2.0	12/04/2024	Entrega 1ª Revisión	BON



Anejo 2.11. Drenaje



1.	Drenaje	2
1.1.	Drenaje transversal	2
1.1.1.	Comprobación del comportamiento hidráulico	2
1.1.2.	Cuadro resumen de las obras de drenaje transversal.....	3
1.2.	Drenaje longitudinal	3
1.3.	Dimensionamiento de la red de drenaje pasos inferiores	4
1.4.	Drenaje de puntos bajos sin salida. Estaciones de bombeo	4
1.4.1.	Ubicación y análisis del sistema de bombeo.....	5

Índice de Imágenes

Imagen 1:	Planta de SSA ubicada en la estación del bombeo	5
Imagen 2:	Perfil longitudinal del Ramal de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3A	6
Imagen 3:	Perfil longitudinal del Ramal de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3B	6
Imagen 4:	Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a Colmenar Viejo M-607.Alternativa 3A	6
Imagen 5:	Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a Colmenar Viejo M-607.Alternativa 3B	6
Imagen 6:	Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a M-40 Este y M-40 Oeste. Alternativa 3A ...	7
Imagen 7:	Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a M-40 Este y M-40 Oeste. Alternativa 3B ...	7
Imagen 8:	Perfil longitudinal de Ramal de Alcobendas M-603 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3A	7
Imagen 9:	Perfil longitudinal de Ramal de Alcobendas M-603 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3B	7
Imagen 10:	Pozos y colectores SSA	8
Imagen 11:	Curva bomba.....	9

Índice de Tablas

Tabla 1.	Caudales de proyecto para 100 años de periodo de retorno	2
Tabla 2.	Obras existentes	2
Tabla 3.	Tabla resumen características de ODTs	3

Tabla 4.	Comportamiento cuneta calado 0.3m	3
Tabla 5.	Comportamiento según pendiente de cuneta calado 0.5m	4
Tabla 6.	Datos caracterización sistema bombeo	9

Apéndices

APÉNDICE 1:RESULTADOS CÁLCULO HY-8

APÉNDICE 2: CUENCAS VERTIENTES HACIA PUNTOS BAJOS DEL TÚNEL Y PASOS INFERIORES

APÉNDICE 3: RESULTADOS STORM AND SANITARY ANALYSIS

[1] Drenaje

En el presente anejo se analiza y definen a nivel de Anteproyecto las medidas necesarias para asegurar un eficaz comportamiento a afectos de desagüe superficial en la remodelación del Nudo de Fuencarral, dando así continuidad a la circulación de agua existente. De tal modo que se cumplan, los aspectos fundamentales referentes al desagüe superficial:

- La rápida evacuación del agua que cae sobre la calzada, o que fluye hacia ella desde su entorno, para evitar problemas para el tráfico y para no afectar al firme.
- El franqueamiento de ríos y de otros cauces importantes.
- El restablecimiento del curso de las numerosas vías de agua interceptadas por una carretera.

Para el análisis de drenaje transversal y longitudinal se ha tenido en cuenta la Norma 5.2.-IC. Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016) modificada por la Orden FOM/185/2017 y ésta actualizada por la Resolución de 26 de marzo de 2018 por la Dirección General de Carreteras. Donde se recoge y regula los aspectos primordiales a considerar en lo referente a la evacuación de las aguas en el entorno de obras de tipo lineal.

[1.1] Drenaje transversal

El objeto del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal del proyecto a través suyo. Los caudales de Proyecto Qp son los correspondientes a T=100 años obtenidos en el epígrafe anterior.

El Anejo 2.11-Drenaje, no supone un obstáculo al drenaje de las cuencas existentes, ya que se realiza una ampliación de las calzadas de la actual autovía M-607 y de sus ramales y por tanto se prolongarán las obras de drenaje actuales.

La ampliación de las obras de drenaje transversal se realizará manteniendo las dimensiones y pendientes de las actuales obras para no afectar al tráfico de la autovía. M-607. No existe constancia de que existan problemas actualmente de inundaciones en los laterales de la autovía, cuando se producen las lluvias de mayor intensidad.

En el anejo 2.5 de Climatología e Hidrología se ha justificado las características de las cuencas vertientes y cuáles son los caudales que circulan por ellas.

Nº de cuenca	T = 100				
	Pd (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)	C	Q (m3/s)
C1	84.79	3.53	74.410	0.9830	0.24
C2	84.79	3.53	67.753	0.9830	0.22

Tabla 1. Caudales de proyecto para 100 años de periodo de retorno

En el siguiente cuadro se resumen las obras existentes y los caudales que llegan a las mismas.

ODT	TIPO	Cuenca	Q100(m3/s)
ODT_1	Tubo 1600mm	C1	0.24
ODT_2	Tubo 1400mm	C2	0.22

Tabla 2. Obras existentes

El resto de las cuencas vertientes existentes en el área de proyecto se desaguan mediante drenaje longitudinal.

[1.1.1] Comprobación del comportamiento hidráulico

A continuación, se definen los criterios de diseño generales considerados para el dimensionamiento hidráulico de una obra de drenaje. Al ser ampliación de obras de drenaje transversal existentes, no se cumplen cada una de las variables que se analizan en el caso de obras de drenaje transversal de nueva construcción. En caso de no cumplir, se destacará el resultado y se valorarán las posibles consecuencias.

- La dimensión libre mínima de la sección transversal de una ODT de un solo tramo se debe medir entre sus caras internas y se define en función de la longitud de la obra entre la embocadura de entrada y de salida.

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

- El período de retorno para el diseño de pequeñas obras de fábrica tiene que ser igual o superior 100 años.
- En todos los casos se procurará, dentro de lo posible, dimensionar cada obra de fábrica, de manera que la sección de control de flujo esté a la entrada de la misma ($H_w < 1,2 D$), con el fin de evitar la posibilidad de que se produzcan daños materiales a las propiedades colindantes.
- Este último aspecto deberá ser tenido en cuenta especialmente en los casos en los que el cauce natural de la escorrentía no exista, o no esté bien definido, y quepa entonces la posibilidad de que no se alcance el régimen uniforme antes de la entrada del flujo en el conducto transversal correspondiente. En estos casos, deberá relacionarse la capacidad de desagüe de la sección (Q) con la altura de energía específica del agua (H_w) inmediatamente antes de la embocadura, que para el caso de que se formen remansos coincidirá, dada la pequeña velocidad de aproximación del agua, con el nivel máximo que

alcance la superficie libre con respecto al umbral inferior de la obra de fábrica de desagüe. De esta manera podrá dimensionarse la obra de fábrica para un determinado caudal de cálculo Q, y conocer Hw, que determinará la posible existencia de daños a terceros.

- Se deberán comprobar los resguardos existentes respecto a la calzada y los resguardos libres dentro de la obra con el fin de evaluar los riesgos de obstrucción.
- A la salida de las obras de drenaje transversal se deberán comprobar las condiciones de erosión que puedan plantear las velocidades del agua, disponiéndose, en su caso, los elementos disipadores necesarios.
- En el dimensionamiento de las obras y elección de su tipología se tendrán en cuenta criterios económicos, evitando en lo posible obras multicelulares.

[1.1.2] Cuadro resumen de las obras de drenaje transversal

Se incluye a continuación un cuadro resumen con las características básicas del comportamiento hidráulico de las dos obras de drenaje transversal analizadas.

Siendo:

Q 100: Caudal a desaguar por la obra para un período de retorno de 100 años.

He: Calado en el cauce a la entrada de la obra.

Ys: Calado a la salida.

Ycrítico: Calado crítico.

Vs: Velocidad a la salida

Nombre	Tipo de Obra	Dia. (m)	Longitud (m)	Pendiente %	Caudal (m3/s)	n Manning	He (m)	Control	Ys (m)	Ycrítico (m)	Vs (m/s)
ODT_1	Tubo	1.60	60.4	3.00	0.240	0.016	0.32	Entrada	0.16	0.24	2.36
ODT_2	Tubo	1.40	38.47	1.5	0.220	0.016	0.32	Entrada	0.19	0.24	1.82

Tabla 3. Tabla resumen características de ODTs

[1.2] Drenaje longitudinal

Dada la escala de trabajo asociada a la presente fase de Anteproyecto se ha tratado de simplificar el drenaje longitudinal identificando las subcuencas que cortan a la traza y que por drenaje longitudinal vierten a obras de drenaje transversal proyectadas en subcuencas principales, de manera que incrementan el caudal de proyecto en estas ODT y tenerlo en cuenta para su comprobación hidráulica.

El predimensionamiento de las cunetas se ha realizado aplicando la fórmula de Manning, considerando un coeficiente de rugosidad de 0,015 correspondiente al hormigón y teniendo en cuenta en cada caso los caudales circulantes y las pendientes disponibles.

$$Q = \frac{1}{n} \times e^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} \times A$$

donde:

Q: Caudal (m3/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (0,016).

A: Área (m2)

e: Radio hidráulico (m).

I: pendiente (m/m).

T: Espejo de agua (m)

Z: Talud (1:Z); Z=2

Y: Tirante de agua (m)



A continuación, se presenta un predimensionamiento de las capacidades y velocidades de las distintas cunetas y otros elementos de drenaje. Se tiene en cuenta que la velocidad máxima del agua en las cunetas tanto de desmonte como de pie de terraplén en ningún caso se supera el valor de 6 m/s fijado como máximo para evitar la erosión del hormigón (comprobaciones realizadas con aplicación Hcanales).

Capacidades y velocidades máximas de la cuneta suponiendo un calado de 0.30 m:

Pend (m/m)	Q (m3/s)	V (m/s)
0.005	0.208	1.158
0.010	0.295	1.638
0.015	0.361	2.006
0.020	0.417	2.316
0.025	0.466	2.589

Tabla 4. Comportamiento cuneta calado 0.3m

Capacidades y velocidades máximas de la cuneta de desmonte suponiendo un calado de 0.50 m:

Pend (m/m)	Q (m3/s)	V (m/s)
0.005	0.567	1.134
0.010	0.802	1.603
0.015	0.982	1.963
0.020	1.134	2.267
0.025	1.820	3.640
0.030	1.994	3.988
0.035	2.153	4.307
0.040	2.302	4.605
0.045	2.442	4.884
0.050	2.574	5.148

Tabla 5. Comportamiento según pendiente de cuneta calado 0.5m

En el caso de que las secciones de las cunetas de desmonte y terraplén consideradas no ofrezcan capacidad de desagüe suficiente para evacuar las cuencas que a ellas vierten, se consideran cunetas de mayor sección, colectores o encauzamientos, según el caso.

Los planos 3.08.01 y 3.08.02 del Documento nº 2: Planos, incluyen un diseño previo a nivel de Anteproyecto, de las Plantas de drenaje longitudinal, tanto de la Alternativa 3A como de la Alternativa 3B, respectivamente.

[1.3] Dimensionamiento de la red de drenaje pasos inferiores

Para poder conocer los caudales que circulan por las plataformas de los pasos inferiores y se quedan sin una posible evacuación en los puntos bajos analizados en el siguiente apartado, se ha modelizado la red básica definida previamente mediante la aplicación Storm and Sanitary Analysis, de Autodesk (SSA). Esta aplicación utiliza el motor de cálculo de la aplicación Storm Water Management Model (SWMM), de la Environmental Protection Agency del gobierno de los Estados Unidos de América, se ha decidido emplear SSA por la facilidad de transmisión de información con otras aplicaciones de Autodesk.

La aplicación SSA es capaz de simular todo el proceso de precipitación-escorrentía, y de la recogida y transporte de los caudales escurridos por el interior de una red de colectores. Para ello incluye la modelización hidráulica de nodos (pozos y otros elementos singulares), tuberías, imbornales y todos los elementos necesarios en una red de saneamiento. En la propia aplicación se modelizan las dimensiones de la cántara de bombeo y su capacidad de laminación, y el funcionamiento de las bombas con su curva de funcionamiento.

Dada la facilidad de interconexión y transmisión de información entre las aplicaciones de Autodesk Civil 3D (C-3D) y SSA, se ha empleado C-3D para definir la red básica y exportarla al formato Storm Sewers, que es directamente importable desde SSA.

Los pasos seguidos para la modelización de la red son los siguientes:

- Creación de una red básica en C-3D.
- Exportación de esta red a SSA.
- Delimitación de las cuencas vertientes a los pozos en los que se recoge la escorrentía superficial.

- Simulación hidrológica-hidráulica de la red.
- Revisión de resultados iniciales, comprobación y rediseño si fuera necesario.
- Dimensionamiento de la cántara y de las bombas con el input del caudal afluente a la estación de bombeo.
- Revisión de los resultados de la red completa (incluyendo el bombeo), y comprobación final de cumplimiento de los criterios de diseño.

En el Apéndice 2 se incluyen las cuencas que se han analizado para analizar el caudal que finalmente alcanzará el punto bajo del Túnel.

En el Apéndice 3 se incluyen las salidas de la modelización realizada.

[1.4] Drenaje de puntos bajos sin salida. Estaciones de bombeo

Por las características de la obra y la imposibilidad de desaguar por gravedad, resulta necesario diseñar una estación de bombeo en el punto bajo de trazado generado en el interior del nuevo túnel que comunicará la M-607 con Madrid Nuevo Norte, tras realizar la Remodelación del Nudo de Fuencarral.

La estación de bombeo tendrá capacidad suficiente para laminar e impulsar el caudal de avenida para un periodo de retorno de 50 años para aguas pluviales.

Las bombas necesarias se dimensionan en función de los caudales aportados, altura geométrica máxima, pérdidas localizadas y pérdidas continuas. Las pérdidas se estiman como un 20% de la altura geométrica máxima.

Las bombas estarán preparadas para trabajar sumergidas y en diferentes fases de llenado para optimizar el consumo. Aplicando las diferentes fases de llenado o alternancia cíclica de las bombas, se consigue que en vez de arrancar la primera siempre la misma bomba, lo haga la que lo hizo con mayor anterioridad. De esta manera, se maximizan los tiempos entre arranque para un tiempo determinado, obteniéndose una reducción significativa del volumen total del pozo. El funcionamiento en cada instante depende de varios factores, del caudal unitario exigido para cada bomba y de la intensidad-duración de la tormenta, así será entonces la alternancia en el arranque de las bombas e influirá directamente en la duración del ciclo de bombeo.

Se dispondrá un sistema de bombas que se compondrá de:

- Un pozo o arqueta de bombeo que recoge las aguas que se concentran en el punto bajo, en el que se coloca la aspiración de la bomba.
- Un sistema de bombas eléctricas sumergibles duplicado, con capacidad suficiente para el caudal de proyecto.
- Un colector de impulsión hasta el punto de desagüe a la red de drenaje por gravedad.
- Alimentación eléctrica de doble entrada y protecciones según normativa electrotécnica.

- Cuadro con interruptores y mandos manuales (en la instalación y cuando sea posible, con telecontrol desde un centro de explotación) y automáticos incluyendo un sistema de control, de arranque y parada de las bombas, normalmente a partir de niveles de agua en el pozo o arqueta de bombeo.
- Elementos auxiliares para facilitar las operaciones de mantenimiento de la instalación, tales como el cambio de las bombas.

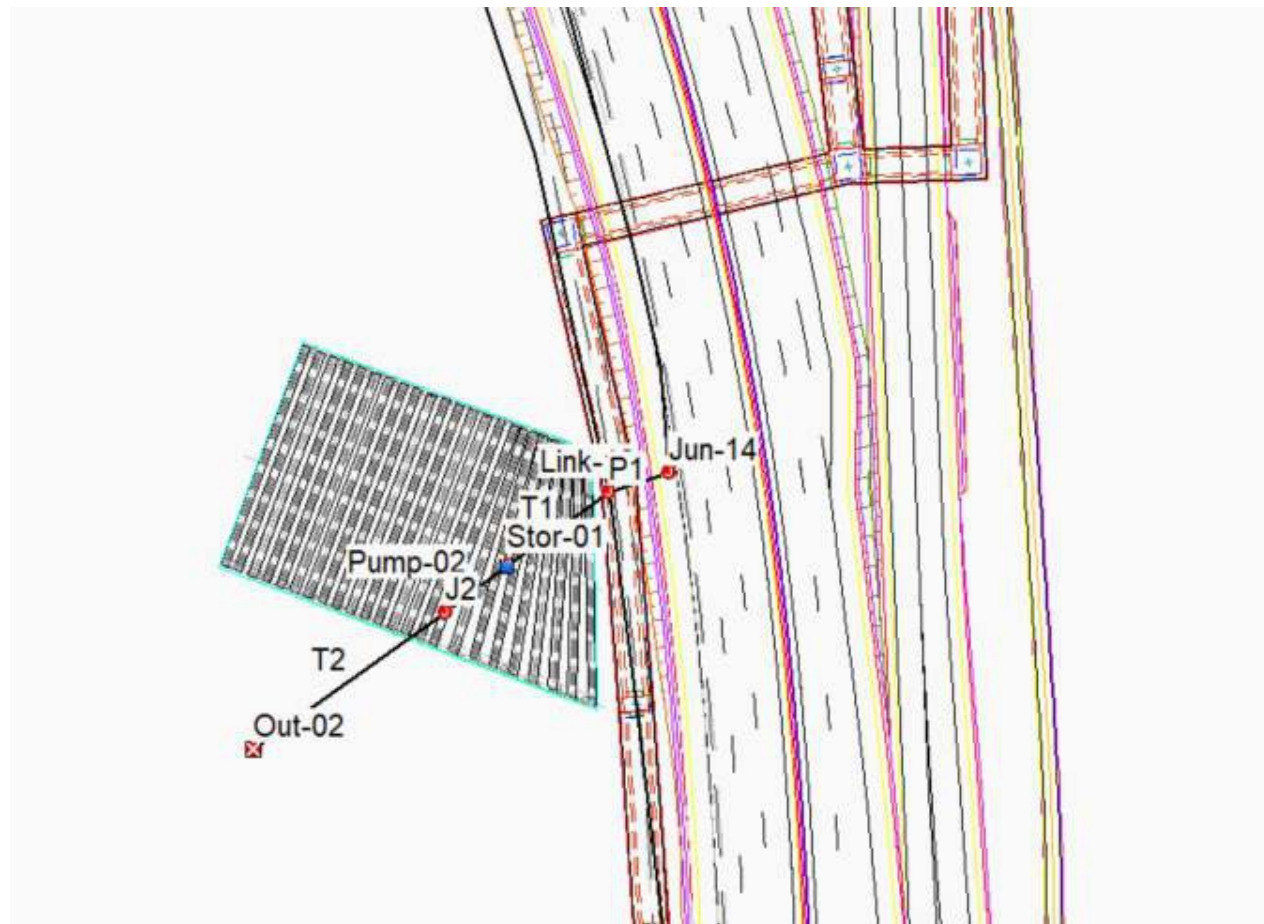


Imagen 1: Planta de SSA ubicada en la estación del bombeo

[1.4.1] Ubicación y análisis del sistema de bombeo

Dada las numerosas limitaciones que existen para diseñar el nuevo trazado de la Remodelación del Nudo de Fuencarral, ha sido inevitable disponer los puntos bajos de trazado en el interior de los nuevos pasos inferiores y túneles que forman parte del Nudo de Fuencarral. Esta situación siempre se intenta evitar cuando se diseña un nuevo trazado, pero dadas las características del presente Anteproyecto ocurre en los ramales que se mencionan más adelante.

Tras analizar las posibilidades del diseño del drenaje longitudinal de la Remodelación del Nudo de Fuencarral, se ha podido comprobar que mediante colectores que circulan por gravedad se puede evacuar el agua que alcanza los puntos bajos sin salida de los distintos pasos inferiores. El diseño de esos colectores irá dirigido hacia el túnel, el cual también tiene un punto bajo sin salida y que por gravedad será imposible evacuar.

Al llevar toda el agua hacia este punto bajo en el interior del túnel, se consigue unificar en un único punto la necesidad de disposición una estación de bombeo.

Se incluye a continuación, qué puntos bajos del trazado no tienen salida por gravedad y deben tener un diseño longitudinal que trabaje en conjunto. Se ha incluido de forma alterna el ramal con la solución 3A y a continuación el ramal con la solución 3B.

- Ramal de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte:
 - (Alternativa 3A) en su p.k 0+660 está situado el punto bajo, prácticamente en el centro del túnel y a una profundidad de 24m.



Imagen 2: Perfil longitudinal del Ramal de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3A

- (Alternativa 3B) en su p.k 0+660 está situado el punto bajo, prácticamente en el centro del túnel y a una profundidad ligeramente superior a 24m.

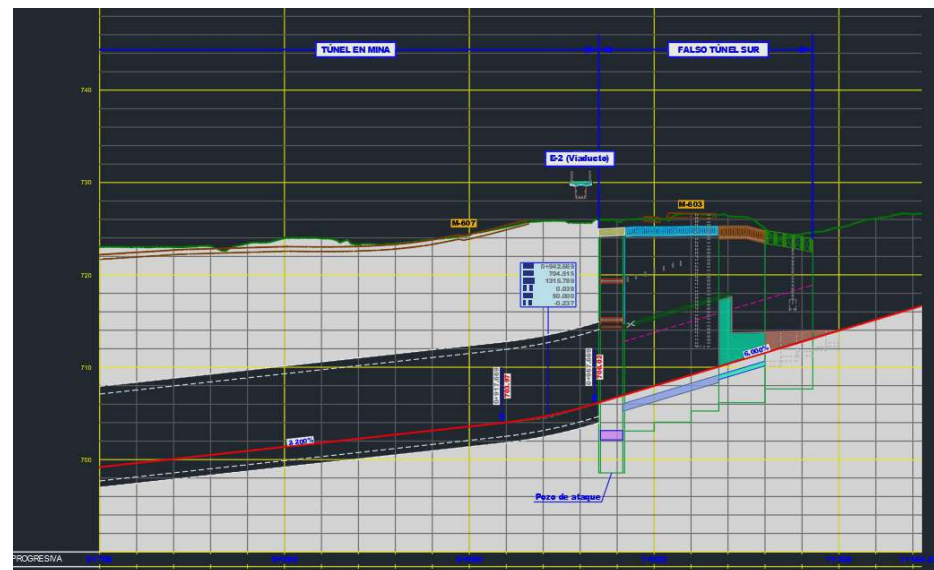
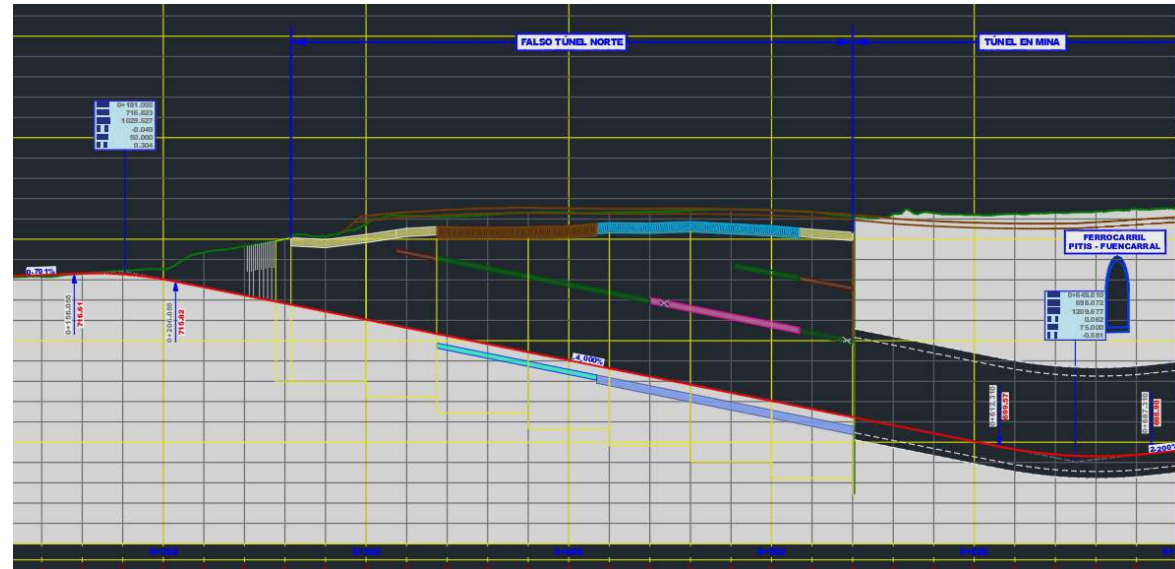


Imagen 3: Perfil longitudinal del Ramal de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3B

- El Ramal Madrid Nuevo Norte a Colmenar Viejo M-607
 - (Alternativa 3A), en su p.k 0+140 está situado el punto bajo, el cual pese a estar situado relativamente cerca de un extremo, no tiene posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a más de 8m de profundidad.

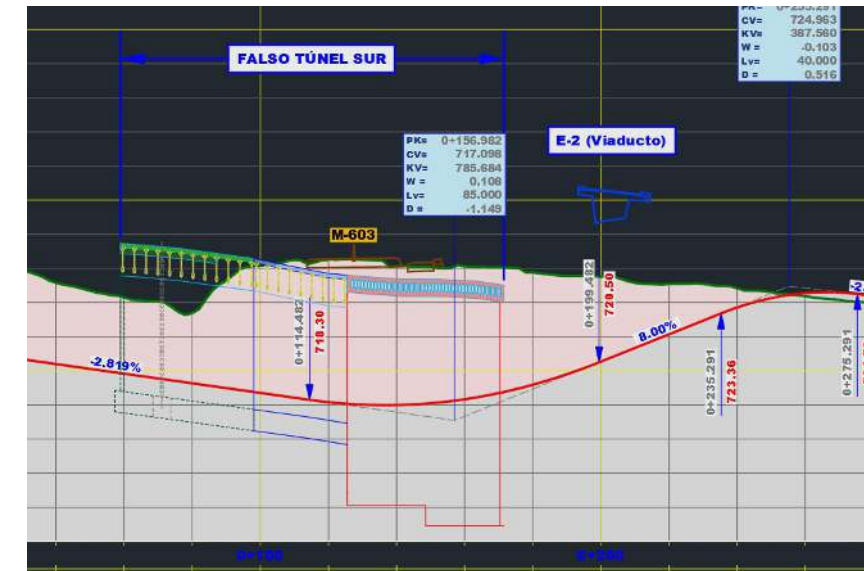


Imagen 4: Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a Colmenar Viejo M-607. Alternativa 3A

- (Alternativa 3B), en su p.k 0+080 está situado el punto bajo, el cual pese a estar situado relativamente cerca de un extremo, no tiene posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a 10m de profundidad.



Imagen 5: Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a Colmenar Viejo M-607. Alternativa 3B

- El Ramal Madrid Nuevo Norte a M-40 Este y M-40 Oeste
 - (Alternativa 3A), en su p.k 0+080. Punto bajo situado igualmente casi en la salida del Paso Inferior, pero sin posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a más de 8m de profundidad.



Imagen 6: Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a M-40 Este y M-40 Oeste. Alternativa 3A

- (Alternativa 3B), en su p.k 0+010 está situado su punto bajo, sin posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a más de 9m de profundidad.

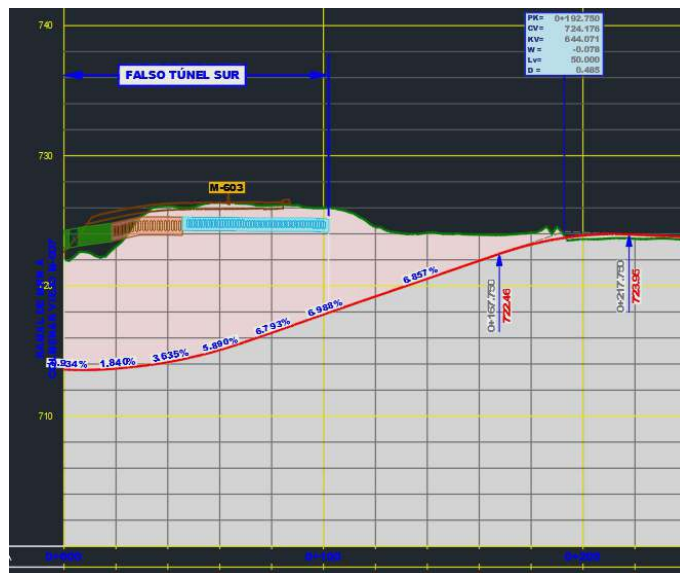


Imagen 7: Perfil longitudinal de Madrid Nuevo Norte a M-40 Este y M-40 Oeste. Alternativa 3B

- El Ramal de Alcobendas M-603 a Madrid Nuevo Norte

- (Alternativa 3A) en el p.k 0+160. Punto bajo sin posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a 7m de profundidad.



Imagen 8: Perfil longitudinal de Ramal de Alcobendas M-603 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3A

- (Alternativa 3B) en el p.k 0+160. Punto bajo sin posibilidad de evacuar el agua por gravedad debido a que se encuentra a 7m de profundidad.



Imagen 9: Perfil longitudinal de Ramal de Alcobendas M-603 a Madrid Nuevo Norte. Alternativa 3B

Las siguientes imágenes muestran el conjunto de pozos (Jun.) y colectores (Link) analizados en el SSA para obtener el caudal que alcanza finalmente el punto bajo del túnel de Colmenar Viejo M-607 a Madrid Nuevo Norte

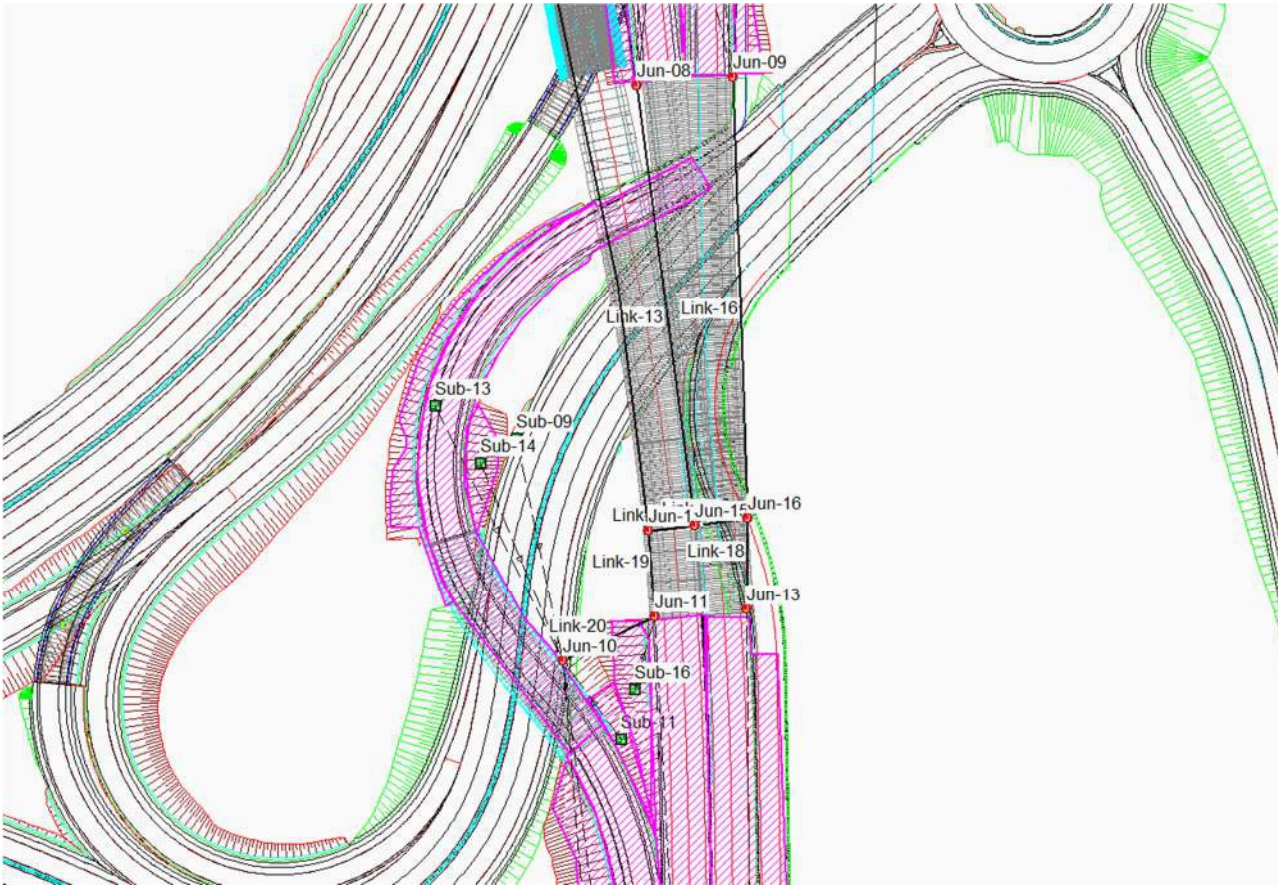
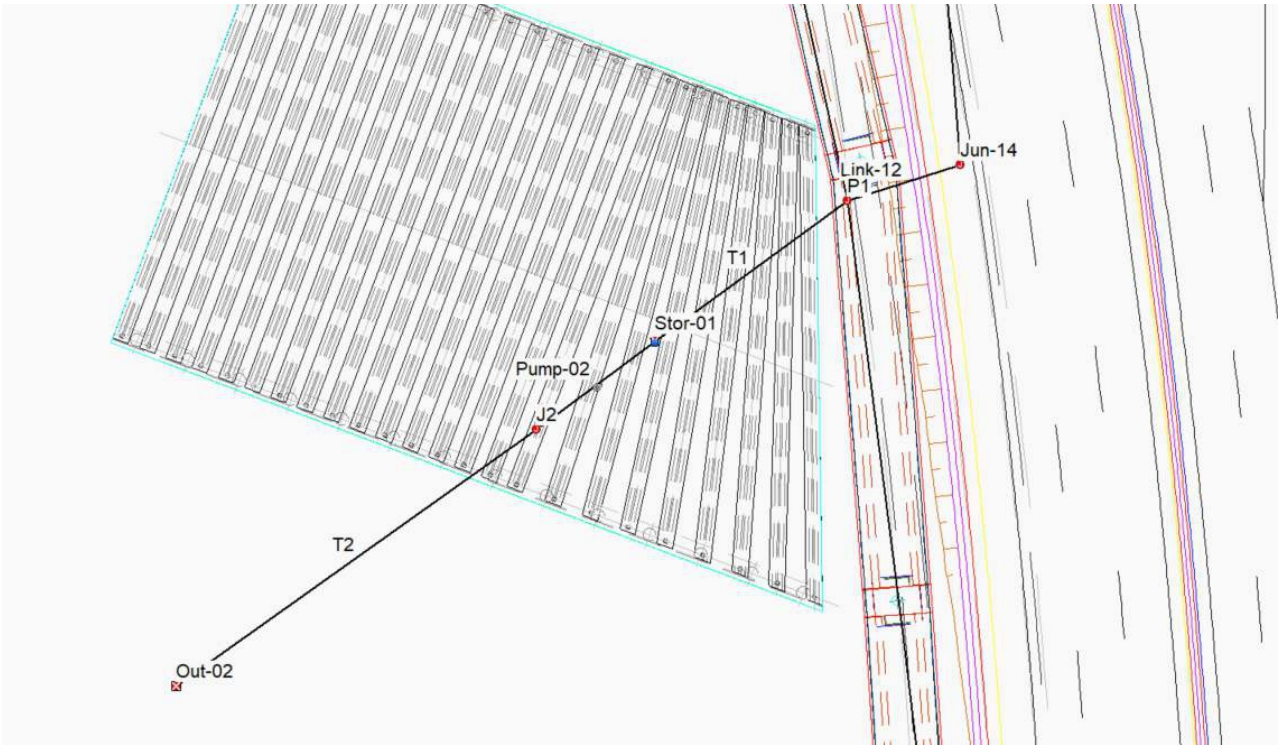
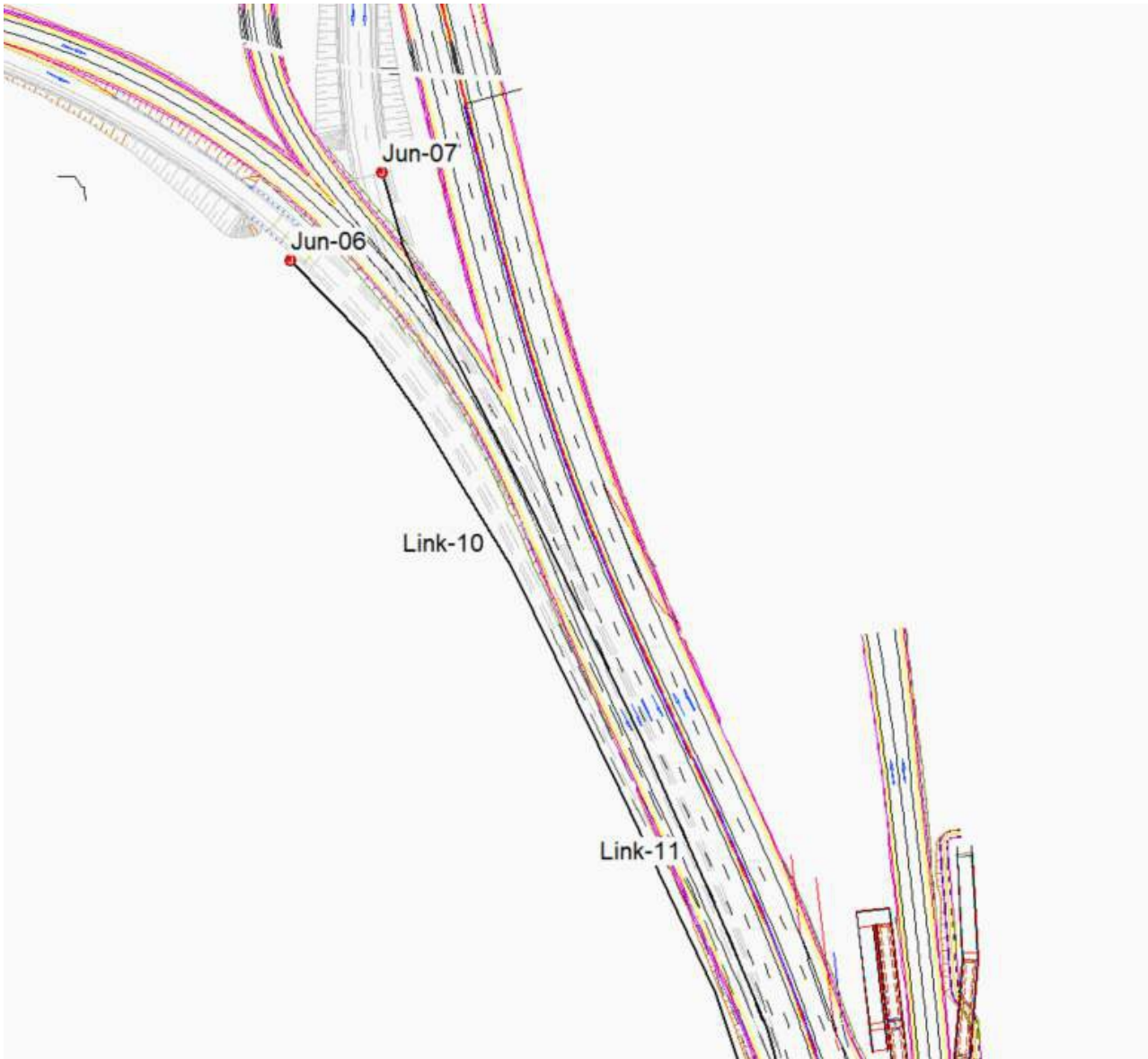


Imagen 10: Pozos y colectores SSA

El caudal máximo afluente a la cántara de la estación de bombeo es de 246.30 l/s. Este caudal es el obtenido para un periodo de retorno T de 50 años, de la escorrentía asociada de la superficie que vierte al punto bajo.

A la vista del caudal punta afluente, y teniendo en cuenta que la cámara de rotura puede desaguar al sistema de saneamiento existente aproximadamente 120m aguas abajo de ésta, se ha previsto una cántara de 22.5 m² y un sistema de bombeo formado por 3 bombas en configuración 2+1 con capacidad de desaguar 82.1 l/s por bomba. Igualmente está previsto un doble sistema eléctrico, para evitar cualquier problema de suministro eléctrico al sistema.

En la siguiente tabla se muestran los datos empleados en la modelización hidrológica-hidráulica de esta estación de bombeo.

Q max	246.3	l/s
2/3 Q max	164.2	l/s
Configuración 2+1	164.2	l/s
Q /bomba	82.1	l/s
Q /bomba	295.56	m ³ /h
P /bomba	42.34	kW
H geo	19.5	m
Pérdidas	0.20	adi
H perdidas	3.9	m
H manométrica	23.4	m
Superf. Cántara	22.50	m ²

Tabla 6. Datos caracterización sistema bombeo

En la siguiente gráfica se muestra la curva de la bomba seleccionada.

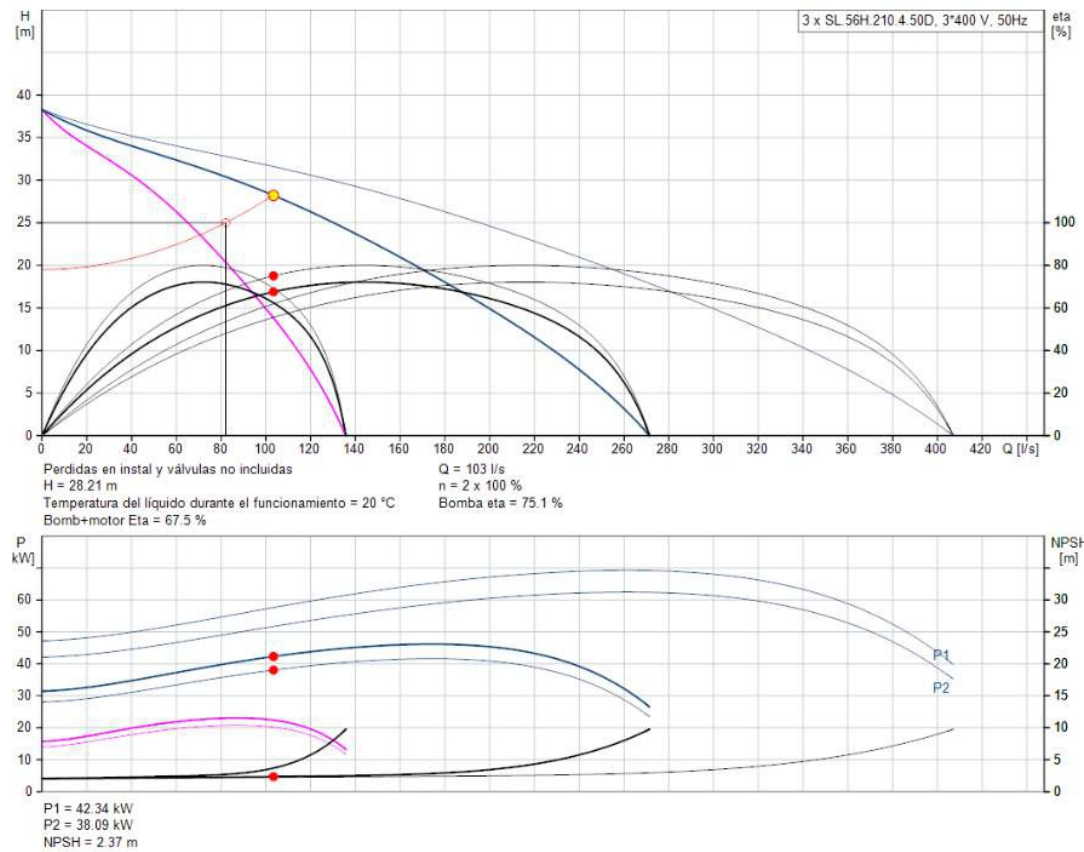
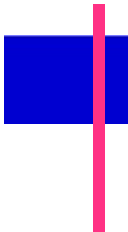
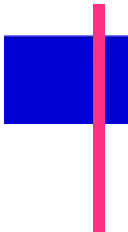


Imagen 11: Curva bomba



APÉNDICES



APÉNDICE 1: RESULTADOS CÁLCULO HY-8

ODT-1

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

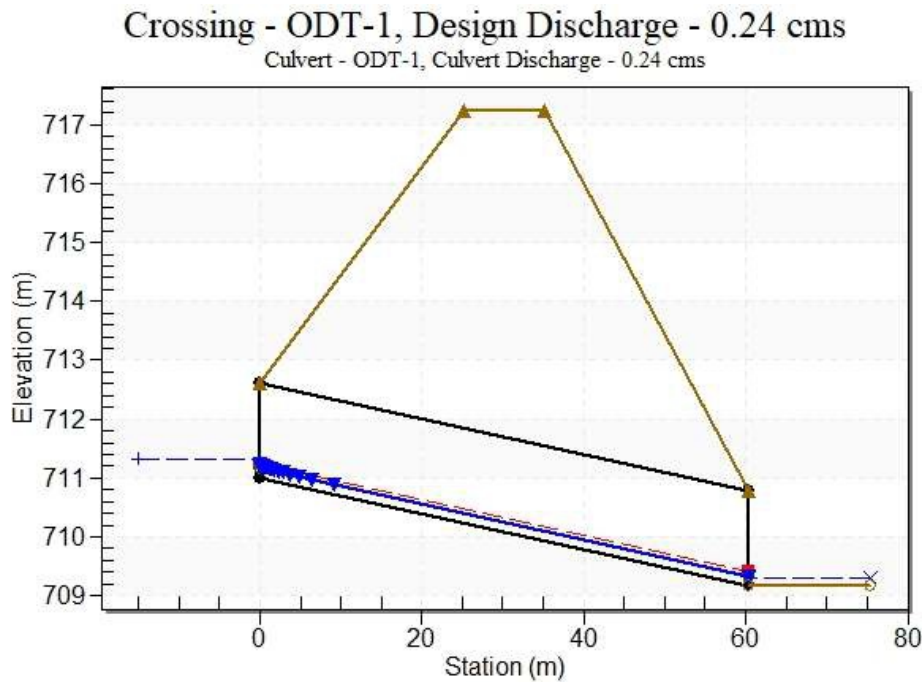
Minimum Flow: 0.20 m3/s

Design Flow: 0.24 m3/s

Maximum Flow: 0.28 m3/s

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)
0.20	0.20	711.29	0.289	0.0*	1-S2n	0.143	0.218	0.143	0.118	2.240	0.213
0.21	0.21	711.30	0.295	0.0*	1-S2n	0.146	0.223	0.146	0.121	2.266	0.216
0.22	0.22	711.30	0.301	0.0*	1-S2n	0.148	0.227	0.148	0.124	2.290	0.219
0.22	0.22	711.31	0.307	0.0*	1-S2n	0.151	0.231	0.151	0.127	2.313	0.222
0.23	0.23	711.31	0.312	0.0*	1-S2n	0.154	0.235	0.154	0.129	2.335	0.225
0.24	0.24	711.32	0.318	0.0*	1-S2n	0.157	0.239	0.157	0.132	2.356	0.228
0.25	0.25	711.32	0.323	0.0*	1-S2n	0.160	0.243	0.160	0.135	2.375	0.231
0.26	0.26	711.33	0.329	0.0*	1-S2n	0.162	0.247	0.162	0.137	2.394	0.234
0.26	0.26	711.33	0.334	0.0*	1-S2n	0.165	0.251	0.165	0.140	2.415	0.237
0.27	0.27	711.34	0.339	0.0*	1-S2n	0.167	0.255	0.167	0.142	2.440	0.239
0.28	0.28	711.34	0.344	0.0*	1-S2n	0.169	0.259	0.169	0.145	2.464	0.242

* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.



Site Data - ODT-1

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 711.00 m

Outlet Station: 60.40 m

Outlet Elevation: 709.18 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-1

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1600.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0160

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None



Tailwater Channel Data - ODT-1

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 7.70 m

Side Slope (H:V): 2.00 (┐:1)

Channel Slope: 0.0010

Channel Manning's n: 0.0350

Channel Invert Elevation: 709.18 m

Roadway Data for Crossing: ODT-1

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 43.00 m

Crest Elevation: 717.25 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

ODT-2

Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0.20m3/s

Design Flow: 0.22m3/s

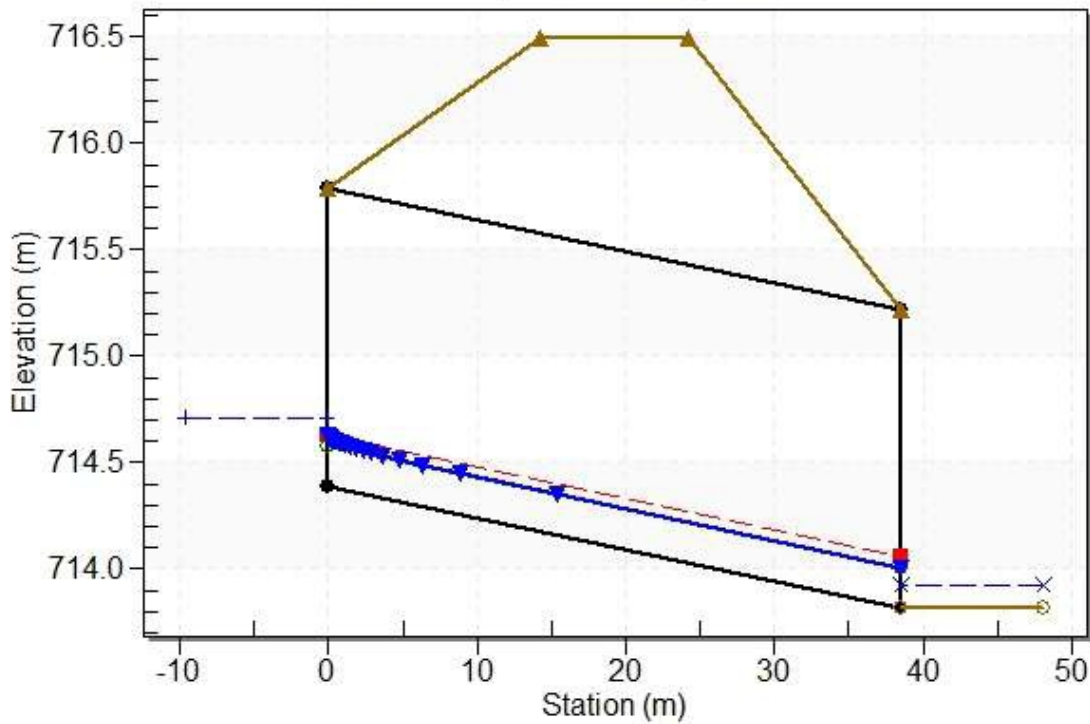
Maximum Flow: 0.28m3/s

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)
0.20	0.20	714.69	0.304	0.0*	1-S2n	0.177	0.226	0.177	0.099	1.765	0.183
0.21	0.21	714.70	0.310	0.0*	1-S2n	0.181	0.231	0.181	0.102	1.785	0.186
0.22	0.22	714.71	0.317	0.0*	1-S2n	0.184	0.235	0.184	0.104	1.808	0.188
0.22	0.22	714.71	0.320	0.0*	1-S2n	0.185	0.238	0.185	0.105	1.819	0.189
0.23	0.23	714.72	0.329	0.0*	1-S2n	0.190	0.244	0.190	0.108	1.849	0.193
0.24	0.24	714.72	0.334	0.0*	1-S2n	0.193	0.248	0.193	0.111	1.869	0.195
0.25	0.25	714.73	0.340	0.0*	1-S2n	0.196	0.252	0.196	0.113	1.887	0.198
0.26	0.26	714.74	0.346	0.0*	1-S2n	0.199	0.257	0.199	0.115	1.905	0.200
0.26	0.26	714.74	0.351	0.0*	1-S2n	0.202	0.261	0.202	0.117	1.922	0.202
0.27	0.27	714.75	0.357	0.0*	1-S2n	0.205	0.265	0.205	0.119	1.938	0.204
0.28	0.28	714.75	0.362	0.0*	1-S2n	0.208	0.269	0.208	0.121	1.954	0.206

* Full Flow Headwater elevation is below inlet invert.

Crossing - ODT-2, Design Discharge - 0.22 cms

Culvert - ODT-2, Culvert Discharge - 0.22 cms





Site Data - ODT-2

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 714.39 m

Outlet Station: 38.47 m

Outlet Elevation: 713.82 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-2

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1400.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0160

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

Tailwater Channel Data - ODT-2

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 10.00 m

Side Slope (H:V): 10.00 (1:1)

Channel Slope: 0.0010

Channel Manning's n: 0.0350

Channel Invert Elevation: 713.82 m

Roadway Data for Crossing: ODT-2

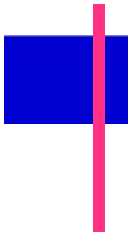
Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 36.30 m

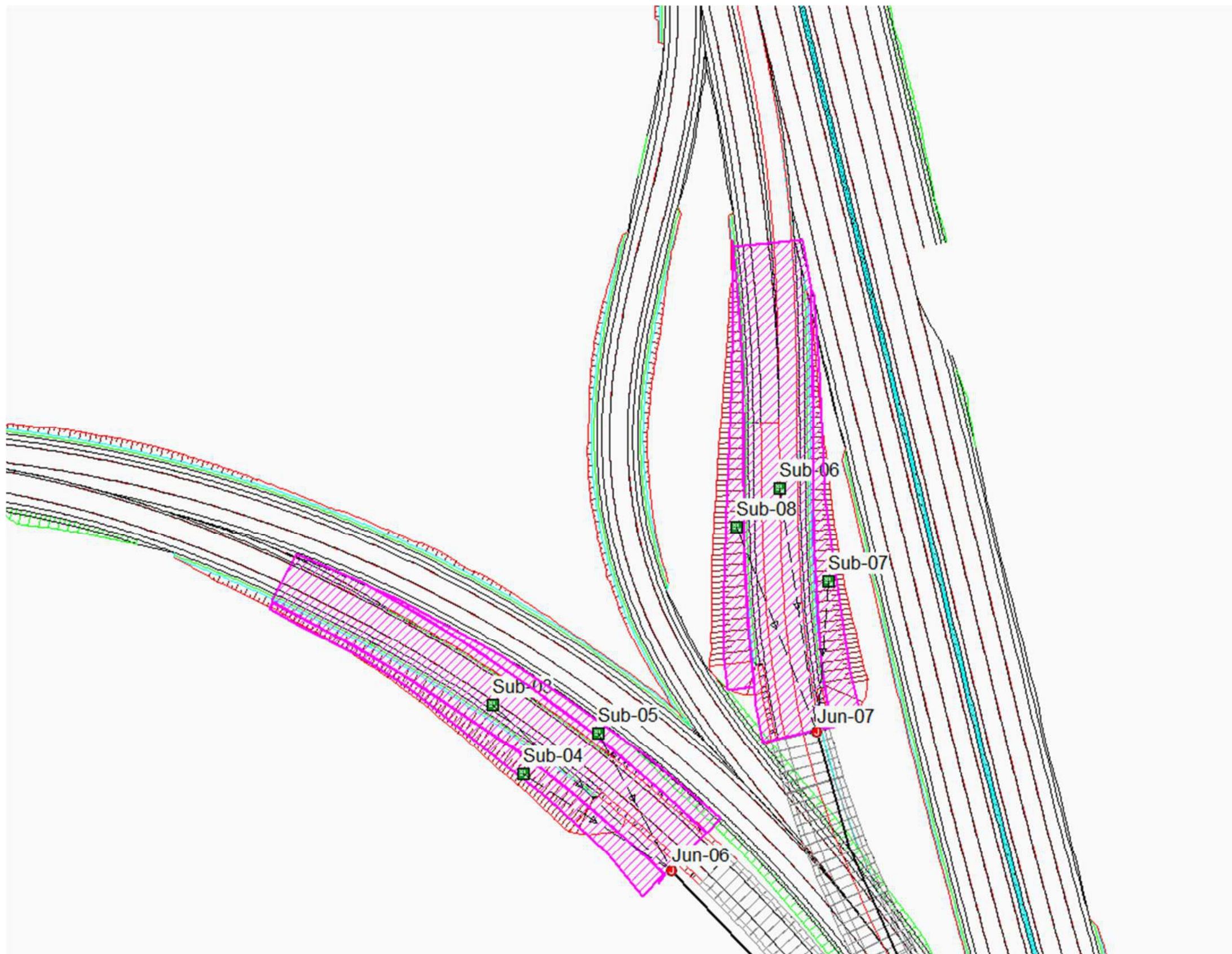
Crest Elevation: 716.50 m

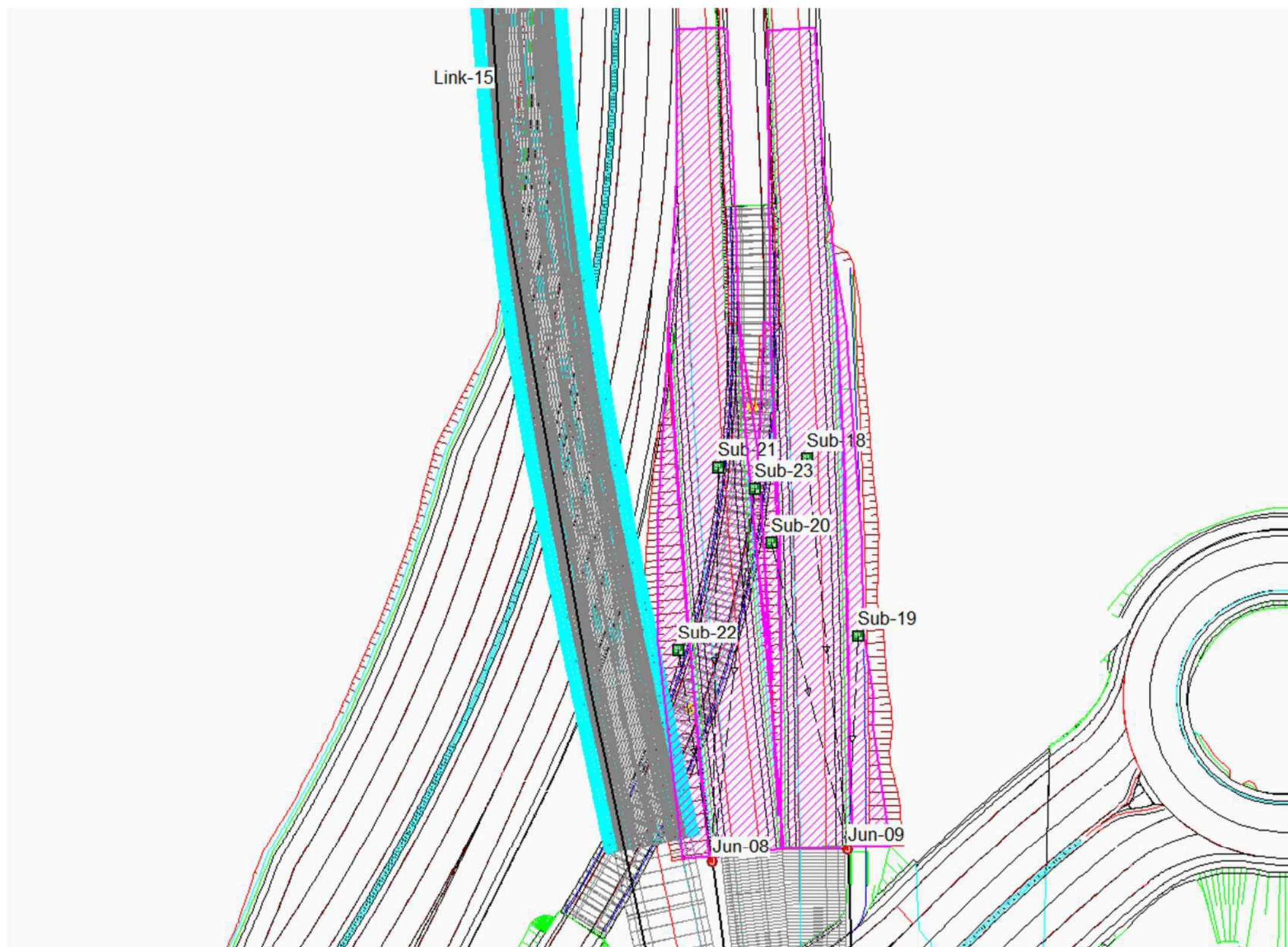
Roadway Surface: Paved

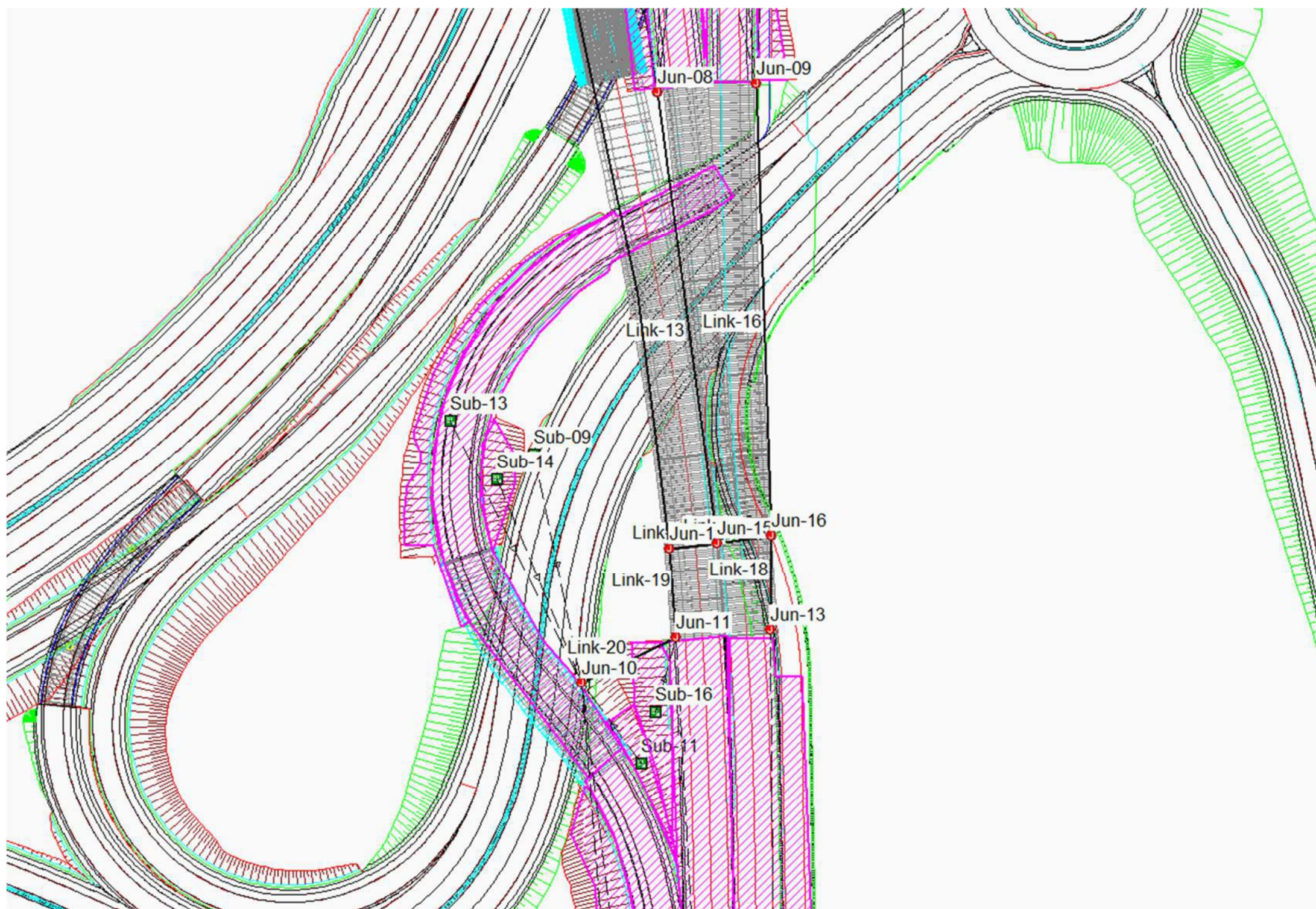
Roadway Top Width: 10.00 m

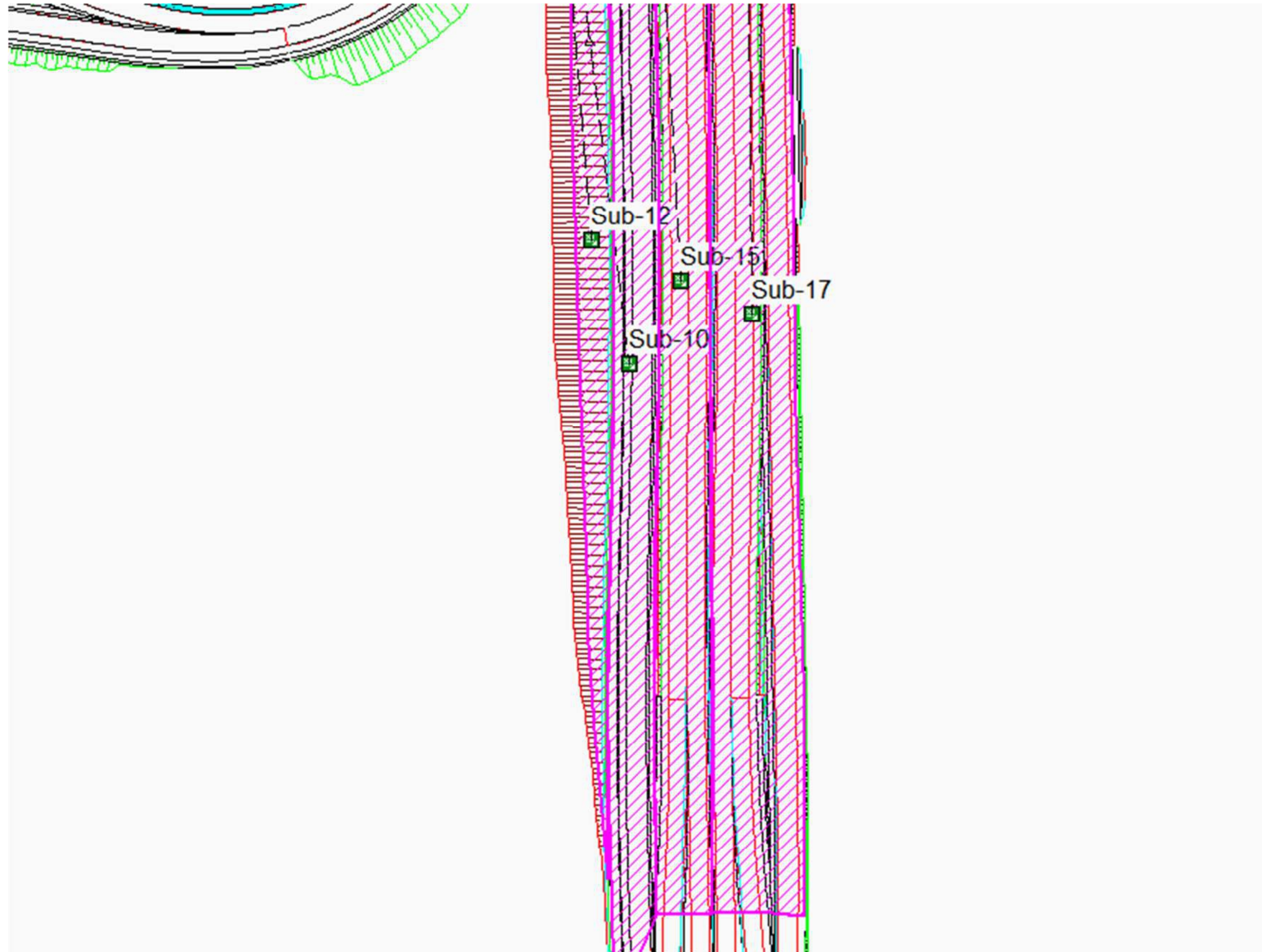


APÉNDICE 2: CUENCAS VERTIENTES HACIA PUNTOS BAJOS DEL TÚNEL Y PASOS INFERIORES











APÉNDICE 3: RESULTADOS STORM AND SANITARY ANALYSIS



CUENCAS

SN	Element ID	Description	Area	Drainage Node ID	Weighted Runoff Coefficient	Average Slope	Flow Length	Time of Concentration
			(ha)			(%)	(m)	(days hh:mm:ss)
1	Sub-03		0.11	64	1.0000	5.0000	94.36	0 00:02:03
2	Sub-04		0.03	64	1.0000	5.0000	64.59	0 00:01:32
3	Sub-05		0.02	64	0.5000	5.0000	61.87	0 00:01:29
4	Sub-06		0.13	64	1.0000	3.2000	96.57	0 00:02:28
5	Sub-07		0.02	64	0.5000	3.2000	67.72	0 00:01:53
6	Sub-08		0.03	64	0.5000	3.2000	67.30	0 00:01:52
7	Sub-09		0.15	64	1.0000	3.0000	133.52	0 00:03:15
8	Sub-10		0.21	64	1.0000	7.0000	237.76	0 00:03:40
9	Sub-11		0.01	64	0.5000	7.0000	27.64	0 00:00:42
10	Sub-12		0.12	64	0.5000	7.0000	200.20	0 00:03:13
11	Sub-13		0.03	64	0.5000	3.0000	87.12	0 00:02:20
12	Sub-14		0.01	64	0.5000	3.0000	52.69	0 00:01:35
13	Sub-15		0.26	64	1.0000	8.0000	242.80	0 00:03:32
14	Sub-16		0.02	64	0.5000	8.0000	23.71	0 00:00:35
15	Sub-17		0.39	64	1.0000	8.0000	242.36	0 00:03:32
16	Sub-18		0.12	64	1.0000	8.0000	124.00	0 00:02:07
17	Sub-19		0.02	64	0.5000	8.0000	66.33	0 00:01:18
18	Sub-20		0.01	64	0.5000	8.0000	50.05	0 00:01:03
19	Sub-21		0.13	64	1.0000	8.0000	123.61	0 00:02:06
20	Sub-22		0.03	64	0.5000	8.0000	59.43	0 00:01:12
21	Sub-23		0.01	64	0.5000	8.0000	63.08	0 00:01:15

TUBERÍAS

SN	Element ID	Description	From (Inlet) Node	To (Outlet) Node	Length	Inlet Invert	Inlet Offset	Outlet Invert	Outlet Offset	Total Drop	Average Slope	Pipe Shape	Pipe Diameter	Pipe Width	Pipe Manning's Roughness	Entrance Losses	Exit/Bend Losses	Additional Losses	Initial Flow	Flap Gate
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)		(cm)	(cm)					(lps)	
1	Link-10		64	P1	364.11	712.50	0.00	697.00	0.00	15.50	4.2600	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
2	Link-11		64	64	378.32	712.00	0.00	698.90	0.00	13.10	3.4600	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
3	Link-12		64	P1	8.62	698.90	0.00	697.00	0.00	1.90	22.0400	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
4	Link-13		64	64	92.38	717.00	0.00	716.70	0.00	0.30	0.3200	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
5	Link-14		64	64	9.76	716.70	0.00	716.00	0.00	0.70	7.1700	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
6	Link-15		64	P1	421.93	716.00	0.00	697.00	0.00	19.00	4.5000	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
7	Link-16		64	64	91.78	718.00	0.00	717.00	0.00	1.00	1.0900	CIRCULAR	50.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
8	Link-17		64	64	10.94	717.00	0.00	716.70	0.00	0.30	2.7400	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
9	Link-18		64	64	19.28	718.50	0.00	717.00	0.00	1.50	7.7800	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO



SN	Element	Description	From (Inlet) Node	To (Outlet) Node	Length	Inlet Invert	Inlet Invert	Outlet Invert	Outlet Invert	Total Drop	Average Slope	Pipe Shape	Pipe Diameter	Pipe Width	Manning's Roughness	Entrance Losses	Exit/Bend Losses	Additional Losses	Initial Flow	Flap Gate
	ID					Elevation	Offset	Elevation	Offset				or Height							
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)		(cm)	(cm)					(lps)	
10	Link-19		64	64	17.97	717.50	0.00	716.00	0.00	1.50	8.3500	CIRCULAR	40.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
11	Link-20		64	64	21.18	718.50	0.00	717.50	0.00	1.00	4.7200	CIRCULAR	50.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
12	T1		P1	Stor-01	27.57	697.00	0.00	696.50	3.00	0.50	1.8100	CIRCULAR	60.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO
13	T2		J2	Out-02	18.36	718.00	0.00	717.50	0.00	0.50	2.7200	CIRCULAR	60.000	0.00	0.0160	0.5000	0.5000	0.0000	0.00	NO



SALIDAS

SN	Element ID	X Coordinate	Y Coordinate	Description	Invert Elevation	Boundary Type	Flap Gate	Fixed Water Elevation
					(m)			(m)
1	Out-02	441910.41	4485092.73		717.50	NORMAL	NO	

CÁMARA DE BOMBEO

SN	Element ID	X Coordinate	Y Coordinate	Description	Invert Elevation	Max (Rim) Elevation	Max (Rim) Offset	Initial Water Elevation	Initial Water Depth	Ponded Area	Evaporation Loss
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	
1	Stor-01	441945.34	4485117.85	Cámarabombeo	693.50	696.00	2.50	693.85	0.35	22.50	0.00

INTERSECCIONES

SN	Element ID	X Coordinate	Y Coordinate	Description	Invert Elevation	Ground/Rim (Max) Elevation	Ground/Rim (Max) Offset	Initial Water Elevation	Initial Water Depth	Surcharge Elevation	Surcharge Depth	Ponded Area	Minimum Pipe Cover
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m²)	(cm)
1	J2	441936.73	4485111.48		718.00	2.00	-716.00	0.00	-718.00	0.00	-2.00	0.00	0.00
2	64	441800.14	4485454.10		712.50	6.00	-706.50	0.00	-712.50	0.00	-6.00	0.00	0.00
3	64	441828.21	4485481.20		712.00	6.00	-706.00	0.00	-712.00	0.00	-6.00	0.00	0.00
4	64	442004.65	4484802.59		717.00	6.00	-711.00	0.00	-717.00	0.00	-6.00	0.00	0.00
5	64	442024.68	4484804.36		718.00	6.00	-712.00	0.00	-718.00	0.00	-6.00	0.00	0.00
6	64	441989.47	4484682.60		718.50	6.00	-712.50	0.00	-718.50	0.00	-6.00	0.00	0.00
7	64	442008.46	4484691.98		717.50	6.00	-711.50	0.00	-717.50	0.00	-6.00	0.00	0.00
8	64	442007.26	4484709.90		716.00	6.00	-710.00	0.00	-716.00	0.00	-6.00	0.00	0.00
9	64	442027.54	4484693.36		718.50	6.00	-712.50	0.00	-718.50	0.00	-6.00	0.00	0.00
10	64	441967.64	4485130.77		698.90	6.00	-692.90	0.00	-698.90	0.00	-6.00	0.00	0.00
11	64	442016.95	4484711.03		716.70	6.00	-710.70	0.00	-716.70	0.00	-6.00	0.00	0.00
12	64	442027.78	4484712.64		717.00	6.00	-711.00	0.00	-717.00	0.00	-6.00	0.00	0.00
13	P1	441959.43	4485128.15	Recogidainteriortunel	697.00	2.00	-695.00	0.00	-697.00	0.00	-2.00	0.00	0.00

BOMBAS

SN	Element ID	Description	From (Inlet) Node	To (Outlet) Node	From (Inlet) Node Invert Elevation (m)	To (Outlet) Node Invert Elevation (m)	Initial Status	Pump Type
1	Pump-01		Stor-01	J2	693.50	718.00	ON	TYPE3
2	Pump-02		Stor-01	J2	693.50	718.00	ON	TYPE3