

ANEXO 5. DESAGUES Y PURGAS DE MANIJAS SUBTRAMO SUR

TABLA DE CONTENIDO

1.	DISEÑO HIDRÁULICO DESAGUES DE Purgas Manija la Chucua	3
1.1.	Desagüe Purga 1.....	3
1.2.	Desagüe Purga 2.....	7
2.	DISEÑO HIDRÁULICO DESAGUES DE Purgas Manija de Sierra Morena.....	13
1.3.	Desagüe Purga 1.....	13
1.4.	Desagüe Purga 2.....	17
1.5.	Desagüe Purga 3.....	21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de Purga a Pozo Proyectoado) desagüe Manija Chucua.....	4
Tabla 2	Resultados para el diseño del primer tramo desde Caja Purga 1 hasta el Pozo Proyectoado	5
Tabla 3	Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectoado a Pozo Existente de Aguas combinadas).....	5
Tabla 4	Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectoado a Pozo Existente de Aguas Combinadas)	5
Tabla 5	Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB	7
Tabla 6	Datos de Cálculo tubería de salida.....	7
Tabla 5	Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de Purga a Pozo Proyectoado)	10
Tabla 6	Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de purga a Pozo Existente de Aguas Lluvias)	10
Tabla 7	Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectoado a Pozo de aguas lluvias existente).....	10
Tabla 8	Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectoado a Pozo Existente de Aguas Lluvias)	11
Tabla 11	Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB	12
Tabla 12	Datos de Cálculo tubería de salida.....	12
Tabla 9	Datos de Cálculo de la descarga de la purga 1 de Sierra Morena (Caja de Purga a Estructura existente).....	14
Tabla 10	Resultados para el diseño de la salida de la purga 1 Sierra Morena a la estructura existente.	15
Tabla 15	Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB	16
Tabla 16	Datos de Cálculo tubería de salida.....	16
Tabla 11	Datos de Cálculo de la purga 2 manija Sierra Morena (Caja de Purga a Pozo Proyectoado)	18

Tabla 12 Resultados para el diseño de la purga 2 manija Sierra Morena al Pozo Existente	19
Tabla 19 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB	20
Tabla 20 Datos de Cálculo tubería de salida.....	20
Tabla 13 Datos de Cálculo de la purga 3 de Sierra Morena (Caja de Purga a Pozo Proyectado)	22
Tabla 14 Resultados para el diseño de la purga 3 Manija Sierra Morena al Pozo Proyectado	23
Tabla 23 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB	24
Tabla 24 Datos de Cálculo tubería de salida.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la caja de purga 1 Manija Chucua, con su respectivo Pozo Húmedo.	3
Figura 2 Esquema de planta de la descarga de la purga 1 de la Manija Chucua.	4
Figura 3 Perfil del desagüe de la purga 1 de la manija de la Chucua.	6
Figura 4 Esquema de la caja de purga 2.....	8
Figura 5 Esquema de planta de la descarga de la purga 2 de la Manija Chucua.	9
Figura 6 Perfil del desagüe de la purga 2 de la manija Chucua.	11
Figura 7 Esquema de la caja de purga 1 Manija Sierra Morena.	13
Figura 8 Esquema de planta de la descarga de la purga 1 de la Manija Sierra Morena. ...	14
Figura 9 Perfil del desagüe de la purga 1 de la manija de Sierra Morena.	15
Figura 10 Esquema de la caja de purga 2 de la manija Sierra Morena.	17
Figura 11 Esquema de planta de la descarga de la purga 2 de la Manija de Sierra Morena.	18
Figura 12 Perfil del desagüe de la purga 2 manija Sierra Morena.	19
Figura 13 Esquema de la caja de purga 3 manija Sierra Morena.	21
Figura 14 Esquema de planta de la descarga de la purga 3 de la Manija de Sierra Morena.	22
Figura 15 Perfil del desagüe de la purga 3 Manija Sierra Morena.	23

1. DISEÑO HIDRÁULICO DESAGUES DE PURGAS MANIJA LA CHUCUA

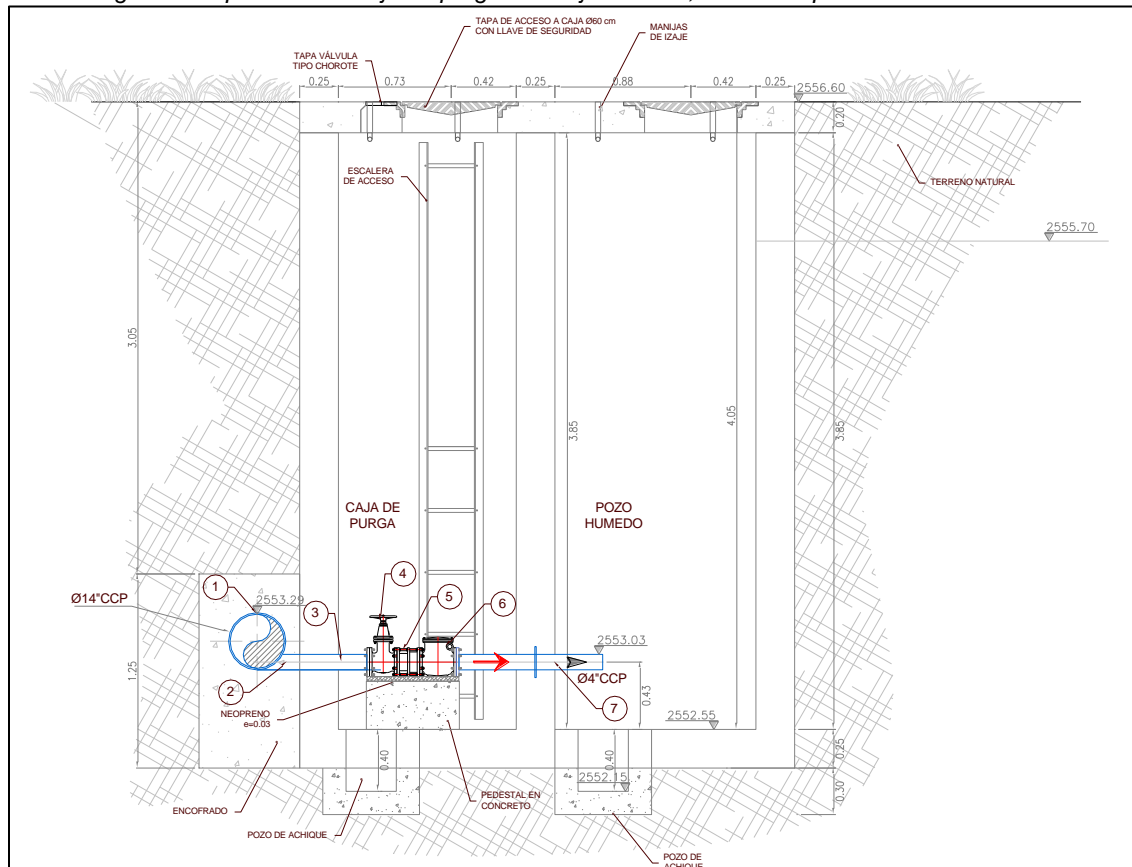
Después de los diseños geométricos e hidráulicos presentados anteriormente, relacionados con la manija la Chucua, se localizaron dos purgas en los puntos más bajos de la línea. En ambos casos se planteó el vaciado de las mismas por gravedad. En esta sección se van a presentar los resultados hidráulicos con su respectiva localización en planta y en perfil.

1.1. Desagüe Purga 1

La primera purga de acuerdo a los diseños presentados anteriormente en la manija se encuentra localizada en la abscisa K0+000 que corresponde a la Transversal 72 D Bis con calle 40 s. Para su salida del sitio de localización se tiene en la caja un pozo húmedo con cota rasante 2556.60 y fondo 2552.15. El pozo húmedo para el desagüe de la purga al momento de su operación se va a llenar hasta la cota 2555.70 donde está localizada la clave de la tubería de desagüe. Naturalmente llegara un punto en el que el pozo va a tener un nivel de agua inferior a la clave de salida de la tubería, por lo que para estos casos se plantea utilizar una bomba sumergible para retirar el volumen restante.

A continuación, se presenta un corte del esquema de la caja de la purga con su respectivo Pozo Húmedo:

Figura 1 Esquema de la caja de purga 1 Manija Chucua, con su respectivo Pozo Húmedo.

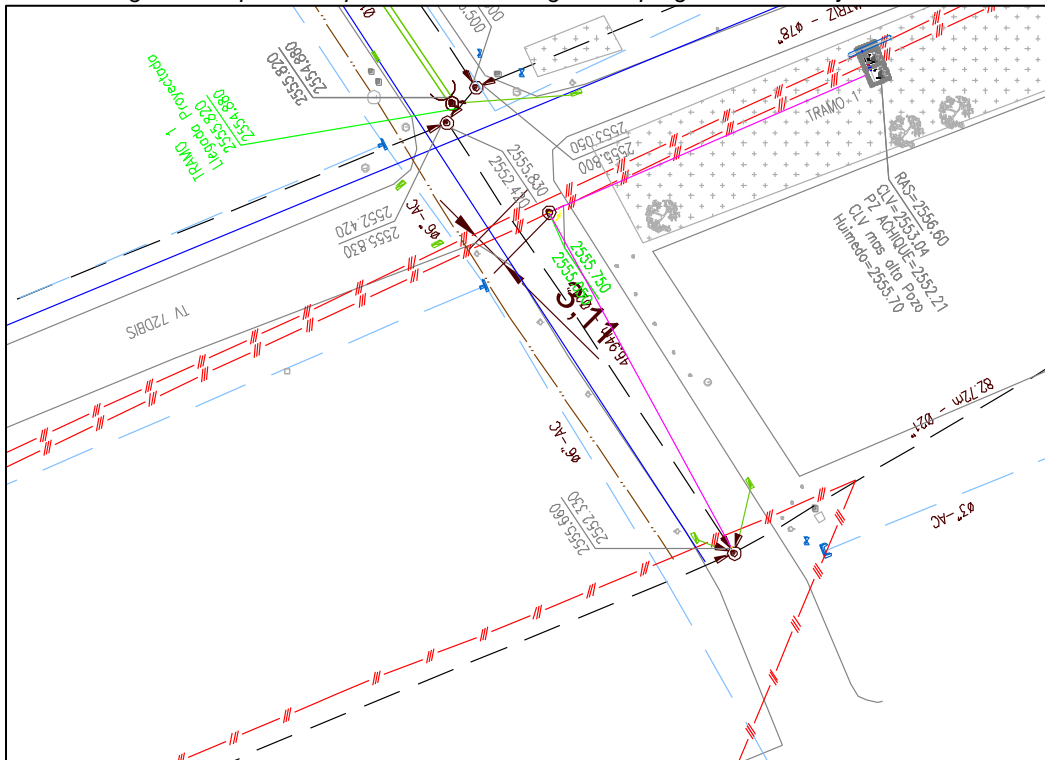


Fuente: Consultoría

Una vez determinado este esquema se procedió a realizar el trazado y el sitio de descargue de esta línea. Analizando las posibilidades se definió que el sitio adecuado para la descarga

era un pozo de aguas combinadas localizado sobre la calle 40 S con la transversal 72 D, sin embargo, para poder hacer la llegada al mismo se localizó un Pozo Proyectado en la Transversal 72 D sur. A continuación, se presenta una figura con el esquema en planta del desagüe proyectado, donde la línea morada corresponde a la planta de desagüe:

Figura 2 Esquema de planta de la descarga de la purga 1 de la Manija Chucua.



Fuente: Consultoría

Con base al siguiente trazado se prosiguió a determinar las diferentes interferencias con redes húmedas y secas. Con base a las investigaciones realizadas por el equipo topográfico y la información de planos de obra se concluyó que no existen redes de interferencia en este tramo.

Una vez identificadas se procedió a realizar el diseño hidráulico de la Línea con base a los caudales de la purga y el nivel de salida (cota de salida de la purga) y de la llegada al pozo existente de aguas lluvia (siendo la cota clave del pozo de aguas combinadas el límite de llegada por gravedad). Con base en lo anterior se logró determinar que era posible llegar al pozo de aguas combinadas por gravedad y sin presentar ningún problema con las interferencias mencionadas anteriormente.

A continuación, se van a presentar los datos de cálculo y los resultados del diseño del desagüe de la primera purga, es importante mencionar que los cálculos se dividieron en dos partes, el cálculo de la purga al pozo proyectado y del pozo proyectado al pozo existente de aguas lluvias:

Tabla 1 Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de Purga a Pozo Proyectado) desagüe Manija Chucua

Caudal Diseño (m3/s)	0.045
Pendiente	0.021
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Longitud Tramo (m)	31.5
Diferencia Alturas (m)	0.65

Fuente: Consultoría

Y a continuación se presentan los resultados del diseño hidráulico de esta línea:

Tabla 2 Resultados para el diseño del primer tramo desde Caja Purga 1 hasta el Pozo Proyectado

DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Y _n /D	Y _n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.227	0.85	0.193	4.692	0.037	0.533	0.069	0.162	0.226	2.997	2.012	0.110	SI
0.227	0.7	0.159	3.965	0.030	0.450	0.067	0.208	0.145	2.952	2.471	0.089	SI
0.227	0.6	0.136	3.544	0.025	0.402	0.063	0.222	0.114	2.831	2.678	0.072	SI
0.227	0.5	0.114	3.142	0.020	0.357	0.057	0.227	0.089	2.646	2.829	0.054	SI
0.227	0.45	0.102	2.941	0.018	0.334	0.053	0.226	0.078	2.528	2.887	0.045	SI

Fuente: Consultoría

Como se puede ver en los resultados la tubería de 10" en PVC cumple de manera adecuada llevando una relación de llenado del 45%, una velocidad de 2.5 m/s y un número de Froude de 2.887 (flujo supercrítico). Por lo que en este tubo no se va a presentar en ninguna circunstancia presurización de la tubería y el diámetro se encuentra dentro del rango permitido para aguas lluvias de acuerdo a las normas de la EAB.

A continuación, se van a presentar a los datos y resultados para el tramo entre el pozo proyectado y el pozo existente de aguas lluvias

Tabla 3 Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectado a Pozo Existente de Aguas combinadas)

Caudal Diseño (m ³ /s)	0.045
Pendiente	0.013
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06
Longitud Tramo (m)	35.2
Diferencia Alturas (m)	0.44

Fuente: Consultoría

Tabla 4 Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectado a Pozo Existente de Aguas Combinadas)

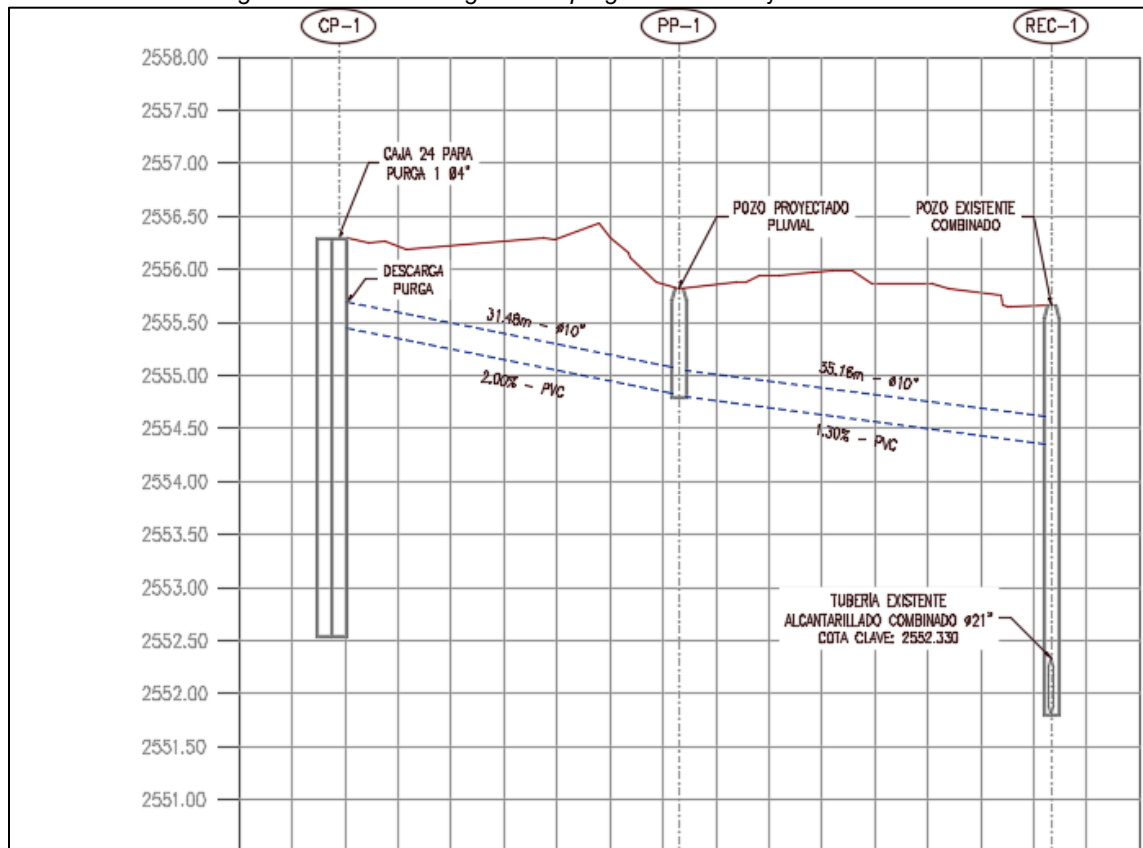
DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Y _n /D	Y _n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.227	0.85	0.193	4.692	0.037	0.533	0.069	0.162	0.226	2.279	1.530	0.084	SI
0.227	0.70	0.159	3.965	0.030	0.450	0.067	0.208	0.145	2.245	1.880	0.068	SI
0.227	0.60	0.136	3.544	0.025	0.402	0.063	0.222	0.114	2.153	2.036	0.055	SI
0.227	0.53	0.120	3.262	0.022	0.370	0.059	0.227	0.096	2.059	2.120	0.045	SI

Fuente: Consultoría

Al igual que en el primer tramo el diámetro de 10" en PVC ofrece una buena solución transportando el caudal de la purga con una relación de llenado del 53%, una velocidad en la tubería de 2 m/s y un número de Froude de 2.1. Por lo que se encuentra en Flujo supercrítico sin riesgo de que se presente resalto hidráulico y por ende presurización de la tubería.

Una vez determinados los diseños, se procedió a realizar el dibujo en perfil de la tubería. A continuación, se presenta este esquema con base a la topografía real y al diseño hidráulico y geométrico del desagüe de la purga:

Figura 3 Perfil del desagüe de la purga 1 de la manija de la Chucua.



Fuente: Consultoría

Con Base al esquema anterior es posible evidenciar que no existe problemática con las interferencias y se está entregando el agua en el pozo existente de aguas lluvias en un nivel aceptable para su posterior evacuación.

- **Análisis de la tubería de Recepción Existente**

Se realizó una comprobación hidráulica de la tubería de salida del pozo final para comprobar su capacidad total, el análisis hidráulico es igual al presentado para el diseño de los desagües de las purgas, solo que en este caso es una comprobación de diseño, la tubería cuenta con una pendiente de 0.0015, con una rugosidad de 0.3 mm y un diámetro de 550 mm en GRES y la información fue obtenida del SIG del acueducto así como de la información levantada por la topografía de la consultoría, a continuación, se presentan los resultados y datos de cálculo:

Tabla 5 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB

Pendiente	0.0015
Rugosidad del GRES Envejecido (m)	0.0003
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Fuente: Consultoría Y EAB.

Tabla 6 Datos de Cálculo tubería de salida.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO											
Diámetro Interno(m)	Y_n/D	Y_n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulic	T (m)	Profundidad	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)
0.550	0.99	0.545	5.883	0.237	1.618	0.147	0.109	2.2	0.987	0.214	0.234
0.550	0.95	0.523	5.381	0.233	1.480	0.158	0.240	0.972	1.032	0.334	0.241
0.550	0.85	0.468	4.692	0.215	1.290	0.167	0.393	0.548	1.070	0.461	0.230
0.550	0.70	0.385	3.965	0.178	1.090	0.163	0.504	0.352	1.054	0.567	0.187
0.550	0.60	0.330	3.544	0.149	0.975	0.153	0.539	0.276	1.012	0.615	0.151
0.550	0.53	0.292	3.262	0.128	0.897	0.143	0.549	0.233	0.970	0.641	0.124
0.550	0.40	0.220	2.739	0.089	0.753	0.118	0.539	0.165	0.860	0.677	0.076
0.550	0.37	0.204	2.616	0.080	0.719	0.111	0.531	0.150	0.828	0.682	0.066

Fuente: Consultoría.

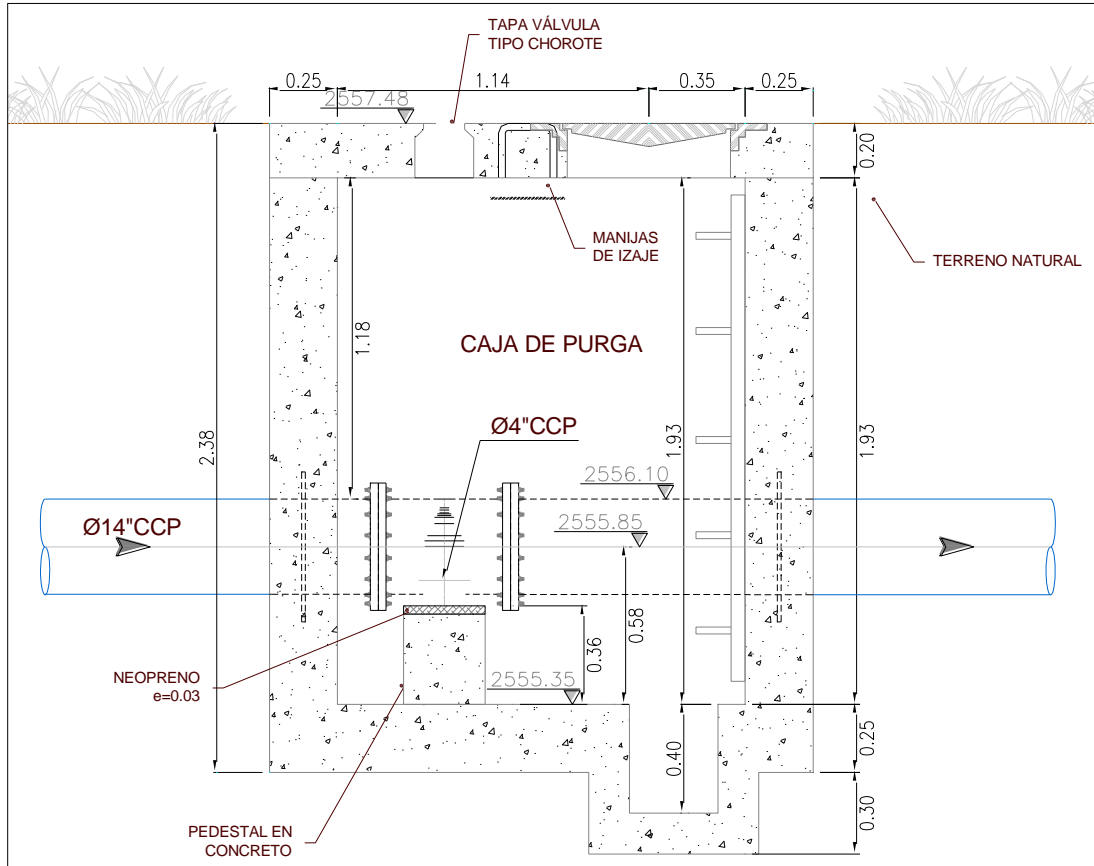
Como se puede ver y de acuerdo a la norma la tubería cuenta con una capacidad de transportar a tubo lleno un caudal de 234 l/s y con una capacidad máxima de 241 l/s. al comparar estos caudales con los 45 L/s que desagua la purga se observa que estos representan el 18% sin mencionar que es una descarga que se va a presentar de manera muy ocasional al ser una operación de purgas. Por otro lado, el desagüe de la purga llega a una altura cercana a 2.5 m del fondo del pozo por lo que el riesgo de que se presente un represamiento por el desagüe es casi inexistente.

1.2. Desagüe Purga 2

La segunda purga de acuerdo a los diseños presentados anteriormente en la manija se encuentra localizada en la abscisa K0+451.58 que corresponde a la Transversal 72 D con cll 43ª sur. Para su salida del sitio de localización se tiene la salida de la purga con cota rasante 2557.48 y salida a clave de 2555.85. Adicionalmente el pozo de llegada final de aguas lluvias se encuentra localizado en la rasante 2556.554 y con una clave más baja de 2553.874.

Al igual que en el desagüe de la purga anterior se va a presentar un esquema de el pozo. En este caso debido a la profundidad planteada de la caja, la cota clave de la purga es de 2555.85:

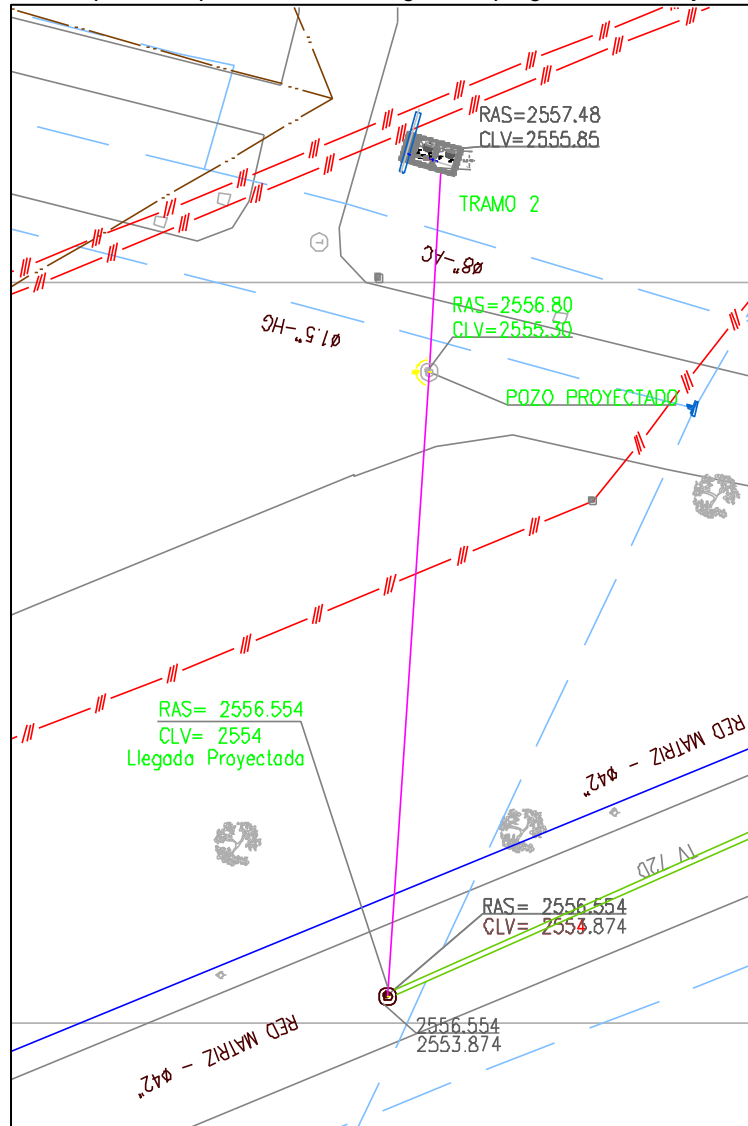
Figura 4 Esquema de la caja de purga 2.



Fuente: Consultoría

Una vez determinado este esquema se procedió a realizar el trazado y el sitio de descargue de esta línea. Analizando las posibilidades se definió que el sitio adecuado para la descarga era un pozo pluvial localizado sobre la calle 43 a Sur con la Trv 72D en el costado sur. Con base en esto y viendo la topografía levantada en dicha localización se procedió a realizar el trazado del desagüe. El esquema de este desagüe se presenta a continuación:

Figura 5 Esquema de planta de la descarga de la purga 2 de la Manija Chucua.



Fuente: Propia.

Donde la línea morada corresponde a la planta de desagüe.

Con base al siguiente trazado se prosiguió a determinar las diferentes interferencias con redes húmedas y secas. Con base a este análisis se identificaron 3 interferencias para este desagüe:

1. Línea existente de acueducto de 8" en la abscisa K0+004.2
2. Línea existente de acueducto de 1.5" en la abscisa k0+011.55
3. Interferencia con la red Matriz de Acueducto Silencio Casablanca

Debido a la profundidad planteada para la tubería las primeras dos interferencias no presentaron ningún inconveniente, sin embargo, la tubería de silencio al encontrarse a 1.9 metros de profundidad presento un desafío al no poder aprovechar la cota más profunda del pozo de aguas lluvias planteado para el descargue de la purga. Con base a esto se procedió a realizar el diseño hidráulico de la descarga. Al igual que en el caso anterior los cálculos se dividieron en dos tramos, el primero desde la salida de la caja de la purga hasta

un pozo proyectado por la consultoría y finalmente de este pozo proyectado hasta el pozo existente de aguas lluvias.

A continuación, se presentan los datos para el diseño de la primera parte de este desagüe al igual que la tabla de cálculos como resultados:

Tabla 7 Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de Purga a Pozo Proyectado)

Caudal Diseño (m ³ /s)	0,022
Pendiente	0,0047
Rugosidad (m)	0,0000015
Viscosidad Cinemática	1,14E-06
Longitud Tramo	13.15
Diferencia Alturas	0,069

Fuente: Consultoría

Tabla 8 Datos de Cálculo del primer tramo (Caja de purga a Pozo Existente de Aguas Lluvias)

DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Díámetro Interno(m)	Y _n /D	Y _n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0,182	0,85	0,1547	4,69	0,024	0,427	0,055	0,130	0,181	1,15	0,860	0,027	SI
0,182	0,71	0,12922	4,01	0,020	0,365	0,054	0,165	0,120	1,13	1,045	0,022	SI

Fuente: Consultoría

En los resultados presentados anteriormente se puede evidenciar que la tubería de 8" de PVC cumple de manera satisfactoria con los requerimientos hidráulicos para transportar el flujo. Con base a los resultados se puede observar que el tubo tendrá una relación de llenado de 71%, con una velocidad de 1.13 m/s y un número de Froude de 1 (flujo crítico). Con base a esto es posible concluir que si bien existe la posibilidad de que se presente un resalto hidráulico en la tubería, dado a que es una descarga ocasional y que el caudal no es alto, el riesgo de que se presente presurización en las tuberías y en los pozos a los que descarga es considerablemente baja, así mismo al no ir con una relación de llenado superior al 75%, el riesgo de presurización es aún más bajo.

A continuación, se presentan los resultados para el segundo tramo que va desde el pozo proyectado hasta el pozo de aguas lluvias existentes:

Tabla 9 Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectado a Pozo de aguas lluvias existente)

Caudal Diseño (m ³ /s)	0.022
Pendiente	0.0047
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06
Longitud Tramo	42.24
Diferencia Alturas	0.197

Fuente: Consultoría.

Tabla 10 Datos de Cálculo del segundo tramo (Pozo Proyectado a Pozo Existente de Aguas Lluvias)

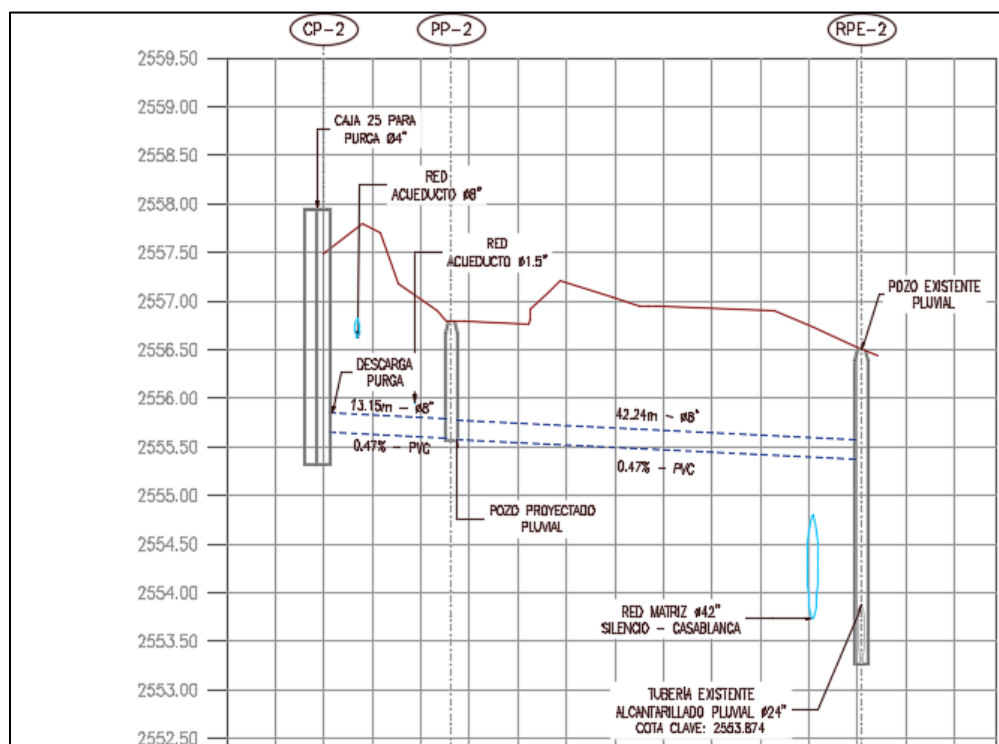
DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Yn/D	Yn	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.182	0.85	0.1547	4.69	0.024	0.427	0.055	0.130	0.181	1.15	0.859	0.027	SI
0.182	0.71	0.12922	4.01	0.020	0.365	0.054	0.165	0.120	1.13	1.044	0.022	SI

Fuente: Consultoría

Los resultados anteriores muestran que, si bien el tubo de 8" en PVC cumple de manera satisfactoria con el transporte del caudal por gravedad, la relación de llenado de esta tubería es igual al compararla con en el tramo anterior es decir del 71%. Esto se debe a que por la interferencia de la línea matriz de 42" Silencio-Casablanca, no se pudo enterrar mucho la tubería y se hizo necesario trabajar con una pendiente considerablemente más baja a la que se podría manejar. En esta tubería la velocidad que se presenta es de 1.13 m/s con un número de Froude de 1(Rango de Flujo Crítico). Si bien esto indica que existe un riesgo de resalto hidráulico en la tubería, considerando la profundidad del pozo y la relación de llenado del tramo anterior, la consultoría concluye que no existe riesgo de que se presente una presurización considerable ni desborde del agua en los pozos.

Una vez finalizado se procedió a plasmar los resultados en perfil para ilustrar como quedaría la tubería en campo basándose en la topografía y en la información con la que cuenta la consultoría:

Figura 6 Perfil del desagüe de la purga 2 de la manija Chucua.



Fuente: Propia

Con base al esquema anterior se puede apreciar que en todo momento el agua baja a gravedad y que la distancia entre las Interferencias y la tubería proyectada, en especial con el tubo de red Matriz de Silencio-Casablanca, es adecuada (mayor a los 30 cm que exige la norma de la EAB) y no genera problemas de interferencias especiales que se deban solucionar con rediseño de las mismas.

- **Análisis de la tubería de Recepción Existente**

Se realizó una comprobación hidráulica de la tubería de salida del pozo final para comprobar su capacidad total, el análisis hidráulico es igual al presentado para el diseño de los desagües de las purgas, solo que en este caso es una comprobación de diseño, la tubería cuenta con una pendiente de 0.0041, con una rugosidad de 0.3 mm y un diámetro de 600 mm en CONCRETO REFORZADO y la información fue obtenida del SIG del acueducto así como de la información levantada por la topografía de la consultoría, a continuación, se presentan los resultados y datos de cálculo:

Tabla 11 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB

Pendiente	0.0041
Rugosidad CONCRETO REFORZADO envejecido (m)	0.0003000
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Fuente: Consultoría Y EAB.

Tabla 12 Datos de Cálculo tubería de salida.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO											
Diámetro	Yn/D	Yn	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulic	T (m)	Profundidad	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)
0.6	0.99	0.594	5.88	0.282	1.765	0.160	0.119	2.364	1.74	0.361	0.49
0.6	0.95	0.57	5.38	0.277	1.614	0.172	0.262	1.061	1.82	0.564	0.50
0.6	0.85	0.51	4.69	0.256	1.408	0.182	0.428	0.598	1.88	0.778	0.48
0.6	0.71	0.426	4.01	0.215	1.203	0.179	0.545	0.394	1.86	0.947	0.40
0.6	0.6	0.36	3.54	0.177	1.063	0.167	0.588	0.301	1.78	1.038	0.32
0.6	0.5	0.3	3.14	0.141	0.942	0.150	0.600	0.236	1.67	1.100	0.24
0.6	0.41	0.246	2.78	0.109	0.834	0.131	0.590	0.185	1.536	1.140	0.17
0.6	0.355	0.213	2.55	0.090	0.766	0.117	0.574	0.157	1.434	1.157	0.13

Fuente: Consultoría

Como se puede ver y de acuerdo a la norma la tubería cuenta con una capacidad de transportar a tubo lleno un caudal de 490 l/s y con una capacidad máxima de 500 l/s. al comparar estos caudales con los 22 L/s que desagua la purga se observa que este representa el 4.4% del caudal máximo sin mencionar que es una descarga que se va a presentar de manera muy ocasional al ser una operación de purgas. Por otro lado, el desagüe de la purga llega a una altura cercana a 2 m del fondo del pozo por lo que el riesgo de que se devuelva el agua por el desagüe es casi inexistente. Lo anterior permite concluir que no hay riesgo de represamiento o devolución del flujo. Es importante mencionar que la operación de la purga se debe realizar en momentos en que no halla altas lluvias para evitar encontrar caudales altos en las tuberías de salida.

2. DISEÑO HIDRÁULICO DESAGUES DE PURGAS MANIJA DE SIERRA MORENA

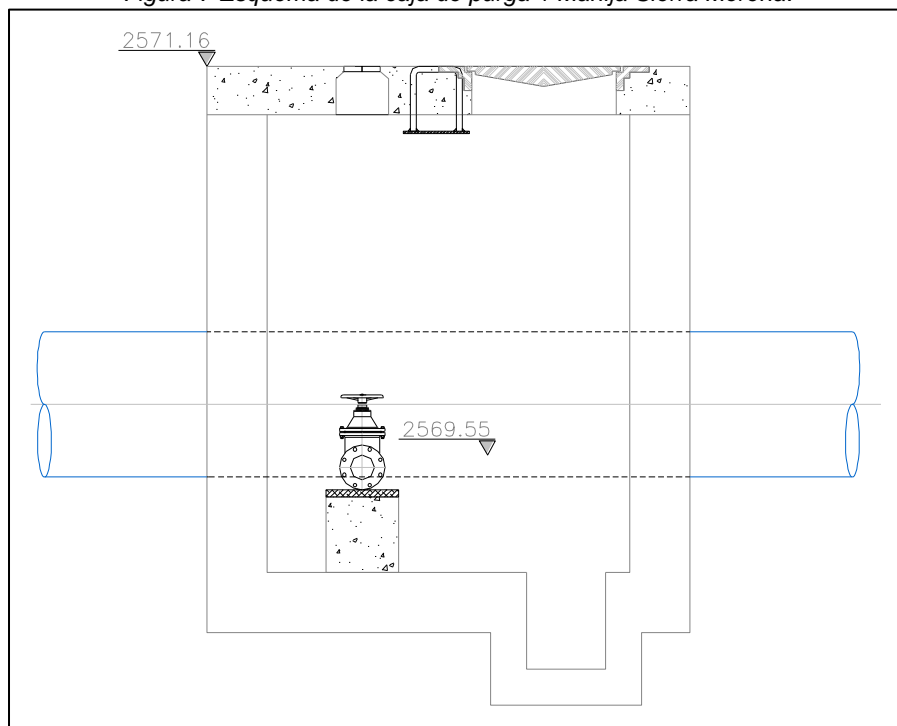
Después de los diseños geométricos e hidráulicos presentados anteriormente, relacionados con la manija Sierra Morena, se localizaron tres purgas en los puntos más bajos de la línea. En todos los casos se planteó el vaciado de las mismas por gravedad. En esta sección se van a presentar los resultados hidráulicos con su respectiva localización en planta y en perfil.

1.3. Desagüe Purga 1

La primera purga de acuerdo a los diseños presentadas anteriormente en la manija se encuentra localizada en la abscisa K0+304.25 que geográficamente está en frente a la escuela de Carabineros en las inmediaciones del tanque Casablanca. En su salida se tiene planeado salir en la clave en que se encuentra la clave de la purga en la 2569.55 y llegar a una estructura de desagüe de aguas lluvias con cota de llegada a clave de 2569.15. Debido a que todo se encuentra sobre zona verde, la profundidad de la tubería no presenta ningún inconveniente ni va a ser sujeta a fuerzas excesivas que puedan comprometer su correcto funcionamiento.

A continuación, se va a presentar el esquema de la caja de purga con su respectiva salida

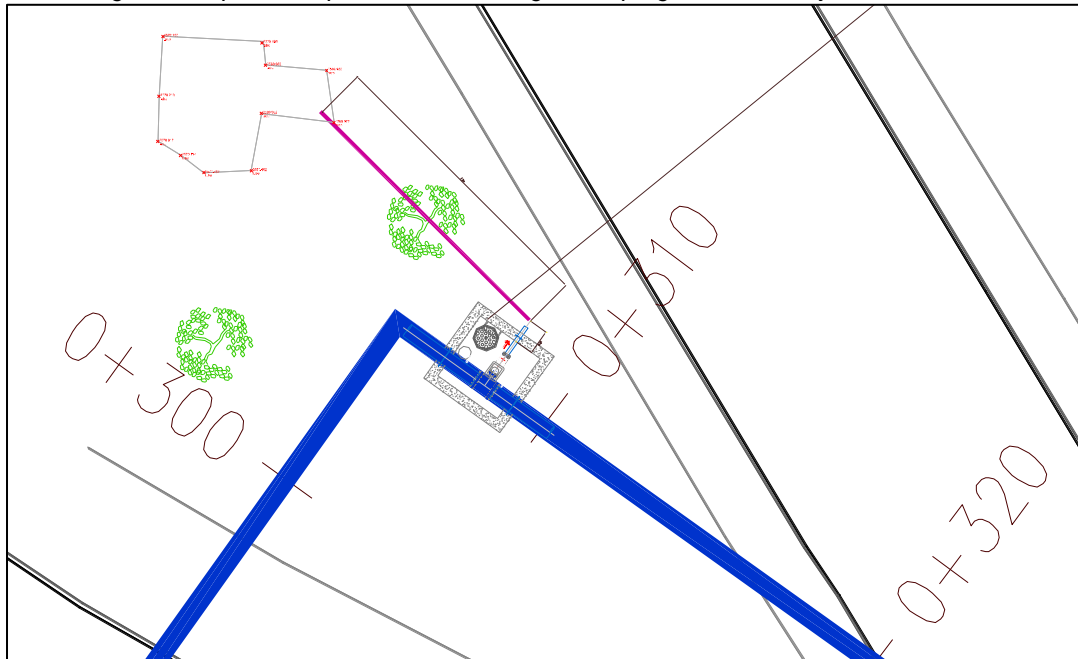
Figura 7 Esquema de la caja de purga 1 Manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

A continuación, se presenta una figura con el esquema en planta del desagüe proyectado:

Figura 8 Esquema de planta de la descarga de la purga 1 de la Manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Donde la línea morada corresponde a la planta de desagüe.

Con base al siguiente trazado se prosiguió a determinar las diferentes interferencias con redes húmedas y secas. Con base a este análisis se logró ver que por la cercanía entre el sitio de desagüe y la caja de la purga no existían interferencias.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño hidráulico de la Línea con base a los caudales de la purga y el nivel de salida (cota de salida de la caja de la purga) y de la llegada a la estructura existente de aguas lluvias (siendo la cota clave de la estructura el límite de llegada por gravedad). Con base en lo anterior se logró determinar que era posible llegar al pozo de aguas lluvias por gravedad y sin presentar ningún problema con las interferencias mencionadas anteriormente.

A continuación, se van a presentar los datos de cálculo y los resultados del diseño del desagüe de la primera purga:

Tabla 13 Datos de Cálculo de la descarga de la purga 1 de Sierra Morena (Caja de Purga a Estructura existente)

Caudal Diseño (m ³ /s)	0.107
Pendiente	0.05070064
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06
Longitud Tramo (m)	7.85
Diferencia Alturas (m)	0.398

Fuente: Consultoría

Y a continuación se presentan los resultados del diseño hidráulico de esta línea:

Tabla 14 Resultados para el diseño de la salida de la purga 1 Sierra Morena a la estructura existente.

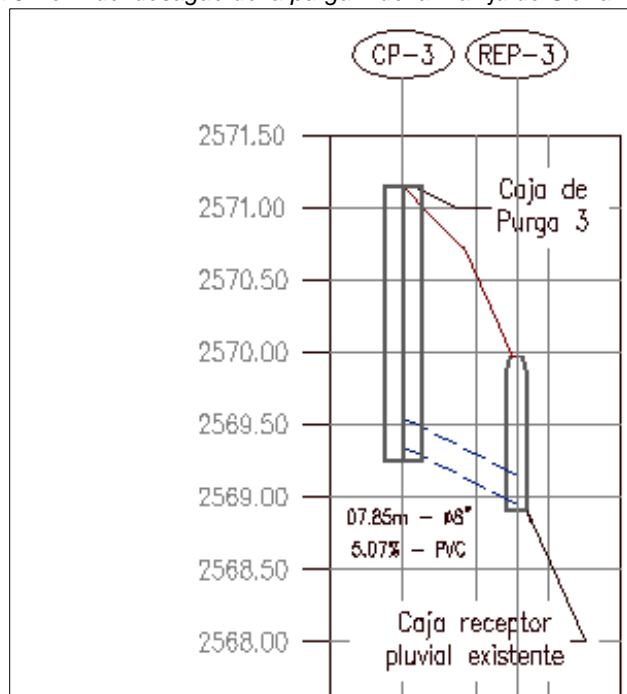
DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Yn/D	Yn	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.227	0.85	0.19295	4.69	0.037	0.533	0.069	0.162	0.226	4.889	3.283	0.179	SI
0.227	0.7	0.1589	3.96	0.030	0.450	0.067	0.208	0.145	4.817	4.033	0.146	SI
0.227	0.6	0.1362	3.54	0.025	0.402	0.063	0.222	0.114	4.622	4.371	0.117	SI
0.227	0.5	0.1135	3.14	0.020	0.357	0.057	0.227	0.089	4.322	4.622	0.087	NO
0.227	0.48	0.10896	3.06	0.019	0.347	0.055	0.227	0.085	4.250	4.663	0.082	NO

Fuente: Consultoría

Como se puede ver en los resultados la tubería de 10" en PVC cumple de manera adecuada llevando una relación de llenado del 60%, una velocidad de 4.62 m/s y un número de Froude de 4.37 (flujo supercrítico), llevando un caudal ligeramente superior al de los 117 l/s. Por lo que en este tubo no se va a presentar en ninguna circunstancia presurización de la tubería y el diámetro se encuentra dentro del rango permitido para aguas lluvias de acuerdo a las normas de la EAB.

Una vez determinado el diseño, se procedió a realizar el dibujo en perfil de la tubería. A continuación, se presenta este esquema con base a la topografía real y al diseño hidráulico del desagüe de la purga:

Figura 9 Perfil del desagüe de la purga 1 de la manija de Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Con Base al esquema anterior es posible evidenciar que no existe problemática con las interferencias y se está entregando el agua en el pozo existente de aguas lluvias en un nivel aceptable para su posterior evacuación.

- **Análisis de la tubería de Recepción Existente**

Se realizó una comprobación hidráulica de la tubería de salida del pozo final para comprobar su capacidad total, el análisis hidráulico es igual al presentado para el diseño de los desagües de las purgas, solo que en este caso es una comprobación de diseño, la tubería cuenta con una pendiente de 0.002, con una rugosidad de 0.3 mm y un diámetro de 1150 mm en CONCRETO REFORZADO y la información fue obtenida del SIG del acueducto así como de la información levantada por la topografía de la consultoría, a continuación, se presentan los resultados y datos de cálculo:

Tabla 15 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB

Pendiente	0.002
Rugosidad CONCRETO REFORZADO (m)	0.0003
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Fuente: Consultoría Y EAB.

Tabla 16 Datos de Cálculo tubería de salida.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO											
Diámetro Interno(m)	Y_n/D	Y_n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)
1.15	0.99	1.1385	5.88	1.037	3.382	0.307	0.229	4.531	1.805	0.271	1.872
1.15	0.95	1.0925	5.38	1.019	3.094	0.329	0.501	2.033	1.887	0.422	1.923
1.15	0.85	0.9775	4.69	0.941	2.698	0.349	0.821	1.146	1.953	0.583	1.838
1.15	0.7	0.805	3.96	0.777	2.280	0.341	1.054	0.737	1.926	0.716	1.495
1.15	0.6	0.69	3.54	0.651	2.038	0.319	1.127	0.578	1.851	0.778	1.204
1.15	0.5	0.575	3.14	0.519	1.806	0.288	1.150	0.452	1.736	0.825	0.901
1.15	0.48	0.552	3.06	0.493	1.760	0.280	1.149	0.429	1.708	0.832	0.842
1.15	0.375	0.43125	2.64	0.356	1.516	0.235	1.113	0.320	1.532	0.865	0.545

Fuente: Consultoría

Como se puede ver y de acuerdo a la norma la tubería cuenta con una capacidad de transportar a tubo lleno un caudal de 1872 l/s y con una capacidad máxima de 1923 l/s. al comparar estos caudales con los 107 L/s que desagua la purga se observa que este representa el 5.7% del caudal máximo sin mencionar que es una descarga que se va a presentar de manera muy ocasional al ser la operación de una purga, es importante mencionar que para esta tubería solo se contaba con el diámetro de salida y no fue posible investigar las condiciones internas de la caja de recepción por lo que se asumió una pendiente de 2 x 1000. Con base en esta información se puede concluir que el riesgo de que se devuelva el agua por el desagüe es casi inexistente y no hay riesgo de

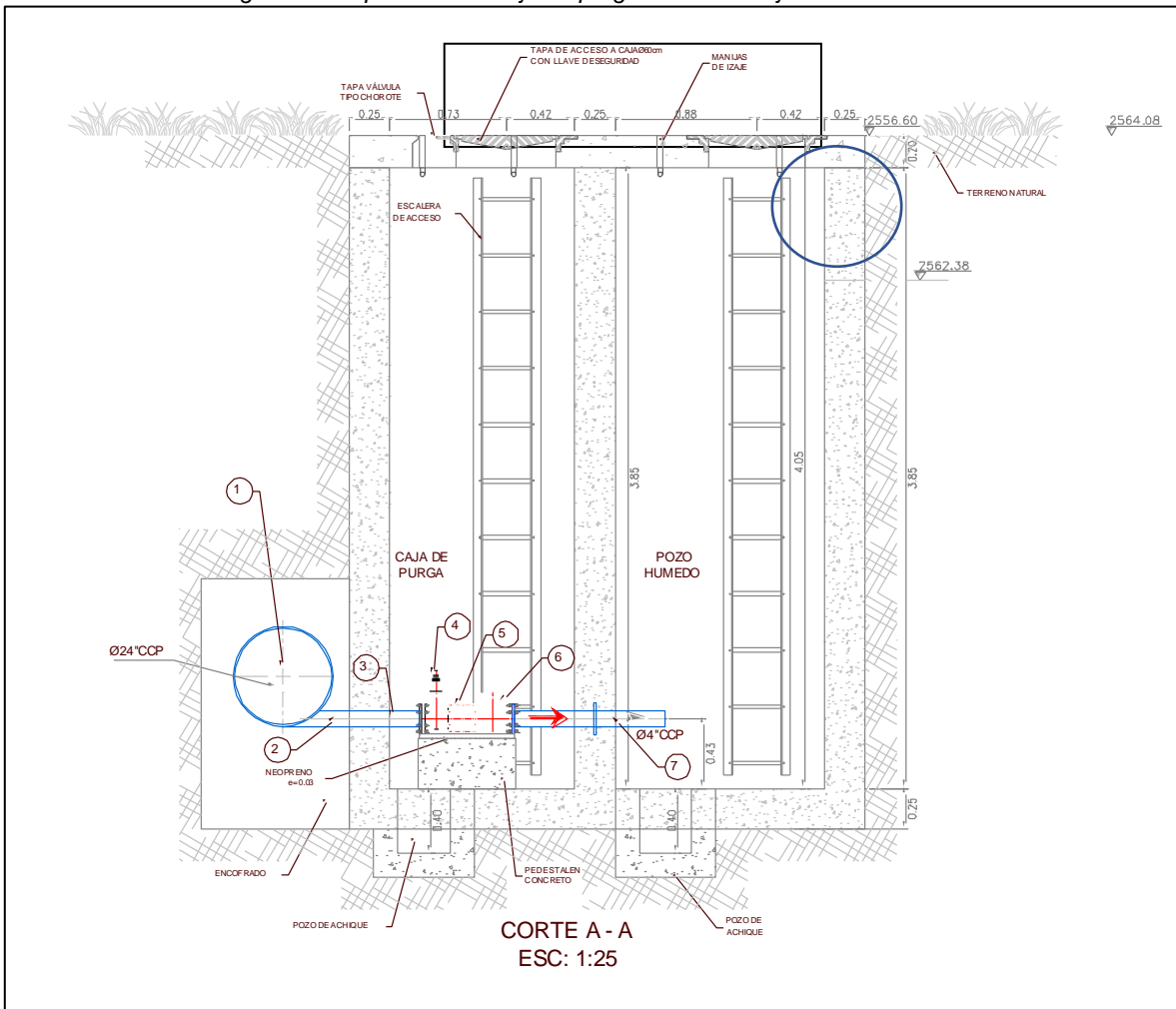
represamiento o devolución del flujo. Es importante mencionar que la operación de la purga se debe realizar en momentos en que no halla altas lluvias para evitar encontrar caudales altos en las tuberías de salida.

1.4. Desagüe Purga 2

La segunda purga de acuerdo a los diseños presentados anteriormente en la manija se encuentra localizada en la abscisa K0+587.16 que geográficamente está en la tv 70 C sur en ruta al tanque Casablanca. En su salida se tiene planeado salir en la cota 2562.38 que corresponde a la cota de desagüe planteada la segunda purga y llegar a un pozo de aguas lluvias que con cota de llegada a clave de 2569.3. Debido a que todo se encuentra sobre zona verde, la profundidad de la tubería no presenta ningún inconveniente ni va a ser sujeta a fuerzas excesivas que puedan comprometer su correcto funcionamiento.

A continuación, se va a presentar el esquema de la caja de purga con su respectiva salida

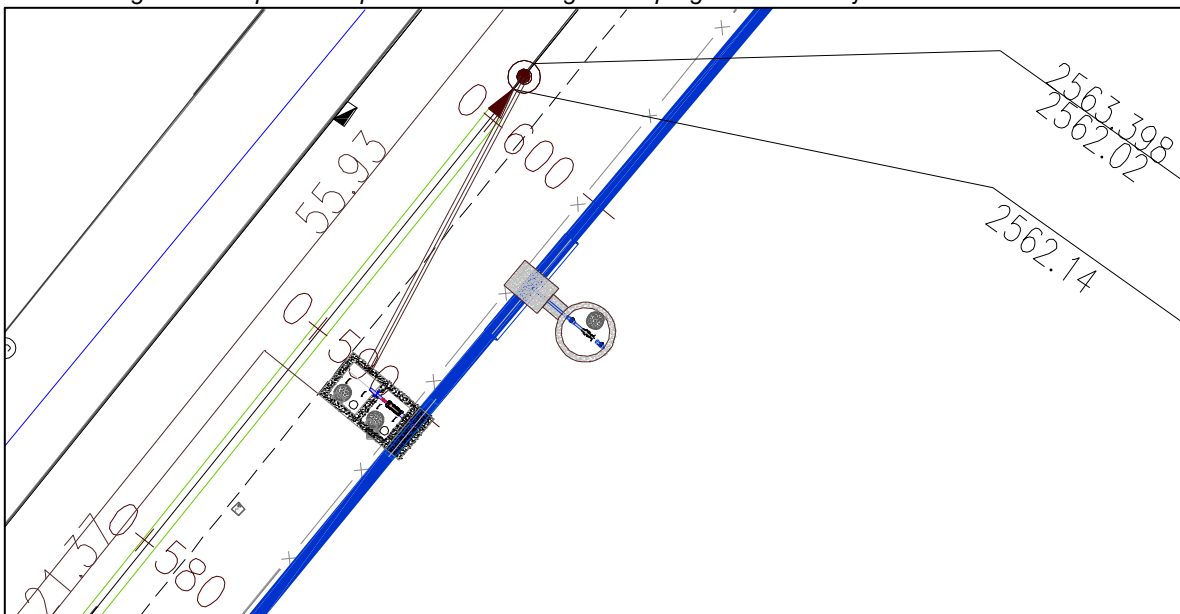
Figura 10 Esquema de la caja de purga 2 de la manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Así mismo se presenta el esquema en planta del trazado de la tubería desde la caja de la purga (con su respectivo Pozo Húmedo):

Figura 11 Esquema de planta de la descarga de la purga 2 de la Manija de Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Donde la línea que sale de la caja de purga en negro es la descarga al pozo pluvial existente.

Con base al trazado del desagüe de la purga, se prosiguió a determinar las diferentes interferencias con redes húmedas y secas. Tras revisar la información de la topografía levantada y los planos de obra existentes suministrados por la EAB se encontró interferencia con una red de aguas sanitarias en la abscisa k0+004.94 que se encuentra a gran profundidad y que por ende no afectó en gran medida el diseño de la descarga.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño hidráulico de la Línea con base a los caudales de la purga y el nivel de salida (cota de salida del pozo húmedo de la descarga de la purga) y de la llegada al pozo de aguas lluvia (siendo la cota clave de la estructura el límite de llegada por gravedad). Con base en lo anterior se logró determinar que era posible llegar al pozo de aguas lluvias por gravedad y sin presentar ningún problema con las interferencias mencionadas anteriormente.

A continuación, se van a presentar los datos de cálculo y los resultados del diseño del desagüe de la segunda purga:

Tabla 17 Datos de Cálculo de la purga 2 manija Sierra Morena (Caja de Purga a Pozo Proyectado)

Caudal Diseño (m3/s)	0.068
Pendiente	0.0065
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06
Longitud Tramo (m)	12.3
Diferencia Alturas (m)	0.08

Fuente: Consultoría

Y a continuación se presentan los resultados del diseño hidráulico de esta línea:

Tabla 18 Resultados para el diseño de la purga 2 manija Sierra Morena al Pozo Existente

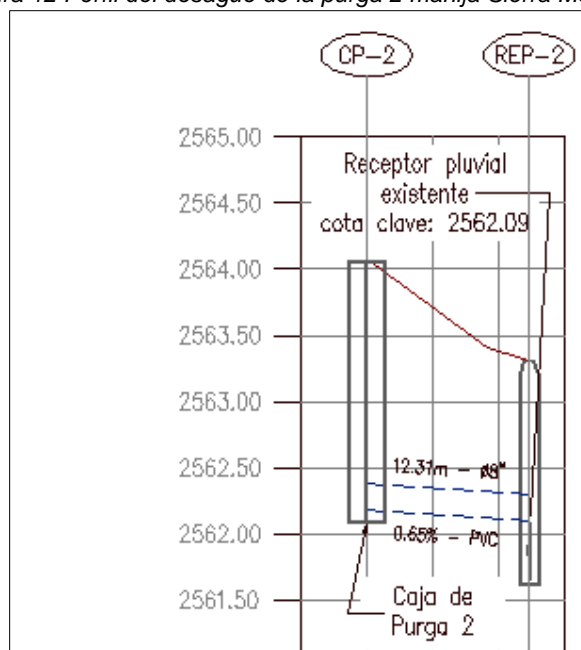
DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Yn/D	Yn	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.284	0.85	0.2414	4.69	0.057	0.666	0.086	0.203	0.283	1.840	1.104	0.106	SI
0.284	0.7	0.1988	3.96	0.047	0.563	0.084	0.260	0.182	1.812	1.356	0.086	SI

Fuente: Consultoría

Como se puede ver en los resultados la tubería de 12" en PVC cumple de manera adecuada llevando una relación de llenado del 70%, una velocidad de 1.81 m/s y un número de Froude de 1.35 (Flujo Supercrítico-Rango de Flujo Crítico). Por lo que en este tubo no se va a presentar en ninguna circunstancia presurización de la tubería y el diámetro se encuentra dentro del rango permitido para aguas lluvias de acuerdo a las normas de la EAB, si bien existe un riesgo de que se presente resalto dentro de la tubería, al ser una tubería que se va a utilizar en ocasiones muy especiales y a que la relación de llenado es inferior al 80%, la consultoría concluye que el riesgo de que pueda presurizarse y presentar problemas en el pozo existente o en la caja de salida de la purga es inexistente y por ende el diseño es adecuado para las necesidades de desagüe del sistema.

Una vez determinado el diseño, se procedió a realizar el dibujo en perfil de la tubería. A continuación, se presenta este esquema con base a la topografía real y al diseño hidráulico y geométrico del desagüe de la purga:

Figura 12 Perfil del desagüe de la purga 2 manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Con Base al esquema anterior es posible evidenciar que no existe problemática con las interferencias y se está entregando el agua en el pozo existente de aguas lluvias en un nivel aceptable para su posterior evacuación.

- **Análisis de la tubería de Recepción Existente**

Se realizó una comprobación hidráulica de la tubería de salida del pozo final para comprobar su capacidad total, el análisis hidráulico es igual al presentado para el diseño de los desagües de las purgas, solo que en este caso es una comprobación de diseño, la tubería cuenta con una pendiente de 0.0093, con una rugosidad de 0.0015 mm y un diámetro de 500 mm en PVC y la información fue obtenida del SIG del acueducto así como de la información levantada por la topografía de la consultoría, a continuación, se presentan los resultados y datos de cálculo:

Tabla 19 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB

Pendiente	0.0093
Rugosidad PVC (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Fuente: Consultoría Y EAB.

Tabla 20 Datos de Cálculo tubería de salida.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO											
Diámetro	Y_n/D	Y_n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulic	T (m)	Profundidad	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)
0.5	0.99	0.495	5.88	0.196	1.471	0.133	0.099	1.970	2.960	0.673	0.580
0.5	0.95	0.475	5.38	0.193	1.345	0.143	0.218	0.884	3.098	1.052	0.597
0.5	0.85	0.425	4.69	0.178	1.173	0.152	0.357	0.498	3.212	1.453	0.571
0.5	0.7	0.35	3.96	0.147	0.991	0.148	0.458	0.320	3.165	1.785	0.465
0.5	0.68	0.34	3.88	0.142	0.970	0.147	0.466	0.305	3.145	1.819	0.447
0.5	0.5	0.25	3.14	0.098	0.785	0.125	0.500	0.196	2.842	2.048	0.279
0.5	0.4	0.2	2.74	0.073	0.685	0.107	0.490	0.150	2.575	2.125	0.189
0.5	0.375	0.1875	2.64	0.067	0.659	0.102	0.484	0.139	2.496	2.139	0.168

Fuente: Consultoría

Como se puede ver y de acuerdo a la norma la tubería cuenta con una capacidad de transportar a tubo lleno un caudal de 580 l/s y con una capacidad máxima de 597 l/s. al comparar estos caudales con los 68 L/s que desagua la purga se observa que este representa el 13% del caudal máximo sin mencionar que es una descarga que se va a presentar de manera muy ocasional al ser la operación de una purga, es importante mencionar que esta tubería llega a 60 cm del fondo del canal por lo que hay un ligero riesgo de que se presente represamiento en una creciente importante, sin embargo considerando la capacidad y el hecho de que la purga se va a operar en periodos secos, la probabilidad de que dicho evento se presente es muy baja. Es importante mencionar que la operación

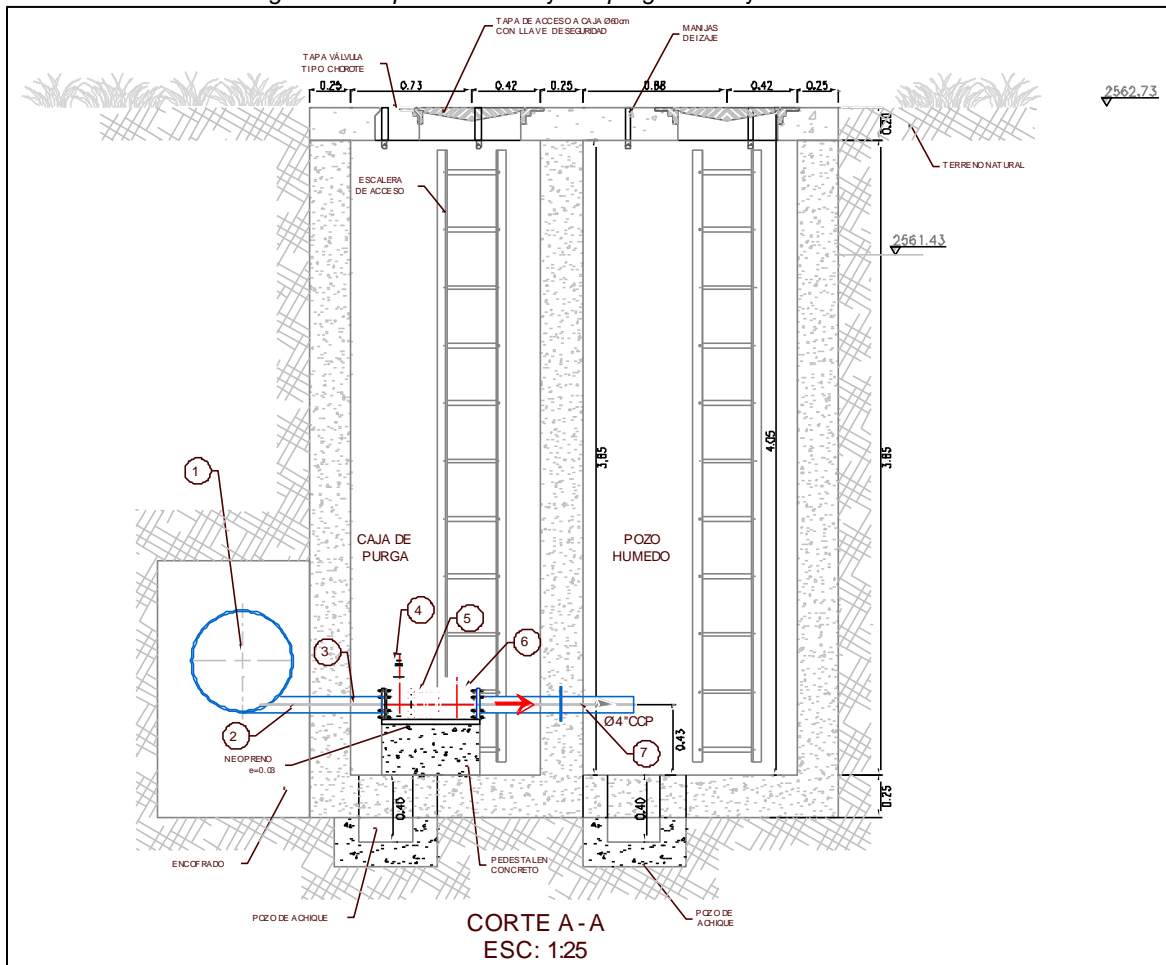
de la purga se debe realizar en momentos en que no halla altas lluvias para evitar encontrar caudales altos en las tuberías de salida.

1.5. Desagüe Purga 3

La tercera purga de acuerdo a los diseños presentados anteriormente en la manija se encuentra localizada en la abscisa K0+743.7 que geográficamente está en la tv 70 C sur con la Avenida Villavicencio. En su salida se tiene planeado salir en la cota 2561.43 que corresponde a la cota de desagüe planteada para el pozo húmedo y llegar a un pozo de aguas lluvias que con cota de llegada a clave de 2561.02. Debido a que todo se encuentra sobre zona verde, la profundidad de la tubería no presenta ningún inconveniente ni va a ser sujeta a fuerzas excesivas que puedan comprometer su correcto funcionamiento.

A continuación, se va a presentar el esquema de la caja de purga con su respectiva salida

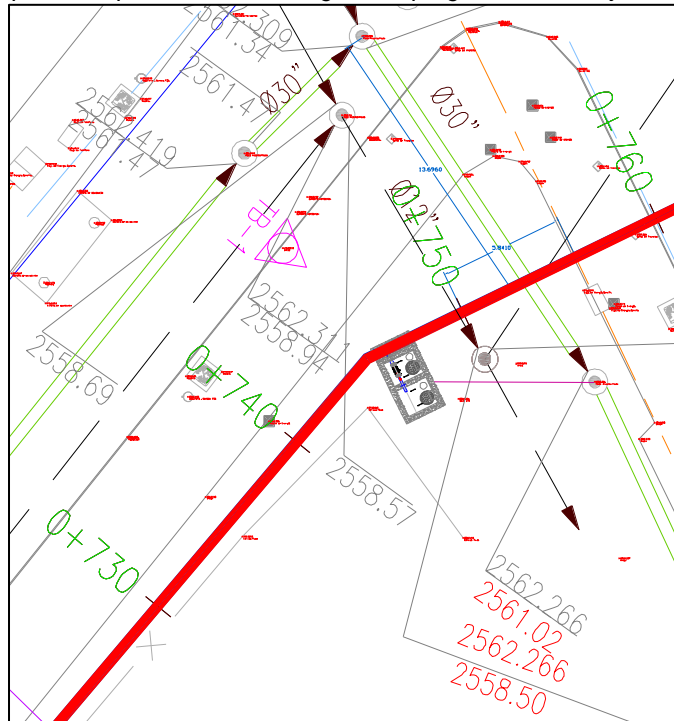
Figura 13 Esquema de la caja de purga 3 manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Así mismo se presenta el esquema en planta del trazado de la tubería desde la caja de la purga (con su respectivo Pozo Húmedo):

Figura 14 Esquema de planta de la descarga de la purga 3 de la Manija de Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Donde la línea de color morado, que sale de la caja de purga, es la descarga al pozo pluvial existente.

Con base al siguiente trazado se prosiguió a determinar las diferentes interferencias con redes húmedas y secas. Tras revisar la información de la topografía levantada y los planos de obra existentes suministrados por la EAB se encontró interferencia con una red de aguas sanitarias en la abscisa k0+003.13 (de la descarga de la purga) que se encuentra a gran profundidad y que por ende no afectó en gran medida el diseño de la descarga.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño hidráulico de la Línea con base a los caudales de la purga y el nivel de salida (cota de salida del pozo húmedo de la descarga de la purga) y de la llegada al pozo de aguas lluvia (siendo la cota clave de la estructura el límite de llegada por gravedad). Con base en lo anterior se logró determinar que era posible llegar al pozo de aguas lluvias por gravedad y sin presentar ningún problema con la interferencia mencionada anteriormente.

A continuación, se van a presentar los datos de cálculo y los resultados del diseño del desagüe de la tercera purga:

Tabla 21 Datos de Cálculo de la purga 3 de Sierra Morena (Caja de Purga a Pozo Proyectado)

Caudal Diseño (m ³ /s)	0.040
Pendiente	0.055
Rugosidad (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06
Longitud Tramo	7.41
Diferencia Alturas	0.41

Fuente: Consultoría

Y a continuación se presentan los resultados del diseño hidráulico de esta línea:

Tabla 22 Resultados para el diseño de la purga 3 Manija Sierra Morena al Pozo Proyectado

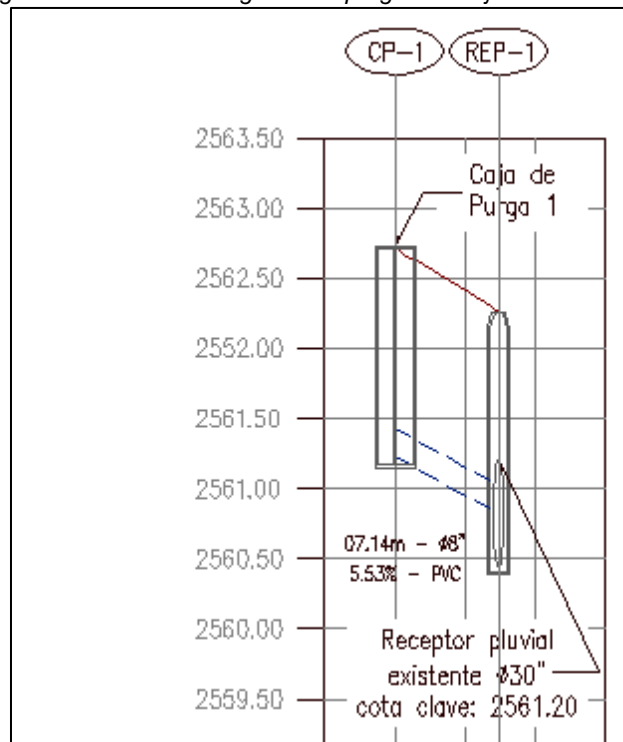
DISEÑO DE ALCANTARILLADO												
Diámetro Interno(m)	Y _n /D	Y _n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)	Cumple
0.182	0.85	0.1547	4.69	0.024	0.427	0.055	0.130	0.181	4.453	3.339	0.105	SI
0.182	0.73	0.13286	4.10	0.020	0.373	0.055	0.162	0.126	4.421	3.978	0.090	SI

Fuente: Consultoría

Como se puede ver en los resultados la tubería de 8" en PVC cumple de manera adecuada llevando una relación de llenado del 73%, una velocidad de 4.42 m/s y un número de Froude de 3.97 (Flujo Supercrítico). Por lo que en este tubo no se va a presentar en ninguna circunstancia presurización de la tubería y el diámetro se encuentra dentro del rango permitido para aguas lluvias de acuerdo a las normas de la EAB.

Una vez determinado el diseño, se procedió a realizar el dibujo en perfil de la tubería. A continuación, se presenta este esquema con base a la topografía real y al diseño hidráulico y geométrico del desagüe de la purga:

Figura 15 Perfil del desagüe de la purga 3 Manija Sierra Morena.



Fuente: Consultoría

Con Base al esquema anterior es posible evidenciar que no existe problemática con las interferencias y se está entregando el agua en el pozo existente de aguas lluvias en un nivel aceptable para su posterior evacuación.

- **Análisis de la tubería de Recepción Existente**

Se realizó una comprobación hidráulica de la tubería de salida del pozo final para comprobar su capacidad total, el análisis hidráulico es igual al presentado para el diseño de los desagües de las purgas, solo que en este caso es una comprobación de diseño, la tubería cuenta con una pendiente de 0.002, con una rugosidad de 0.0015 mm y un diámetro de 750 mm en PVC y la información fue obtenida del SIG del acueducto así como de la información levantada por la topografía de la consultoría, a continuación, se presentan los resultados y datos de cálculo:

Tabla 23 Datos de tubería de Salida con base a Topografía e información del SIG de la EAB

Pendiente	0.002
Rugosidad PVC (m)	0.0000015
Viscosidad Cinemática	1.14E-06

Fuente: Consultoría Y EAB.

Tabla 24 Datos de Cálculo tubería de salida.

DISEÑO DE ALCANTARILLADO											
Diámetro Interno(m)	γ_n/D	γ_n	θ	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio Hidráulico	T (m)	Profundidad Hidráulica	Velocidad m/s	Fr	Caudal (m ³ /s)
0.75	0.99	0.7425	5.88	0.441	2.206	0.200	0.149	2.955	1.567	0.291	0.691
0.75	0.95	0.7125	5.38	0.434	2.018	0.215	0.327	1.326	1.640	0.455	0.711
0.75	0.85	0.6375	4.69	0.400	1.760	0.227	0.536	0.747	1.701	0.628	0.681
0.75	0.73	0.5475	4.10	0.346	1.537	0.225	0.666	0.519	1.689	0.749	0.584
0.75	0.6	0.45	3.54	0.277	1.329	0.208	0.735	0.377	1.608	0.837	0.445
0.75	0.5	0.375	3.14	0.221	1.178	0.188	0.750	0.295	1.504	0.885	0.332
0.75	0.4	0.3	2.74	0.165	1.027	0.161	0.735	0.225	1.362	0.918	0.225
0.75	0.375	0.28125	2.64	0.151	0.989	0.153	0.726	0.208	1.320	0.923	0.200

Fuente: Consultoría

Como se puede ver y de acuerdo a la norma la tubería cuenta con una capacidad de transportar a tubo lleno un caudal de 691 l/s y con una capacidad máxima de 711 l/s. al comparar estos caudales con los 40 L/s que desagua la purga se observa que este representa el 5% del caudal máximo sin mencionar que es una descarga que se va a presentar de manera muy ocasional al ser la operación de una purga, es importante mencionar que esta tubería llega a la altura del eje de la tubería de salida por lo que hay un ligero riesgo de que se presente algún represamiento en una creciente. Con base en esta información se puede concluir que el riesgo de que se devuelva el agua por el desagüe es bajo, pero se recomienda una válvula de cheque a la salida de la tubería de desagüe de la purga, con esto se elimina el riesgo de que ingrese agua del sistema pluvial a la caja de purgas. Es importante mencionar que la operación de la purga se debe realizar en momentos en que no halla altas lluvias para evitar encontrar caudales altos en las tuberías de salida.