REVISION ALCANTARILLADO

PROYECTO: "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE FRESNO TOLIMA"

ALCALDÍA MUNICIPAL DE FRESNO
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

1. INTRODUCCION

En cumplimiento de los requisitos contractuales del Contrato de Consultoría No. 265-2020 suscrito entre el Municipio de Fresno y el Ing. Mario Cesar Martínez Rivera, y los requisitos para inversión en proyectos de infraestructura vial mediante recursos de regalías, se hace entrega mediante el presente documento la revisión del alcantarillado para el mantenimiento y recuperación de vías urbanas del Municipio de Fresno - Tolima.

Se determinó de vital importancia el reconocimiento de elementos relacionados con los estudios y objetivos del proyecto. Por ello, se realiza una visita a cuerpos de agua aledaños al lugar de estudios, se gestiona ante la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Fresno una solicitud de acompañamiento para ingresos a los pozos de inspección inherentes al proyecto y además se hace un reconocimiento geográfico y fluvial de la zona a estudiar. Además de todo lo mencionado anteriormente, sabemos muy bien que el manejo de residuos líquidos como sólidos es un oficio riesgoso para la integridad, salud y seguridad de cualquier persona, y teniendo en cuenta que este tipo de actividades eran indispensables para el desarrollo de nuestras investigaciones y actividades, decidimos que en la ejecución de cada una de estas actividades fuéramos previamente informados y asesorados por personal competente en el caso.

Debido a su complejidad de la red de alcantarillado del municipio de Fresno fue necesario revisar toda la red del municipio para tener unas conclusiones óptimas para los estudios y diseños para el mantenimiento y recuperación de las vías urbanas a intervenir en el municipio.

Junto con este informe se presentan la información secundaria que ha sido adquirida de la EDAT como insumo del Consultor para la elaboración de este informe.

2. ALCANCE DE LA CONSULTORIA

2.1 Objetivo general

Realizar la revisión del alcantarillado para determinar su estado

2.2 Objetivos específicos

Revisar Pozos sépticos, sumideros, colectores, Box Culvert, canales y bóvedas subterráneas.

Revisar diámetro y tipo de material de las tuberías de la red de alcantarillado

2.3 Alcance del Producto

Las actividades y objetivos mencionados serán aplicables al casco urbano del Municipio de Fresno, Tolima.

3. AREA DE ESTUDIO

La extensión del Municipio de Fresno es de 208 Km^2 de los cuales 4.16 Km^2 corresponden al área urbana y 203.84 Km^2 al área rural; la altura de la cabecera municipal es de 1.450 m.s.n.m con una temperatura promedio de 20° C.
El área de interés de este proyecto es de aproximadamente 1.10 Km^2, área que conforman las 23 vías a intervenir.

VIA	LONGITUD (m)	AREA (m2)
CLL 3 CR 7 - 8	92,19	521,67
CLL 3 CR 8 - 9	81,00	494,21
CRA 4 CLL 2 - 3	82,43	450,10
CRA 4 CLL 3 - 4	79,59	498,00
CRA 7 CLL 7-8	89,20	357,20
CLL 6 CR 5 - 6	90,29	589,52
CLL 6 CR 6 - 7	79,40	386,44
CRA 5 CLL6 - 7	98,74	623,43

CLL 7 CR 5 - 6	80,38	484,95
CLL 8 JUAN B.	149,60	957,29
CRA 3 CLL 6 - 7	89,19	616,80
CRA 3 CLL 7 - 8	44,05	328,87
CLL6 DIAG 2 CRA 3	35,13	221,72
CRA 5 CLL 3 - 4	81,85	404,00
CRA 5 CLL 4 - 5	94,00	513,25
CALLE 2 VILLA DEL PRADO - 1	111,46	651,90
CALLE 2 VILLA DEL PRADO - 2	75,96	350,72
ALTO DE LA CRUZ	26,00	258,71
CLL 4A CR 3 - 4	150,00	845,40
CRA 7 CLL 3 - 4	72,76	808,35
CLL 4 CR 6 - 7	70,06	667,08
CR 6 CLL 3 - 4	63,38	510,38
CLL 3 CR 6 - 7	84,32	821,50
TOTAL	**1920,98**	**12361,49**

4. DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado del municipio de Fresno, se encuentra constituido por tramos de colectores, Box Culvert, canales y bóvedas subterráneas.

Se modelaron un total de 21.05 Km de redes de alcantarillado combinado en materiales como concreto, PVC, polietileno, mampostería en piedra y gres, distribuidos de la siguiente manera

- La red se compone de 18.4 km de tuberías con diámetros internos reales que van desde 60 mm (aprox.2”) hasta 1500 mm (aprox. 60") y pendientes que varían entre -16.2% y 412%, debido a las altas inclinaciones y complejidad en la topografía del terreno natural de la zona de estudio.

- 2.1 km corresponden a bóvedas que se encuentran bajo el municipio, y transportan aguas subterráneas. Dichas bóvedas se interconectan con la red de alcantarillado combinado del municipio.
- 74 metros corresponden a canales de sección trapezoidal y rectangular.
- 505 metros aproximadamente, corresponden a estructuras de Box Culvert que interconectan el sistema de alcantarillado del municipio.

Al realizar la revisión del catastro de redes, y ensamblar el modelo hidráulico se evidenció que algunas de las tuberías del sistema tenían contrapendientes que afectan su normal comportamiento. Estas contrapendientes se presentan en el 0,72% colectores de la red, es decir, en 57,21 m de tubería, las cuales pudieron haber sido ocasionadas debido a asentamientos del terreno, o problemas durante la instalación de la tubería. En la Tabla 1 se relacionan los tramos que se encuentran en contrapendiente.

TABLA 1. TRAMOS CONTRAPENDIENTE

Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	Pendiente (%)
T-383	PZ-510	DES-17	-5.721
T-354	PZ-120	PZ-122	-0.051
T-399	PZ-286A	PZ-286B	-16.198
T-429	PZ-392	PZ-388	-2.167
T-372	PZ-102A	PZ-102	-4.758

Fuente: EDAT

En las revisiones se observa la distribución de materiales de los conductos en la red, encontrando que cerca del 5,76% de esta se encuentra en tuberías de gres (1.210,86 m), el 64,15% en tuberías de concreto (13.496,21 m), un 22,33% en tuberías de PVC (4.398,03 m), un 3,17% en tuberías de polietileno (799,51 m) y el 5,39% de la red, se encuentra en mampostería en piedra (1133,09 m). Es importante, realizar una revisión

con CCTV a las tuberías que se encuentran en gres con el fin de determinar el estado estructural de la mismas y evaluar la necesidad de su renovación.

En cuanto el diámetro interno de los colectores del sistema de alcantarillado, se evidencia que 1.283,03 m no cumplen con el diámetro interno real mínimo de 170 mm establecido para alcantarillados sanitarios, es decir, el 9,65% de los colectores del sistema no cumplen con este parámetro. No obstante, al evaluar el sistema como una red pluvial y/o combinada de acuerdo con la realidad de la misma, este porcentaje de incumplimiento aumenta al 50.29% de los colectores del sistema, debido a que existen cerca de 9,86 km de tubería con diámetros que están por debajo de los 260 mm recomendados para este tipo de redes.

Otro de los análisis realizados a la red, fue la evaluación de la profundidad a la cual se encuentran instalados los tramos de tubería. Dentro de este análisis se encontró que, considerando que gran parte de la red se encuentra localizada bajo vías vehiculares, cerca del 53,3% de los colectores incumplen con el recubrimiento mínimo requerido (120 cm) para garantizar la estabilidad estructural. Incluso el 25,22% de los colectores presentan recubrimientos inferiores al mínimo recomendado para vías peatonales (75 cm) por lo que se recomienda evaluar el estado estructural de la red y realizar los diseños de las protecciones que éstas requieran para evitar su fractura y/o falla. Unos pocos tramos, aproximadamente 700 metros, presentan incluso recubrimientos menores a 30 cm por lo que se recomienda su revisión y respectiva renovación.

Por otro lado, existen 5 tramos equivalente a 520 metros lineales de alcantarillado, con profundidades mayores a 5 metros; entre estos tramos se tienen bóvedas de aguas subterráneas y tuberías de alcantarillado.

4.1 Alcantarillado Sanitario

Dentro del escenario futuro de simulación, se consideran las áreas de expansión contempladas dentro del Proyecto Acuerdo Propuesta Revisión y Ajuste del PBOT del municipio de Fresno, pero teniendo en cuenta que a la fecha de elaboración del presente diagnóstico, no se cuenta con la información de los posibles proyectos urbanísticos a desarrollar en estas zonas; el análisis evaluado se desarrolló distribuyendo la población proyectada al horizonte de diseño en el área actual de drenaje más las zonas de expansión urbanas. Lo anterior nos permitirá conocer el estado actual de las redes y la capacidad de las mismas a futuro para establecer las obras requeridas con el fin de continuar ofreciendo de manera adecuada el servicio de recolección y transporte de aguas residuales durante los próximos 25 años.

4.1.1 Escenario Actual

Una vez analizada la topología de la red, se procedió a revisar el funcionamiento actual de la red en tiempo seco, es decir, cuando esta ópera únicamente como red de alcantarillado sanitario. Bajo estas condiciones se encontró que la capacidad hidráulica de la red cumple con el criterio en el cual la profundidad del flujo no puede superar el 85% de la altura del tubo con el fin de permitir la aireación del mismo.

Otra forma de evaluar la capacidad del tubo corresponde a determinar el caudal que transporta la tubería y compararlo con la capacidad a tubo lleno de la misma. Bajo este esquema se encontró que ningún tramo se encuentra transportando mayor caudal del que es capaz de drenar.

Cuando se incumple este parámetro hidráulico se pueden presentar inconvenientes en la red como represamiento del flujo y problemas de auto limpieza de los colectores.

Posteriormente se revisaron las velocidades en el sistema, encontrando que

en ninguno de los tramos se supera la velocidad máxima recomendada de 5 m/s; por el contrario, la velocidad máxima alcanzada es de 2,38 m/s a pesar de las altas pendientes en algunos sectores del municipio. Adicionalmente se evidencia que el 14,26% de los colectores de la red trabaja con velocidades ¡guales o menores a 0,25 m/s y que cerca del 16,86% de los colectores operan con velocidades entre 0,25 - 0,50 m/s. Aunque en principio esto no evidencia ningún problema operacional se debe evaluar el esfuerzo cortante que se presenta en la red con e! fin de establecer si el sistema tiene la capacidad de auto limpiarse.

Una vez realizada la evaluación de las velocidades del sistema, se procede a realizar la evaluación del esfuerzo cortante en la red.

Dentro de dicha evaluación se encontró que la red cuenta con buena capacidad para auto limpiarse debido a las pendientes del sistema. Se encuentran algunos tramos de la red con esfuerzos cortantes negativos lo que concuerda con los contrapendientes identificadas en el sistema, al igual que varios tramos con esfuerzo cortante igual a cero debido a que estos tramos son netamente pluviales por lo que no tienen asignados caudales de tipo residual.

Se evidencia que 13,4% de los colectores del sistema poseen esfuerzos cortantes inferiores a 1 Pascal y superiores a 0 Pascales; y no cumplen con el criterio de auto limpieza, en especial en zonas donde se localizan algunos tramos iniciales del alcantarillado. Teniendo en cuenta esto se deben realizar programas de mantenimiento para evitar la colmatación por acumulación de sedimentos en los colectores del sistema.

Finalmente, es importante mencionar que 15 tramos (aproximadamente 2,16% de los colectores del sistema) presentan Números de Fraude entre 0,90 y 1,10 indicando la presencia de la presencia de flujo crítico o casi crítico en el sistema. Estos tramos deben ser evaluados con el fin de

evitar daños y problemas de operación en la red, ya que al estar oscilando en cercanías del régimen crítico que se caracteriza por su alta inestabilidad, cualquier alteración en el flujo o cambio en la energía específica puede significar un aumento importante en la lámina de agua o incluso cambio en el régimen de flujo, causando así problemas de sobrecarga o presurización de los colectores de alcantarillado.

4.1.2 Escenario Futuro

Una vez analizado el escenario actual en tiempo seco, se procedió a recalcular los caudales sanitarios con base en el crecimiento poblacional en el municipio. Para este escenario se contempló el crecimiento poblacional distribuido sobre las áreas de drenaje actuales y las zonas de expansión urbanas consideradas dentro del Proyecto Acuerdo Propuesta Revisión y Ajuste del PBOT del municipio de Fresno.

En cuanto a la capacidad hidráulica del sistema, al igual que en el escenario actual, la capacidad hidráulica de la red cumple con el criterio en el cual la profundidad del flujo no puede superar el 85% de la altura del tubo con el fin de permitir la aireación del mismo.

Por su parte, al realizar la evaluación de las velocidades para el sistema en el escenario futuro, se observa que la velocidad máxima aumentó de 2,38 m/s a 2,85 m/s. Al igual que en el escenario actual, ninguno de los tramos supera la velocidad máxima recomendada de 5 m/s.

Se da un aumento de los colectores que operan con velocidades inferiores a 0,25 m/s, pasando 14,41% % de los colectores del sistema de alcantarillado. (Véase Figura 9-10 y Figura 9-14). Así un aumento del número de colectores que operan entre velocidades medias de 0,25 y 0,50 m/s 16,86% a 17,14%.

La capacidad de auto limpieza se mantiene, conservando los tramos con esfuerzo cortante negativo debido a las contrapendientes existentes en el sistema y un 19,02% de la red en la cual el esfuerzo cortante es inferior a

1 Pascal y superior a 0 Pascales, esto puede ocurrir debido a los bajos caudales transportados. Lo anterior indica que el sistema tiene capacidad suficiente de auto limpieza; no obstante, se debe estar monitoreando la red en algunos sectores puntuales con el objetivo de evitar colmataciones en el sistema.

Finalmente, es importante mencionar que 15 tramos (aproximadamente 2,16% de los colectores del sistema) al igual que en el escenario actual, presentan Números de Fraude entre 0,90 y 1,10 indicando la presencia de la presencia de flujo critico o casi crítico en el sistema. Como se mencionó previamente, estos tramos deben ser evaluados con el fin de evitar daños y problemas de operación en la red, ya que al estar oscilando en cercanías del régimen critico que se caracteriza por su alta inestabilidad, cualquier alteración en el flujo o cambio en la energía específica puede significar un aumento importante en la lámina de agua o incluso cambio en el régimen de flujo, causando así problemas de sobrecarga o presurización de los colectores de alcantarillado.

4.1.2 Alcantarillado Pluvial

El sistema de alcantarillado del casco urbano del Municipio de Fresno, opera como alcantarillado combinado. Como segundo diagnóstico hidráulico de la red, se procede a evaluar el sistema bajo condiciones de tiempo húmedo, es decir, que el sistema opera únicamente como alcantarillado pluvial. Bajo estas condiciones se analiza el sistema considerando que a futuro, debido a la topografía de la región, no se adicionarán los polígonos de expansión establecidos en el Proyecto Acuerdo Propuesta Revisión y Ajuste del PBOT del municipio de Fresno, debido a que estos pueden ser drenados a los cuerpos de agua adyacentes, sin la necesidad de ser conectados al sistema de alcantarillado existente.

Para la modelación hidráulica, se emplea un periodo de retorno de 10 años, según las recomendaciones del RAS, establecidas en la Tabla 2. Este análisis permitirá conocer el estado actual de las redes y la capacidad de estas para establecer las obras requeridas con el fin de continuar

ofreciendo de manera adecuada la recolección, transporte y disposición de aguas lluvias durante los próximos 25 años. Una vez realizada la evaluación hidráulica, se analiza la capacidad, velocidad y esfuerzo cortante de cada uno de los colectores del sistema de alcantarillado.

TABLA 2. PERIODO DE RETORNO

Características Área de drenaje	Periodo de Retorno
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 Hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 Hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 Hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 Hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 Hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 Hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 Hectáreas	100

Fuente: EDAT - Resolución 0330 de 2017

Se presenta la evaluación de la capacidad hidráulica para el sistema de alcantarillado pluvial del municipio de Fresno, para condiciones máximas de operación en un evento de precipitación con periodo de retomo de 10 años.

Se resaltan cuatro grupos de tuberías: colectores con capacidades inferiores al 10%, que corresponden al 25,36% de los tramos del sistema; el segundo grupo donde se presentan los colectores con relaciones de llenado por encima del 93% e incumplen la relación máxima permisible establecida en la resolución 330 del 2017. En este grupo se tienen el 23.20% de los colectores del sistema, que no cuentan con

la capacidad hidráulica requerida para drenar el caudal de aguas lluvias. El 26,10% representa los colectores del sistema con relaciones de llenado que oscilan entre el 10% y 50%, y el otro 25,36% restante posee relaciones de llenado entre 50% y 93%. En la Tabla 6, se relacionan aquellos colectores con problemas de capacidad hidráulica.

TABLA 3. TRAMOS CON RELACIÓN Y/D > 93% - ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	y/D(%)	Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	V/D(%)
T-551	PFI-69	PFF-24	100,00	T-491	PZ-472	DES-13	100,00
T-406	PFI-44	PZ-328	100,00	T-120	PZ-82	PZ-81	100,00
T-428	PZ-389	PZ-388	100,00	T-592	PZ-143	PZ-171	100,00
T-357	PFI-35	PZ-118	100,00	T-591	PZ-141	PZ-143	100,00
T-439	DES-13	PZ-379	100,00	T-107	PZ-239	PZ-272	100,00
T-189	PFI-17	PZ-310	100,00	T-472	PZ-422	PZ-423	100,00
T-193	PZ-324	PZ-326	100,00	T-590	PZ-125	PZ-141	100,00
T-532	PZ-172	PZ-170	97,40	T-61	PZ-55	PZ-79	100,00
T-432	PZ-386	PZ-385	100,00	T-117	PZ-81	PZ-85	100,00
T-443	PZ-376	PZ-375	96,50	T-62	PZ-80	PZ-79	100,00
T-165	PZ-353	PZ-351	100,00	T-60	PZ-54	PZ-55	100,00
T-451	PZ-365	PZ-363	99,90	T-477	PZ-461	PFF-20	100,00
T-471	PZ-421	PZ-422	100,00	T-175	PZ-85V	PZ-96	100,00
T-446	PZ-363	PZ-361	99,90	T-122	PZ-97	PZ-81	100,00
T-481	PZ-287	PZ-289	100,00	T-367	PZ-100	PZ-96	100,00
T-25	PZ-73	PZ-74	99,90	T-116	PZ-18	PZ-81	100,00
T-174	PZ-89	PFF-3	100,00	T-50	PZ-17	PZ-80	100,00
T-153	PZ-340	PZ-343	100,00	T-475	PZ-241	PFF-19	100,00
T-435	PZ-383	PZ-382	100,00	T-124	PZ-94	PZ-89	100,00
T-430	PZ-388	PZ-387	100,00	T-45	PZ-10	PZ-54	100,00
T-167	PZ-357	PFF-34	100,00	T-71	PZ-78	PZ-89	100,00
T-441	PZ-378	PZ-375	100,00	T-63	PZ-79	PZ-78	100,00
T-473	PZ-423	PZ-424	99,90	T-108	PZ-272	PZ-241	100,00
T-155	PZ-403	PZ-404	99,90	T-478	PZ-464	PZ-472	100,00
T-399	PZ-286A	PZ-286 B	100,00	T-170	PZ-85	PZ-89	100,00
T-164	PZ-351	PZ-349	100,00	T-579	PZ-121	PZ-119	93,20
T-73	PZ-75A	PZ-294	100,00	T-470	PZ-420	PZ-421	99,70

Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	y/D(%)	Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	V/D(%)
T-550	PZ-217	PFI-69	100,00	T-251	PZ-32	PFF-35	98,60
T-156	PZ-404	PZ-405	99,90	T-2F	PFF-1	PZ-11	100,00
T-329	PZ-98	PZ-325B	100,00	T-477F	PFF-20	PZ-464	100,00
T-290	PZ-439	PZ-440	100,00	CO-118	PFF-34	PZ-355	100,00
T-404	PZ-326	PZ-328	100,00	T-475F	PFF-19	PZ-461	100,00
T-438	PZ-380	PZ-379	100,00	T-422F	PFF-17	PZ-330	96,80
T-188	PZ-296	PFF-4	97,20	T-453	PZ-414	DES-11	100,00
T-405	PZ-330	PZ-328	100,00	T-l	PZ-12	PZ-13	100,00
T-437	PZ-381	PZ-380	100,00	T-407	PFI-45	PZ-328	100,00
T-444	PZ-375	PZ-374	100,00	T-619	PZ-108	PFF-11	99,70
T-593	PZ-171	PZ-173	100,00	T-4O3	PZ-329A	PFI-44	100,00
T-434	PZ-384	PZ-383	100,00	T-356	PZ-118	PZ-115	100,00
T-74	PZ-294	PZ-292	100,00	T-17	PZ-52	PZ-53	100,00
T-157	PZ-405	PZ-406	99,90	T-543	PZ-164	PFF-23	93,50
T-398	PZ-286	PZ-286A	100,00	T-364	PZ-113	PZ-99	100,00
T-440	PZ-379	PZ-378	100,00	T-502	PZ-198	PFF-21	99,30
T-429	PZ-392	PZ-388	100,00	T-391	PFI-41	PZ-61	94,80
T-377	PZ-84	PZ-80	100,00	T-493	PZ-222	PZ-202	100,00
T-431	PZ-387	PZ-386	100,00	T-365	PZ-99	PZ-100	100,00
T-72	PZ-75	PZ-75A	99,90	T-452	PZ-354A	PZ-414	100,00
T-81	PZ-284	PZ-286	100,00	T-547	PZ-209	PFF-24	100,00
T-160	PZ-345	PZ-343	100,00	T-90	PZ-246	PZ-248	99,80
T-192	PZ-306	PZ-324	100,00	T-119	PZ-88	PZ-89	100,00
T-445	PZ-374	PZ-373	100,00	T-291	PZ-440	PZ-442	100,00
T-594	PZ-173	PZ-175	100,00	T-327	PZ-295	PZ-297	100,00
T-190	PZ-310	PZ-308	100,00	T-335	PZ-116	PZ-112	100,00
T-469	PZ-419	PZ-420	98,90	T-139	PZ-354	PZ-3544	100,00
T-163	PZ-349	PZ-347	100,00	T-225	PZ-11	PFF-6	100,00
T-436	PZ-382	PZ-381	100,00	T-94	PZ-250	PZ-262	99,90
T-168	PZ-359	PZ-357	100,00	T-340	PZ-104	PZ-1044	99,30
T-468	PZ-418	PZ-419	100,00	T-44	PZ-115	PZ-116	100,00
T-169	PZ-361	PZ-359	100,00	T-142	PZ-352	PZ-354	100,00
T-492	PZ-228	PZ-222	100,00	T-59	PZ-53	PZ-54	100,00
T-483	PZ-291	PZ-289	100,00	T-598	PZ-183	PZ-185	99,80
T-433	PZ-385	PZ-384	100,00	T-628	PZ-425	PFF-35	100,00
T-515	PZ-202	PZ-198	99,90	T-490	PZ-471	DES-13	98,80
T-191	PZ-308	PZ-306	100,00	T-141	PZ-262	PZ-264	100,00

Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	y/D(%)	Tubería	Pozo Inicial	Pozo Final	V/D(%)
T-238	PZ-523	CAP-1	93,70	T-600	PZ-185	PZ-187	100,00
T-162	PZ-347	PZ-345	100,00	T-455	PZ-366	PZ-354A	100,00
T-79	PZ-290	PZ-277	100,00	T-52	PFI-4	PZ-10	100,00
T-482	PZ-289	PFF-20	100,00	T-109	PZ-270	PZ-272	100,00
T-201	PZ-274	PZ-272	100,00	T-328	PZ-297	PZ-115	99,90
T-166	PZ-355	PZ-353	99,90	T-547	PFF-24	PZ-211	100,00
T-425	PZ-373	PZ-365	99,90	T-502F	PFF-21	PZ-200	99,90
T-2	PZ-13	PFF-1	100,00	T-141F	PZ-264	PZ-352	100,00
T-408	PZ-328	PZ-392	100,00	T-326	PZ-293	PZ-295	100,00
T-467	PZ-417	PZ-418	100,00	T-372	PZ-102A	PZ-102	100,00
T-154	PZ-343	PZ-403	99,90	T-370	PZ-102BV	PZ-94	100,00
T-64	PZ-87	PZ-79	100,00	T-210	PZ-27	PZ-430	99,20
T-580	PZ-119	PZ-153	93,10	T-211	PZ-430	PZ-18	100,00
T-424	PFF-18	PZ-274	100,00	T-125	PFI-12	PZ-94	100,00
T-80	PZ-277	PZ-284	100,00	T-366	PZ-112	PZ-100	100,00
T-75	PZ-292	PZ-290	100,00	T-123	PZ-96	PZ-94	100,00
T-516	PZ-204	PFF-21	93,90				

Fuente: EDAT

La relación de caudales q/Q para los colectores del sistema de alcantarillado, donde “q” representa el caudal transportado por la tubería en el pico del hidrograma de entrada al colector, y “Q” el caudal máximo que puede conducir la tubería para las condiciones de instalación. Se observa que el 17% de los colectores poseen relaciones de caudal superiores a 100, y llegan a transportar incluso el 200% o más del caudal que pueden drenar para el evento de tormenta con el cual se realizó la evaluación hidráulica

Las velocidades calculadas en el sistema de alcantarillado del municipio de Fresno, para un evento de precipitación con periodo de retorno de 10 años. De acuerdo a los requerimientos de velocidad máxima establecidos en la resolución 330 del 2017, el 65,13% de los colectores presentan velocidades inferiores o ¡guales a 5 m/s y superiores o ¡guales a 0.25 m/s. El 6,1% posee velocidades inferiores a 0.25 m/s, dentro de los cuales se encuentran aquellos colectores que no conducen contribuciones de aguas lluvias.

Por otro lado, se evidenció que el 20,9% de los colectores poseen velocidades superiores a 5 m/s e inferiores a 10 m/s; dentro de estos tramos 100 se encuentran en concreto, 44 en PVC y uno en Gres. Se debe prestar en especial atención a los colectores en gres y concreto, puesto que velocidades altas pueden significar problemas de erosión y socavación en las paredes de las tuberías, mientras que los tramos de alcantarillado se encuentran construidos en PVC admiten velocidades de hasta 10 m/s. Finalmente se tienen 56 tramos de la red de alcantarillado con velocidades superiores a 10 m/s, las cuales pueden ser producto de los altos caudales de aguas lluvias drenadas y de las altas pendientes que se tienen en la zona de estudio. Se debe realizar una evaluación de estos colectores ya que las altas velocidades implicarían problemas de erosión y socavación en las paredes de los conductos.

Se podría pensar que aquellos tramos con velocidades inferiores a 0.25 m/s presentarían problemas de auto limpieza, sin embargo, a continuación se procede a evaluar el esfuerzo cortante con el fin de determinar la capacidad de arrastre del sistema.

La relación de los esfuerzos cortantes calculados en la red de alcantarillado del municipio de Fresno. El 0,72% de los tramos de la red presentan esfuerzos cortantes negativos lo que concuerda con los contrapendientes identificadas en el sistema. En cuanto los otros tramos, evaluados bajo condiciones de tiempo húmedo, se observa que el 88,76% de estos presentan valores de fuerza tractiva superiores a 2.0 Pa, con valores que llegan a estar por encima de los 10 Pa. El 10,66% de los colectores presentan esfuerzos cortantes entre valores de 2.0 y 0.00 pascales, dentro de los cuales se tienen los tramos que no conducen contribuciones de aguas lluvias. Pese a los elevados caudales transportados por el sistema de alcantarillado, los esfuerzos dentro de este rango se deben a que principalmente estos colectores, non conducen contribuciones de aguas lluvias, o conducen caudales muy bajos. Como se mencionó en la evaluación hidráulica del alcantarillado sanitario, el sistema tiene capacidad suficiente de auto limpieza; no obstante, se debe

monitorear algunos sectores puntuales con el objetivo de evitar colmataciones en la red.

Finalmente, es importante mencionar que 16 tramos (aproximadamente 2,31% de los colectores del sistema) presentan Números de Fraude entre 0,90 y 1,10 indicando la presencia de la presencia de flujo critico o casi crítico en el sistema, Estos tramos deben ser evaluados con el fin de evitar daños y problemas de operación en la red, ya que al estar oscilando en cercanías del régimen critico que se caracteriza por su alta inestabilidad, cualquier alteración en el flujo o cambio en la energía específica puede significar un aumento importante en la lámina de agua o incluso cambio en el régimen de flujo, causando así problemas de sobrecarga o presurización de los colectores de alcantarillado.

4.1.3 Alcantarillado Combinado

Una vez comparados los caudales de aguas lluvias con los de aguas residuales por colector, se tienen aproximadamente 250 donde el 5% del caudal de aguas lluvias es menor que el caudal de aguas residuales, sin embargo teniendo en cuenta que dicho número de colectores es representa el 36% de los conductos del sistema de alcantarillado del municipio de Fresno, y a que los resultados obtenidos de dicha modelación no son representativos en el comportamiento del sistema con respecto a la magnitud de los caudales de aguas lluvias, esta consultoría opta por presentar los resultados de la modelación del sistema de alcantarillado combinado con los caudales de aguas lluvias como se planteó en el numeral 4.1.2.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema de alcantarillado del municipio de Fresno, corresponde a un sistema combinado compuesto por colectores, Box Culvert, canales y unos Box / Bóvedas construidos hace más de 80 años en piedra pegada que atraviesan el municipio debajo de las casas y eran los encargados principalmente de encausar los nacimientos de aguas subterráneas. Estas estructuras fueron utilizadas por la comunidad para conectar sus domiciliarias de aguas residuales, lo que conlleva a que estos conductos no solo transporten agua de los nacimientos, sino que también conduzcan aguas residuales, y aguas lluvias durante un evento de precipitación.

Una vez realizada la modelación y evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado combinado del municipio de Fresno, bajo un escenario de tiempo seco (únicamente como alcantarillado sanitario); se evidencia que éste tiene capacidad suficiente para recibir y transportar los caudales de aguas residuales que aporta el casco urbano actualmente, como aquel que aportará en el horizonte de diseño (25 años). No obstante, presenta algunas falencias en cuanto a la capacidad de auto limpieza que, aunque es bastante buena, tiene algunos sectores que deben ser monitoreados de manera frecuente en especial tramos iniciales, con el fin de identificar el momento en que sea pertinente realizarles mantenimiento y limpieza para evitar la colmatación de los tramos de tubería como de los pozos de inspección.

Al evaluar el sistema de alcantarillado del municipio de Fresno bajo condiciones de tiempo húmedas para un evento de precipitación con periodo de retorno de 10 años, se evidencia que el 74% del sistema cuenta con la capacidad hidráulica suficiente para recibir y transportar los caudales de aguas lluvia que aporta el casco urbano del municipio, mientras que el 24% de la red restante no cuenta con la capacidad hidráulica necesaria para drenar las aguas lluvias. Al igual que en la evaluación del sistema sanitario, se observó que el alcantarillado presenta una buena capacidad de auto limpieza, sin embargo tiene algunos sectores que deben ser monitoreados de manera frecuente con el fin de identificar

el momento en que sea pertinente realizarles mantenimiento y limpieza para evitar la colmatación de los tramos de tubería como de los pozos de inspección.

En el presente diagnóstico en la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado del municipio de Fresno, no se tuvo en cuenta la magnitud del caudal de aguas subterráneas. Dicho flujo, se estimará mediante los aforos realizados en los puntos de vertimiento, y se reevaluará el modelo hidráulico en los escenarios de simulación descritos con el fin de determinar el comportamiento del sistema de alcantarillado con la inclusión del caudal de aguas subterráneas para la siguiente etapa de desarrollo del proyecto. Pese a esto, se recomienda realizar un estudio completo de Hidrogeología, para determinar la influencia y magnitud de las aguas subterráneas en el sistema de alcantarillado actual y la afectación que pueden ocasionar a la infraestructura del municipio.

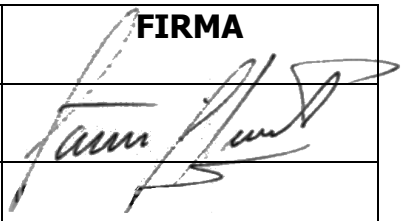
Se recomienda realizar mantenimientos periódicos a la red de alcantarillado y elementos de pozo, lo anterior con el fin de evitar posibles obstrucciones en las estructuras que conlleven a colapsos en la operación del sistema, en especial en zonas identificadas donde los esfuerzos cortantes se encuentren por debajo de los parámetros exigidos por la resolución 0330 de 2017.

Se recomienda la inspección de la red de alcantarillado con cámara de televisión, lo anterior con el fin de poder establecer con mayor precisión el estado interno de las tuberías y las bóvedas subterráneas que se encuentran en el sistema y poder definir de acuerdo a su estado estructural la necesidad de realizar renovaciones y/o mantenimientos.

RELACIÓN DE PROFESIONALES

En la tabla 4 se relacionan los profesionales, técnicos y tecnólogos involucrados en la formulación del estudio.

Tabla 4 - Relación de profesionales

NOMBRE	MATRÍCULA PROFESIONAL	FIRMA
JAIME HUMBERTO PALACINO	2520219921 CND	

***Fuente**: Elaboración propia*