MEMORIA DE CALCULO ALC. SANITARIO

CONSTRUCCION ALCANTARILLADO PLUVIAL Y REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO DORADO BAJO DEL MUNICIPIO DE ACACIAS - META MUNICIPIO DE ACACIAS - META

MEMORIA DE CÁLCULO ALCANTARILLADO SANITARIO

JULIO DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
2 LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES MUNICIPIO DE ACACIAS 5
2.1 LOCALIZACIÓN 5
2.2 JURISDICCION MUNICIPAL 6
2.2.1 LIMITE OFICIAL 6
2.2.2 ORGANIZACIÓN Y DIVISIÓN TERRITORIAL 7
2.2.3 CLIMA 8
3 POBLACIÓN 11
3.1 ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN 11
3.1.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN 11
4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS 21
4.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – DISPOSICION FINAL AGUAS RESIDUALES 21
4.1.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICION FINAL EN FUENTE SUPERFICIAL 21
4.1.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICION FINAL EN LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE ACACIAS – META 21
4.1.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS – DISPOSICION FINAL AGUAS RESIDUALES 21
4.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – TIPO DE SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE AGUAS RESIDUALES 22
4.2.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVENCIONAL 22
4.2.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE ALCANTARILLADO SANITARIO SIN ARRASTRE DE SOLIDOS – ASAS 22
4.2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS – TIPO DE SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE AGUAS RESIDUALES 23
4.3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – COMPONENTE MATERIAL DE TUBERIA 23
4.3.1 ALTERNATIVA 1 TUBERÍA DE CONCRETO 23
4.3.2 ALTERNATIVA 2 TUBERÍA P.V.C. 24
5 DISEÑO HIDRAULICO REDES ALCANTARILLADO SANITARIO 26
5.1 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO 26
5.1.1 DOTACIÓN NETA 26
5.1.2 DOTACIÓN NETA 27
5.1.3 COEFICIENTE DE RETORNO 27
5.1.4 FACTOR DE MAYORACIÓN 28
5.1.5 CAUDAL MAXIMO HORARIO 28
5.1.6 CONEXIONES ERRADAS 28
5.1.7 INFILTRACIÓN 28
5.1.8 CAUDAL DE DISEÑO 29

Vigilado Superservicios

ESPAesp ESPA60301065 | Atención al Cliente +57 (8) 6574602 - +57 (8) 6574603 +57 (8) 6469723 ext. 22 | Acacías - Meta Carrera 16 # 14-28, Barrio Centro Código Postal: 507001 | www.espacacias.com

5.1.9 CAUDAL FINAL DE DISEÑO 29
5.1.10 PARAMETROS TECNICOS DE DISEÑO DE LAS REDES 29
5.1.11 ESTIMACION DE PROFUNDIDADES A COTA CLAVE 29
5.1.12 PROFUNDIDAD MINIMA A COTA CLAVE 30
5.1.13 PROFUNDIDAD MAXIMA A COTA CLAVE 30
5.1.14 CRITERIOS DE AUTOLIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS 30
5.1.15 DIAMETRO INTERNO DE TUBERIAS 30
5.1.16 VELOCIDAD MAXIMA 30
5.1.17 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS 31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Área del Municipio de Acacias 5
Tabla 2 División territorial del municipio 7
Tabla 3 División de veredas 7
Tabla 4 División de Barrios 8
Tabla 5 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 – 2020 método aritmetico 12
Tabla 6 Proyección de población método aritmético 13
Tabla 7 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 – 2020 método geométrico 14
Tabla 8 Proyección de población método geométrico 15
Tabla 9 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 - 2020 método exponencial 17
Tabla 10 Proyección de población método exponencial 18
Tabla 11 Proyección de población de diseño Municipio de Acacias 20
Tabla 12 Comparacion entre la tuberia en concreto y PVC 24
Tabla 13 Dotación neta por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida 27
Tabla 14 Profundidad mínima de colectores 30

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Localización Municipio de Acacias 6

Vigilado Superservicios

1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los servicios públicos domiciliarios son un aspecto fundamental para satisfacer las necesidades de la población tanto de abastecimiento de agua potable, como la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Es así como las entidades territoriales y los prestadores de servicios públicos, deben garantizar los 3 principios establecidos por el gobierno nacional en este ámbito como lo son la calidad, cobertura y continuidad tanto en el sistema de acueducto como el sistema alcantarillado.

El Municipio de Acacias en los sectores objeto del presente estudio, posee un sistema de alcantarillado sanitario que aun cuenta con colectores en gres, que han cumplido su vida útil, lo cual se videncia en el estado físico de sus redes observado en el catastro desarrollado, donde se observan pozos de inspección con alto grado de deterioro, los cuales se encuentran construidos en mampostería deteriorada, facilitando la infiltración de nivel freático al interior de las estructuras, aumentando el caudal del colector de aguas residuales. De igual manera, algunas de las estructuras no poseen cañuela, lo que conlleva a que el agua residual no circula de manera óptima lo largo de las cámaras.

En el presente documento, se establecen los estudios y diseños del sistema de alcantarillado pluvial, para lo cual se tomó como referencia los parámetros establecidos en la Resolución 0330 de 2017, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo de las redes, acompañado de una adecuada operación lo cual se garantizará siguiendo cada uno de los lineamientos descritos en este documento.

Dicho documento comprende generalidades del Municipio, proyección de población, y diseño hidráulico del sistema propuesto.

2 LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES MUNICIPIO DE ACACIAS

2.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de Acacias se encuentra ubicado en la parte central de la república de Colombia, sobre llamado Piedemonte Llanero, en la zona Noroccidental del Departamento del Meta.

Está ubicado a 28 kilómetros de Villavicencio con vía totalmente pavimentada, con una extensión territorial aproximada de 1.129 Kilómetros cuadrados, distribuidos así:

Tabla 1 Área del Municipio de Acacias

SUPERFICIE	AREA EN Has
AREA URBANA	967,56
AREA RURAL	111.972, 44
AREA APROXIMADA	112.940,00

Fuente: P.M.A.A. Acacias

Su composición topográfica está conformada por terrenos planos en extensión aproximada del 61.4% y territorio con pendientes que oscilan entre el 3% y 50% en extensión aproximada de 38.6%. La región ondulada está comprendida en las estribaciones de la Cordillera Oriental, en límites con el departamento de Cundinamarca.

Los suelos son aptos para la agricultura y ganadería, ubicados en el grupo de los arcillosos arenosos con niveles de PH de 5.5, clasificados como ácidos.

El territorio presenta una climatología bien definida como los períodos de lluvias durante los meses de abril y noviembre, un período seco entre noviembre y marzo. Teniendo en cuenta que durante estos últimos años se presentó el fenómeno del Niño, el cual ha venido variando considerablemente estas épocas ocasionando la reducción del período de verano. El municipio sostiene una temperatura promedio de 27°C, por lo cual se considera el clima general "cálido".

Al Municipio de Acacias lo atraviesan importantes Ríos como son: El Guayuriba, Sardinata, Orotoy, Acacias y Acaciítas, entre otros, los cuales llevan corrientes

Vigilado Superservicios

menores como Caño Hondo, Cola de Pato, La Unión, Caño la Chiripa, Chichimene, Caño la Danta y Caño Conejo.

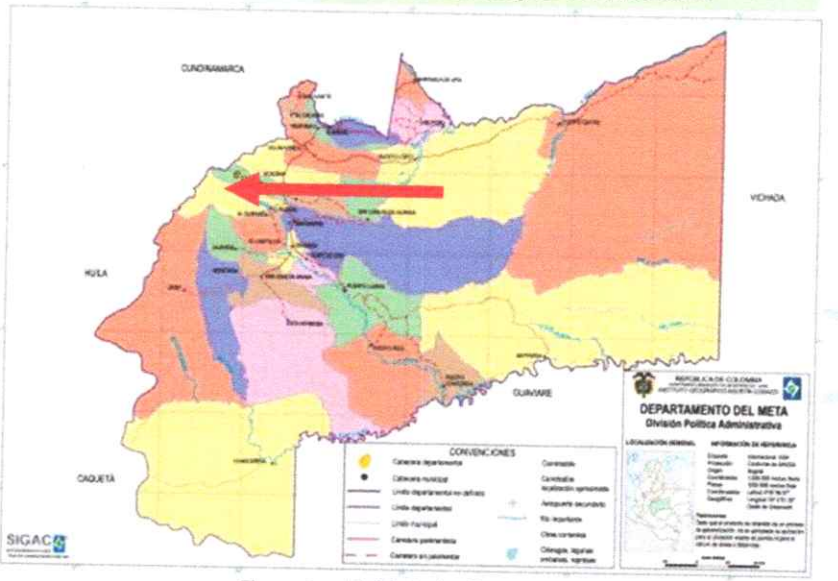
Entre otras corrientes de menor importancia tenemos la Quebrada las Blancas, La Pedregosa, La Perra loca, El Playón y La Argentina.

2.2 JURISDICCION MUNICIPAL

2.2.1 LIMITE OFICIAL

El Municipio de Acacias se encuentra ubicado en la parte central de la República de Colombia, sobre el llamado Piedemonte Llanero, en la zona Noroccidental del Departamento del Meta, siendo las coordenadas geográficas aproximadas de los puntos extremos: 73° 24´18" y 74° 02´23" de Longitud Oeste de Greenwich; 03° 53´35" y 04° 12¨42" de Latitud Norte. Limita por el Norte y el Oriente con el Municipio de Villavicencio, alinderado con el Río Negro o parte alta del Río Guayuriba; al Occidente con el Municipio de Quetame, Departamento de Cundinamarca y un sector del parque Sumapaz sobre la cota 3500 mts; al Oriente con el Municipio de San Carlos de Guaroa; al Sur Oriente con el Municipio de Castilla La Nueva; Al Sur con el Municipio de Guamal y encierra por el Oriente con el Municipio de Cubarral y el Departamento de Cundinamarca.

Imagen 1 Localización Municipio de Acacias



Fuente: P.M.A.A. Acacias

2.2.2 ORGANIZACIÓN Y DIVISIÓN TERRITORIAL

El perímetro urbano del municipio cuenta con 67 Barrios y el área rural está dividida en 46 veredas.

Tabla 2 División territorial del municipio

DESCRIPCIÓN		PLANEACION MUNICIPAL
Número de Barrios		67
Número de Veredas		46
Número de Inspecciones de Policía	Rurales	5
Número de Inspecciones de Policía Urbanas		2
Número de Comisaría de Familia		1

Fuente: P.M.A.A. Acacias

Según datos suministrados por la Secretaria de Planeación y Desarrollo Municipal, la siguiente es la relación de Veredas y Barrios.

Tabla 3 División de veredas

VEREDAS		
▪ Alto Acacias ▪ Alto Acaciítas ▪ Brisas del Guayuriba ▪ Caño Hondo ▪ El Centro ▪ Cruce de San José ▪ El Líbano ▪ El Recreo ▪ El Resguardo ▪ El Rosario ▪ Venecia ▪ El Triunfo ▪ Esmeralda ▪ Portachuelo ▪ Primavera	▪ La Palma ▪ La Pradera ▪ La Unión ▪ Laberinto ▪ Las Blancas ▪ Loma de Tigre ▪ Loma del Pañuelo ▪ Margaritas ▪ Montebello ▪ MonteLíbano ▪ San José Palomas ▪ Patio Bonito ▪ Playón ▪ Dinamarca ▪ Quebraditas ▪ Sardinata	▪ Fresco Valle ▪ Rancho Grande ▪ La Cecilita ▪ San Cayetano ▪ San Nicolás ▪ San Pablo ▪ San Juanito ▪ Santa Rosa ▪ Manzanares ▪ Santa Teresita ▪ Vista Hermosa ▪ San Isidro de Chichimene ▪ Los Pinos ▪ Loma de San Juan ▪ San Cristóbal

Vigilado Superservicios

Tabla 4 División de Barrios

BARRIOS		
▪ Asociación de Amigos ▪ Arrayanes ▪ Alborada ▪ Bachue ▪ Ciudad Jardín ▪ Cooperativo ▪ Centro ▪ Dorado Alto ▪ Dorado Bajo ▪ El Bosque ▪ El Bambú ▪ El Retorno ▪ Juan Mellao ▪ Las Acacias ▪ La Esperanza ▪ La Estrella ▪ La Independencia ▪ San Cristóbal ▪ Santa Isabel ▪ Palermo ▪ San José ▪ Villa Teresa	▪ Las Ferias ▪ La Tiza ▪ La Unión ▪ Las Vegas ▪ Mancera ▪ Nutivara ▪ Pablo Emilio Riveros ▪ Portales de San Carlos ▪ Popular ▪ Popular 91 ▪ Saman ▪ Nueva Victoria ▪ Morichal ▪ Atahualpa ▪ Don Bosco ▪ La Palma ▪ Villa Hermosa ▪ San Camilo ▪ Paraíso ▪ Balcones de Santa Isabel ▪ Malibu ▪ Villa Aurora I	▪ Villa Fontana ▪ El Lago ▪ Asuda ▪ Las Violetas ▪ Guratara I ▪ Guaratara II ▪ Villa Del Llano ▪ Rincón De Bachue ▪ Rincón del Lago ▪ Las Colinas ▪ Prados de Codem ▪ Villa Aurora II ▪ Villa Lucia ▪ Comcaja ▪ La Carolina ▪ Las Villas ▪ Las Gaviotas ▪ La Florida ▪ Bella Suiza ▪ Los Olivos ▪ Grupo Comercial los 18 ▪ Villa Maguensi ▪ Palma Real

Fuente: P.M.A.A. Acacias

2.2.3 CLIMA

El Municipio de Acacias se encuentra enmarcado dentro de la región objeto de estudio general de suelos de los Municipios del Calvario, Guamal, Villavicencio, Restrepo y Cumaral elaborado por IGAC subdirección agrológica 1980. La región objeto de este estudio abarca tres grades unidades bioclimaticas:

Vigilado Superservicios

Zona Cordillerana, Piedemonte Llanero y Plano de desborde. La mayor parte la ocupa el plano de desborde.

Con base en el análisis de la información climática se han podido establecer grandes diferencias en cuanto a clima se refiere. En la Zona Cordillerana se presentan precipitaciones que superan los 3.000 mm de promedio anual, con temperaturas bajas.

En el Piedemonte las precipitaciones y las temperaturas aumentan gradualmente, no así hacia las formas de terrazas, plano aluvial marginal y planicie aluvial de desborde donde las precipitaciones disminuyen y las temperaturas aumentan. En la mayor extensión del municipio se encuentra dentro un régimen de lluvias que oscilan entre 3.000 y 4.000 mm por año y temperaturas entre 17 y 27 °C, corresponde al clima cálido y húmedo.

2.2.3.1 PRECIPITACIÓN

De acuerdo con la distribución de las lluvias se pueden diferenciar dos períodos de alta pluviosidad y uno de menor precipitación más o menos definidos. Se registra la mayor cantidad de lluvias en los meses de abril, mayo y junio; a partir de este mes se presenta una pequeña disminución en la precipitación pluvial; pero se conservan las lluvias que se acrecientan nuevamente en el mes de octubre. El periodo de menor precipitación va de noviembre a febrero que comúnmente se denomina de verano. Los registros de precipitación están representados por la estación pluviométrica corriente Acacias con datos que oscilan entre 3.522 y 9766 mm/año. Estos registros no alcanzan a ser representativos en toda el área, pero dan una idea de las condiciones pluviométricas.

2.2.3.2 TEMPERATURA

En la parte occidental del área urbana se encuentran los pisos subtropicales y bajo montano y en poca proporción bosque húmedo.

Las temperaturas medias corresponden a un piso térmico tropical de 24 °C y en la parte de cordillera a un subtropical variados de 18 °C a 24 °C. Para el sector de Acacias (aunque similar en todo el Departamento) la temperatura es máxima entre enero y abril, sobre los 27 °C. Con picos más altos en febrero, descendiendo entre marzo y julio con pico en julio de 23.5 °C, volviendo a ascender entre agosto y diciembre. Lo que da por resultado una variación estable en cuanto a temperaturas.

Vigilado Superservicios

2.2.3.3 HUMEDAD RELATIVA

Los valores para este fenómeno atmosférico están dados por la estación meteorológica del aeropuerto de Vanguardia Villavicencio.

La humedad relativa media anual es de 75% generalmente alta en horas de la mañana (84% promedio), a mediodía la humedad relativa disminuye hasta un 65% y vuelve a aumentar en la tarde para registrar un promedio de 80%. Los promedios mensuales de humedad más bajos se registran en los meses de enero a marzo. En el resto de los meses, la humedad relativa media mensual sube a valores superiores a 77%: Los meses de junio y julio son los de más alto registro, entre 81% y 82%.

2.2.3.4 VIENTOS

Los de mayor ocurrencia son los alisios, que tienen dirección N-E y los vientos locales que se manifiestan por corrientes de aire ascendentes provocadas por fuertes calentamientos en época de sequía y hacen que la vegetación permanezca por lo menos una tercera parte del año con limitaciones para su desarrollo.
La mayor velocidad del viento se registra a las 13 horas. El promedio obtenido en 17 años de registros es de 7,2 km/h. En las mañanas y tardes la velocidad disminuye. A las 7 horas el promedio anual calculado es de 1.5 Km/h y a las 19 horas de 2.9 Km/h.

En los meses de diciembre a marzo se registran las más altas velocidades medias mensuales. El promedio obtenido en 15 años es de 4.7 Km/h. En los meses de junio, julio y agosto la velocidad media mensual del viento se encuentra entre 2.5. y 29 Km/h. Normalmente la velocidad máxima absoluta anual que se registra está entre 40 y 50 Km/h.

2.2.3.5 NUBOSIDAD

Los valores medios mensuales de nubosidad registrados por IDEAM en la estación número 3501505 barbascal correspondiente a los años 1992 a 1999 dan los siguientes resultados: Medio 5 octas; máximo 7 octas mínimo 3 octas.

2.2.3.6 BRILLO SOLAR

Los valores totales mensuales de brillo solar registrados por IDEAM en la estación número 3501505 barbascal correspondiente a los años 1992 a 1999

Vigilado Superservicios

dan los siguientes resultados: Medio 170 horas; máximo 257 horas; mínimo 51 horas.

3 POBLACIÓN

3.1 ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN

La metodología utilizada inicialmente para estimar la población del periodo de diseño se basa en la implementación de los métodos de evaluación adoptados. La información base para la implementación de dichas proyecciones es la obtenida de las estadísticas de los censos realizados hasta la fecha desde 1938, por parte del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), para el municipio de Acacias se registran datos a partir de 1985.

Considerando que los registros disponibles de los censos realizados por el DANE para el Municipio son escasos y que se obtuvieron varios datos de tasas de crecimiento por fuera de los estándares nacionales en los municipios del presente proyecto, se procedió a estudiar las proyecciones realizadas por el DANE para el departamento del Meta durante los quinquenios 2005-2010, 2010-2015 y 2015-2020.

Con base en los resultados anteriores, se acordó efectuar los cálculos de la población futura para el municipio partiendo de las proyecciones realizadas por el DANE para el año 2015, basándose en la proyección departamental realizada por el DANE hasta el año 2020, utilizando los métodos de cálculo establecidos.

3.1.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

3.1.1.1 MÉTODO ARITMÉTICO

Este método es recomendado para pequeñas poblaciones de poco desarrollo o con áreas de crecimiento casi nulas y se caracteriza por que la población aumenta a una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que la población del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada período futuro. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + m * (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

Puc: Población del último censo

Tuc: Año del último censo
Pci: Población del censo inicial
Tci: Año del censo inicial
Tf: Año de la proyección

Tabla 5 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 – 2020 método aritmetico

AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2005	44786	
		1206
2006	45992	
		1300
2007	47292	
		1320
2008	48612	
		1329
2009	49941	
		1343
2010	51284	
		1353
2011	52637	
		1368
2012	54005	
		1363
2013	55368	
		1386
2014	56754	
		1374
2015	58128	
		1400
2016	59528	
		1390
2017	60918	
		1391
2018	62309	
		1399
2019	63708	
		1396
2020	65104	

PROMEDIO	1355

Fuente: El estudio

Tabla 6 Proyección de población método aritmético

ITEM	PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Población censo inicial(DANE- 2019)	Puc	63718	Hab
Tasa de crecimiento	m	1355	Hab/año
Año censo inicial	Tuc	2019	Año
Año final	Tf	2020	Año

$$P_f = P_{uc} + m * (T_f - T_{uc})$$

HORIZONTE	AÑO	POBLACIÓN
0	2020	65073
1	2021	66427
2	2022	67782
3	2023	69136
4	2024	70491
5	2025	71845
6	2026	73200
7	2027	74554
8	2028	75909
9	2029	77263
10	2030	78618
11	2031	79972
12	2032	81327
13	2033	82681
14	2034	84036
15	2035	85391
16	2036	86745
17	2037	88100
18	2038	89454
19	2039	90809
20	2040	92163
21	2041	93518
22	2042	94872

23	2043	96227
24	2044	97581
25	2045	98936

Fuente: El estudio

3.1.1.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método es útil en poblaciones que muestran una actividad económica importante, que generan un desarrollo apreciable y que poseen áreas de expansión importantes, las cuales pueden ser dotadas, sin mayores dificultades de la infraestructura de servicios públicos. El crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional a la misma. La ecuación que se emplea es la siguiente:

$$P_F = P_{UC} * (1+\mathrm{r})^{(T_F - T_{UC})}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que en el anterior método. La tasa de crecimiento se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{CI}}\right)^{\frac{1}{(T_{UC} - T_{CI})}} - 1$$

En donde:

R: tasa de crecimiento anual

Las demás variables se definen igual que en el método anterior. A continuación se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, teniendo en cuenta las proyecciones.

Tabla 7 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 – 2020 método geométrico

TASA DE CRECIMIENTO METODO GEOMETRICO		
AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2005	44786	
		2.69

2006	45992	
		2.83
2007	47292	
		2.79
2008	48612	
		2.73
2009	49941	
		2.69
2010	51284	
		2.64
2011	52637	
		2.60
2012	54005	
		2.52
2013	55368	
		2.50
2014	56754	
		2.42
2015	58128	
		2.41
2016	59528	
		2.34
2017	60918	
		2.28
2018	62309	
		2.25
2019	63708	
		2.19
2020	65104	
PROMEDIO		**2.53**

Fuente: El estudio

De acuerdo a los cálculos realizados, se obtiene un valor promedio de 2.53%. Según las recomendaciones y lineamientos establecidos por Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se adoptará una tasa de crecimiento del 2%.

Tabla 8 Proyección de población método geométrico

ITEM	PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Población censo inicial(DANE- 2019)	Puc	63718	Hab

Tasa de crecimiento	R	0,02	
Año censo inicial	Tuc	2019	Año
Año final	Tf	2020	Año

$$P_F = P_{UC} * (1 + r)^{(T_F - T_{UC})}$$

HORIZONTE	AÑO	POBLACIÓN
0	2020	64992
1	2021	66292
2	2022	67618
3	2023	68970
4	2024	70350
5	2025	71757
6	2026	73192
7	2027	74656
8	2028	76149
9	2029	77672
10	2030	79225
11	2031	80810
12	2032	82426
13	2033	84075
14	2034	85756
15	2035	87471
16	2036	89221
17	2037	91005
18	2038	92825
19	2039	94682
20	2040	96575
21	2041	98507
22	2042	100477
23	2043	102486
24	2044	104536
25	2045	106627

Fuente: El estudio

3.1.1.3 MÉTODO EXPONENCIAL

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos, para poder determinar el promedio de las tasas de crecimiento de la población. Se

Vigilado Superservicios

recomienda en poblaciones que muestran un desarrollo apreciable y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_F = P_{CI} * e^{k*(T_F - T_{CI})}$$

Dónde:
K = es la tasa de crecimiento de la población y se calcula de acuerdo a la expresión:

$$k = \frac{LnP_{CP} - LnP_{CA}}{T_{CP} - T_{CA}}$$

PCP = Población del censo posterior.
PCA = Población del censo anterior.
TCP = Año correspondiente al censo posterior.
TCA = Es el año correspondiente al censo anterior.
Ln = Logaritmo natural.

A continuación se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, teniendo en cuenta las proyecciones establecidas en la base de datos del DANE para los años 2005 – 2020.

Tabla 9 Determinación tasa de crecimiento proyecciones 2005 - 2020 método exponencial

TASA DE CRECIMIENTO METODO EXPONENCIAL		
AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2005	44786	
		0.03
2006	45992	
		0.03
2007	47292	
		0.03
2008	48612	
		0.03
2009	49941	
		0.03
2010	51284	
		0.03

Vigilado Supersenvicios

2011	52637	
		0.03
2012	54005	
		0.02
2013	55368	
		0.02
2014	56754	
		0.02
2015	58128	
		0.02
2016	59528	
		0.02
2017	60918	
		0.02
2018	62309	
		0.02
2019	63708	
		0.02
2020	65104	
PROMEDIO		**0.0249**

Fuente: El estudio

De acuerdo a los cálculos realizados, se obtiene un valor promedio de 2.53%. Según las recomendaciones y lineamientos establecidos por Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se adoptará una tasa de crecimiento del 2%.

Tabla 10 Proyección de población método exponencial

ITEM	PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Población censo inicial(DANE- 2019)	Puc	63718	Hab
Tasa de crecimiento	R	0,02	
Año censo inicial	Tuc	2019	Año
Año final	Tf	2020	Año

$$P_F = P_{CI} * e^{k*(T_F - T_{CI})}$$

HORIZONTE	AÑO	POBLACIÓN
0	2020	65005
1	2021	66318
2	2022	67658

3	2023	69025
4	2024	70419
5	2025	71842
6	2026	73293
7	2027	74774
8	2028	76284
9	2029	77825
10	2030	79398
11	2031	81002
12	2032	82638
13	2033	84307
14	2034	86010
15	2035	87748
16	2036	89521
17	2037	91329
18	2038	93174
19	2039	95056
20	2040	96977
21	2041	98936
22	2042	100934
23	2043	102973
24	2044	105054
25	2045	107176

Fuente: El estudio

3.1.1.4 ANALISIS DE LA INFORMACION Y PROYECCION ADOPTADA

El uso del método aritmético o lineal, para proyectar la población tiene ciertas limitaciones. Desde el punto de vista analítico implica incrementos absolutos constantes, lo que demográficamente no se cumple ya que por lo general las poblaciones no aumentan numéricamente sus efectivos en la misma magnitud a lo largo del tiempo.

Por lo general, este método se utiliza para proyecciones en plazos de tiempo muy cortos, básicamente para obtener estimaciones de población a mitad de año.

El método aritmético o lineal, supone un crecimiento constante de la población, la cual significa que la población aumenta o disminuye en el mismo número de personas. Para efectos de la presente estimación, se descarta el método

aritmético de proyección, no aplicable para períodos medianos y largos de diseño.

Los métodos geométrico y exponencial, presentan proyecciones significativamente similares, sin embargo, el geométrico se ajusta mejor a las dinámicas de población observadas y a los datos de referencia estudiados, por lo tanto se adopta el método geométrico para el cálculo de las proyecciones de población.

Se presenta a continuación las proyecciones de población mediante el método geométrico.

Tabla 11 Proyección de población de diseño Municipio de Acacias

HORIZONTE	AÑO	METODO GEOMETRICO
0	2020	64992
1	2021	66292
2	2022	67618
3	2023	68970
4	2024	70350
5	2025	71757
6	2026	73192
7	2027	74656
8	2028	76149
9	2029	77672
10	2030	79225
11	2031	80810
12	2032	82426
13	2033	84075
14	2034	85756
15	2035	87471
16	2036	89221
17	2037	91005
18	2038	92825
19	2039	94682
20	2040	96575
21	2041	98507
22	2042	100477
23	2043	102486

24	2044	104536
25	2045	106627

Fuente: El estudio

4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

A continuación se presentan alternativas tanto desde el punto de vista técnico para la disposición final de aguas residuales domésticas.

4.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – DISPOSICION FINAL AGUAS RESIDUALES

4.1.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICION FINAL EN FUENTE SUPERFICIAL

Consiste en recolectar y transportar las aguas residuales generadas en los sectores a intervenir y descargarlas hasta una fuente superficial Caño Conejo. Esta alternativa conlleva a la realización de las siguientes actividades:

- Obtención de permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental.
- Construcción Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Como se puede observar, la implementación de esta alternativa contempla actividades que representan un alto costo, tanto para en su construcción como en su operación, ya que el consumo de energía por parte de la PTAR representan un costo considerable que no es sostenible a través del tiempo, por la cantidad de usuarios que son relativamente pocos y constantes.

4.1.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICION FINAL EN LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE ACACIAS – META

Consiste en recolectar y transportar las aguas residuales generadas en los sectores a intervenir hasta ser descargadas sobre las redes de alcantarillado sanitario que posee diámetros de 8 pulgadas de diámetro en PVC, las cuales cuentan con la capacidad hidráulica suficiente para transportar dichas aguas.

4.1.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS – DISPOSICION FINAL AGUAS RESIDUALES

Una vez analizadas las alternativas planteadas anteriormente, la alternativa más viable corresponde a la recolección y transporte de aguas residuales y su disposición final en las redes de alcantarillado sanitario del Municipio de Acacias - Meta, ya que dicho Municipio cuenta con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV aprobado por la Autoridad Ambiental Cormacarena y posee un vertimiento aprobado sobre el Rio Acacias, el cual tiene en su cronograma de actividades, la optimización de las redes sanitarias. Esta alternativa no implica la construcción de PTAR, así como la obtención de permisos ambientales. Por lo tanto, es la alternativa más viable desde el punto de vista técnico y económico.

4.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – TIPO DE SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE AGUAS RESIDUALES

4.2.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVENCIONAL

Este sistema esta compuesto por cajas de inspección domiciliaria, acometida, kit silla yee para el empalme acometida – colector, pozos de inspección con sus respectivas placa cubierta, placa base, cilindro, cañuela y tuberia para alcantarillados de diámetro minimo 8 pulgadas.

Las aguas residuales generadas en las viviendas, son recolectadas en una caja de inspección domiciliaria ubicada frente al paramento de las viviendas y conducidas hasta la red de alcantarillado convencional mediante una acometida de 6 pulgadas de diámetro; el empalme entre el colector principal y esta acometida será mediante un kit silla yee. Una vez en el colector, el agua es transportada por gravedad a lo largo de la red municipal, la cual posee pozos de inspección ubicados en cambios de dirección, material, pediente y diámetros de la tuberia.

4.2.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE ALCANTARILLADO SANITARIO SIN ARRASTRE DE SOLIDOS – ASAS

Este sistema esta compuesto por tanques interceptores de solidos pequeños localizados en el frente o interior de cada vivienda, las cuales descargan a cajas de inspección insertadas en redes para formar tramos cortos, instaladas generalmente a ambos costados de las vías, cerca al paramento de los predios. Estos sistemas se caracterizan por tener poca profundidad y menores pendientes. El diámetro minimo de estos colectores es de 95mm asi como las conexiones domiciliarias, con pendiente minima del 2.5%.

4.2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS – TIPO DE SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE AGUAS RESIDUALES

Acorde a las consideraciones expuestas, se elige el sistema de alcantarillado convencional, dado con el sistema ASAS, requiere asegurar la disponibilidad permanente de equipos mecánicos para la extracción periódica de los lodos sedimentados en los tanques interceptores y su disposición sanitaria en plantas de tratamiento de aguas residuales o en terrenos apropiados para ello, lo cual genera un costo significativo para cada usuario y riesgo de colmatación de dicho tanque al no contar con la instrumentación necesaria para su mantenimiento.

4.3 ANALISIS DE ALTERNATIVAS – COMPONENTE MATERIAL DE TUBERIA

4.3.1 ALTERNATIVA 1 TUBERÍA DE CONCRETO

Algunas de las características tenidas en cuenta para poner en consideración la tubería de concreto son las siguientes:

- Son tuberías muy pesadas, lo que influye el su manejo, transporte y rendimiento de instalación, un tubo de 30" de 2,5 metros de longitud, pesa 1,7 toneladas.
- Solo llegan a 2,5 metros de longitud.
- Su vida útil se estipula en 30 años.
- Sufre mayor abrasión que tuberías de Poli Cloruro de Vinilo (PVC).
- Debido a su forma de instalación puede presentar filtraciones, sobretodo en suelos con altos niveles freáticos.
- Su estructura es rígida no permite flexibilidad cuando se presentan movimientos del suelo o sismos.
- Posee un coeficiente de rugosidad de 0.013, produciendo un mayor rozamiento con el fluido, requiriendo de mayores pendientes para un mejor comportamiento hidráulico.

Vigilado Superservicios

- En cuanto al transporte y debido a su excesivo peso, así como a su poca longitud, se requieren mayores viajes hasta el lugar de la obra, originando altos costos y demoras de suministro.

- Por su peso, la manipulación, e instalación es más lenta, requiriendo de la participación de un mayor número de personal y la utilización de grúas y diferenciales.

4.3.2 ALTERNATIVA 2 TUBERÍA P.V.C.

Algunas de las características tenidas en cuenta para poner en consideración la tubería de policloruro de vinilo (PVC) son las siguientes:

- Son tubería menos pesadas que las tuberías de concreto, ejemplo de ello es que un tubo de 30" de diámetro y longitud de 6.5 metros pesa 162.5 kg, facilitando así su manipulación.

- En cuanto a su longitud llegan a 6 metros y pueden llegar a 6.5 metros (diámetros grandes).

- Su vida útil se estipula en 50 años.

- Resiste a la abrasión hasta 1.7 veces más que las tuberías de concreto.

- Es ideal para suelos con altos niveles freáticos.

- Presenta flexibilidad, comportándose mejor que tuberías de concreto, en caso de movimientos del suelo o de sismos.

- Posee un coeficiente de rugosidad de 0.009-0.010, lo que origina un menor rozamiento con el fluido, requiriéndose de menores pendientes.

- Se transportan más metros de tubería, debido a su menor peso y a su mayor longitud.

- Se requiere para su instalación menor cantidad de personal.

Tabla 12 Comparacion entre la tuberia en concreto y PVC

Vigilado Superservicios

Ítem	Característica	Tubería de Concreto	Tubería de PVC	Conclusión
1	Peso	Son tuberías muy pesadas, lo que influye el su manejo, transporte y rendimiento de instalación, un tubo de 30" de 2,5 metros de longitud, pesa 1.7 toneladas.	Son tuberías menos pesadas que las tuberías de concreto, un tubo de 30" de diámetro y longitud de 6,5 metros pesa 162,5 kg, facilitando así su manipulación.	El PVC presenta mayor rendimiento en su instalación
2	Longitud	Solo llegan a 2,5 metros.	Llegan a 6 metros y pueden llegar a 6,5 metros (diámetros grandes).	El PVC presenta mayor rendimiento en su instalación
3	Duración	Su vida útil se estima en 30 años.	Su vida útil se estipula en 50 años.	El PVC presenta mayor duración
4	Desgaste	Sufre mayor abrasión que tuberías de Poli Cloruro de Vinilo (PVC)	Resiste a la abrasión hasta 1,7 veces más que las tuberías de concreto.	El PVC presenta Mayor resistencia
5	Hermeticidad	Debido a su forma de instalación puede presentar filtraciones, sobretodo en suelos con altos niveles freáticos.	Ideal para suelos con altos niveles freáticos.	El PVC presenta Mayor hermeticidad
6	Flexibilidad	Su estructura es rígida no permitiendo flexibilidad cuando se presenten movimientos del suelo o sismos.	Presenta flexibilidad, comportándose mejor que tuberías de concreto, en caso de movimientos del suelo o de sismos.	El PVC presenta Mayor flexibilidad
7	Comportamiento hidráulico	Posee un coeficiente de rugosidad de 0,013, produciendo un mayor rozamiento con el fluido, requiriéndose mayores pendientes.	Posee un coeficiente de rugosidad de 0,009 – 0,010, produciendo un menor rozamiento con el fluido, necesitando de menores pendientes.	El PVC presenta Mayor Capacidad hidráulica
8	Transporte	Debido a su alto peso y a su poca longitud, se requieren mayores viajes hasta el lugar de la obra, originando altos costos y	Se transportan más metros de tubería, debido a su menor peso y a su mayor longitud.	El PVC presenta Mayor rendimiento

Vigilado Superservicios

Ítem	Característica	Tubería de Concreto	Tubería de PVC	Conclusión
		demoras de suministros.		
9	Instalación	Por su peso, la manipulación, e instalación es más lenta, se requiere la participación de un mayor número de personal y la utilización de grúas y diferenciales.	Se requiere para su instalación menor cantidad de personas.	El PVC presenta Mayor rendimiento
10	Domiciliarias	Muy artesanal su instalación, generando fallas en la parte hidráulica y de hermeticidad	Más técnica su instalación, no genera fallas en la parte hidráulica, ni de hermeticidad.	El PVC presenta Mayor rendimiento, mayor hermeticidad.

Fuente: Fabricantes de tubería.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se adopta la tuberia en P.V.C. para el diseño hidráulico proyectado.

5 DISEÑO HIDRAULICO REDES ALCANTARILLADO SANITARIO

5.1 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

A continuación se presentan las consideraciones técnicas que se tuvieron en cuenta para el diseño hidráulico del sistema:

5.1.1 DOTACIÓN NETA

La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la siguiente tabla.

Vigilado Superservicios

Tabla 13 Dotación neta por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 2320/2009.

Para este proyecto se asignará como dotación neta 140 l/hab*día.

5.1.2 DOTACIÓN NETA

El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) para un colector con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

Teniendo en cuenta las características del sitio, en este no se encuentran sectores de aporte de aguas industriales, comerciales e institucionales, el agua residual será producto de aportes domésticos (residenciales). Por tanto el caudal medio diario de aguas residuales corresponderá al caudal doméstico.

$$Q_{MD} = Q_D$$

El caudal medio diario es el caudal medio calculado para la población proyectada o en términos de la densidad poblacional obtenida con la población proyectada, además teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. La ecuación que se emplea es:

$$Q_{md} = \frac{(dp * d_{neta} * C)}{86400}$$

Donde:

QMD: Caudal medio diario en l/s/Ha
dp: Densidad población proyectada en Número de habitantes/Hectárea
d_{neta}: Dotación Neta en l/hab.-día
C: Coeficiente de retorno

5.1.3 COEFICIENTE DE RETORNO

Vigilado Superservicios

Este coeficiente debe estimarse a partir de análisis de información existente en la localidad y/o de mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0.85.

5.1.4 FACTOR DE MAYORACIÓN

El factor de mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. Este valor se estimó con base en la relación aproximada de Harmon, en la cual se estima F en función del número de habitantes, La ecuación empleada es:

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})} \quad \text{Harmon}$$

Donde
F: Factor de mayoración (-)
P: Población (miles de habitantes)

5.1.5 CAUDAL MAXIMO HORARIO

El factor de mayoracion utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones en campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1.4 y 3.8.

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MDf}$$

5.1.6 CONEXIONES ERRADAS

Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0.2 L/s.ha.

5.1.7 INFILTRACIÓN

El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático, con respecto a las cotas clave de las tuberías, las

Vigilado Superservicios

dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información, se debe utilizar un factor entre 0.1 y 0.3 L/s.ha, de acuerdo con las características topografías, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño.

5.1.8 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, QMH, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas.

$$QDT = QMH + Q\,INF + QCEf$$

Donde:
Q DT: Caudal de Diseño (l/s-Ha)
Q MH: Caudal Máximo Horario (l/s-Ha)
Q INF: Caudal por Infiltración (l/s-Ha)
Q CEf: Caudal por Conexiones Erradas (l/s-Ha)

5.1.9 CAUDAL FINAL DE DISEÑO

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a **1,5 L/s**, debe adoptarse este valor como caudal de diseño. Articulo 134 Resolución 0330/17. De otra forma, el caudal de diseño se adopta como el caudal propio según el área tributaria correspondiente, más el caudal que llega de los tramos aguas arriba.

5.1.10 PARAMETROS TECNICOS DE DISEÑO DE LAS REDES

El tamaño y la pendiente de un colector deben ser adecuados para conducir el caudal de diseño, evitar la sedimentación de sólidos para las condiciones iniciales de servicio y garantizar su adecuada operación y funcionalidad.

5.1.11 ESTIMACION DE PROFUNDIDADES A COTA CLAVE

Las profundidades de la tubería del alcantarillado sanitario están condicionadas por la red construida de alcantarillado sanitario, de manera que se llegue a la cota del colector construido.

5.1.12 PROFUNDIDAD MINIMA A COTA CLAVE

Los colectores de redes de recolección y evacuación de aguas residuales se diseñaron a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad, aceptando una pendiente mínima de éstas de 2%. Además, el cubrimiento mínimo del colector debe evitar la ruptura de éste, ocasionada por cargas vivas que pueda experimentar.

Tabla 14 Profundidad mínima de colectores

Profundidad minima de colectores

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

Fuente: Resolución 0330/2017.

5.1.13 PROFUNDIDAD MAXIMA A COTA CLAVE

En general la máxima profundidad de los colectores es del orden de 5m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante (y después de) su construcción.

5.1.14 CRITERIOS DE AUTOLIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS

La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1.0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño.

5.1.15 DIAMETRO INTERNO DE TUBERIAS

El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es 170mm. Para poblaciones menores de 2500 habitantes el diámetro interno real permitido es 140mm.

5.1.16 VELOCIDAD MAXIMA

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.o m/s, determinada para el caudal de diseño. En condiciones hidráulicas

Vigilado Superservicios

especiales y complejas como es el caso de topografías con pendientes superiores al 30%, colectores de gran diámetro iguales o superiores a 600mm o caudales de flujo superiores a 500 l/s, se permitirán velocidades de flujo superiores a 5 m/s; sin embargo, la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto y/o de los accesorios a emplear y no deberá superar los 10 m/s. Las tuberías con velocidad de flujo superior a 5 m/s deben seleccionarse con revestimientos internos especiales que permitan soportar el fenómeno de abrasión a largo plazo. El diseño deberá prever las protecciones del sistema y plantear las soluciones de disipación de energía necesarias.

5.1.17 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras – pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección, los cuales permiten el acceso para la revisión y mantenimiento de la red. El término pozo de inspección usualmente hace referencia al conjunto estructura de conexión-pozo de inspección. Por lo general, la forma de la estructura – pozo es cilíndrica en su parte inferior y de cono truncado en su parte superior. Sus dimensiones deben ser suficientemente amplias para que el personal de operación y mantenimiento pueda ingresar y maniobrar en su interior.

ING. YORMAN ALEXIS GONZALEZ JARAMILLO.
M.P. 25202-383877 CND.
CPS 005 DE 2022.