



HUGO ANDRES MORALES CALDERON
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN RECURSOS HIDRICOS

MEMORIAS DE DISEÑO

DISEÑO ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
I.E. LA LEONA
MUNICIPIO DE CAJAMARCA-TOLIMA

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE IMAGENES	5
1. ALCANCE	6
2. DEFINICIONES.....	7
ACCESORIOS: ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TUBERÍAS, DIFERENTES DE LAS TUBERÍAS EN SÍ, TALES COMO UNIONES, CODOS, TÉS ETC.	7
3. MARCO GEOGRAFICO	14
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	14
4. DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO	15
4.1 POBLACIÓN	15
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	15
4.2.1 DOTACIÓN NETA MÁXIMA	15
4.2.2 PÉRDIDAS	15
4.2.3 DOTACIÓN BRUTA	15
4.2.4 CAUDAL MEDIO DIARIO	15
4.2.5 CAUDAL MÁXIMO DIARIO.....	16
4.2.6 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	16
4.2.7 CAUDALES DE DISEÑO.....	17
4.3 DISEÑO LÍNEA DE ADUCCIÓN DESARENADOR – PLANTA DE TRATAMIENTO.....	17
4.4 PRESIÓN DE DISEÑO	22
4.5 DISTRIBUCIÓN DE ACCESORIOS	22
4.6 CÁLCULO DEL DIÁMETRO	24
4.7 CÁLCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA.....	25
4.8 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	27
4.9 FICHA TÉCNICA DE TRABAJO DEL EQUIPO PARA AGUA POTABLE..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
4.10 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	27
✓ FLOCULACIÓN.....	28
✓ FILTRACIÓN MULTIMEDIA	28
5. DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	29
5.1 ALCANTARILLADO SANITARIO.....	29
5.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	29
5.2.1 TANQUE DE BOMBEO.....	29
5.2.2 PTARD M30	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2.3 SEDIMENTACIÓN PRIMARIA	29
5.2.4 TRAMPA DE GRASAS – BIOFILTRACIÓN	29
5.2.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	29
5.2.6 HUMEDAL ARTIFICIAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2.7 FILTRACIÓN EN MBBR.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2.8 FILTRACIÓN EN CARBÓN ACTIVADO	29

5.2.9	AFORO Y TOMA DE MUESTRAS	30
5.2.10	LECHO DE SECADO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2.11	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.3	POZO DE ABSORCIÓN	30
5.3.1	DISEÑO POZO DE ABSORCIÓN	31
5.4	ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	31
5.4.1	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	32
5.4.1.1	CAUDAL DE DISEÑO	32
5.4.1.2	ÁREAS DE DRENAJE.....	32
5.4.1.3	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	32
5.4.1.3.1	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	33
5.4.1.3.2	TIEMPO DE ENTRADA, T_e	33
5.4.1.3.3	TIEMPO DE RECORRIDO, T_r	34
5.4.1.4	INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.....	34
5.4.1.4.1	CÁLCULO DE CURVAS IDF POR MÉTODO SIMPLIFICADO.....	34
5.4.1.4.2	INFORMACIÓN IDEAM	36
5.4.1.5	PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO.....	39
5.4.2	GENERALIDADES COLECTORES	39
5.4.2.1	DISTANCIAS MÍNIMAS A OTRAS REDES	39
5.4.2.2	DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO	41
5.4.2.3	VELOCIDAD MÍNIMA.....	41
5.4.2.4	VELOCIDAD MÁXIMA.....	41
5.4.2.6	PROFUNDIDAD MÍNIMA A LA COTA CLAVE	42
5.4.3	CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	42
5.4.3.1	PUNTO DE DESCARGA	42
5.4.3.2	ESTRUCTURAS DE UNIÓN	46
5.4.3.3	CANAL DE AGUAS LLUVIAS.....	46

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CAUDALES DE DISEÑO.....	17
TABLA 2. PERFIL ADUCCIÓN TANQUE – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	21
TABLA 3. PROPIEDADES TUBERÍA UNIÓN PLATINO RDE46 PVC PAVCO	22
TABLA 4. CODOS ALINEAMIENTO HORIZONTAL	23
TABLA 5. CODOS ALINEAMIENTO VERTICAL	23
TABLA 6. TEES	23
TABLA 7. VÁLVULAS DE CORTE	24
TABLA 8. VÁLVULAS DE PURGA	24
TABLA 9. VÁLVULAS VENTOSA.....	24
TABLA 10. CANTIDAD DE CODOS POR DIÁMETRO.....	25
TABLA 11. CANTIDAD DE TEES POR DIÁMETRO	26
TABLA 12. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL SUELO	30
TABLA 13. TIPOS Y DIMENSIONES POZOS DE ABSORCIÓN	31
TABLA 14. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD.....	33
TABLA 15. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD	34
TABLA 16. VALORES DE LOS COEFICIENTES A, B, C Y D PARA EL CÁLCULO DE LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF,.....	35
TABLA 17. INFORMACIÓN ESTACIÓN LAS DELICIAS - TOLIMA	36
TABLA 18. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS ESTACIÓN LAS DELICIAS - IDEAM.....	37
TABLA 19. CURVAS IDF ESTACIÓN LAS DELICIAS	38
TABLA 20. PERIODOS DE RETORNO - TABLA 16 RESOLUCIÓN 0330 DE 2017.....	39
TABLA 21. PROFUNDIDADES A LAS COTAS CLAVES DEL COLECTOR. TABLA 18 RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 .	42

LISTA DE IMAGENES

IMAGEN 1. UBICACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	14
IMAGEN 2. COMPONENTES DE LA PTAP	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
IMAGEN 3. FIGURA TÍPICA TANQUE DE BOMBEO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
IMAGEN 4. PERSPECTIVA GENERAL PTARD M30	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
IMAGEN 5. PERSPECTIVA HUMEDAL PTARD M30	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
IMAGEN 6. REGIONES EN COLOMBIA PARA DEFINICIÓN DE PARÁMETROS A, B, C Y D	36
IMAGEN 7. CURVAS IDF ESTACIÓN LAS DELICIAS	38

1. ALCANCE

El proyecto comprende el diseño de las redes externas de abastecimiento , evacuación de aguas sanitarias y lluvias la Institución Educativa La Leona de la vereda homónima ubicada en el municipio de Cajamarca, Tolima, el diseño involucra el abastecimiento de agua a partir de un sistema de captación y almacenamiento existente mediante un alinea de aducción se derivara el caudal de agua necesario para atender la población de la institución, la cual se llevara a un sistema de tratamiento propuesto y posteriormente al tanque de almacenamiento, por otra parte el diseño sanitario abarca la propuesta de tratamiento del agua residual y su posterior disposición en un sistema de absorción, así mismo el sistema de recolección y drenaje de aguas lluvias de la edificación se realizará mediante una disposición superficial a través de un canal proyectado.

Anexo a este informe se presentan los planos de diseño y detalles, las hojas de cálculo, las especificaciones técnicas de construcción y las cantidades de obra.

El manejo y utilización adecuada de los estamentos que rigen el diseño de acueductos y alcantarillados en Colombia, es una guía indispensable que controlará el proceder en el diseño; es por esta razón que se utiliza la resolución 0330 de 2017- Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico.

2. DEFINICIONES

Accesorios: Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, téns etc.

Acueducto: Sistema de abastecimiento de agua para una población.

Aducción: Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Afluente: Agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento.

Agua cruda: Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Agua potable: Agua que, por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

Un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Bocatoma: Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

Calidad del agua: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

Cámara: Compartimento con paredes, empleado para un propósito específico.

Capacidad de almacenamiento: Volumen de agua retenido en un tanque o embalse.

Capacidad hidráulica: Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Capacidad máxima: Caudal máximo de diseño de una estructura hidráulica.

Captación: Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal de incendio: Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los

incendios.

Caudal máximo diario: Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal máximo horario: Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal medio: Caudal medio anual.

Caudal medio diario: Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Coefficiente de rugosidad: Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

Concreto reforzado: material constituido por un concreto que tiene un refuerzo consistente en barras de acero corrugado, estribos transversales o mallas electro soldadas, colocadas principalmente en zonas de tracción, y en cuantías superiores a las mínimas especificadas.

Concreto: Mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.

Conducción: Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Conducto: Estructura hidráulica destinada al transporte de agua.

Consumo: Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

Control de calidad del agua potable: Análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Decreto 475 de 1998.

Cuantificable: Que se puede determinar su valor.

Desarenador: Cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

Diámetro: Diámetro real interno de conductos circulares.

Diámetro nominal: Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, aunque su valor no coincida con el diámetro real interno.

Diámetro real: Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Drenaje: Estructura destinada a la evacuación de aguas subterráneas o superficiales para evitar daños a las estructuras, los terrenos o las excavaciones.

Estudio geotécnico: se define como estudio geotécnico todas las actividades complementarias definidas en las *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR - 98*, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998 o los decretos que lo reemplacen o complementen, cuyo objetivo sea garantizar la estabilidad de las obras lineales para la instalación de ductos y redes.

Excavación: retiro permanente o temporal de una masa de material térreo con el objeto de instalar un ducto, construir una obra, modificar la topografía del terreno, explotar materiales, etc.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueven las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Fuente de abastecimiento de agua: Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Fugas: Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

Hidrante: Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

Lecho de filtración: Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

Macromedición: Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

Mantenimiento: Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen.

Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

Mezcla rápida: Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.

Micromedición: Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

Norma de calidad del agua potable: Valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

Norma técnica colombiana oficial obligatoria: Norma técnica colombiana o parte de ella, cuya aplicación ha sido declarada obligatoria por el organismo nacional competente (Decreto 2269/93).

Operación: Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema.

Optimización: Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

Parámetros de diseño: Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los equipos de la planta de tratamiento.

Pérdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso.

Pérdidas menores: Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.

Pérdidas por fricción: Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto.

Período de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

Planta de tratamiento de agua potable PTAP: *sin. Planta de potabilización.* Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Población flotante: Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que

la habita.

Puesta en marcha: Actividades que se realizan cuando un sistema va a empezar a funcionar al final de la etapa constructiva.

Red de distribución o Red Pública: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Red local de acueducto: Es el conjunto de tuberías y accesorios que conforman el sistema de suministro del servicio público de acueducto a una comunidad y del cual se derivan las acometidas de las inmuebles

Red matriz: Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red matriz llamada también primaria, mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

Red menor de distribución: Red de distribución que se deriva de la red secundaria y llega a los puntos de consumo.

Red primaria Véase Red matriz.

Red secundaria de distribución: *sin. Red Pública* Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta.

Reglamento Técnico: Reglamento de carácter obligatorio expedido por la autoridad competente, con fundamento en la Ley, que suministra requisitos técnicos, bien sea directamente o mediante referencia o incorporación del contenido de una norma nacional, regional o internacional, una especificación técnica o un código de buen procedimiento. Decreto 2269/93

Rejilla: Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.

Sedimentación: Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

Sedimentación (precedida de coagulación): Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

Sistema de conducción: Conjunto de tuberías, ductos o canales que sirven para conducir un fluido.

Sistema de potabilización: Conjunto de procesos unitarios para purificar el agua y que tienen por

objeto hacerla apta para el consumo humano.

Sistema de suministro de agua potable: Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

Sistema: grupo de elementos, componentes y métodos operacionales cuya función es la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua potable y/o el saneamiento básico.

Tanque de almacenamiento: Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

Tanque de compensación: Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado.

Tubería: Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Tubería rígida: los materiales de tuberías que clasifican como rígidos son aquellos que derivan una parte substancial de su capacidad de carga ante las cargas del terreno a partir de la resistencia estructural del elemento asociada a la rigidez misma de la pared de la tubería.

Tuberías enterradas: aquellas en las cuales las tuberías quedan instaladas en pequeñas zanjas completamente enterradas en suelo natural o relativamente pasivo.

Tuberías superficiales: aquellas en las cuales las tuberías se apoyan sobre suelos relativamente superficiales y en las que la parte superior del tubo se proyecta por encima de la superficie natural del terreno, y luego es cubierta por un terraplén de relleno.

Tubo ó tubería: Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

Turbiedad: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Unidad de la planta de tratamiento: Cada uno de los procesos de tratamiento.

Usuario: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público domiciliario, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor. (Ley 142 de 1994)

Vertedero: Dispositivo hidráulico de rebose de un líquido.

Vigilancia de la calidad del agua: Actividades realizadas por las autoridades competentes para

comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 475 de 1998.

Vulnerabilidad: predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función, como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza.

Zona de presión de la red de distribución: Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

3. MARCO GEOGRAFICO

3.1 Localización del Proyecto

El proyecto se encuentra localizada en el municipio de Cajamarca- Tolima, vereda La Leona en el cañón del río Anaime.

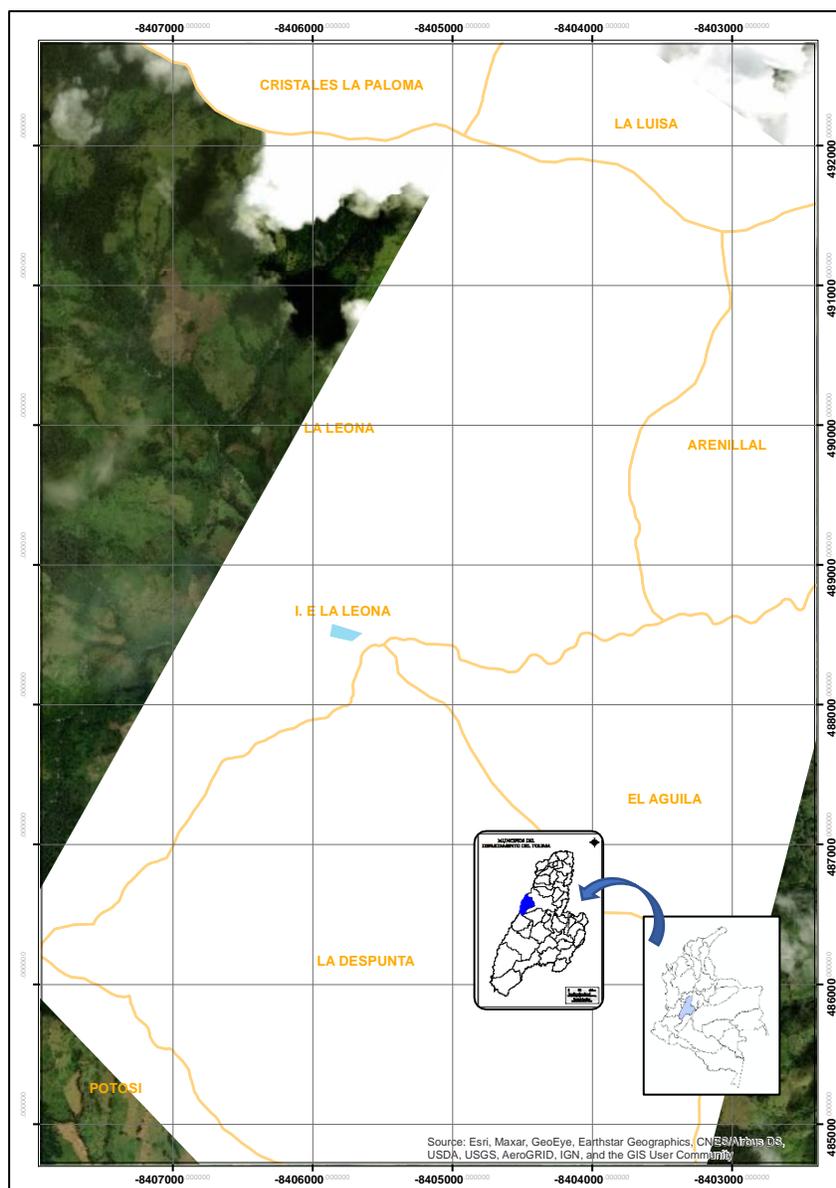


Imagen 1. Ubicación de la zona del proyecto.

4. DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO

4.1 Población

La institución educativa tiene proyectada albergar una población de 500 personas entre administrativos, profesores y estudiantes.

4.2 Parámetros de Diseño

4.2.1 Dotación Neta Máxima

El consumo de un habitante para la población de la institución se define a partir de lo establecido en la Guía para la Implementación de Estrategias de Sostenibilidad en Diseño y Construcción de Colegios Nuevos de Jornada Única en Colombia (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2017) el cual establece para esta población una dotación neta máxima de 50LPS.

4.2.2 Pérdidas

Para determinar el valor de las pérdidas técnicas admisibles de la población se tiene en cuenta la Resolución 0330 de 2017 la cual establece en su artículo 44 que el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles no deberá superar el 25%.

4.2.3 Dotación Bruta

Para el cálculo de la dotación bruta se utiliza la siguiente expresión:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Siendo:

d_{bruta} = Dotación Bruta

d_{neta} = Dotación Neta

$\%p$ = Porcentaje de pérdidas para el periodo de diseño

$$d_{bruta} = \frac{50}{1 - 0,25} = 66,67 \text{ l/hab/dia}$$

4.2.4 Caudal Medio Diario

El caudal medio diario es el calculado para la población proyectada, teniendo la dotación bruta correspondiente.

$$Q_{md} = \frac{P \times d_{bruta}}{86400}$$

Siendo:

Q_{md} = Caudal Medio Diario

P = Población Futura

d_{bruta} = Dotación Bruta |

Obteniendo este valor para el periodo de diseño de:

$$Q_{md} = \frac{500 \times 66,67}{86400} = 0,39 lps$$

4.2.5 Caudal Máximo Diario

Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , como se indica en la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = K_1 \times Q_{md}$$

$$Q_{MD} = 1,30 \times 0,39 = 0,50 l/s$$

Donde:

QMD: caudal máximo diario

Qmd: caudal medio diario

k_1 : coeficiente de consumo máximo diario

Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K_1 será superior a 1.3 y para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K_1 será superior a 1.2 (Artículo 47. Caudales de diseño-Parágrafo 2).

4.2.6 Caudal Máximo Horario

Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación:

$$Q_{MH} = K_2 \times Q_{MD}$$

$$Q_{MH} = 1,6 \times 0,50 = 0,80 l/s$$

Donde:

QMH: caudal máximo horario

QMD: caudal máximo diario

K_2 : coeficiente de consumo máximo horario

Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño en ningún caso el factor K_2 será superior a 1.6 y para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K_2 superior a 1.5 (Artículo 47. Caudales de diseño-Parágrafo 2).'

4.2.7 Caudales de Diseño

Artículo 47: Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la tabla 2.

Tabla 1. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Fuente: Artículo 43 Resolución 0330 de 2017

El caudal de diseño corresponde al 0.5 LPS, para el presente diseño se asume de 1 LPS

4.3 Diseño Línea de Aducción Desarenador – Planta de Tratamiento

A partir del trazado propuesto se elaboró el perfil con la topografía de la zona del levantamiento topográfico, el trazado se realizó mediante alineamientos rectos y con profundidad a la clave de 0.80m a 1.2 m bajo la rasante del terreno, a continuación, se presentan las cotas del perfil y la pendiente del alineamiento, y se halló el valor de la suma de las longitudes de cada tramo, estos datos aparecen en la Tabla 2.

- El caudal de diseño para esta estructura será $Q=1$ lps
- El coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams según el material de la tubería será: $C=150$
- La longitud de la aducción es de 440.41m
- Cota de salida tanque: 2124.54msnm
- Cota de llegada desarenador: 2090.90m

ABSCISA	COTA RASANTE	COTA CLAVE	LONGITUD m	PENDIENTE
K0+001.57	2123.44	2122.44		
			0.197	-10.99%
K0+001.77	2123.27	2122.42		
			0.074	-10.94%
K0+001.84	2122.88	2122.41		
			3.353	-10.96%
K0+005.17	2122.73	2122.05		
			0.837	-10.97%
K0+006.00	2120.49	2121.95		

			4.942	-49.75%
K0+010.43	2120.49	2119.75		
			0.123	-36.70%
K0+010.54	2120.48	2119.71		
			0.171	-18.04%
K0+010.71	2120.33	2119.68		
			2.148	-7.09%
K0+012.86	2120.10	2119.53		
			2.704	-7.54%
K0+015.55	2120.01	2119.32		
			0.471	-126.62%
K0+015.84	2119.45	2118.96		
			2.148	-86.68%
K0+017.47	2118.15	2117.55		
			2.691	63.76%
K0+019.74	2119.33	2119.00		
			5.878	-29.32%
K0+025.38	2118.16	2117.34		
			2.123	19.22%
K0+027.46	2118.56	2117.74		
			1.099	-13.47%
K0+028.55	2118.39	2117.60		
			10.232	-13.57%
K0+038.69	2117.02	2116.22		
			0.136	-10.91%
K0+038.82	2117.01	2116.20		
			0.054	0.37%
K0+038.88	2117.01	2116.20		
			10.452	-4.55%
K0+049.32	2116.53	2115.73		
			0.556	-2.98%
K0+049.87	2116.52	2115.71		
			4.424	-11.32%
K0+054.27	2116.02	2115.22		
			0.126	0.56%
K0+054.40	2116.02	2115.22		
			0.087	6.77%
K0+054.48	2116.02	2115.22		
			5.616	11.94%
K0+060.06	2116.69	2115.89		
			4.650	-0.78%

K0+064.71	2116.66	2115.85		
			7.409	-1.29%
K0+072.12	2116.56	2115.76		
			3.769	-3.85%
K0+075.89	2116.41	2115.61		
			4.605	-15.85%
K0+080.43	2115.69	2114.89		
			5.335	-12.59%
K0+085.73	2115.03	2114.22		
			1.409	-6.36%
K0+087.13	2114.94	2114.13		
			5.491	0.12%
K0+092.62	2114.95	2114.14		
			6.446	-11.74%
K0+099.03	2114.19	2113.39		
			0.938	-6.85%
K0+099.96	2114.13	2113.33		
			11.201	-1.24%
K0+111.16	2113.99	2113.19		
			5.239	-21.18%
K0+116.29	2112.90	2112.10		
			2.981	-12.62%
K0+119.25	2112.52	2111.73		
			2.236	-23.51%
K0+121.42	2112.00	2111.22		
			2.912	-25.15%
K0+124.25	2111.28	2110.51		
			3.969	-27.65%
K0+128.07	2110.23	2109.45		
			6.027	-19.20%
K0+133.99	2109.10	2108.31		
			1.432	-18.22%
K0+135.40	2108.85	2108.05		
			0.851	-10.89%
K0+136.24	2108.76	2107.96		
			8.470	-12.12%
K0+144.65	2107.74	2106.94		
			10.973	-10.44%
K0+155.57	2106.61	2105.80		
			3.999	-9.64%
K0+159.55	2106.20	2105.42		

			1.243	-76.53%
K0+160.53	2104.90	2104.67		
			1.181	-76.54%
K0+161.47	2104.75	2103.95		
			1.453	-30.21%
K0+162.86	2104.13	2103.53		
			2.737	90.21%
K0+164.89	2105.96	2105.36		
			2.028	-20.10%
K0+166.88	2105.97	2104.96		
			6.555	-34.65%
K0+173.08	2105.75	2102.81		
			11.527	-15.14%
K0+184.47	2103.60	2101.09		
			4.720	-8.79%
K0+189.18	2101.89	2100.68		
			5.457	-8.12%
K0+194.62	2101.48	2100.23		
			4.382	-0.87%
K0+199.00	2101.04	2100.20		
			10.769	-5.04%
K0+209.75	2101.00	2099.65		
			6.262	-10.97%
K0+215.98	2100.46	2098.97		
			7.943	-12.24%
K0+223.86	2099.77	2098.00		
			12.654	-8.59%
K0+236.47	2098.81	2096.92		
			4.594	-14.52%
K0+241.02	2097.72	2096.26		
			5.222	-6.61%
K0+246.23	2097.06	2095.92		
			1.081	-3.55%
K0+247.31	2096.72	2095.88		
			1.171	-10.75%
K0+248.47	2096.68	2095.75		
			2.735	-16.13%
K0+251.17	2096.55	2095.32		
			1.323	-12.86%
K0+252.48	2096.12	2095.15		
			2.867	-9.97%

K0+255.33	2095.95	2094.87		
			2.514	-13.49%
K0+257.83	2095.67	2094.53		
			5.926	-4.31%
K0+263.75	2095.33	2094.27		
			2.161	-7.81%
K0+265.90	2095.08	2094.11		
			13.896	-11.75%
K0+279.70	2094.91	2092.48		
			1.957	-11.45%
K0+281.65	2093.28	2092.26		
			3.145	-7.35%
K0+284.78	2093.06	2092.03		
			18.188	-4.59%
K0+302.95	2092.83	2091.20		
			1.289	-18.70%
K0+304.22	2092.00	2090.96		
			8.497	-18.70%
K0+312.57	2091.69	2089.40		
			24.535	9.01%
K0+337.01	2090.00	2091.60		
			14.129	-17.95%
K0+350.92	2092.21	2089.10		
			9.399	0.15%
K0+360.31	2089.91	2089.12		
			11.758	9.87%
K0+372.01	2089.92	2090.27		
			12.041	-1.43%
K0+384.05	2091.08	2090.10		
			1.848	8.88%
K0+385.89	2090.91	2090.26		
			14.766	0.57%
K0+400.66	2091.15	2090.35		
			33.998	0.92%
K0+434.66	2091.26	2090.66		
			1.339	18.22%
K0+435.97	2091.21	2090.00		

Tabla 2. Perfil Aducción Tanque – Planta de Tratamiento de Agua Potable

4.4 Presión de Diseño

Presión estática máxima (en abscisa K0+155.33): $986.76 - 983.214 = 3.54$ m

Presión de diseño: $1.3 * 3.54 \text{ m} = 4.61$ m

Se ha determinado usar una tubería tipo PVC con las siguientes especificaciones:

RDE 26 PVC Tipo 1, Grado 1							
Presión de trabajo a 23°C: 160 psi - 1.10 MPa - 11.25 Kg/cm ²							
Diámetro Nominal pulg	Referencia	Peso Aprox. Kg/m	Diámetro Exterior Prom.		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Prom. mm
			mm	pulg.	mm	pulg.	
2	2900012	0.655	60.32	2.37	2.31	0.09	55.70
2.1/2	2900020	0.964	73.03	2.87	2.79	0.11	67.45
3	2900024	1.438	88.90	3.50	3.43	0.13	82.04
4	2900035	2.376	114.30	4.50	4.39	0.17	105.52
6	2900045	5.148	168.28	6.62	6.48	0.25	155.32
8	2900056	8.735	219.08	8.62	8.43	0.33	202.17
10	2902413	13.666	273.05	10.75	10.49	0.41	252.07
12	2902423	19.288	323.85	12.75	12.45	0.49	298.95
14	2902432	22.65	355.60	14	13.67	0.54	328.26
16	2902436	30.22	406.40	16	15.62	0.61	375.16
18	2902440	38.03	457.20	18	17.58	0.69	422.04
20	2902444	43.97	508.00	20	19.53	0.77	468.94
24	NUEVO	65.72	609.60	24	23.44	0.92	562.72

Tabla 3. Propiedades Tubería Unión Platino RDE46 PVC PAVCO

Clase de tubería = RDE 26

Tipo 1, Grado 1

Presión de trabajo = 160psi = 112m

Coefficiente de rugosidad de Hazen –Williams C=150

4.5 Distribución de Accesorios

ABSCISA	CODOS ALINEAMIENTO HORIZONTAL
K0+10.75	45°
K0+16.48	11 1/4°
K0+38.90	11 1/4°
K0+54.37	11 1/4°
K0+161.31	11 1/4°

K0+199.02	11 1/4°
K0+304.40	11 1/4°
K0+432.39	90°

Tabla 4. Codos alineamiento horizontal

ABSCISA	CODOS ALINEAMIENTO VERTICAL
K0+006.00	22 1/2°
K0+010.43	11 1/4°
K0+010.54	11 1/4°
K0+015.55	45°
K0+015.84	22 1/2°
K0+017.47	11 1/4°
K0+019.74	22 1/2°
K0+111.16	11 1/4°
K0+159.55	22 1/2° + 11 1/4°
K0+161.47	22 1/2°
K0+162.86	22 1/2° + 11 1/4°
K0+164.89	22 1/2° + 11 1/4°
K0+166.88	11 1/4°
K0+173.08	11 1/4°
K0+302.95	11 1/4°
K0+350.92	11 1/4°
K0+434.66	22 1/2°

Tabla 5. Codos alineamiento vertical

TEES
K0+017.47
K0+019.74
K0+162.86
K0+164.89
K0+312.53
K0+337.01

Tabla 6. Tees

VALVULA DE CORTE
K0+001.57

K0+436.0

Tabla 7. Válvulas de corte

VALVULA DE PURGA
K0+017.47
K0+162.86
K0+312.53

Tabla 8. Válvulas de purga

VALVULA VENTOSA
K0+019.74
K0+164.89
K0+337.01

Tabla 9. Válvulas Ventosa

4.6 Cálculo del Diámetro

El diseño de la tubería se hace utilizando la ecuación de Hazen -Williams:

$$Q = 0,2785 * C * D^{2,63} J^{0,54}$$

- ✓ Carga hidráulica disponible: $H = 2124.54\text{m} - 2091.21\text{m} = 33.33 \text{ m}$
- ✓ Longitud real de tubería: $L = 440.41\text{m}$
- ✓ Pérdida de carga unitaria:

$$J = \frac{H}{L} \Rightarrow J = \frac{33.33}{440.41} = 0.07568 \text{ m/m}$$

Despejando el diámetro de la ecuación de Hazen-Williams:

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * J^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

$$D = \left(\frac{0,001}{0.2785 * 150 * (0.07568)^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,030\text{m}$$

Para este diseño se toma un diámetro de 2"

✓ Para el diámetro nominal de 2" se tiene:

Diámetro externo = 55.70 mm

Espesor de la pared del tubo = 2.31 mm

Diámetro interno real = 60.32 mm

$$J_1 = \left(\frac{Q}{0,2785 * C * D^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}}$$

$$J_1 = \left(\frac{0,001}{0,2785 * 150 * (0,0557)^{2,63}} \right)^{1/0,54} = 0,00356m/m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0015}{\left(\frac{\pi(0,0557)^2}{4} \right)} = 0.41m/s^2 \Rightarrow \frac{V^2}{2g} = 0,009m$$

4.7 Cálculo de Pérdidas de Energía

- **Pérdidas por codos**

Se debe seleccionar el codo necesario para el cambio de dirección de cada alineamiento, aplicando el criterio de la diferencia o suma de pendientes (Lopez Cualla, 2003) calculadas en la Tabla 34.

CODO	CANTIDAD
11 1/4°	17
22 1/2°	7
45°	2
90°	1

Tabla 10. Cantidad de codos por diámetro

$$h_m = 0,25 \frac{V^2}{2g} \sum \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

$$h_m = 0,25 * 0,009 * \left(17 * \sqrt{\frac{11,25}{90}} + 7 * \sqrt{\frac{22,5}{90}} + 2 * \sqrt{\frac{45}{90}} + 1 * \sqrt{\frac{90}{90}} \right)$$

$$h_m = 0,027$$

- **Pérdidas por válvulas de Corte o Cierre**

Teniendo en cuenta las recomendaciones para la colocación de válvulas de control, se han instalado válvulas a la salida de la bocatoma y a la entrada al desarenador.

Válvula de compuerta abierta, $K=0,2$

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_m = 2 * 0,2 * 0,009 \Rightarrow h_m = 0,004m$$

- **Perdidas por la Te**

Se ha dispuesto un conjunto de válvulas de purga y ventosas para el buen funcionamiento de la aducción.

Tee de paso directo, $K= 0,6$

TEE	CANTIDAD
Válvulas de Purga	3
Válvulas Ventosas	3

Tabla 11. Cantidad de tees por diámetro

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_m = 6 * 0,6 * 0,009 = 0,032m$$

- **Perdidas por entrada normal al tubo**

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_m = 0,5 * 0,009 = 0,0045 m$$

- **Perdidas por Salida**

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \Rightarrow h_m = 1,0 * 0,009 = 0,009m$$

- **Pérdidas Totales**

$$\sum h_m = 0,027 + 0,004 + 0,032 + 0,0045 + 0,009 = 0,08m$$

Con el valor de las pérdidas totales se debe verificar el diámetro teórico.

✓ Carga hidráulica disponible: $2124.54\text{m} - 2091.21\text{m} - 0.08\text{m} = 33.25\text{m}$

Longitud real de la tubería: $L = 326.41\text{m}$

Perdida de carga unitaria

$$J = \frac{H}{L} \Rightarrow J = \frac{33.25\text{m}}{440.41} = 0,007322\text{m/m}$$

Despejando el diámetro de la ecuación de Hazen – Williams:

$$D = \left(\frac{0,001}{0.2785 * 150 * (0.07322)^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,030\text{m}$$

El diámetro a utilizar es de 2"

4.8 Planta de Tratamiento de Agua Potable

En lo referente al sistema de tratamiento se propone el uso de una planta con la cual se garantiza las condiciones de calidad de agua de acuerdo con la normatividad vigente, Decreto 1775 y la Resolución 2115 de 2007.

Las plantas permiten realizar continua y simultáneamente los procesos de floculación y tratamientos químicos, prefiltración, filtración y micro filtraciones integradas en depósitos compactos cilíndricos de filtros a presión, conformados por lechos de grava, arena, antracita, catalizador para hierro, manganeso y carbón activado. Una planta compacta requiere un mínimo de atención especializada y suministra un óptimo servicio libre de interrupciones y por su tamaño es de fácil transporte e instalación (provisional o definitiva).

Las plantas compactas son aptas para tratar aguas subterráneas como aljibes, pozos profundos y aguas superficiales donde se garantiza la remoción de turbiedad, color, olor, sabor, materia orgánica asociada o suspendida, sólidos suspendidos, materia inorgánica, hierro, manganeso y otros componentes presentes en el agua a tratar.

4.9 Funcionamiento del Equipo

Este sistema para tratamiento de agua potable está diseñado para trabajar con acueductos de veredas donde la calidad del agua es deficiente e insegura para el consumo humano.

Un sistema de tratamiento se conectará a la red principal y mediante las diferentes etapas de purificación el agua se entregará como agua potable. Las etapas de purificación son:

✓ **Floculación**

El proceso de floculación se da en línea mediante unos sistemas monobloc serrado ascendente con mezclador rápido, sedimentado natural de grava de 1" y 1/2", clarificador natural con arenas sílice 20/30 y 20/40.

✓ **Filtración Multimedia**

- **Sólidos en suspensión.** Lecho filtrante retienen sedimentos en suspensión de hasta 10 micras y con el paso del tiempo se vuelven un filtro biológico mejorando aún más la filtración ya que a través de las bacterias que se desarrollan en el filtro, se genera un control biológico estas se alimentan de otras y la eficiencia del filtro aumenta generando un agua de mayor calidad.
- **Lechos de Antracitas finas,** tiene la función de clarificar el agua y bajar la turbiedad en el agua generando un agua de mayor calidad para el consumo humano.
- **Lechos de carbón activado granulado,** tiene la función de eliminar en el agua, el color, el sabor, el olor, la materia orgánica, los químicos en el agua tales como; pesticidas, derivados del petróleo, el cloro y otros más generando un agua mayor calidad para el consumo humano en aplicaciones industriales o farmacéuticas.
- **PH neutro,** este se logra modificar y neutralizar a través de una bomba dosificadora importada americana, para dosificar un producto químico neutralizador del PH en el agua y garantizar un PH neutro saludable para el ser humano generando un agua de mayor calidad para el consumo humano.
- **Desinfección del agua tratada,** esto se logra con una bomba dosificadora importada americana a través de la cloración en línea con un producto desinfectante de norma UPC en un tiempo de contacto mínimo de 25 minutos en depósitos de almacenamiento para garantizar la destrucción en el agua de la carga patógena viva, generando un agua sana libre de bacterias y apta para el consumo humano.

Con estos sistemas de tratamiento por etapas en línea y continuos, se puede garantizar que al final de los procesos tendremos el agua con todos los parámetros bajo la norma del Ministerio de Salud, para calidad grado AGUA POTABLE, lo cual se denomina apta para el consumo humano.

5. DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.1 Alcantarillado Sanitario

El proyecto no contará con una red de alcantarillado sanitario toda vez que la totalidad de las aguas residuales provenientes de la institución se direccionarán a un sistema de tratamiento y las aguas tratadas se dispondrán al suelo mediante un pozo de absorción.

5.2 Planta de Tratamiento de Agua Residual

En cuanto al sistema de tratamiento se propone el uso de una planta con la cual se garantiza las condiciones de remoción de acuerdo con la normatividad vigente, Resolución 0631 de 2015.

El sistema de tratamiento en general se compone de un tanque de bombeo, una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, un lecho de secado para la recepción de lodos y un campo de infiltración.

5.2.1 Tanque de Bombeo

Tanque en concreto cuya función es retirar elementos sólidos no biodegradables del agua residual (trapos, elementos plásticos, etc) y mediante una bomba sumergible trituradora envía las aguas residuales hacia la PTARD. Así mismo el tanque actúa como un sedimentador de partículas densas las cuales pueden interferir en la eficiencia general. La implementación del tanque de bombeo podrá obviarse si la tubería de llegada a la planta de tratamiento está a ras de suelo.

5.2.2 Sedimentación Primaria

En esta estructura por efecto de la densidad son separados los sólidos y grasas, facilitando posteriormente su retiro. Además, se debe contar con ductos de ventilación tipo cuello de ganso con carbón activado para prevenir el escape de olores al ambiente.

5.2.3 Trampa de grasas - Biofiltro

Posterior a la sedimentación primaria y tiene como finalidad iniciar la depuración biológica a cargo de bacterias facultativas.

5.2.4 Digestión Anaerobia

Este proceso se realiza a través de cámaras o filtros en una estructura donde el agua proveniente de la trampa de grasas o biofiltro ingresa por la parte inferior a un módulo RAP y sale por el extremo opuesto, obedeciendo a un movimiento hidráulico tipo serpentín, para minimizar zonas muertas y evitar el paso de sólidos al siguiente proceso. Los gases generados son evacuados por ductos PVC.

5.2.5 Filtración en carbón activado

La finalidad de esta etapa es eliminar microorganismos patógenos, así como dar un pulimiento al agua en cuanto a color y olor.

5.2.6 Aforo y toma de muestras

La estructura debe contar con compartimiento para la toma de muestras y aforo volumétrico de caudal, esto para efecto de los monitoreos requeridos al sistema conforme a lo indicado en la normatividad ambiental vigente.

5.3 Disposición de las aguas residuales tratadas

La disposición de las aguas residuales tratadas se realizará en el sitio mediante un pozo de absorción

5.3.1 Pozo de Absorción

Se trata de un pozo no revestido por el que penetra el agua superficial y se filtra en el suelo circundante. El pozo de absorción es un sistema vertical de infiltración al subsuelo de las aguas provenientes de una fosa séptica y/o sistema de tratamiento, a través de sus paredes y piso permeables.

Para su diseño se tiene en cuenta la capacidad de absorción del suelo y el área de absorción del pozo.

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	
TIEMPO horas	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Lts/m ² /día
4	600
6	400
8	300
12	200
16	150
20	120
24	100
28	86
32	75

Tabla 12. Capacidad de Absorción del Suelo

DATO Y TIPOS DE POZOS DE ABSORCIÓN			
Tipo	Diámetro m	Profundidad m	Area m ²
P1	1.50	1.50	8.85
P2	1.50	2.00	11.20
P3	1.50	2.50	13.55
P4	2.00	2.00	15.70
P5	2.00	2.50	18.85

P6	2.00	3.00	22.00
P7	2.50	2.00	20.60
P8	2.50	2.50	24.55
P9	2.50	3.00	28.50

Tabla 13. Tipos y Dimensiones Pozos de Absorción

La capacidad de infiltración del suelo en el área de proyección del pozo es de 576l/día/m² de acuerdo a la prueba realizada en sitio.

5.3.1.1 Diseño Pozo de Absorción

Esta estructura recibirá el efluente proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales la cual se percolará en el subsuelo, permitiendo así su oxidación y disposición final

Se define el caudal medio de aguas residuales corresponde a:

$$Q_{md} = 50l/persona \cdot día \cdot 5000 personas = 25000 l/día$$

La tasa de infiltración del es de 576l/día/m²

El área de absorción requerida es:

$$A_{Ar} = \frac{25000l/día}{576l/día/m^2} = 43.40m^2$$

El número de pozos se determina a partir de la tabla de Tipos y Dimensiones Pozos de Absorción, se toma el área para el pozo 4 y se obtiene:

$$N = \frac{43.30m^2}{22.0m^2} = 1,97 pozos$$

Se construirán 2 pozos de absorción P4, los cuales tendrán un diámetro de 2,0m y una profundidad de 3,0m

5.4 Alcantarillado Pluvial

5.4.1 Parámetros de Diseño

5.4.1.1 Caudal de Diseño

La estimación de los caudales de aguas lluvias para el diseño de colectores y canales se debe realizar mediante modelos lluvia - escorrentía, basados en modelos de abstracciones. Se puede utilizar el método racional, siempre y cuando el área de drenaje sea inferior a 80 ha.

Para el presente diseño se utiliza el método racional por tener un área de desarrollo inferior a 80 Ha. el método racional, este método calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional es:

$$Q = 2,78 \times C \times i \times A$$

Donde:

Q = Caudal de Aguas Lluvias

C = Coeficiente de Escorrentía

i = Intensidad de Precipitación

A = Área de Drenaje

5.4.1.2 Áreas de Drenaje

El trazado de la red de drenaje de aguas lluvias debe, en general, seguir las calles de la localidad. La extensión y el tipo de áreas tributarias deben determinarse para cada tramo por diseñar. El área aferente debe incluir el área tributaria propia del tramo en consideración. Las áreas de drenaje deben ser determinadas por medición directa en planos, y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural.

5.4.1.3 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía, C , es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{\Sigma(C \times A)}{\Sigma A}$$

Para la estimación de C existen tablas de valores y fórmulas, algunas de las cuales se presentan en la siguiente tabla como guía para su selección

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

Tabla 14. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

El valor adoptado para el proyecto corresponde a un tipo de superficie residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados con un $C=0,45$

5.4.1.3.1 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$T_c = T_e + T_t$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración

T_e = Tiempo de Entrada

T_t = Tiempo de Transito en el Colector

5.4.1.3.2 Tiempo de entrada, T_e

Existen varias fórmulas para estimar el tiempo de entrada, en este diseño se determinó con la ecuación del Soil Conservation Service (SCS) que propone estimar T_e con base en la velocidad media de escorrentía superficial sobre el área de drenaje y la distancia de recorrido

$$T_e = \frac{L}{(60 \cdot V_s)}$$

V_s puede aproximarse por

$$V_s = a \cdot S^{1/2}$$

a es una constante que depende del tipo de superficie, tal como se muestra en la Tabla 6.

Tipo de superficie	a
Bosque con sotobosque denso	0,70
Pastos y patios	2,00
Áreas cultivadas en surcos	2,70
Suelos desnudos	3,15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6,50

Tabla 15. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

5.4.1.3.3 Tiempo de recorrido, T_t

El tiempo de recorrido en un colector se puede calcular como

$$T_t = \frac{L_c}{(60 \cdot V)}$$

Dado que T_t debe corresponder a la velocidad real del flujo en el colector.

El tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales es 10 minutos y máximo 20 minutos. El tiempo de entrada mínimo es 5 minutos.

5.4.1.4 Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF para el periodo de retorno de diseño, se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular y verificar su validez. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, derivados con información pluviográfica colombiana. En el análisis se deberán incluir los cambios en las intensidades producidos por los fenómenos de variabilidad y cambio climático sucedidos en Colombia, teniendo en cuenta los lineamientos desarrollados en las comunicaciones nacionales sobre cambio climático, elaborados por el IDEAM.

5.4.1.4.1 Cálculo de Curvas IDF por Método Simplificado¹

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta

¹ Manual de Drenaje para Carreteras. República de Colombia Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías.2009

duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método que se desarrolló en el estudio denominado Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia. (Vargas M.R., Díaz-Granados O.M. 1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar. La expresión resultante está dada por:

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la Imagen 3, y sus valores se presentan en la Tabla 14.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 16. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento del Tolima, por lo tanto, se utilizaron los coeficientes pertenecientes a la Región Andina (R1)

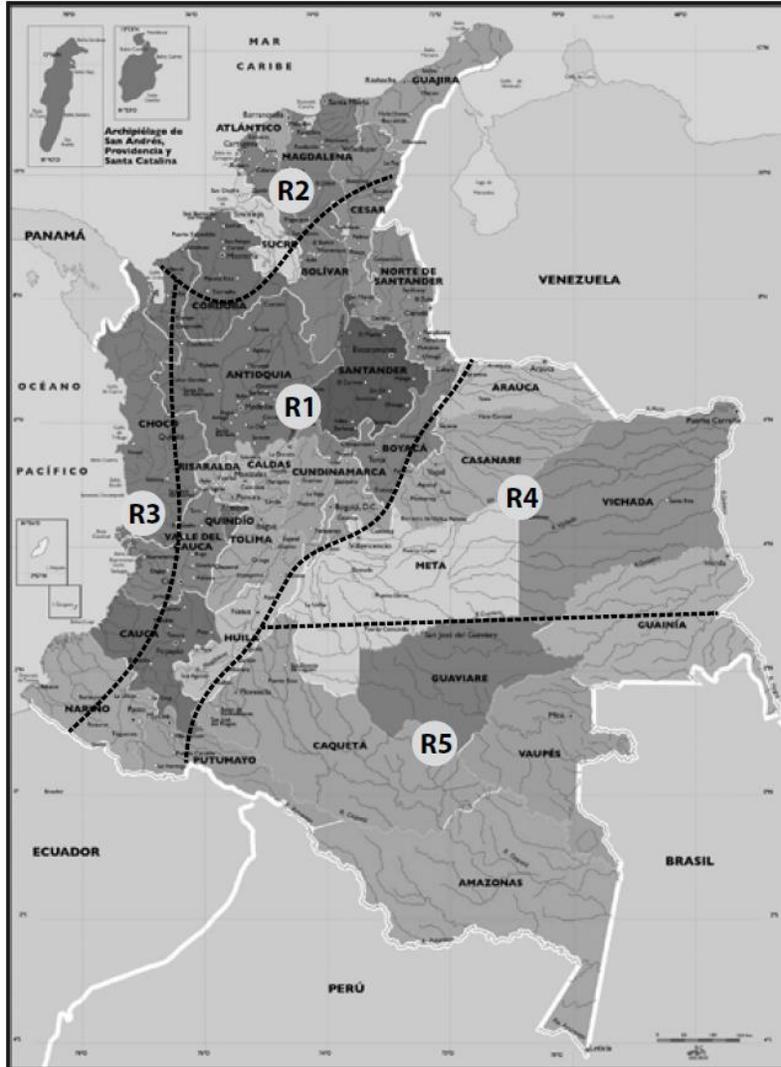


Imagen 2. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d

5.4.1.4.2 Información IDEAM

Se seleccionó la estación hidrometeorológica cercana a la zona de influencia del proyecto del catálogo de estaciones del IDEAM la cual se relaciona en la Tabla 15.

ENTIDAD	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	FECHA DE INSTALACIÓN
IDEAM	21210130	Las Delicias	Pluviométrica	Cajamarca	4.22	-75.30	15/09/1983

Tabla 17. Información Estación Las Delicias - Tolima

A partir de los datos de la estación Las Delicias se obtiene el siguiente análisis de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL HISTÓRICA EN 24 HORAS	
AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
1993	50
1994	100.3
1995	48
1996	40
1997	37
1998	100
1999	34
2000	67
2001	30
2002	80
2003	20
2004	26
2005	40
2006	38
2007	60
2008	38
2009	30
2010	35
2011	46
2012	12
Media	48.52

Tabla 18. Precipitación Máxima en 24 horas Estación Las Delicias - IDEAM²

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, y cambiar sus parámetros para la región No. 1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$I = \frac{0.94 * T^{0.18} * 48.52^{0.83}}{(t/60)^{0.66}}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) se obtiene la siguiente tabla:

² Información descargada de www.ideam.gov.co

CURVAS IDF ESTACIÓN LAS DELICIAS						
Duración (minutos)	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
10	5.83	6.87	7.79	9.18	10.40	11.79
20	3.69	4.35	4.93	5.81	6.58	7.46
30	2.82	3.33	3.77	4.45	5.04	5.71
40	2.33	2.75	3.12	3.68	4.17	4.72
50	2.01	2.38	2.69	3.17	3.60	4.07
60	1.79	2.11	2.39	2.81	3.19	3.61
70	1.61	1.90	2.16	2.54	2.88	3.26
80	1.48	1.74	1.97	2.33	2.64	2.99
90	1.37	1.61	1.83	2.15	2.44	2.76
100	1.28	1.50	1.70	2.01	2.28	2.58
110	1.20	1.41	1.60	1.89	2.14	2.42
120	1.13	1.33	1.51	1.78	2.02	2.29
130	1.07	1.26	1.43	1.69	1.91	2.17
140	1.02	1.20	1.36	1.61	1.82	2.07
150	0.98	1.15	1.30	1.54	1.74	1.97
160	0.94	1.10	1.25	1.47	1.67	1.89
170	0.90	1.06	1.20	1.42	1.60	1.82
180	0.87	1.02	1.16	1.36	1.54	1.75

Tabla 19. Curvas IDF Estación Las Delicias

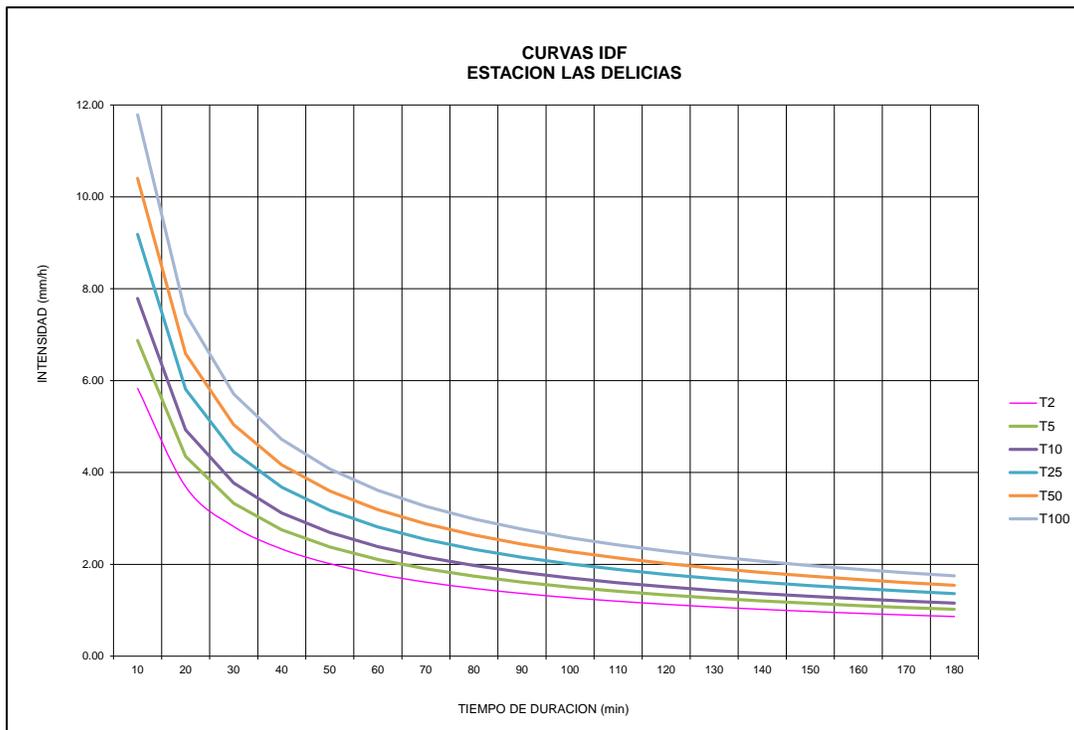


Imagen 3. Curvas IDF Estación Las Delicias

5.4.1.5 Período de Retorno de Diseño

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del período de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado. En la Tabla 16 de la Resolución 0330 de 2017 se establecen valores de períodos de retorno o grado de protección.

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
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 a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Tabla 20. Períodos de retorno - Tabla 16 Resolución 0330 de 2017

5.4.2 Generalidades Colectores

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.

5.4.2.1 Distancias mínimas a otras redes

Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red de recolección y evacuación de aguas residuales o lluvias y las tuberías de otras redes de servicios públicos se presentan a continuación. En los planos del proyecto debe indicarse la posición relativa de las redes de acueducto, alcantarillado, energía y comunicaciones. (Artículo 138 Resolución 0330 de 2017)

- Para sistemas nuevos, las redes de alcantarillado pluvial y combinado deben localizarse cerca del eje de la calzada, mientras que las redes de alcantarillado sanitario deben ubicarse hacia uno de los costados, a una distancia aproximada de un cuarto del ancho de la calzada, respetando la distancia libre con respecto a otras redes.
- Las tuberías de alcantarillado deben estar a una distancia mínima de 0,5 m de la acera y 1,5 m del paramento, medida entre las superficies externas del conducto, y del sardinel y el paramento, según corresponda.
- Las tuberías de alcantarillado no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de acueducto, y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto.
- En aquellos casos en los cuales existan vías con separador central se deben diseñar redes independientes en cada calzada. Cuando por el costado de una vía se vaya a construir un alcantarillado sanitario y por otro costado uno de aguas lluvias, este último deberá estar más cerca al centro de la vía.
- Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en la dirección horizontal y 0,3 m en la dirección vertical, medidas entre las superficies externas de los dos conductos.
- Los cruces de redes deben analizarse de manera individual, para establecer la necesidad de diseños especiales, en particular en aquellos casos donde sea imposible cumplir la distancia mínima vertical definida.
- Los cruces aéreos de cauces de agua deben proyectarse en puntos no susceptibles de socavación. Igualmente, deben ubicarse a 0,50 m por encima de la cota de aguas máximas generada por el caudal máximo instantáneo anual, calculado para un período de retorno de 100 años. En todo caso, es indispensable cumplir los requerimientos que la autoridad ambiental competente determine.
- De ser necesaria la ubicación de tuberías en zonas de riesgo, se debe realizar un análisis en el cual se indique la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo los que se encuentra expuesto el tramo de tubería, y las obras necesarias para la mitigación del mismo. En este evento, no se aceptarán conexiones domiciliarias en el tramo aludido.
- Para cruces con infraestructura como vías férreas, líneas de media y alta tensión, vías nacionales, entre otras, la localización de las redes debe cumplir las exigencias previstas por las entidades correspondientes.
- Los cauces naturales que crucen las zonas urbanas no deben entrar a los sistemas de alcantarillado pluvial o combinado.
- Cuando se haga uso de tecnologías sin zanja para la instalación de tramos nuevos en sistemas de alcantarillado, es obligatorio respetar todo lo anteriormente establecido.

- En callejones donde se demuestre que no se puede cumplir con las distancias horizontales establecidas anteriormente, se deben ubicar las tuberías sobre el eje del callejón.
- Cuando se construyan redes nuevas en vías con infraestructura existente y de no ser posible el cumplimiento de uno o varios de los anteriores requisitos, se deberán hacer las consideraciones y diseños especiales que deberán quedar documentados en las memorias correspondientes.

5.4.2.2 Diámetro Interno Real Mínimo

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias, y principalmente en los primeros tramos, la sección circular es la más usual para los colectores. El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado pluvial y combinado es 260 mm.

5.4.2.3 Velocidad Mínima

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado pluvial o combinado es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 2,0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño en las condiciones iniciales y finales del período de diseño.

5.4.2.4 Velocidad Máxima

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño.

En condiciones hidráulicas especiales y complejas como es el caso de topografías con pendientes superiores al 30%, colectores de gran diámetro iguales o superiores a 600 mm 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 5m/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.

5.4.2.5 Relación Máxima entre Profundidad de Flujo y Diámetro de la Tubería en los Alcantarillados Pluviales y Combinados.

El valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 93% del diámetro interno real de este, correspondiente a flujo lleno.

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de autolimpieza.

5.4.2.6 Profundidad Mínima a la Cota Clave

Los colectores de redes de recolección y evacuación de aguas lluvias deben estar a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad de las descargas domiciliarias sin sótano, 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. La profundidad de instalación de los colectores debe estar sustentada por estudios geotécnicos y de estabilidad, teniendo en cuenta las condiciones mecánicas y estructurales de la tubería, las uniones y el suelo. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva, se definen en la Tabla 19 de la Resolución 0330 de 2017.

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

Tabla 21. Profundidades a las cotas claves del colector. Tabla 18 Resolución 0330 de 2017

5.4.3 Cálculo de los Elementos que Componen el Sistema de Alcantarillado Pluvial

A continuación, se presentan los cálculos de los elementos del sistema de alcantarillado pluvial.

5.4.3.1 Punto de Descarga

La red de alcantarillado pluvial descargará en una caja de inspección proyectada la cual entregará a un canal para su disposición superficial en la vía de acceso a la institución.

	DISEÑO DE ALCANTARILLADO AGUAS LLUVIAS		TIEMPO DE RECURRENCIA	3 Años	ECUACION INTENSIDAD DE LLUVIAS $I=0.94 \cdot T^{0.18} (48.52 \cdot 0.83)^{(tc/60)^{0.66}}$	m/seg.2
	Proyecto	I.E. LA LEONA				
	Sector	VEREDA LA LEONA- CAJAMARCA-TOLIMA				
	Consultor	ING. HUGO ANDRES MORALES CALDERON				
Elaboró	ING. HUGO ANDRES MORALES CALDERON					

TRAMO		AREA TRIBUTARIA			TIEMPO DE CONCENTRACION			INTENSIDAD DE LLUVIAS	C	QALL	CAUDAL DISEÑO	DISEÑO			
INICIAL	FINAL	ATRAS Ha	PROPIA Ha	TOTAL Ha	ATRAS min	EN RUTA min	TOTAL min					mm/h	lps	lps	LONGITUD m
PALL-1	C.I.	0.0000	0.2689	0.2689	5.00	0.52	5.52	138.75	0.90	93.35	93.35	7.43	10	250	227

	VALOR N DE MANNING	0.010
	VALOR N DE MANNING (W-RETEN)	0.010
	FUERZA TRACTIVA (MINIMA)	2 Pa
	PESO ESPECIFICO DEL AGUA	1000

TRAMO		PENDIENTE %	P Terreno	QLENO lps	VLENO m/s	HIDRAULICA							T. NORMAL Yn m	T. CRITICA Yc m	N° FROUDE
INICIAL	FINAL					q/Q	v/V	h/D	Yc/D	Rh/D	Rh	V.REAL			
PALL-1	C.I.	3.00%	13.46%	103.61	2.56	0.901	1.02	0.83	0.93	0.30	1.73	2.61	4.79	5.36	0.36

TRAMO		COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		CORTES		CAIDA E/S m	CLASE DE REGIMEN	FUERZA TRACTIVA					OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m	ORIGEN m	FINAL m			gDis QTOTAL	h/D	RH	T ≥ 2 Pa	ANGULO	
PALL-1	C.I.	2,080.50	2,079.50	2,079.50	2,079.28	2,079.25	2,079.03	1.25	0.47	0.05	SUBCRITICO	98.99	0.86	0.07	20.60	4.75	Se realiza descole a una caja de inspección

NOTA

Las tuberías de la red proyectada son en PVC de 10" unión mecánica.

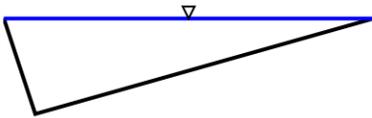
5.4.3.2 Estructuras de Unión

Las estructuras de unión (cámaras de inspección) son elementos para unir los colectores que conforman la red de alcantarillado, los pozos de inspección del presente proyecto cuentan con un diámetro interno de 1,20 m y 1,50m (y profundidad a la clave de 1,20 m en las cámaras de inicio de los tramos).

5.4.3.3 Canal de Aguas Lluvias

Se proyecta un canal triangular para la disposición superficial de las aguas lluvias provenientes de la edificación, a continuación, se presenta el cálculo de esta estructura.

Cuneta IE La Leona		
Red Aguas LLuvias		
Inputs		
Anchura de la base	0	m
Pendiente de lado 1 (horizontal / vertical)	0.33	
Pendiente de lado 2 (horizontal / vertical)	3.55	
Rugosidad según Manning, n ²	0.014	
Pendiente de canal (vertical / horizontal)	0.1275	vert./horiz.
Profundidad de gasto	0.15	m
Resultados:		
Sección del tubo	0.0436	m ²
Perímetro mojado	0.7112	m
Radio hidráulico	0.0614	m
Velocidad, v	3.9685	m/s
Caudal, q	173.2265	l/s
Presión por velocidad de flujo, hv	0.8030	m
Ancho de lámina libre, T	0.5820	m
Número de Froude, F	4.65	
Tensión tangencial (fuerza de tracción), tau	76.7373	N/m ²



DISEÑÓ:

Hugo Andres Morales Calderon

HUGO ANDRES MORALES CALDERON
Ingeniero Civil - Universidad del Quindío
Especialista en Recursos Hídricos
M.P. 63202093374QND