ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE ARAUCA
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

PROYECTO

AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

CONSULTOR
EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y SANITARIA

NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental - Universidad Manuela Beltrán
Magíster en Obras Hidráulicas (Ven) o Recursos Hídricos (Col) – Universidad de los Andes
Doctor en Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Universidad del Valle

DISEÑO HIDRÁULICO

OCTUBRE 2026

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
1.1 COORDENADAS LOCALIZACIÓN PROYECTO 7
2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO 8
2.1 RESEÑA HISTÓRICA 8
2.2 GEOGRAFÍA 8
2.3 ECONOMÍA 9
3 DISEÑO RED DE ACUEDUCTO DE AGUA POTABLE 10
3.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN 10
3.2 EVALUACIÓN DE DOTACIÓN Y DEMANDA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN. 11
3.2.1 Dotación Neta 11
3.2.2 Dotación Bruta 11
3.2.2.1 Cálculo De La Dotación Bruta. 11
3.2.3 Caudal Medio Diario. 12
3.2.4 Caudal máximo diario (QMD) 12
3.2.5 Caudal Máximo Horario. (QMH) 12
3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 13
3.3.1 Caudal de diseño 13
3.3.2 Presiones Mínimas en la Red. 13
3.3.3 Presiones Máximas en la Red. 14
3.3.4 Diámetro Interno Real Mínimo En La Red de Distribución 14
3.3.5 Velocidades En Las Tuberías De La Red De Distribución 14
3.3.6 Pendientes En Las tuberías De La Red De Distribución. RAS Titulo B 7.4.10. 14
3.3.7 Profundidades Máximas y Mínimas Para La Instalación De Tuberías Enterradas En Las Redes De Distribución 15
3.3.8 Selección Material De Las Tuberías 15
3.4 ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 17
3.4.1 Modelación De Redes De Distribución De Agua 17
3.4.1.1 Pérdidas de Carga 18
3.4.2 Asignación de Caudales en los Nodos 19
3.4.3 Presión Estática 21

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

3.4.4 Presión dinámica 21
3.4.5 Curva Demanda Horaria 21
3.4.6 Simulación Hidráulica. 22
3.4.6.1 Evaluación Presiones dinámicas del sistema sin hidrante 23
3.4.6.2 Evaluación Presiones del sistema con hidrante 25
3.4.7 Estado de las tuberías 27
3.4.7.1 Golpe de Ariete 27
3.4.7.2 RDE de la Tubería. 28
3.5 PROTECCIONES A LA TUBERÍA 33
3.5.1 Válvulas de Purga 33
3.5.2 Válvulas de ventosa. 33
4 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO 38
5.1 CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES 38
4.1.1 Caudal de Aguas Residuales Domésticas. (Resolución 0330 de junio de 2017) 38
4.1.2 Dotación neta. 39
4.1.3 Coeficiente de retorno 39
4.1.4 Densidad poblacional 39
4.1.5 Periodo de diseño (Resolución 0330 junio del 2017) 39
4.1.6 Caudal medio diario de aguas residuales (Qmd). (Resolución 0330 de junio de 2017). 39
4.1.6.1 Caudal máximo Horario (QMH). (Resolución 0330 de junio de 2017) 40
4.1.7 Caudal de Conexión Erradas (Qce). (Resolución 0330 de junio de 2017) 40
4.1.8 Caudal de Infiltración (Qinf). (Resolución 0330 de junio de 2017) 40
4.1.9 Caudal de diseño. (Resolución 0330 de junio de 2017) 40
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO COLECTORES SANITARIOS 47
4.2.1 Diámetro interno real mínimo en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 47
4.2.2 Criterios de auto limpieza en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 47
4.2.3 Velocidad máxima en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 47
4.2.4 Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 47

4.2.5 Diseño De Tuberías 47
4.2.5.1 Parámetros de diseño de las tuberías 47
4.2.5.2 Procedimiento de diseño 48
4.3 POZOS DE INSPECCIÓN 58
4.3.1 Ubicación 58
4.3.2 Parámetros de Diseño. 58
4.3.2.1 Diámetro. 58
4.3.2.2 Diámetro de Acceso 59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60
BIBLIOGRAFÍA 62

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Punto de conexión a la red de acueducto. 23
Figura 2. Red de distribución Presión dinámica – QMH....24
Figura 3. Presión dinámica en la red 25
Figura 4. Red de distribución Presión Dinámica con hidrante. 26
Figura 5. Detalle típico de purga. 33
Figura 6. Aire en tuberías. 34
Figura 7. Bolsas de aire en puntos altos 35
Figura 8. Efecto de presiones sub-atmosféricas en las redes de distribución. 35
Figura 9. Válvulas de ventosa en puntos altos. 36
Figura 10. Válvulas de ventosa en la salida de tanques de almacenamiento. 36
Figura 11. Válvulas de ventosa en cambios de pendiente. 36
Figura 12. Detalle típico caja de válvulas de ventosa. 37

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización lotes del proyecto. 10
Ilustración 2. Áreas hidráulicas nodos red de acueducto 20

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del proyecto 7
Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendido. (Res 0330/2017) 11
Tabla 3. Caudales de diseño red de acueducto 13
Tabla 4. Caudales de diseño. (Res 0330/2017) 13
Tabla 5. (Tabla B.7.6) Velocidades máximas según material de tuberías 14
Tabla 6. Profundidades mínimas a cota clave de la tubería. 15
Tabla 7. Asignación de caudales en los nodos. 20
Tabla 8. Análisis del RDE de la tubería de la red de distribución. 29
Tabla 9. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona 39
Tabla 10. Cálculo de caudales sanitarios. 41
Tabla 11. Calculo hidráulicos colectores sanitarios. 49
Tabla 12. Diámetro interno de Estructuras de conexión (Resolución 0330 del 2017) 59

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto "AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA" se localiza en el Municipio de Arauquita, departamento de Arauca.

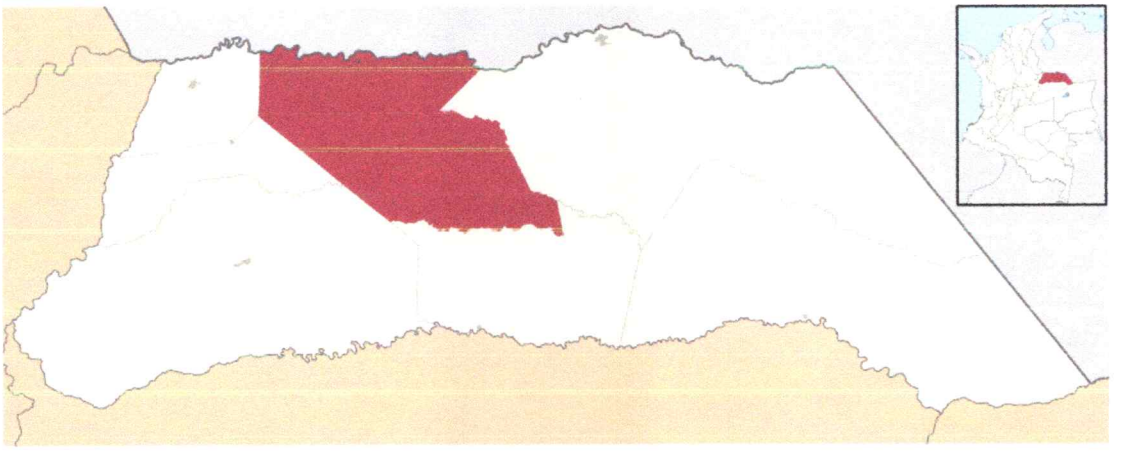

Imagen 1. Localización Geográfica Municipio de Arauquita.

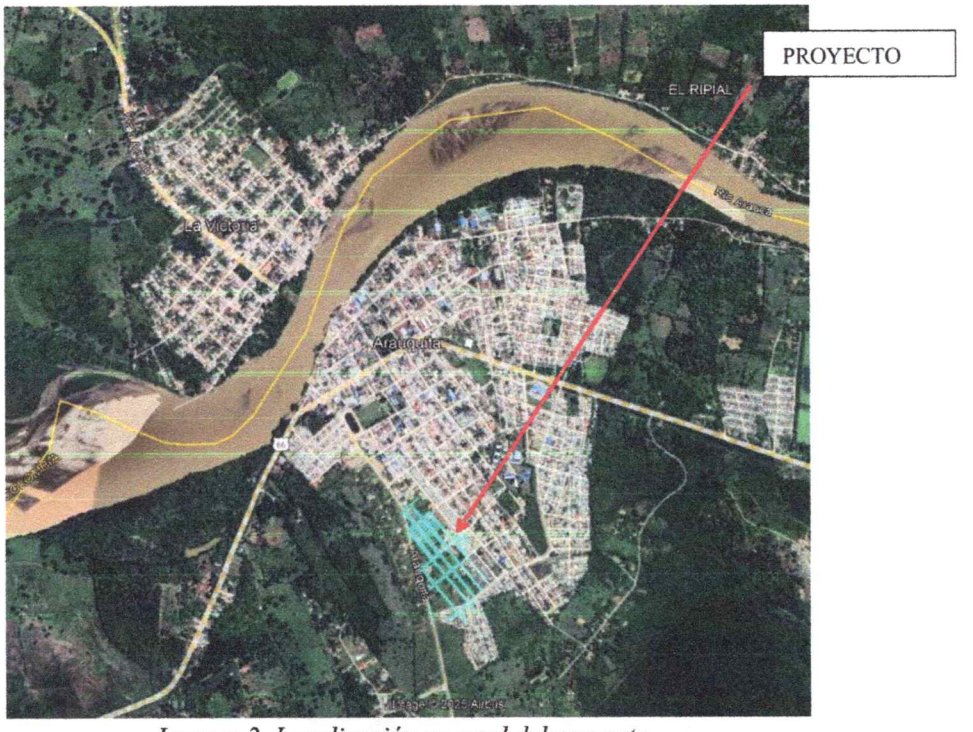

Imagen 2. Localización general del proyecto.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

1.1 COORDENADAS LOCALIZACIÓN PROYECTO

El proyecto se localiza en el Barrio ciudad Jardín, zona urbana del municipio de Arauquita, departamento de Arauca, el cual se georreferencia a partir de los siguientes puntos, de acuerdo al levantamiento topográfico.

Tabla 1. Coordenadas del proyecto

PUNTO	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación
GPS 1	1268034.432	961494.839	155.048
GPS 2	1268071.281	961532.309	154.881

2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Arauquita es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Arauca. Fue fundado como San Lorenzo en 1675 por misioneros jesuitas liderados por el padre Bernabé González; durante la época virreinal adoptó el nombre de El Guadual, hasta que en 1920 la población fue rebautizada como Arauquita. Fue erigido municipio en 1971.

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

Arauquita se fundó en el año de 1675 con el nombre de San Lorenzo, luego el centro poblado se desplazó 5 km ribera abajo y se denominó El Guadual; posteriormente derivó su nombre del memorable diminutivo de Arauca.

Antes de la llegada de los españoles al municipio de Arauquita, el territorio se hallaba habitado por diferentes grupos indígenas. El poblamiento de Arauquita tiene diversos orígenes destacándose los siguientes momentos históricos:

Poblamiento nativo o indígena: siendo los primeros los Macaguanes y Tames, aunque existieron muchos pueblos indigenas, gran parte fueron extinguidos, sobreviviendo en jurisdicción de Arauquita el pueblo Guahibos con una población muy reducida y cuya dedicación es básicamente la caza, la pesca y alguna agricultura incipiente en métodos tradicionales.

Colonización española y venezolana: La primera iniciada en los años de 1675 cuando se fundó la población de San Lorenzo que luego se llamó Arauquita y la segunda iniciada en 1820, cuando la población llegada era principalmente de colonos venezolanos que iniciaron la agricultura.

El proceso de colonización dirigida fue auspiciado por el gobierno nacional, dentro de la política de poblamiento de varias regiones de los llanos orientales. En 1962 el INCORA con la adjudicación de tierras baldías propició una migración abundante de familias hacia los terrenos de Arauquita, fundándose caseríos como El Oasis, Aguachica, El Troncal, La Esmeralda y Campamento.

Arauquita fue erigido como municipio en 1943, luego se convirtió en corregimiento y perteneció al municipio de Tame como inspección de policía hasta 1971, año en el que fue elevado nuevamente al rango de municipio mediante el Decreto n.° 1447.

2.2 GEOGRAFÍA

El municipio de Arauquita está ubicado en la República de Colombia sobre la margen derecha del Río Arauca. en el sector norte y centro del departamento de Arauca y tiene una extensión territorial de aproximadamente de 3.281,23 km²

El municipio de Arauquita pertenece a la cuenca del río Orinoco. Cuenta con abundantes cursos de agua, que nacen en su mayoría en la Cordillera Oriental y corren en dirección este a través de un terreno plano, lo que origina en su trayecto numerosos ríos y caños secundarios. La gran riqueza hídrica representada en lagunas y humedales, así como en numerosos ríos, caños y quebradas que bañan el municipio. Entre los principales ríos o caños están el río Arauca, el Lipa, el Ele y el Río Caranal; estas arterias fluviales conforman las principales cuencas y subcuencas presentes en el municipio, subdivididas así:

La subcuenca del río Arauca, localizada al norte del municipio a al cual drenan algunos caños de moderada importancia como son: El Caño Salibón o Jujú, El Curitero, el Troncal, Brazo Bayonero, Brazo Gaviotas y Caño Agua limón, entre los principales, otros de menor importancia el Terciario y el Matapalito.

El municipio de Arauquita por su localización estratégica, es el epicentro de la vía alterna a la Ruta de los Libertadores que comunica el mar Caribe con el océano Pacífico desde Caracas (Venezuela) hasta el Puerto de Buenaventura; en su contexto territorial es conocido como el más grande dentro del Departamento de Arauca.

2.3 ECONOMÍA

El municipio tiene la categoría de Unidad Especial de Desarrollo Fronterizo, potencial de ubicación estratégica de frontera con Venezuela; es sin duda Agrícola y Pecuario, producto de la colonización de gentes de varias regiones del país, quienes a partir de las décadas del cincuenta inician una colonización dejando el mayor porcentaje habitacional en el ámbito rural, sus asentamientos promisorios convirtieron las selvas del Sarare, en una Región Agrícola y Ganadera, destacándose los cultivos de plátano, cacao, caña, maíz, yuca, arroz, cítricos entre otros, gracias a la fertilidad de las tierras. El 85% aproximadamente de la población Arauquiteña depende económicamente de la producción agropecuaria.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

3 DISEÑO RED DE ACUEDUCTO DE AGUA POTABLE

3.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017, el periodo de diseño para los componentes de acueducto y alcantarillado adoptado será de 25 años.

De acuerdo al título B del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico – RAS, en su capítulo B2 se estipulan 3 formas por las cuales se puede realizar la proyección de la población:

- Por métodos matemáticos de proyección de la población de acuerdo a las proyecciones de población del DANE acorde a los censos.
- Por número de suscriptores, en donde se emplean los datos históricos existentes de los consumos por suscriptores registrados por la empresa de servicios.
- Por densidad poblacional, de acuerdo a los datos registrados en el POT o el EOT del municipio sobre densidades de población, o el dato histórico de densidades de Hab por vivienda elaborada por el DANE.

De acuerdo a lo anterior para la proyección de la población del proyecto se empleará la metodología de densidad poblacional, en la que de acuerdo al DANE la densidad de Hab/ vivienda para Colombia es de 4.2 Hab/vivienda, por lo que para el proyecto se adopta un valor de 5 Hab/ vivienda.

En la información urbanística suministrada con el levantamiento topográfico, se observa que el proyecto está conformado por 207 lotes para uso residencial, planteando la siguiente población para periodo de diseño: 207 lotes * 5 hab/vivienda = 1035 habitantes.



Ilustración 1. Localización lotes del proyecto.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

3.2 EVALUACIÓN DE DOTACIÓN Y DEMANDA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

3.2.1 DOTACIÓN NETA

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017 "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 supere los máximos establecidos en la Tabla 1.

Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendido. (Res 0330/2017).

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB-DIA)
>2000 msnm	120
1000 – 2000 msnm	130
<1000 msnm	140

Fuente: Resolución 0330 junio de 2017

Como en la zona del proyecto no se cuenta con datos de información histórica para el cálculo de la dotación neta se utilizará un valor de 140 l/hab- día dado que el municipio de arauquita se encuentra a una altura menor de 1000 msnm.

3.2.2 DOTACIÓN BRUTA

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Dbruta} = \frac{\text{Dneta}}{1 - \%P}$$

La resolución 0330 de junio de 2017, establece que el porcentaje de las pérdidas técnicas máximas en la ecuación en global el total de perdidas esperadas en todos los componentes del sistema, así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable y no deberá superar el 25%.

3.2.2.1 Cálculo De La Dotación Bruta.

$$\text{Dbruta} = \frac{140}{1 - 25\%} = 186.67 \frac{\text{L}}{\text{hab} - \text{día}}$$

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

3.2.3 CAUDAL MEDIO DIARIO.

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{Ps * dbruta}{86400}$$

Qmd = Caudal medio diario (L/s).
Ps = Población servida (habitantes).
dbruta = Dotación bruta (L/hab./día).

3.2.4 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

$$QMD = Qmd * K1$$

K1 Se denomina coeficiente de consumo máximo diario y se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario; de acuerdo al parágrafo 2 del Art 47 de la Resolución 0330 de 2017, el factor se debe calcular en base a los registros históricos de macro medición, pero tomando en cuenta que no se cuenta con estos registros, se selecciona el máximo permitido para poblaciones mayores a 12500 habitantes correspondiente a un K1 de 1.2 según la normatividad mencionada.

Lo anterior en base a la población censada para el año 2018 por el DANE para la cabecera municipal del municipio de Arauquita en donde se registró una población 13720 habitantes.

3.2.5 CAUDAL MÁXIMO HORARIO. (QMH)

$$QMH = QMD * K2$$

K2 Se denomina coeficiente de consumo máximo diario y se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario; de acuerdo al parágrafo 2 del Art 47 de la Resolución 0330 de 2017, el factor se debe calcular en base a los registros históricos de macro medición, pero tomando en cuenta que no se cuenta con estos registros, se selecciona el máximo permitido para poblaciones mayores a 12500 habitantes correspondiente a un K2 de 1.5 según la normatividad mencionada.

Lo anterior en base a la población censada para el año 2018 por el DANE para la cabecera municipal del municipio de Arauquita en donde se registró una población 13720 habitantes.

Aplicando la metodología anterior se obtienen los siguientes caudales de diseño.

Tabla 3. Caudales de diseño red de acueducto

Población actual=	1035	Hab.
Dotación neta=	140	Lts/hab-ha
Porcentaje de perdidas=	25%	%
Dotación bruta uso residencial =	186.67	L/hab.dia
Coeficiente K1	1.2	(-)
Coeficiente K2	1.5	(-)

CAUDALES DISEÑO		
qmd	2.24	L/s
QMD	2.68	L/s
QMH	4.02	L/s

3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

3.3.1 CAUDAL DE DISEÑO

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017, establece que los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto según las variaciones diarias y horarias que se pueden presentar se establecen en la Tabla 3.

Tabla 4. Caudales de diseño. (Res 0330/2017).

COMPONENTES	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: Resolución 0330 junio de 2017

3.3.2 PRESIONES MÍNIMAS EN LA RED.

La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a en sistemas de poblaciones de diseño de hasta 12500 habitantes, para poblaciones de diseño de más de 12500 habitantes la presión dinámica debe ser de 15 m.c.a. (Art 61 Res 0330 de junio de 2017)

Para efectos del proyecto la presión mínima a garantizar será de **15 m.c.a.**

3.3.3 PRESIONES MÁXIMAS EN LA RED.

Para sistemas nuevos u optimizaciones, la presión estática máxima debe ser de 50 m.c.a. Para cumplir esta condición, la red de distribución debe estar subdivida en tantas zonas de presión como se requieran. (Art 62 Res 0330 Junio de 2017)

3.3.4 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

El diámetro mínimo en las redes de distribución no deberá ser inferior a 75 mm para sectores urbanos, mientras que para sectores rurales no deberán ser inferiores a 50 mm. Se deben realizar los cálculos necesarios que permitan garantizar que, con el diámetro interno real de la tubería seleccionada se cumplan con las condiciones mínimas establecidas. (Art 63 Res 0330 Junio de 2017).

3.3.5 VELOCIDADES EN LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La velocidad máxima en las tuberías de la red de distribución, bajo condiciones de caudal máximo horario al final de periodo de diseño bajo condiciones excepcionales de mantenimiento o de protección contra incendios, debe ser en función del material de las tuberías. En la tabla B.7.6 se plantean las velocidades máximas recomendadas para las tuberías en la red de distribución.

Tabla 5. (Tabla B.7.6) Velocidades máximas según material de tuberías.

Material	Velocidad (m/s)
Acero sin revestimiento	5.0
Acero Con Revestimiento	4.0
Hierro Dúctil	4.0
CCP	3.0
PVC y PVCO	6.0
PEAD	5.0
GRP	6.0
Polipropileno	6.0

3.3.6 PENDIENTES EN LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN. RAS TITULO B 7.4.10.

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación pro las válvulas colocadas con este fin y para facilitar e arrastre de los sedimentos hacia los puntos bajos y acelerar el desagüe de las tuberías, etas no deben colocarse horizontalmente.

Las pendientes mínimas recomendadas son:

- Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%.
- Cuando el aire circula en sentido contrario al flujo de agua, la pendiente mínima debe ser 0.1%.

3.3.7 PROFUNDIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ENTERRADAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución no debe exceder de 1.50 m, medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

En cuanto a la profundidad mínima de instalación, se debe cumplir con lo definido en la Tabla 12.

Tabla 6. Profundidades mínimas a cota clave de la tubería.

SERVIDUMBRE	PROFUNDIDAD A LA CLAVE DE LA TUBERÍA (m)	
	Zona Urbana	Zona rural
Vías peatonales o zonas verdes o agrícolas	0.60	1.00
Vías vehiculares	1.00	1.00

Fuente: Resolución 0330 junio de 2017.

3.3.8 SELECCIÓN MATERIAL DE LAS TUBERÍAS.

Para el proyecto se emplearán tuberías de Policloruro de Vinilo, PVC el cual posee característica de ser inerte y virtualmente indestructible.

Se empleará la tecnología BIAXIAL de PAVCO; la tecnología por medio de la cual se estiran en línea las moléculas de polímero, obteniéndose su orientación, en el sentido circunferencial y longitudinal, generando planos de orientación molecular, una real estructura laminada en capas incrementando significativamente la resistencia mecánica y fortaleza del material.

Este material garantiza la conservación de la calidad del agua para consumo humano ya que ha sido verificado de acuerdo a la ANSI/NSF 61:02 sin exceder los valores máximos de aluminio, antimonio, cobre, arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio y plata que establece el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007. Además, la resina de PVC con que se fabrica ha sido certificada de tal forma que el cloruro de vinilo monómero residual es menor a 3,2mg/kg.

A continuación, se presenta las características del material de la tubería seleccionada:

- **Resistencia**

La máxima tensión a la falla. Es la habilidad de las tuberías de resistir la rotura debido a la presión interna.

- **Resistencia a la tensión**

La tensión es de 11.600 psi., para PVC-U es de 7.600 psi. El incremento es del 50% aproximadamente, debido a la biorientación de las moléculas.

- **Resistencia Hidrostática**

Diseñada de acuerdo con la ASTM F 1483 y NTC 5425, con: LTHS: Resistencia Hidrostática a Largo Plazo, tensión estimada en la pared de la Tubería en la dirección diametral que aplicada en forma continua causará falla a las 100.000 horas.

- **Resistencia a la fractura frágil**

La estructura laminada, por capas, producto de la biorientación ofrece excelente resistencia a la fractura frágil. La tubería es capaz de absorber sobre presiones causadas por los efectos del golpe de ariete.

- **Propagación de Fracturas**

La estructura laminada de BIAXIAL® de PAVCO evita la transmisión de fracturas a través de la pared de la Tubería.

BIAXIAL® de PAVCO alcanza una fuerza máxima de tensión de 6.17 lb-f para una abertura de 4.974'' y para PVC-U de 7.83 lb-f para una abertura de únicamente1.60''. Para BIAXIAL® de PAVCO la fuerza es siempre creciente

El diseño de producto y el desempeño en un sistema de Tuberías para transporte de fluidos, como el caso de los sistemas de acueducto, depende del balance de estos dos criterios, Resistencia y Fortaleza. BIAXIAL® de PAVCO mejora considerablemente estas dos características, ofreciendo ventajas y beneficios a los sistemas, como son:

Característica	Beneficio
Mayor Resistencia	Incrementa resistencia a la presión hidrostática y a la tensión, permite reducir los espesores de pared, conservando alta rigidez y mayor durabilidad. Tuberías más livianas para la misma presión de servicio.
Mayor Fortaleza	Aumenta la resistencia al impacto a bajas temperaturas, mayor resistencia a la fractura frágil, mayor resistencia a la propagación lenta de fracturas.

Característica	Beneficio
	Los golpes causados durante la manipulación no conducen a daños en el corto o mediano plazo. Respuesta dúctil. Es tolerante al maltrato.
Menor Espesor de Pared	Mayor flexibilidad, menor peso, más fácil manipulación, beneficios para la salud y seguridad humana, se incrementa la capacidad de transporte de agua. Ahorros en instalación y energía consumida para la operación de los sistemas.
Proceso En Línea	Garantía de consistencia y calidad del producto. Confiabilidad. Mayor productividad. Entregas oportunas
Campana Con Hidro sello instalado en fábrica	Elimina riesgo de desplazamiento del sello durante el ensamble confiabilidad.

Las Tuberías de PVC son inmunes a casi todos los tipos de corrosión, químicas y electroquímicas, que pueden encontrarse en un sistema de Tuberías enterradas. Efectos galvánicos y electroquímicos no existen en sistemas con Tuberías de PVC, ya que el PVC no es conductor de la electricidad. Las Tuberías de PVC no sufren daños por aguas o suelos agresivos, en consecuencia, no requieren protecciones catódicas, recubrimientos especiales o pinturas. Esto significa ahorro en costos iniciales de los sistemas y garantía de larga vida de éstos, durabilidad.

3.4 ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Dado las condiciones urbanísticas de la zona la red de distribución del acueducto en el sector se diseñó como una red abierta.

3.4.1 MODELACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA.

Todos los sistemas de redes de distribución deben contar con un modelo hidráulico, a través del cual se pueda predecir el comportamiento frente a diferentes condiciones operativas, de mantenimiento o de expansión. Debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.

- La modelación debe realizarse en periodo extendido, con frecuencia horaria, incorporando en los nodos los patrones de consumo medidos en campo. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los patrones empleados. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).
- Los programas utilizados para la modelación hidráulica deben incorporar el método del gradiente para sus cálculos. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).

- Se deberá implementar un escenario de modelación que contemple la operación de la red de distribución bajo la premisa de contingencia por incendio; para lo cual se deben tener en cuenta las disposiciones contempladas en los artículos 70, 71 y 72 de la presente resolución. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).

La modelación de la red de distribución de agua potable se realizará con el QMH determinado para cada nodo.

3.4.1.1 Pérdidas de Carga

Para el cálculo de pérdidas de carga en una red mixta se acepta el uso de la fórmula de Darcy – Weisbach o Hazen – Williams, pero se debe tener en cuenta que la fórmula de Hazen – Williams no arroja resultados confiables para diámetros inferiores a 4".

Para este diseño se empleó la fórmula de Darcy – Weisbach por ser la ecuación general para sistemas de tuberías a presión, combinada con la de Colebrook – White.

Ecuación de Darcy- Weisbach

$$hf = f * \frac{l}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación de Colebrook- White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\,log10\,[\frac{Ks}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}]$$

$$Re = \frac{V.D}{v}$$

Hf= perdida de cabeza a lo largo del tramo (m)

f = factor de fricción de Darcy (adimensional)

l = longitud del tramo de tubería (m)

D = diámetro interior de la tubería (m)

V = velocidad del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s2)

Ks = Rugosidad absoluta de la tubería (m). Para PVC = 0.0015

Re = Numero de Reynolds (adimensional)

v = viscosidad dinámica del fluido (m3/s)

Para el cálculo de la red de distribución se usó el software EPANET para la simulación de redes de distribución de agua, desarrollado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU con el fin de disponer de una herramienta para el cálculo, entre otras cosas, del comportamiento hidráulico en sistemas de distribución de agua. En estos momentos es uno de los paquetes informáticos más completo que existe en el campo de la simulación de sistemas hidráulicos, hecho que unido a su distribución libre hace que sea el software más extendido.

El EPANET permite la simulación de todo tipo de redes de distribución de agua de una forma sencilla, con un número cualquiera de elementos hidráulicos incluyendo depósitos, sistemas de bombeo, bancos de válvulas, tuberías, uniones, etc utilizando tan solo la interface gráfica. Además, permite realizar cálculos incluyendo curvas de demanda y simular fugas en diferentes componentes de la red.

3.4.2 ASIGNACIÓN DE CAUDALES EN LOS NODOS

De acuerdo a la distribución de los usuarios en la red se hace la asignación de los caudales en los nodos de las líneas para luego con la conexión domiciliaria abastecer a la población beneficiada en la red de distribución:

1. Asignación de los nodos de control hidráulico:

   Se realiza la asignación de los nodos de control hidráulico correspondientes a la red proyectada, cuya alimentación se realizará mediante la conexión a la tubería existente de 4 pulgadas, localizada en la zona noroeste del proyecto.

2. Delimitación de las áreas aferentes:

   Se realiza la delimitación de las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nodos hidráulicos definidos para el proyecto, obteniéndose un área total aferente de 5.41 Ha. La delimitación de estas áreas se presenta en los polígonos incluidos en el plano hidráulico.

3. Determinación de la población y caudales por nodo:

   Con base en las áreas aferentes delimitadas y la población de diseño del proyecto, se determina la densidad poblacional, con el fin de estimar posteriormente la población aferente correspondiente a cada nodo hidráulico. A partir de esta población y de acuerdo con la metodología presentada en el numeral 3.2, se realiza la estimación de los caudales de diseño asociados a cada nodo hidráulico.

   Densidad Poblacional = 1035 Hab / 5.39 = 192 Hab/Ha

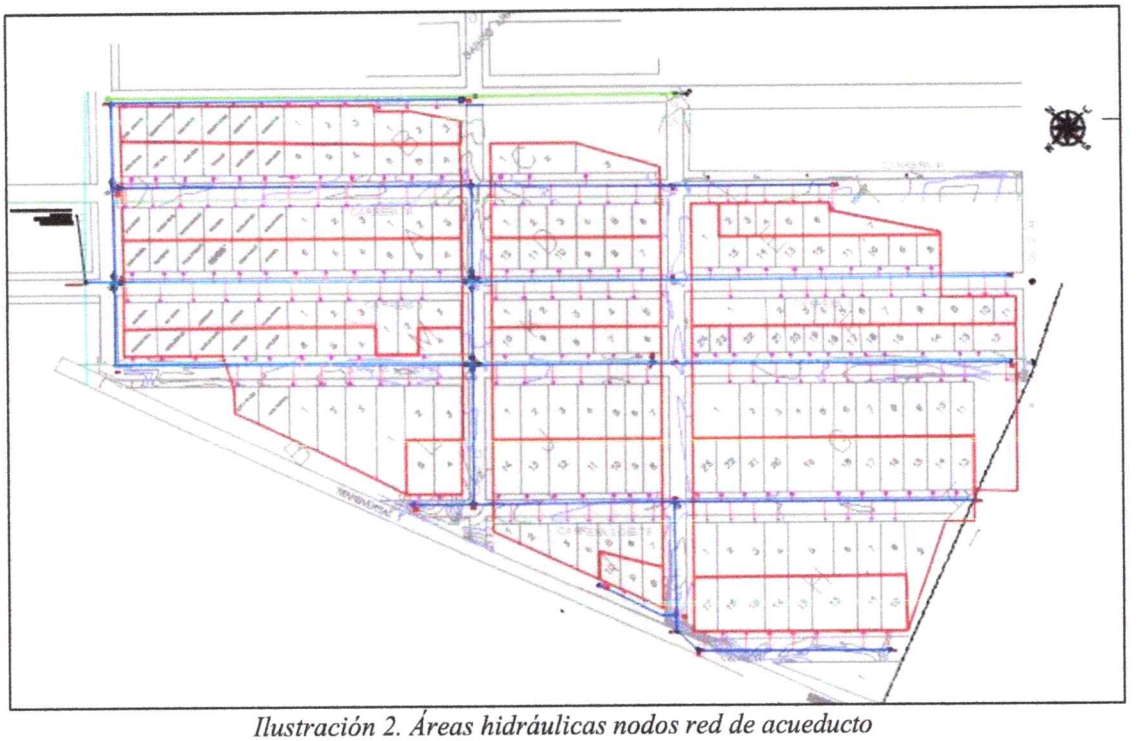

Ilustración 2. Áreas hidráulicas nodos red de acueducto

Para el proyecto se presentará dotación de uso residencial; la dotación de caudales en los nodos se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Asignación de caudales en los nodos.

CONSUMOS RESIDENCIALES			
ID Nodo	**Area (m2)**	**Caudal Qmd(Lps)**	**Caudal QMH(Lps)**
n1	2116.00	0.08777481	0.16
n2	0.00	0.00000000	0.00
n3	0.00	0.00000000	0.00
n5	5858.00	0.24299852	0.44
n6	2681.00	0.11121185	0.20
n7	911.00	0.03778963	0.07
n8	4566.00	0.18940444	0.34
n9	2743.00	0.11378370	0.20
n10	3434.00	0.14244741	0.26

CONSUMOS RESIDENCIALES			
ID Nodo	**Area (m2)**	**Caudal Qmd(Lps)**	**Caudal QMH(Lps)**
n11	6982.00	0.28962370	0.52
n12	6788.00	0.28157630	0.51
n13	3605.00	0.14954074	0.27
n14	0.00	0.00000000	0.00
n15	5668.00	0.23511704	0.42
n16	0.00	0.00000000	0.00
n17	0.00	0.00000000	0.00
n18	0.00	0.00000000	0.00
n19	0.00	0.00000000	0.00
n20	5417.00	0.22470519	0.40
n21	560.00	0.02322963	0.04
n22	2157	0.08947556	0.16
n23	0	0.00000000	0.00
n24	400	0.01659259	0.03

3.4.3 PRESIÓN ESTÁTICA.

Se obtiene de restarle a la cota del punto más alto la cota del punto analizado, es decir esta es la presión en la tubería cuando el fluido no está en movimiento, en algunas ocasiones esta presión es mayor a la presión dinámica por lo cual se debe tener en cuenta en el análisis de resistencia de la tubería.

3.4.4 PRESIÓN DINÁMICA.

Se obtiene de restarle a la presión estática del punto la pérdida de carga acumulada hasta ese punto.

3.4.5 CURVA DEMANDA HORARIA

La curva de demanda horaria en el diseño de una red de acueducto hace referencia a la distribución del consumo de agua durante 24 horas del día, tomando en cuenta que el consumo no es uniforme.

Para la modelación hidráulica de la red de acueducto en EPANET, no se contó con información histórica de mediciones de consumo horario del municipio que permitiera establecer una curva de demanda horaria específica y representativa del comportamiento real de los usuarios. En consecuencia, la variación de la demanda se determinó a partir de los coeficientes de mayoración

establecidos en el Articulo 47 parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, de acuerdo con las condiciones de diseño adoptadas para el proyecto.

En este sentido, la demanda asignada a cada nodo se determinó inicialmente a partir de la población aferente, posteriormente, para evaluar las condiciones de operación de la red, se consideraron los factores de mayoración definidos mediante los coeficientes K1 y K2, correspondientes a las variaciones de la demanda durante el día.

La demanda máxima horaria constituye la condición más exigente para la evaluación de la capacidad hidráulica de la red, debido a que representa el escenario de mayor consumo simultáneo esperado. Esta condición permite verificar, entre otros aspectos, los caudales transportados por las tuberías, las velocidades de flujo y las presiones disponibles en los nodos, así como la capacidad de las conducciones proyectadas para atender la demanda bajo condiciones de máxima exigencia.

Por lo anterior se evaluaron los siguientes periodos en la simulación hidráulica:

Periodo 1: 1.0
Periodo 2 (K1): 1.2
Periodo 3 (K1*K2): 1.8 → Condición crítica de diseño en el que se proyecta el mayor consumo.

Es importante precisar que los tres escenarios descritos no corresponden a tres periodos horarios obtenidos de una curva de consumo medida en el municipio, sino a condiciones de demanda utilizadas para la evaluación hidráulica del sistema, determinadas a partir de los coeficientes de variación establecidos en la Resolución. Por tanto, los resultados de la modelación representan escenarios de diseño y no una reproducción del comportamiento horario real del consumo municipal, lo que permite realizar una verificación de la red proyectada conforme a los criterios normativos adoptados.

3.4.6 SIMULACIÓN HIDRÁULICA.

De acuerdo al oficio expedido por la secretaria de servicios públicos del municipio de Arauquita, se indica que la disponibilidad de conexión al sistema de acueducto del municipio se realizara en la línea existente en la Calle 11 con Carrera 1, en donde se dispone de una presión de 24 PSI. Ver Anexo 1.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

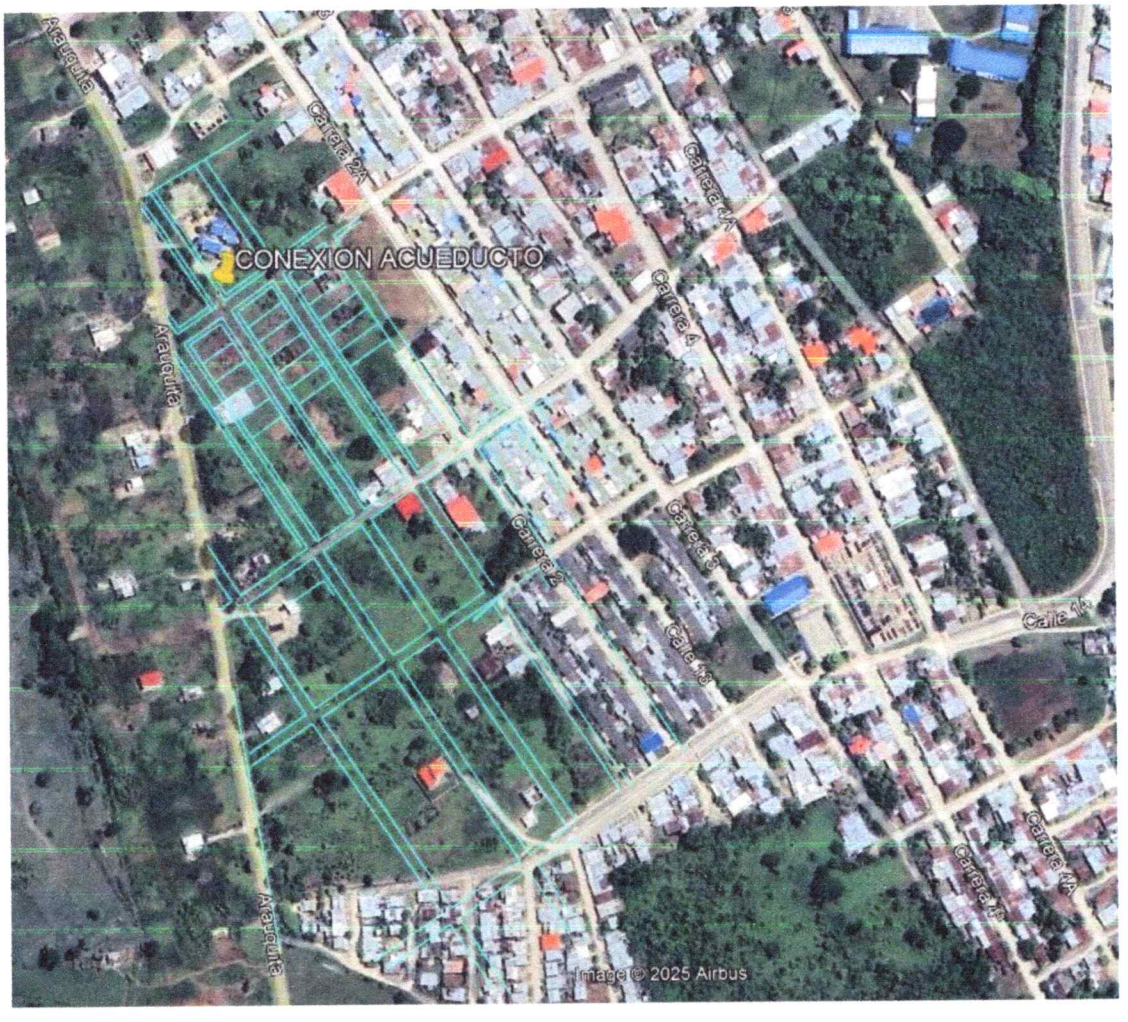

Figura 1. Punto de conexión a la red de acueducto.

3.4.6.1 Evaluación Presiones dinámicas del sistema sin hidrante

Se Realiza la simulación hidráulica de la red de distribución evaluando la presión dinámica, para la determinación de las presiones de servicio de la red correspondiente al periodo 2 suponiendo este periodo como el de máximo consumo, considerando la ausencia de un evento siniestro sin operación de hidrantes.

En la Figura 2 se puede observar la distribución de la red proyectada en el modelo hidráulico en donde se puede observar que las presiones son superiores a los 15 mca, en acorde con lo establecido en la resolución 0330 de 2017 del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

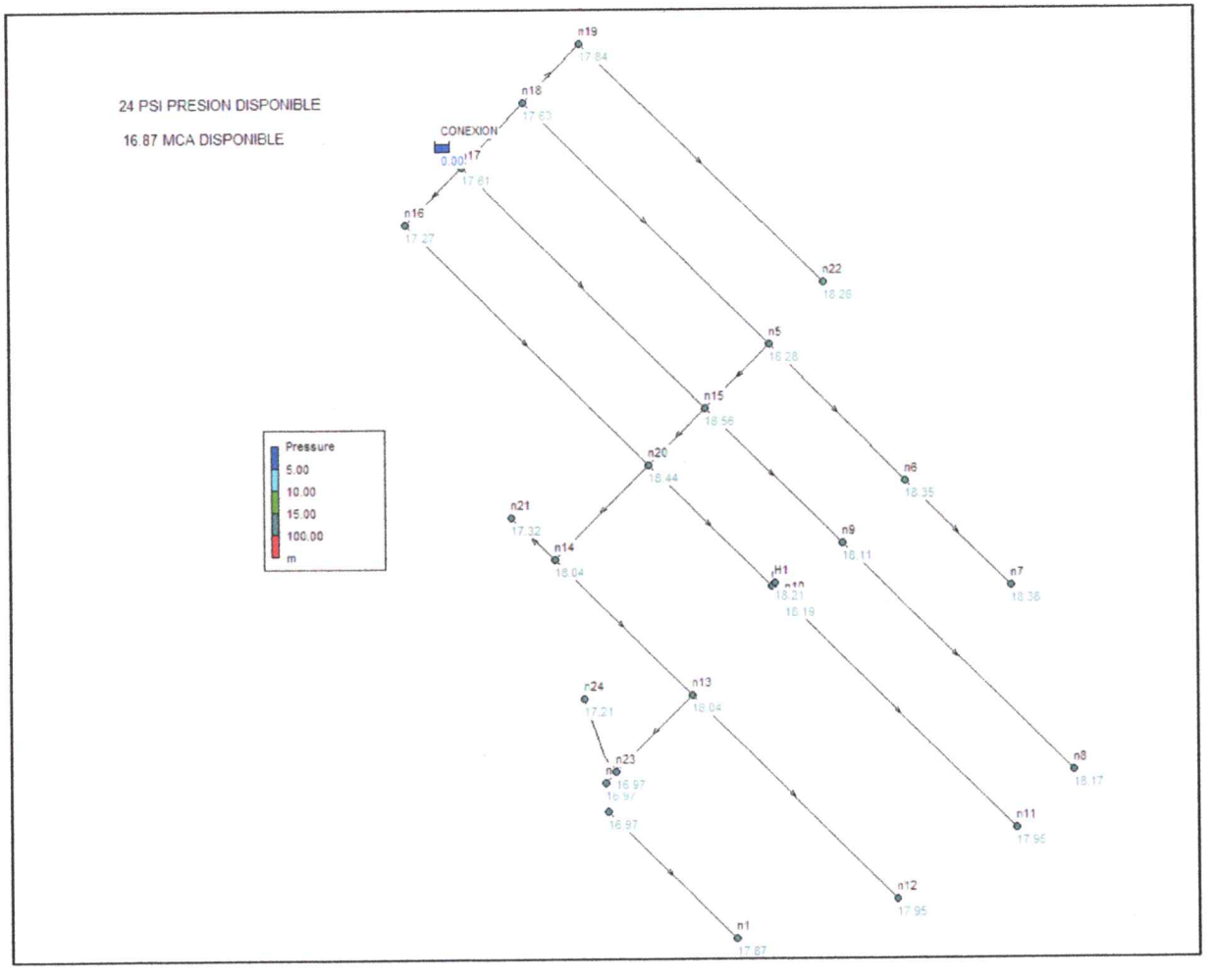

Figura 2. Red de distribución Presión dinámica – QMH.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

En la Figura 3 se observa los valores de presiones en los nodos de la red evaluada, los cuales son superiores a los 15 mca.

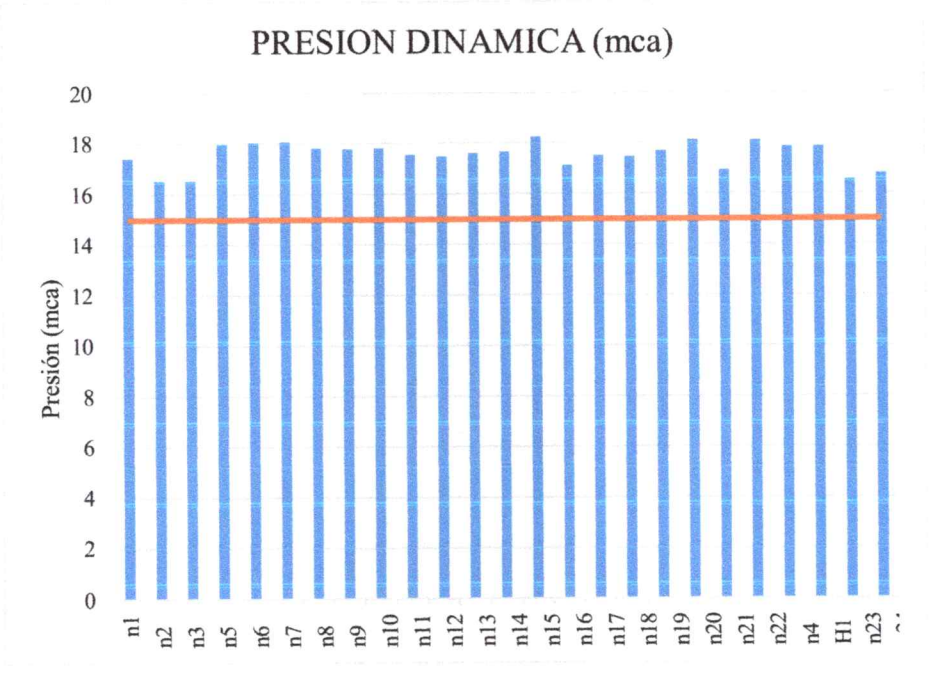

Figura 3. Presión dinámica en la red.

En la Figura 2 y Figura 3 se observa que la red de distribución presenta presiones dinámicas superiores a 15 m.c.a, por lo tanto, el diseño cumple con lo establecido en la Resolución 0330 de junio del 2017 y la resolución 0799 de diciembre de 2021.

Los resultados de la modelación se presentan en el Anexo 2.

3.4.6.2 Evaluación Presiones del sistema con hidrante

Se realiza la simulación hidráulica de la red de distribución considerando la operación de un hidrante, de conformidad con los criterios establecidos en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Para efectos de la evaluación hidráulica, se considera un caudal de salida del hidrante de 10.0 L/s, teniendo en cuenta que la población del casco urbano de Arauquita es superior a 12,500 habitantes. El escenario de operación del hidrante se evalúa de manera independiente de la demanda de consumo habitual de la red, considerando la condición de incendio como un escenario específico de análisis.

Bajo esta condición, se verifica la capacidad hidráulica de la red para suministrar el caudal requerido por el hidrante y mantener una presión residual superior a 1,0 m.c.a. en los nodos de la red, de acuerdo con el criterio de diseño adoptado para la modelación.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

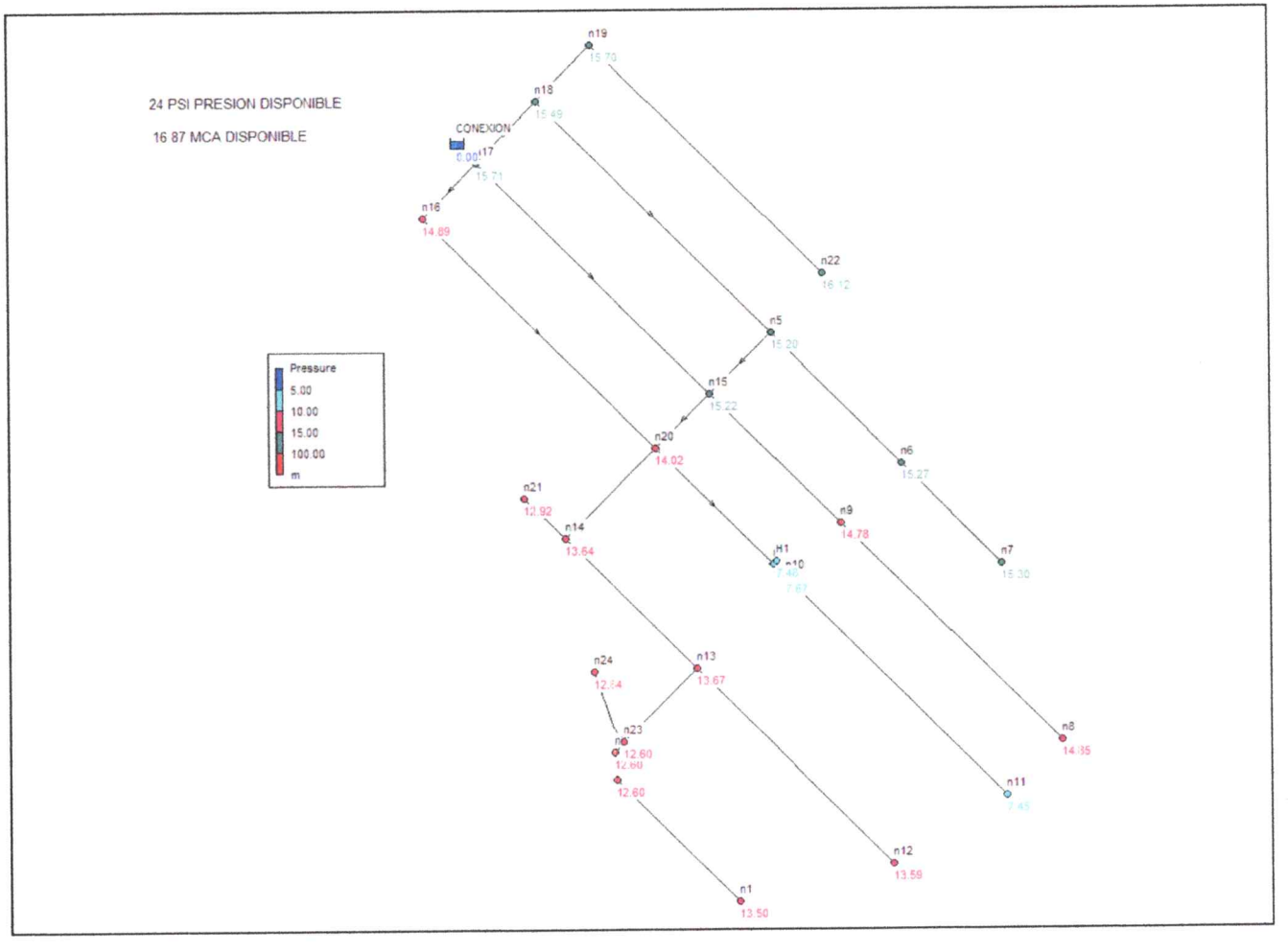

Figura 4. Red de distribución Presión Dinámica con hidrante.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

De acuerdo con los resultados obtenidos de la modelación hidráulica, considerando la operación del hidrante localizado en la red de distribución, se verifica que los nodos analizados cumplen con el criterio de presión mínima de servicio de 1,0 mca., y que se garantiza el suministro del caudal mínimo de 10,0 L/s requerido para la condición de operación del hidrante.

En consecuencia, bajo el escenario de operación evaluado, la red de distribución presenta condiciones hidráulicas que permiten atender el requerimiento asociado al funcionamiento del hidrante, cumpliendo con los criterios de diseño establecidos en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, la Resolución 0799 de diciembre de 2021 y la Resolución 0908 de diciembre de 2021, expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Los resultados de la modelación se presentan en el Anexo 2.

3.4.7 ESTADO DE LAS TUBERÍAS.

Realizada la simulación en el modelo se puede observar que la velocidad en algunos tramos es muy baja casi nula, principalmente por las bajas demandas en los nodos y por la restricción del diámetro mínimo, por lo cual se proyecta una válvula de purga en el punto con la cota mínima en el proyecto para realizar el mantenimiento periódico. Ver plano hidráulico.

3.4.7.1 Golpe de Ariete

Una columna de líquido moviéndose tiene inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo, al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Las principales causas de este fenómeno son:

- La apertura y cierre rápidos de una válvula
- El arranque y la parada de una bomba
- La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las tuberías

$$P = \frac{aV}{g}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{\frac{K}{1 + \left(\frac{K}{E}\right)\left(RDE - 2\right)}}}$$

En donde:

P = Sobrepresión máxima en metros de columna de agua
a = Velocidad de la onda (m/s)
V = Cambio de velocidad del agua (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
K = Módulo de compresión del agua (2.06*104 Kg/cm²)
E = Módulo de elasticidad de la tubería (2.81*104 Kg/cm²). Para tubería de PVC tipo 1, grado 1.
RDE = Relación diámetro exterior/ espesor mínimo

3.4.7.2 RDE de la Tubería.

Mediante el análisis de golpe de ariete se obtiene el RDE óptimo para cada tramo de tubería, a la presión dinámica se le suma la sobrepresión por golpe de ariete y se compara con la presión estática tomándose el valor más alto como el crítico para el diseño del tramo de tubería.

Según los cálculos realizados totas las tuberías de la red de distribución deberán tener un RDE 21 como mínimo.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 8. Análisis del RDE de la tubería de la red de distribución.

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	Longitud Real (m)	Cota Clave inicio (msnm)	Cota Clave final (msnm)	Sw (%)	Presión Estática Inicial (mca)	Presión Estática Final (mca)	Presión Dinámica Inicial (mca)	Presión Dinámica Final (mca)	Cota Piezométrica inicio (msnm)	Cota Piezométrica final (msnm)	D (mm)	D (Pulg)
p1	n1	n2	70.66	153.98	154.88	1.27	18.09	17.19	17.43	16.54	171.41	171.42	80.42	3
p2	n3	n13	47.89	154.88	153.81	2.23	17.19	18.26	16.54	17.61	171.42	171.42	80.42	3
p3	n5	n6	85.43	153.63	153.56	0.08	18.44	18.51	17.98	18.04	171.61	171.60	80.42	3
p4	n6	n7	68.56	153.56	153.53	0.04	18.51	18.54	18.04	18.07	171.60	171.60	80.42	3
p5	n8	n9	143.59	153.72	153.79	0.05	18.35	18.28	17.83	17.78	171.55	171.57	80.42	3
p6	n9	n15	85.31	153.79	153.35	0.52	18.28	18.72	17.78	18.25	171.57	171.60	80.42	3
p7	n20	n4	76.63	153.46	153.67	0.27	18.61	18.40	18.11	17.85	171.57	171.52	80.42	3
p8	n10	n11	144.18	153.69	153.91	0.15	18.38	18.16	17.82	17.55	171.51	171.46	80.42	3
p9	n12	n13	128.26	153.89	153.81	0.06	18.18	18.26	17.49	17.61	171.38	171.42	80.42	3
p10	n13	n14	85.73	153.81	153.84	0.03	18.26	18.23	17.61	17.66	171.42	171.50	80.42	3
p11	n2	n3	22.47	154.88	154.88	0.00	17.19	17.19	16.54	16.54	171.42	171.42	80.42	3
p12	n14	n20	59.34	153.84	153.46	0.64	18.23	18.61	17.66	18.11	171.50	171.57	80.42	3
p13	n20	n15	35.51	153.46	153.35	0.31	18.61	18.72	18.11	18.25	171.57	171.60	80.42	3
p14	n15	n5	40.42	153.35	153.63	0.69	18.72	18.44	18.25	17.98	171.60	171.61	80.42	3
p15	n16	n17	35.82	154.72	154.40	0.89	17.35	17.67	17.12	17.50	171.84	171.90	80.42	3
p16	n17	n18	39.76	154.40	154.36	0.10	17.67	17.71	17.50	17.47	171.90	171.83	80.42	3
p17	n18	n19	36.00	154.36	154.15	0.58	17.71	17.92	17.47	17.68	171.83	171.83	80.42	3
p18	n20	n16	151.88	153.46	154.72	0.83	18.61	17.35	18.11	17.12	171.57	171.84	80.42	3

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	Longitud Real (m)	Cota Clave inicio (msnm)	Cota Clave final (msnm)	Sw (%)	Presión Estática Inicial (mca)	Presión Estática Final (mca)	Presión Dinámica Inicial (mca)	Presión Dinámica Final (mca)	Cota Piezométrica inicio (msnm)	Cota Piezométrica final (msnm)	D (mm)	D (Pulg)
p19	n15	n17	152.29	153.35	154.40	0.69	18.72	17.67	18.25	17.50	171.60	171.90	80.42	3
p20	n5	n18	152.74	153.63	154.36	0.48	18.44	17.71	17.98	17.47	171.61	171.83	80.42	3
p21	n14	n21	26.56	153.84	154.56	2.71	18.23	17.51	17.66	16.94	171.50	171.50	80.42	3
p22	n19	n22	150.65	154.15	153.73	0.28	17.92	18.34	17.68	18.09	171.83	171.82	80.42	3
p23	n17	CONEXION	12.02	154.40	172.07	147.00	17.67	0.00	17.50	0.00	171.90	172.07	80.42	3
p24	n4	n10	8.40	153.67	153.69	0.24	18.40	18.38	17.85	17.82	171.52	171.51	80.42	3
p25	n4	H1	2.54	153.67	153.67	0.00	18.40	18.40	17.85	17.85	171.52	171.52	80.42	3
p26	n23	n24	35.87	154.88	154.64	0.67	17.19	17.43	16.54	16.78	171.42	171.42	80.42	3
p27	n23	n3	5.77	154.88	154.88	0.00	17.19	17.19	16.54	16.54	171.42	171.42	80.42	3

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	D (Pulg)	RDE	a (m/s)	V (m/s)	Sobre presión (mca)	Presión Dinámica + golpe de ariete (mca)	Presión Critica (mca)	Presión de diseño (mca)	Presión de diseño (Kg/cm2)	RDE 21
p1	n1	n2	3	21	368	0.03	1.12	18.55	18.55	20.41	2.04	SI
p2	n3	n13	3	21	368	0.04	1.50	19.11	19.11	21.02	2.10	SI
p3	n5	n6	3	21	368	0.05	1.87	19.91	19.91	21.91	2.19	SI
p4	n6	n7	3	21	368	0.01	0.37	18.44	18.54	20.39	2.04	SI
p5	n8	n9	3	21	368	0.07	2.62	20.45	20.45	22.50	2.25	SI
p6	n9	n15	3	21	368	0.11	4.12	22.37	22.37	24.61	2.46	SI
p7	n20	n4	3	21	368	0.15	5.62	23.73	23.73	26.10	2.61	SI
p8	n10	n11	3	21	368	0.10	3.75	21.57	21.57	23.72	2.37	SI
p9	n12	n13	3	21	368	0.10	3.75	21.36	21.36	23.49	2.35	SI
p10	n13	n14	3	21	368	0.19	7.12	24.78	24.78	27.26	2.73	SI
p11	n2	n3	3	21	368	0.03	1.12	17.66	17.66	19.43	1.94	SI
p12	n14	n20	3	21	368	0.20	7.49	25.60	25.60	28.17	2.82	SI
p13	n20	n15	3	21	368	0.17	6.37	24.62	24.62	27.08	2.71	SI
p14	n15	n5	3	21	368	0.09	3.37	21.62	21.62	23.79	2.38	SI
p15	n16	n17	3	21	368	0.26	9.74	27.24	27.24	29.97	3.00	SI
p16	n17	n18	3	21	368	0.26	9.74	27.24	27.24	29.97	3.00	SI
p17	n18	n19	3	21	368	0.03	1.12	18.80	18.80	20.68	2.07	SI
p18	n20	n16	3	21	368	0.26	9.74	27.85	27.85	30.64	3.06	SI
p19	n15	n17	3	21	368	0.27	10.12	28.37	28.37	31.21	3.12	SI
p20	n5	n18	3	21	368	0.23	8.62	26.60	26.60	29.26	2.93	SI

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	D (Pulg)	RDE	a (m/s)	V (m/s)	Sobre presión (mca)	Presión Dinámica + golpe de ariete (mca)	Presión Critica (mca)	Presión de diseño (mca)	Presión de diseño (Kg/cm2)	RDE 21
p21	n14	n21	3	21	368	0.01	0.37	18.03	18.03	19.84	1.98	SI
p22	n19	n22	3	21	368	0.03	1.12	19.21	19.21	21.14	2.11	SI
p23	n17	CONEXION	3	21	368	0.79	29.61	47.11	47.11	51.82	5.18	SI
p24	n4	n10	3	21	368	0.15	5.62	23.47	23.47	25.82	2.58	SI
p25	n4	H1	3	21	368	0.00	0.00	17.85	18.40	20.24	2.02	SI
p26	n23	n24	3	21	368	0.01	0.37	17.15	17.43	19.17	1.92	SI
p27	n23	n3	3	21	368	0.03	1.12	17.66	17.66	19.43	1.94	SI

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

3.5 PROTECCIONES A LA TUBERÍA

3.5.1 VÁLVULAS DE PURGA

Debe instalarse válvulas de purga en los puntos bajos de las redes, con el fin de permitir el lavado y la descarga de las mismas. El diámetro de la tubería de desagüe deberá estar entre 1/3 y ¼ del diámetro de la tubería principal, con un mínimo de 100 mm para tuberías mayores de 100 mm. Para diámetros menores debe adoptarse el mismo diámetro de la tubería principal. Se deberán verificar las condiciones de presión y protección respectiva de la válvula para evitar su daño. (Art 67 Res 0330 junio de 2017).

Dispositivo mecánico empleado para descargar el agua de la red de distribución durante una operación de drenaje, tanto en la distribución primaria como secundaria.

Están localizadas en los puntos bajos del recorrido de las tuberías, donde se acumulan sedimentos, que reducen e impiden el paso de agua. Deben instalarse válvulas de purga en los puntos bajos de la tubería, con el propósito de descargar una conducción, durante una operación de drenaje.

El proceso para la ubicación de las válvulas de purga consistió en utilizar la topografía del para dibujar los perfiles de todos los tramos de la red de distribución, determinando así los puntos bajos en los que existirá acumulación de sedimentos. Se determinaron en total 12 válvulas de purga. Todas son de 3" de diámetro ya que no espera mucho volumen de agua acumulado durante el vaciado, el cual ira conectado a la estructura de captación de agua cercana para su descarga final en la quebrada.

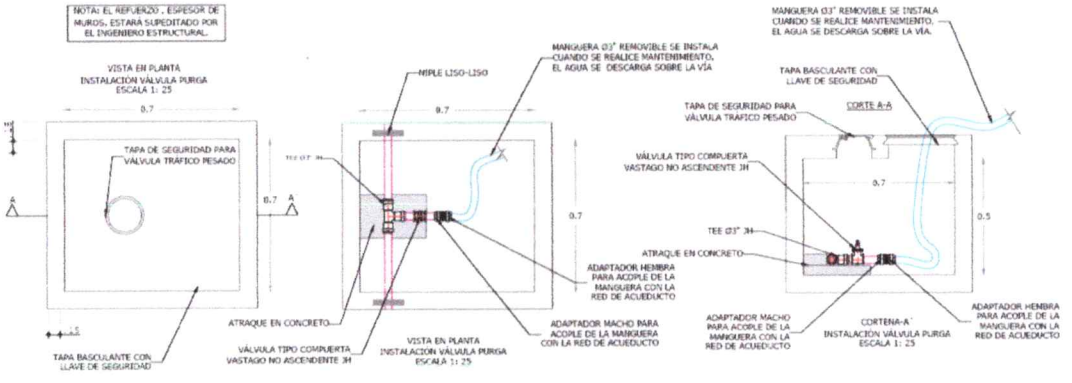

Figura 5. Detalle típico de purga.

3.5.2 VÁLVULAS DE VENTOSA.

Las líneas de conducción y distribución deben contar con válvulas ventosas. Esta se ubicará en los sitios altos de la red, en cambios bruscos de pendiente de positiva a negativa, en tramos de tubería

con pendiente constante y baja (<= 3%), cada 300 m y en otras zonas en las que se considere necesario, de acuerdo con un análisis técnico. El diámetro mínimo de las ventosas debe ser de 25 mm. En todos los casos, el diámetro deberá calcularse para las condiciones particulares de cada proyecto. (Art 66 Res 0330 de junio de 2017).

Las ventosas son dispositivos mecánicos sencillos, imprescindibles en todo tipo de redes de distribución de agua, cuya misión es asegurar el correcto funcionamiento de las tuberías, regulando la cantidad de aire libre que existe en el interior de las mismas.
Las ventosas protegen las tuberías resolviendo algunos problemas hidráulicos como aplastamiento o explosiones, desgaste de contadores, etc.

Por otra parte, no todo el aire que pueda haber en el interior de las redes es perjudicial, en algunos casos la presencia de aire en las tuberías puede reducir los efectos dañinos de la cavitación o de los golpes de ariete.

También la presencia de cantidades incontroladas de aire puede reducir seriamente el rendimiento de una red, ya que el aire se acumula en los puntos altos de las conducciones reduciendo la sección de paso y por tanto la capacidad de transporte de las mismas, llegándose a detenerse completamente el flujo en sistemas por gravedad de baja presión, cuando las velocidades son menores de 1 m/seg, ya que a mayores velocidades las posibles bolsas de aire son gradualmente arrastradas y desaparecen.
En sistemas con altos caudales y altas velocidades, la instalación de ventosas de gran orificio puede causar golpes de ariete, debido a la gran diferencia de velocidades de agua y aire a través de un orificio en condiciones de presión similares

Cuando hablamos de tuberías vacías deberíamos decir tuberías llenas de aire que debe ser evacuado convenientemente. El aire puede entrar también en las conducciones por diversos caminos, por ejemplo, cuando se pone en marcha una bomba, el aire atrapado en sus partes internas es introducido en el sistema. También la propia bomba puede crear vórtices o torbellinos en la aspiración

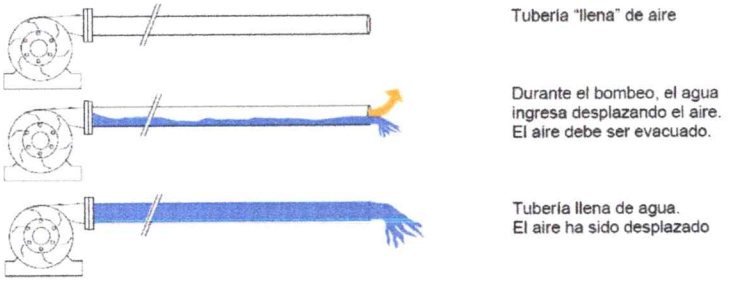

Figura 6. Aire en tuberías.

Cuando el agua pasa de la atmósfera a una conducción cerrada también puede aspirar una gran cantidad de aire en forma de pequeñas burbujas, lo mismo ocurre si el agua pasa, en una conducción, de una sección parcialmente llena a una totalmente llena.

El aire puede también ser introducido en las conducciones, voluntariamente, a través de las propias ventosas, de igual forma el aire puede tener un origen interno, ya que el agua contiene aire disuelto. La cantidad de aire que puede estar disuelto por unidad de volumen de agua depende de la presión y la temperatura, de forma que aumenta con el valor de la presión y disminuye con la temperatura.



Figura 7. Bolsas de aire en puntos altos.

Durante el vaciado o drenaje de las tuberías (sea que se esté realizando en forma programada y controlado o sea que ocurra en forma violenta producto de una rotura), las presiones negativas pueden generar colapso y aplastamiento del tubo.

Este fenómeno se da especialmente en los tubos plásticos, especialmente los de baja clase (escaso espesor de pared).

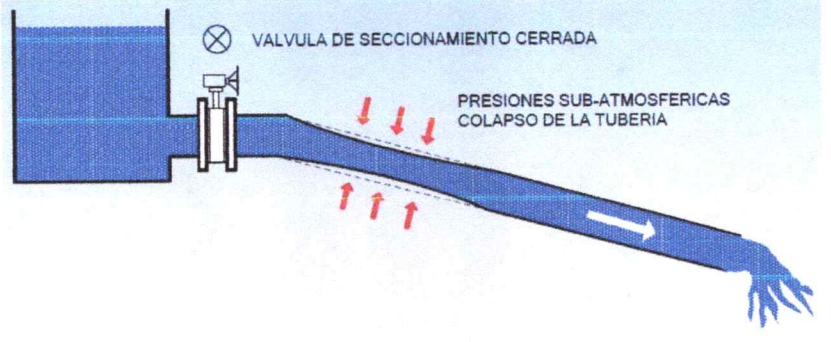

Figura 8. Efecto de presiones sub-atmosféricas en las redes de distribución.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Figura 9. Válvulas de ventosa en puntos altos.

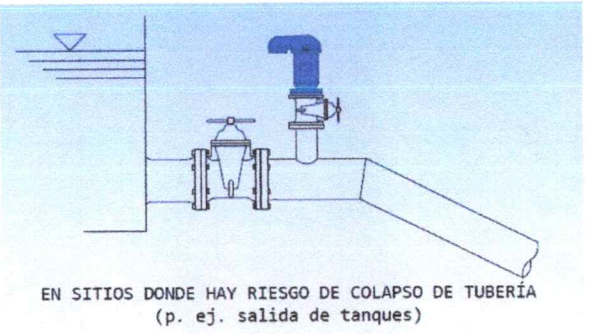

Figura 10. Válvulas de ventosa en la salida de tanques de almacenamiento.

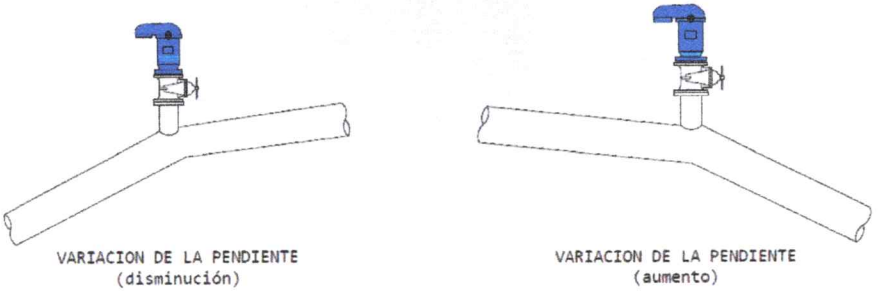

Figura 11. Válvulas de ventosa en cambios de pendiente.

Bajo las pautas mencionadas en los párrafos anteriores y con ayuda del diseño geométrico de las vías del proyecto se determinaron los perfiles de todos los tramos de la red de distribución, determinando el punto con la mayor cota en el cual se ubicó una válvula de ventosa (ver plano).

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

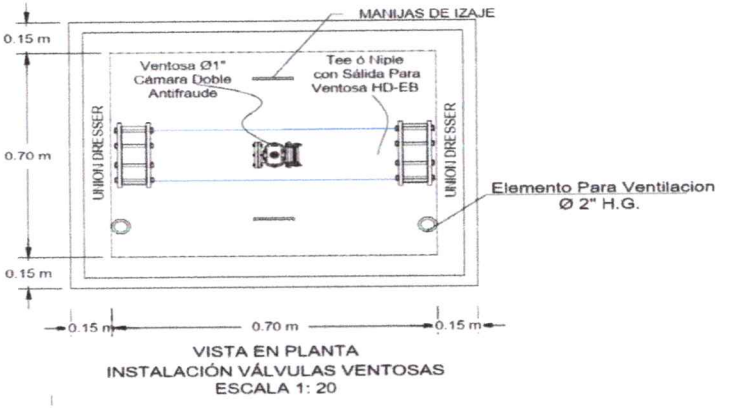

Figura 12. Detalle típico caja de válvulas de ventosa.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

4 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para el desarrollo del diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

5.1 CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en a información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el periodo de diseño con base en el POT o PBOT o EOT y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificará los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestadora del servicio. Se deben estimar los caudales para las condiciones iniciales y finales de periodo de diseño, en cada uno de los tramos de la red, los caudales que se requiere calcular son los siguientes:

4.1.1 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación.

$$Qd = Cr\ x\ Dnetap\ x\ A$$

Donde (Dnetap) es la demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L7s.Ha) y (A) es el área tributaria de drenaje (Ha).
Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable por suscriptor, se debe calcular con la siguiente ecuación.

El aporte doméstico (Q_D) está dado por la expresión:

$$Q_D = \frac{Cr \cdot Dnetas \cdot Ps}{30}$$

Donde (Ps) es el número de suscriptores proyectados al periodo de díselo y (Dnetas) es la demanda neta de agua potable proyectada por suscriptor (m3/suscriptor-mes).
Cuando se utilice proyección de población, se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Qd = \frac{Cr\ x\ P\ x\ Dneta}{86400}$$

Donde (Dneta) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab-dia) y (P) es el número de habitantes proyectados al periodo de diseño.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

4.1.2 DOTACIÓN NETA.

Es la dotación neta proyectada por habitantes (L/Hab-día), de acuerdo a la resolución 0330 de junio del 2017 la dotación está dada por la siguiente tabla:

Tabla 9. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. (Resolución 0330 del 2017)

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

Para el presente proyecto por estar localizado a una altura de 440 msnm, es decir menor a 1000 msnm se trabajará una dotación neta de 140 l/ Hab-día.

4.1.3 COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

De acuerdo a la resolución 0330 del 2017, en lugares donde no se encuentra con datos de análisis para el cálculo del coeficiente se debe tomar un valor de 0.85.

4.1.4 DENSIDAD POBLACIONAL

De acuerdo a lo establecido en el capítulo 3.1 del presente documento la población de diseño es 1035 habitantes, los cuales se encuentran distribuidos en un área total de 5.39 Ha.

Por lo que la densidad de saturación será de 192 Hab/ha.

4.1.5 PERIODO DE DISEÑO (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.

4.1.6 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES (QMD). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

4.1.6.1 Caudal máximo Horario (QMH). (Resolución 0330 de junio de 2017)

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

El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en los 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.

4.1.7 CAUDAL DE CONEXIÓN ERRADAS (QCE). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017)

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

4.1.8 CAUDAL DE INFILTRACIÓN (QINF). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

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 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 0.1 L/s - Ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelo, 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 dl caudal de diseño.

4.1.9 CAUDAL DE DISEÑO. (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017)

El caudal de diseño debe obtenerse sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1.5 l/seg, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 10. Cálculo de caudales sanitarios.

TRAMO		DOMESTICO									Qmd
INICIAL	FINAL	AREA (M2)	AREA (Ha)	AREA AGUAS ARRIBA (Ha)	AREA TOTAL (Ha)	DENSIDAD DE SATURACIÓN (Hab/Ha)	# HAB. (AREA * DENSIDAD DE SATURACION)	DOTACIÓN NETA (Lt/Hab.Dia)	COEFICIENTE DE RETORNO	QD (Lt/s) = #HAB * DN * R	QD + Qc + Qinst + Qi
P1	P1A	2116.430	0.212	0.0000	0.2116	192	41	140	0.85	0.06	0.06
P1A	P2	0.000	0.000	0.2116	0.2116	192	41	140	0.85	0.06	0.06
P2	P2A	399.566	0.040	0.2116	0.2516	192	49	140	0.85	0.07	0.07
P4	P3	6788.000	0.679	0.0000	0.6788	192	131	140	0.85	0.18	0.18
P3	P5	0.000	0.000	0.9304	0.9304	192	179	140	0.85	0.25	0.25
P6	P7	4050.578	0.405	0.0000	0.4051	192	78	140	0.85	0.11	0.11
P7	P5	2929.342	0.293	0.4051	0.6980	192	135	140	0.85	0.19	0.19
P5	P8	0.000	0.000	1.6284	1.6284	192	313	140	0.85	0.43	0.43
P9	P10	2124.790	0.212	0.0000	0.2125	192	41	140	0.85	0.06	0.06
P10	P8	2113.365	0.211	0.2125	0.4238	192	82	140	0.85	0.11	0.11
P8	P11	0.000	0.000	2.0522	2.0522	192	395	140	0.85	0.54	0.54
P12	P11	1242.000	0.124	0.0000	0.1242	192	24	140	0.85	0.03	0.03
P11	PALC3	0.000	0.000	2.1764	2.1764	192	418	140	0.85	0.58	0.58

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		DOMESTICO									Qmd
INICIAL	FINAL	AREA (M2)	AREA (Ha)	AREA AGUAS ARRIBA (Ha)	AREA TOTAL (Ha)	DENSIDAD DE SATURACIÓN (Hab/Ha)	# HAB. (AREA * DENSIDAD DE SATURACION)	DOTACIÓN NETA (Lt/Hab.Dia)	COEFICIENTE DE RETORNO	QD (Lt/s) = #HAB * DN * R	QD + Qc + Qinst + Qi
P13	P14	3603.468	0.360	0.0000	0.3603	192	70	140	0.85	0.10	0.10
P27	P14	561.816	0.056	0.0000	0.0562	192	11	140	0.85	0.02	0.02
P14	P15	0.000	0.000	0.4165	0.4165	192	80	140	0.85	0.11	0.11
P16	P15	3434.885	0.343	0.0000	0.3435	192	66	140	0.85	0.09	0.09
P17	P18	1549.607	0.155	0.0000	0.1550	192	30	140	0.85	0.04	0.04
P18	P15	3849.000	0.385	0.1550	0.5399	192	104	140	0.85	0.14	0.14
P15	P19	0.000	0.000	1.2999	1.2999	192	250	140	0.85	0.34	0.34
P20	P19	2744.221	0.274	0.0000	0.2744	192	53	140	0.85	0.07	0.07
P21	P22	2652.726	0.265	0.0000	0.2653	192	51	140	0.85	0.07	0.07
P22	P19	3015.000	0.302	0.2653	0.5668	192	109	140	0.85	0.15	0.15
P19	P23	0.000	0.000	2.1411	2.1411	192	412	140	0.85	0.57	0.57
P24	P23	2682.046	0.268	0.0000	0.2682	192	52	140	0.85	0.07	0.07
P25	P26	2870.961	0.287	0.0000	0.2871	192	56	140	0.85	0.08	0.08

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		DOMESTICO									Qmd
INICIAL	FINAL	AREA (M2)	AREA (Ha)	AREA AGUAS ARRIBA (Ha)	AREA TOTAL (Ha)	DENSIDAD DE SATURACIÓN (Hab/Ha)	# HAB. (AREA * DENSIDAD DE SATURACION)	DOTACIÓN NETA (Lt/Hab.Dia)	COEFICIENTE DE RETORNO	QD (Lt/s) = #HAB * DN * R	QD + Qc + Qinst + Qi
P26	P23	2986.000	0.299	0.2871	0.5857	192	113	140	0.85	0.16	0.16
P23	PALC2	0.000	0.000	2.9950	2.9950	192	576	140	0.85	0.79	0.79
PALC1	PALC2	4903.000	0.490	0.0000	0.4903	192	95	140	0.85	0.13	0.13

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		FACTOR DE MAYORACIÓN FLOREZ	QMAXH	Q. DE CONEXIONES ERRADAS E INFILTRACION			QDISEÑO (Lt/s)
INICIAL	FINAL			AREA TOTAL ACUMULADA (Ha)	QCE = qCE * A (Lt/s)	QINF = qinf * A (Lt/s)	
P1	P1A	3.80	0.21	0.2116	0.04	0.02	1.50
P1A	P2	3.80	0.21	0.2116	0.04	0.02	1.50
P2	P3	3.80	0.26	0.2516	0.05	0.03	1.50
P4	P3	3.80	0.69	0.6788	0.14	0.07	1.50
P3	P5	3.80	0.94	0.9304	0.19	0.09	1.50
P6	P7	3.80	0.41	0.4051	0.08	0.04	1.50
P7	P5	3.80	0.71	0.6980	0.14	0.07	1.50
P5	P8	3.80	1.64	1.6284	0.33	0.16	2.13
P9	P10	3.80	0.21	0.2125	0.04	0.02	1.50
P10	P8	3.80	0.43	0.4238	0.08	0.04	1.50
P8	P11	3.80	2.07	2.0522	0.41	0.21	2.68
P12	P11	3.80	0.13	0.1242	0.02	0.01	1.50
P11	PALC3	3.80	2.19	2.1764	0.44	0.22	2.84

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		FACTOR DE MAYORACIÓN FLOREZ	QMAXH	Q. DE CONEXIONES ERRADAS E INFILTRACION			QDISEÑO (Lt/s)
INICIAL	FINAL			AREA TOTAL ACUMULADA (Ha)	QCE = qCE * A (Lt/s)	QINF = qinf * A (Lt/s)	
P13	P14	3.80	0.37	0.3603	0.07	0.04	1.50
P27	P14	3.80	0.06	0.0562	0.01	0.01	1.50
P14	P15	3.80	0.42	0.4165	0.08	0.04	1.50
P16	P15	3.80	0.35	0.3435	0.07	0.03	1.50
P17	P18	3.80	0.16	0.1550	0.03	0.02	1.50
P18	P15	3.80	0.54	0.5399	0.11	0.05	1.50
P15	P19	3.80	1.31	1.2999	0.26	0.13	1.70
P20	P19	3.80	0.28	0.2744	0.05	0.03	1.50
P21	P22	3.80	0.27	0.2653	0.05	0.03	1.50
P22	P19	3.80	0.57	0.5668	0.11	0.06	1.50
P19	P23	3.80	2.16	2.1411	0.43	0.21	2.80
P24	P23	3.80	0.27	0.2682	0.05	0.03	1.50
P25	P26	3.80	0.29	0.2871	0.06	0.03	1.50

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		FACTOR DE MAYORACIÓN FLOREZ	QMAXH	Q. DE CONEXIONES ERRADAS E INFILTRACION			QDISEÑO (Lt/s)
INICIAL	FINAL			AREA TOTAL ACUMULADA (Ha)	QCE = qCE * A (Lt/s)	QINF = qinf * A (Lt/s)	
P26	P23	3.80	0.59	0.5857	0.12	0.06	1.50
P23	PALC2	3.70	2.93	2.9950	0.60	0.30	3.83
PALC1	PALC2	3.80	0.50	0.4903	0.10	0.05	1.50

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO COLECTORES SANITARIOS

4.2.1 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

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

4.2.2 CRITERIOS DE AUTO LIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

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.o 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.

4.2.3 VELOCIDAD MÁXIMA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s determinada para el caudal de diseño.

4.2.4 RELACIÓN MÁXIMA ENTRE PROFUNDIDAD DE FLUJO Y DIÁMETRO DE LA TUBERÍA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

Para permitir la aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de este.

4.2.5 DISEÑO DE TUBERÍAS

4.2.5.1 Parámetros de diseño de las tuberías

Los parámetros de diseño a considerar son los siguientes:

Relación y/d inicial (tuberías) = 0.85

Rugosidad absoluta de la tubería = $1.5*10^{-6}$m (Para tubería en PVC)

Diámetro = Se calcula y se ajusta a diámetro comercial

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

4.2.5.2 Procedimiento de diseño

A continuación, se explicará el procedimiento utilizado para el diseño de tuberías, información básica con la cual se elaboran los cuadros de cálculo presentados y relacionados en este documento.

1. Se definen los puntos de control o nodos en sitios estratégicos y a criterio del diseñador, considerando especialmente los sitios al recibo de nuevas cargas de agua residual, cambios bruscos de dirección y pendiente, con el objeto de diseñar las secciones acordes a las necesidades.
2. En cada punto y utilizando el levantamiento topográfico se determina longitud y diferencia de nivel.
3. Para la evaluación de los caudales, se emplea el procedimiento descrito anteriormente
4. Se dimensiona el diámetro y la pendiente, siguiendo el siguiente proceso:
    a) Se nombra el tramo, se indica el abscisado, se determina la longitud del tramo.
    b) Usando la ecuación de Colebrook White se despeja el diámetro requerido y luego se aproxima al diámetro interno comercial (d_{real}), con este diámetro a partir de la misma ecuación se determina la relación (y / d_{real}), siendo "y" la profundidad de la lámina de agua en la tubería.
    c) Se calculan los siguientes parámetros: Velocidad, Número de Froude, Esfuerzo cortante, verificando las siguientes condiciones: (Resolución 0330 del 2017)

Esfuerzo cortante: $\tau > 1.0\ N / m^2$

El procedimiento de cálculo se realiza en Excel, aplicando macros para mayor precisión en todos sus parámetros.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 11. Calculo hidráulicos colectores sanitarios.

Cota Batea		Tramo		Cota tapa		Cota clave		Long. a Ejes de Pozos	St	Sw	QDISEÑO	Θ	AREA	R	QESTIMADO
I	F	I	F	I	F	I	F	Mts.	%	%	(m3/seg)	(Rad)	m2	m	m3/seg
154.20	153.94	P1	P1A	154.99	155.92	154.39	154.14	74.770	-1.24	0.340	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.93	153.89	P1A	P2	155.92	155.88	154.13	154.08	13.310	0.30	0.340	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.88	153.86	P2	P3	155.88	154.81	154.09	154.89	50	11.56	0.340	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.10	153.70	P4	P3	154.89	154.81	154.29	153.89	118.270	0.07	0.340	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.69	153.49	P3	P5	154.81	154.69	153.88	153.68	59.280	0.20	0.340	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.12	153.84	P6	P7	154.91	154.71	154.31	154.03	70.000	0.29	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.82	153.54	P7	P5	154.71	154.69	154.01	153.73	70.730	0.03	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.48	153.35	P5	P8	154.69	154.79	153.67	153.54	36.120	-0.28	0.340	0.00213	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.93	153.65	P9	P10	154.72	154.65	154.12	153.84	70.000	0.10	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.63	153.35	P10	P8	154.65	154.79	153.82	153.54	69.460	-0.20	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.34	153.21	P8	P11	154.79	154.56	153.53	153.40	40.410	0.57	0.340	0.00268	4.69239	0.00	0.02	0.003
153.62	153.20	P12	P11	154.46	154.56	153.81	153.39	69.480	-0.14	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.19	153.05	P11	PALC3	154.56	154.64	153.38	153.24	41.500	-0.19	0.350	0.00284	4.69239	0.00	0.02	0.003

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Cota Batea		Tramo		Cota tapa		Cota clave		Long. a Ejes de Pozos	St	Sw	QDISEÑO	Θ	AREA	R	QESTIMADO
I	F	I	F	I	F	I	F	Mts.	%	%	(m3/seg)	(Rad)	m2	m	m3/seg
154.01	153.72	P13	P14	154.800	154.840	154.20	153.91	72.800	-0.05	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.42	153.73	P27	P14	155.560	154.840	154.61	153.92	31.470	2.29	2.200	0.00150	4.69239	0.00	0.01	0.002
153.70	153.46	P14	P15	154.840	154.460	153.89	153.65	59.170	0.64	0.400	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.88	153.44	P16	P15	154.670	154.460	154.07	153.63	72.780	0.29	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.73	153.89	P17	P18	155.720	154.700	154.92	154.08	70.000	1.46	1.200	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.87	153.42	P18	P15	154.700	154.460	154.06	153.61	75.630	0.32	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.40	153.25	P15	P19	154.460	154.350	153.59	153.44	36.200	0.30	0.400	0.00170	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.71	153.27	P20	P19	154.600	154.350	153.90	153.46	72.730	0.34	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.18	153.76	P21	P22	155.070	154.850	154.37	153.95	70.000	0.31	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.74	153.29	P22	P19	154.850	154.350	153.93	153.48	75.630	0.66	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.23	153.09	P19	P23	154.350	154.630	153.42	153.28	40.000	-0.70	0.360	0.00280	4.69239	0.00	0.02	0.003
153.56	153.12	P24	P23	154.450	154.630	153.75	153.31	72.780	-0.25	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
154.03	153.61	P25	P26	154.970	154.460	154.22	153.80	70.000	0.73	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.59	153.14	P26	P23	154.460	154.630	153.78	153.33	75.530	-0.23	0.600	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.08	152.93	P23	PALC2	154.630	154.730	153.27	153.12	41.590	-0.24	0.350	0.00383	4.69239	0.01	0.03	0.004

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Cota Batea		Tramo		Cota tapa		Cota clave		Long. a Ejes de Pozos	St	Sw	QDISEÑO	Θ	AREA	R	QESTIMADO
I	F	I	F	I	F	I	F	Mts.	%	%	(m3/seg)	(Rad)	m2	m	m3/seg
153.62	152.93	PALC1	PALC2	155.170	154.730	153.81	153.12	157.180	0.28	0.440	0.00150	4.69239	0.00	0.02	0.002

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		Diámetro Calculado	Diámetro comercial	Diámetro interno mínimo	Diámetro Exterior	Do	ERROR $Q_T - Q_D$	y/do	Θ	A	R	D	Y_n
I	F	m	mm-pulg	(mm)	(mm)	(m)	m3/seg	(-)	(Rad)	m2	m	m	m
P1	P1A	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.72749	0.00	0.02	0.022	0.032
P1A	P2	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.72749	0.00	0.02	0.022	0.032
P2	P3	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.72749	0.00	0.02	0.022	0.032
P4	P3	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.72749	0.00	0.02	0.022	0.032
P3	P5	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.72749	0.00	0.02	0.022	0.032
P6	P7	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P7	P5	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P5	P8	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.21	1.89281	0.00	0.02	0.026	0.038
P9	P10	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P10	P8	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P8	P11	0.08	200	182	200	0.182	0.000	0.23	2.01482	0.00	0.03	0.030	0.042
P12	P11	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P11	PALC3	0.08	200	182	200	0.182	0.000	0.24	2.03739	0.00	0.03	0.031	0.043

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		Diámetro Calculado	Diámetro comercial	Diámetro interno mínimo	Diámetro Exterior	Do	ERROR $Q_T - Q_D$	y/do	Θ	A	R	D	Y_n
I	F	m	mm-pulg	(mm)	(mm)	(m)	m3/seg	(-)	(Rad)	m2	m	m	m
P13	P14	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P27	P14	0.04	200	182	200	0.182	0.000	0.11	1.32677	0.00	0.01	0.013	0.019
P14	P15	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
P16	P15	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P17	P18	0.05	200	182	200	0.182	0.000	0.12	1.44355	0.00	0.01	0.016	0.023
P18	P15	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P15	P19	0.07	200	182	200	0.182	0.000	0.18	1.74219	0.00	0.02	0.023	0.032
P20	P19	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P21	P22	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P22	P19	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P19	P23	0.08	200	182	200	0.182	0.000	0.23	2.02041	0.00	0.03	0.030	0.043
P24	P23	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P25	P26	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P26	P23	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.59192	0.00	0.02	0.019	0.027
P23	PALC2	0.09	200	182	200	0.182	0.000	0.28	2.21452	0.01	0.03	0.036	0.050

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		Diámetro Calculado	Diámetro comercial	Diámetro interno mínimo	Diámetro Exterior	Do	ERROR $Q_T - Q_D$	y/do	Θ	A	R	D	Y_n
I	F	m	mm-pulg	(mm)	(mm)	(m)	m3/seg	(-)	(Rad)	m2	m	m	m
PALC1	PALC2	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.16	1.66424	0.00	0.02	0.021	0.030

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		$Q_{ESTIMADO}$	ERROR $Q_T - Q_D$	Velocidad	VERIFICACION VELOCIDAD	t	Verificación t > 1 N/m²	NF	Ver. Rango 0.9-1.1
I	F	m3/seg	m3/seg	m/s	(-)	N/m²	STATUS	-	(-)
P1	P1A	0.00	0.0000	0.49	CUMPLE	0.68	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P1A	P2	0.00	0.0000	0.49	CUMPLE	0.68	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P2	P3	0.00	0.0000	0.49	CUMPLE	0.68	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P4	P3	0.00	0.0000	0.49	CUMPLE	0.68	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P3	P5	0.00	0.0000	0.49	CUMPLE	0.68	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P6	P7	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P7	P5	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P5	P8	0.00	0.0000	0.54	CUMPLE	0.79	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P9	P10	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P10	P8	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P8	P11	0.00	0.0000	0.58	CUMPLE	0.87	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P12	P11	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P11	PALC3	0.00	0.0000	0.60	CUMPLE	0.91	NO CUMPLE	1.1	O.K.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		$Q_{ESTIMADO}$	ERROR $Q_T - Q_D$	Velocidad	VERIFICACION VELOCIDAD	t	Verificación t > 1 N/m²	NF	Ver. Rango 0.9-1.1
I	F	m3/seg	m3/seg	m/s	(-)	N/m²	STATUS	-	(-)
P13	P14	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P27	P14	0.00	0.0000	1.02	CUMPLE	2.75	CUMPLE	2.8	O.K.
P14	P15	0.00	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P16	P15	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P17	P18	0.00	0.0000	0.80	CUMPLE	1.74	CUMPLE	2.1	O.K.
P18	P15	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P15	P19	0.00	0.0000	0.54	CUMPLE	0.81	NO CUMPLE	1.2	O.K.
P20	P19	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P21	P22	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P22	P19	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P19	P23	0.00	0.0000	0.60	CUMPLE	0.93	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P24	P23	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P25	P26	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P26	P23	0.00	0.0000	0.61	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.4	O.K.
P23	PALC2	0.00	0.0000	0.65	CUMPLE	1.04	CUMPLE	1.1	O.K.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		$Q_{ESTIMADO}$	ERROR $Q_T - Q_D$	Velocidad	VERIFICACION VELOCIDAD	t	Verificación t > 1 N/m²	NF	Ver. Rango 0.9-1.1
I	F	m3/seg	m3/seg	m/s	(-)	N/m²	STATUS	-	(-)
PALC1	PALC2	0.00	0.0000	0.54	CUMPLE	0.82	NO CUMPLE	1.2	O.K.

Debido a la topografía de la zona de estudio al presentar pendientes bajas, se hizo necesario la proyección de rellenos de manera que se logrará garantizar un sistema con funcionamiento a flujo a gravedad para la conexión a la red de alcantarillado del municipio; sin embargo en algunos tramos no fue posible el cumplimiento el parámetro de esfuerzo cortante, por lo que se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s, por lo anterior se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado propuesto.

Para las viviendas localizadas sobre la Carrera 2, la conexión al sistema de alcantarillado se realizará al colector existente localizado sobre la vía identificado como PALC1 – PALC2, en donde de acuerdo al análisis hidráulico realizado no presenta cumplimiento de esfuerzo cortante para el caudal sanitario estimado, sin embargo se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s, por lo que se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado existente.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

4.3 POZOS DE INSPECCIÓN

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. Para esto debe ser provista una escalera de acceso con pasos de hierro y los elementos mínimos de seguridad industrial para los operarios. La cañuela o piso de la estructura es una plataforma en la cual se hacen canales que prolongan los conductos y encauzan sus flujos, cuando esto se requiera. La parte superior remata en una protección de su desembocadura a la superficie donde se coloca la correspondiente tapa. Deben hacerse consideraciones sobre la ventilación de los pozos.

Las estructuras de conexión deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos.

4.3.1 UBICACIÓN

Las estructuras de conexión deben ubicarse como mínimo en los siguientes puntos de la red de alcantarillado

- Al inicio de la red
- Cambios de dirección de flujo
- Cambios de diámetro
- Cambios de material
- Cambios de pendiente
- En la confluencia de más de dos tuberías
- A distancia máxima entre colectores de 120 m para tramos con aportes de caudal
- A distancia máxima entre colectores de 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.

4.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

4.3.2.1 Diámetro.

El diámetro interno de la estructura debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando en las tuberías que se conecten a estructura caben sin cruzarse entre sí y que las perdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas.

Adicionamiento, se debe considerar la disponibilidad de equipos de mantenimiento. Las estructuras de conexión para inspección, limpieza e ingreso del personal de mantenimiento deben diseñarse con los diámetros mínimos estipulados en la tabla.

Tabla 12. Diámetro interno de Estructuras de conexión (Resolución 0330 del 2017)

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	**Diámetro interno de la estructura (m)**
De 200 a 500	1.20
Mayor de 500 hasta 750	1.50
Mayor de 750 hasta 900	1.80

4.3.2.2 Diámetro de Acceso.

El diámetro mínimo de acceso es de 0.60 m y debe contar con tapa. Deberá proveer escalera de acceso anticorrosiva la cual podrá ser permanente o móvil.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El proyecto fue contemplado y diseñado bajo los parámetros establecidos en la resolución 0330 de junio de 2017 y la resolución 0799 de diciembre de 2021 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

- El presente estudio contemplo el diseño de la red de alcantarillado y acueducto, así como el manejo de aguas lluvias para el proyecto AMPLIACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

- El proyecto se conectará a la línea de acueducto existente en la Calle 11 con carrera 1 en donde se dispone de una presión de servicio de 24 PSI; de acuerdo al modelo hidráulico realizado se garantiza una presión mínima de 15 mca en la red propuesta, cumpliendo con lo especificado en la normatividad aplicable al proyecto.

- La tubería de suministro de agua potable que proviene del tanque elevado deberá ser en PVC RDE 21 (Presión de trabajo de 200 psi).

- En la tubería enterrada para suministro de agua potable, los cambios de dirección o en presencia de accesorios y válvulas, deberán ir debidamente empotradas mediante bloques de concreto colocados entre la tubería o accesorio y la pared de la zanja para trasmitir las fuerzas dinámicas al terreno.

- Debido a la topografía de la zona de estudio al presentar pendientes bajas, se hizo necesario la proyección de rellenos de manera que se logrará garantizar un sistema con funcionamiento a flujo a gravedad para la conexión a la red de alcantarillado del municipio; sin embargo en algunos tramos no fue posible el cumplimiento el parámetro de esfuerzo cortante, por lo que se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s, por lo anterior se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado propuesto.

- Para las viviendas localizadas sobre la Carrera 2, la conexión al sistema de alcantarillado se realizará al colector existente localizado sobre la vía identificado como PALC1 – PALC2, en donde de acuerdo al análisis hidráulico realizado no presenta cumplimiento de esfuerzo cortante para el caudal sanitario estimado, sin embargo se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s, por lo que se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado existente.

- Las dimensiones de muros o estructuras recolectoras de agua, son estimadas y no obedecen a diseño estructural. Se proyectaron a construirse en concreto reforzado o prefabricados, sin embargo, el constructor puede utilizar cualquier material siempre las dimensiones de las obras hidráulicas proyectadas.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

- El diámetro de las tuberías de conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado será de 6" de acuerdo a lo establecido en la resolución 0330 de 2017, con una pendiente mínima de conexión de 2.0%
- Se recomienda utilizar tubería corrugada en la red de alcantarillado

- Los planos hidráulicos del diseño se presentan sobre planos arquitectónicos entregado por el contratista del proyecto.

Nelson Javier Cely Calixto

C.C. 88.248.537 de Cúcuta – M.P. 54202136452 NTS
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander. Profesor Tiempo Completo.
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental – Universidad Manuela Beltrán.
Magíster en Obras Hidráulicas (Ven) o Recursos Hídricos (Col) – Universidad de los Andes.
Doctor en Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Universidad del Valle.
20 años de Experiencia como Consultor en el Área de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

BIBLIOGRAFÍA

- Chow Ven Te, "Open Channel Hydraulics", McGraw-Hill Kogakusha Ltd., 1959
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W.,"Applied Hydrology", McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A., 1988.
- Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., 2 ª Edición, enero de 1999.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0330 junio de 2017.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

ANEXOS

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Anexo 1. Disponibilidad de conexión red de acueducto



Arauquita

Secretaria de Servicios Públicos
Código 150.03
Versión 0-2024
NIT 892.099.494 – 7

LA SECRETARIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA EN CALIDAD DE PRESTADOR DIRECTO

Según acuerdo municipal 18 de 31 de mayo de 2000

CERTIFICA

Que los sectores **BARRIO ALTO DEL PRADO** y **CIUDAD JARDÍN**, los cuales se encuentran dentro del área urbana del Municipio de Arauquita, actualmente no cuentan con disponibilidad de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo; sin embargo, pueden conectarse a la caja de conexión de acueducto ubicada en la **Calle 11 con Carrera 1**, cuyas coordenadas son **07°01'20.77" N y 71°25'42.61" W.**

Para el caso del servicio de acueducto, el punto de conexión para la red principal es de 4 pulgadas con una presión de 24 PSI.

Se expide la presente certificación en el Municipio de Arauquita, a solicitud del interesado, a los veinticuatro (24) días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco (2025).

HECTOR JAVIER GÓMEZ PACHECO
Secretario de Servicios Públicos

Elaboró: Mariana Sarmiento López
Apoyo Administrativo SSP. CTO 265/2025
Revisó: Héctor Javier Gómez Pacheco
secretario de servicios públicos domiciliarios
Aprobó: Héctor Javier Gómez Pacheco
secretario de servicios públicos domiciliarios

Carrera 3 N° 5-53 B. San Martín
Teléfono: (7) 8836214 Fax: (7) 8836085 – 8836102
www.arauquita-arauca.gov.co

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Anexo 2. Resultados modelación hidráulica.

- **Modelo sin hidrante presión dinámica.**

Resultados en los nodos

Nodo	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	LPS	m	m
n1	153.98	0.08777481	0.16	171.41	17.43
n2	154.88	0	0	171.42	16.54
n3	154.88	0	0	171.42	16.54
n5	153.63	0.24299852	0.44	171.61	17.98
n6	153.56	0.11121185	0.2	171.6	18.04
n7	153.53	0.03778963	0.07	171.6	18.07
n8	153.72	0.18940444	0.34	171.55	17.83
n9	153.79	0.1137837	0.2	171.57	17.78
n10	153.69	0.14244741	0.26	171.51	17.82
n11	153.91	0.2896237	0.52	171.46	17.55
n12	153.89	0.2815763	0.51	171.38	17.49
n13	153.81	0.14954074	0.27	171.42	17.61
n14	153.84	0	0	171.5	17.66
n15	153.35	0.23511704	0.42	171.6	18.25
n16	154.72	0	0	171.84	17.12
n17	154.4	0	0	171.9	17.5
n18	154.36	0	0	171.83	17.47
n19	154.15	0	0	171.83	17.68
n20	153.46	0.22470519	0.4	171.57	18.11
n21	154.56	0.02322963	0.04	171.5	16.94
n22	153.73	0.08947556	0.16	171.82	18.09
n4	153.67	0	0	171.52	17.85
H1	153.67	0	0	171.52	17.85
n23	154.88	0	0	171.42	16.54
n24	154.64	0.01659259	0.03	171.42	16.78
CONEXION	172.07	#N/A	-4.02	172.07	0

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Resultados en las tuberías

Tubería	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor	Status
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		
p1	70.66	80.42	0.0015	-0.16	0.03	0.03	0.047	Open
p2	47.89	80.42	0.0015	-0.19	0.04	0.04	0.048	Open
p3	85.43	80.42	0.0015	0.27	0.05	0.1	0.056	Open
p4	68.56	80.42	0.0015	0.07	0.01	0.01	0.076	Open
p5	143.59	80.42	0.0015	-0.34	0.07	0.15	0.053	Open
p6	85.31	80.42	0.0015	-0.55	0.11	0.36	0.049	Open
p7	76.63	80.42	0.0015	0.78	0.15	0.68	0.046	Open
p8	144.18	80.42	0.0015	0.52	0.1	0.33	0.049	Open
p9	128.26	80.42	0.0015	-0.51	0.1	0.31	0.049	Open
p10	85.73	80.42	0.0015	-0.96	0.19	1	0.044	Open
p11	22.47	80.42	0.0015	-0.16	0.03	0.02	0.038	Open
p12	59.34	80.42	0.0015	-1.01	0.2	1.08	0.044	Open
p13	35.51	80.42	0.0015	-0.88	0.17	0.85	0.045	Open
p14	40.42	80.42	0.0015	-0.46	0.09	0.26	0.05	Open
p15	35.82	80.42	0.0015	-1.31	0.26	1.76	0.042	Open
p16	39.76	80.42	0.0015	1.33	0.26	1.8	0.042	Open
p17	36	80.42	0.0015	0.16	0.03	0.03	0.045	Open
p18	151.88	80.42	0.0015	-1.31	0.26	1.76	0.042	Open
p19	152.29	80.42	0.0015	-1.39	0.27	1.97	0.041	Open
p20	152.74	80.42	0.0015	-1.17	0.23	1.42	0.043	Open
p21	26.56	80.42	0.0015	0.04	0.01	0	0.114	Open
p22	150.65	80.42	0.0015	0.16	0.03	0.03	0.045	Open
p23	12.02	80.42	0.0015	-4.02	0.79	14.28	0.036	Open
p24	8.4	80.42	0.0015	0.78	0.15	0.68	0.045	Open
p25	2.54	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p26	35.87	80.42	0.0015	0.03	0.01	0	0.142	Open
p27	5.77	80.42	0.0015	0.16	0.03	0.03	0.047	Open

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

- **Modelo con hidrante**

Resultados en los nodos

Node ID	Elevation	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	m	m
n1	154.98	0	168.48	13.5
n2	155.88	0	168.48	12.6
n3	155.88	0	168.48	12.6
n5	154.63	0	169.83	15.2
n6	154.56	0	169.83	15.27
n7	154.53	0	169.83	15.3
n8	154.72	0	169.57	14.85
n9	154.79	0	169.57	14.78
n10	154.69	0	162.36	7.67
n11	154.91	0	162.36	7.45
n12	154.89	0	168.48	13.59
n13	154.81	0	168.48	13.67
n14	154.84	0	168.48	13.64
n15	154.35	0	169.57	15.22
n16	155.72	0	170.61	14.89
n17	155.4	0	171.11	15.71
n18	155.36	0	170.85	15.49
n19	155.15	0	170.85	15.7
n20	154.46	0	168.48	14.02
n21	155.56	0	168.48	12.92
n22	154.73	0	170.85	16.12
n4	154.67	0	162.36	7.69
H1	154.67	10	162.15	7.48
n23	155.88	0	168.48	12.6
n24	155.64	0	168.48	12.84
Resvr CONEXION	172.07	-10	172.07	0

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Resultados en las tuberías

Link ID	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor	Status
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		
p1	70.66	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p2	47.89	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p3	85.43	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p4	68.56	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p5	143.59	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p6	85.31	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p7	76.63	80.42	0.0015	10	1.97	79.94	0.033	Open
p8	144.18	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p9	128.3	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p10	85.73	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p11	22.47	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p12	59.34	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p13	35.51	80.42	0.0015	-6.02	1.19	30.54	0.034	Open
p14	40.42	80.42	0.0015	-2.67	0.53	6.62	0.038	Open
p15	35.82	80.42	0.0015	-3.98	0.78	13.99	0.036	Open
p16	39.76	80.42	0.0015	2.67	0.53	6.62	0.038	Open
p17	36	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p18	151.88	80.42	0.0015	-3.98	0.78	13.99	0.036	Open
p19	152.29	80.42	0.0015	-3.35	0.66	10.13	0.037	Open
p20	152.74	80.42	0.0015	-2.67	0.53	6.62	0.038	Open
p21	26.56	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p22	150.65	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p23	12.02	80.42	0.0015	-10	1.97	79.95	0.033	Open
p24	8.4	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p25	2.54	80.42	0.0015	10	1.97	79.95	0.033	Open
p26	35.87	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open
p27	5.77	80.42	0.0015	0	0	0	0	Open

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE ARAUCA
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

PROYECTO

PAVIMENTACIÓN DE VÍAS Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA – DEPARTAMENTO DE ARAUCA

BARRIO 26 DE OCTUBRE

CONSULTOR
EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y SANITARIA

NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental - Universidad Manuela Beltrán
Magíster en Obras Hidráulicas (Ven) o Recursos Hídricos (Col) – Universidad de los Andes
Doctor en Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Universidad del Valle

DISEÑO HIDRÁULICO

OCTUBRE 2026

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
1.1 cOORDENADAS LOCALIZACIÓN PROYECTO 7
2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO 8
2.1 RESEÑA HISTÓRICA 8
2.2 GEOGRAFÍA 8
2.3 ECONOMÍA 9
3 DISEÑO RED DE ACUEDUCTO DE AGUA POTABLE 10
3.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN 10
3.2 EVALUACIÓN DE DOTACIÓN Y DEMANDA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN. 12
3.2.1 Dotación Neta 12
3.2.2 Dotación Bruta 12
3.2.2.1 Cálculo De La Dotación Bruta. 12
3.2.3 Caudal Medio Diario. 13
3.2.4 Caudal máximo diario (QMD) 13
3.2.5 Caudal Máximo Horario. (QMH) 13
3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 14
3.3.1 Caudal de diseño 14
3.3.2 Presiones Mínimas en la Red. 14
3.3.3 Presiones Máximas en la Red. 15
3.3.4 Diámetro Interno Real Mínimo En La Red de Distribución 15
3.3.5 Velocidades En Las Tuberías De La Red De Distribución 15
3.3.6 Pendientes En Las tuberías De La Red De Distribución. RAS Titulo B 7.4.10. 15
3.3.7 Profundidades Máximas y Mínimas Para La Instalación De Tuberías Enterradas En Las Redes De Distribución 16
3.3.8 Selección Material De Las Tuberías 16
3.4 ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 18
3.4.1 Modelación De Redes De Distribución De Agua 18
3.4.1.1 Pérdidas de Carga 19
3.4.2 Asignación de Caudales en los Nodos 20
3.4.3 Presión Estática 22

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

3.4.4 Presión dinámica 22
3.4.5 Curva Demanda Horaria 22
3.4.6 Simulación Hidráulica. 23
3.4.6.1 Evaluación Presiones del sistema 23
3.4.7 Estado de las tuberías 24
3.4.7.1 Golpe de Ariete 24
3.4.7.2 RDE de la Tubería. 25
4 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO 29
5.1 CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES 29
4.1.1 Caudal de Aguas Residuales Domésticas. (Resolución 0330 de junio de 2017) 29
4.1.2 Dotación neta. 30
4.1.3 Coeficiente de retorno 30
4.1.4 Densidad poblacional 30
4.1.5 Periodo de diseño (Resolución 0330 junio del 2017) 30
4.1.6 Caudal medio diario de aguas residuales (Qmd). (Resolución 0330 de junio de 2017). 30
4.1.6.1 Caudal máximo Horario (QMH). (Resolución 0330 de junio de 2017) 31
4.1.7 Caudal de Conexión Erradas (Qce). (Resolución 0330 de junio de 2017) 31
4.1.8 Caudal de Infiltración (Qinf). (Resolución 0330 de junio de 2017) 31
4.1.9 Caudal de diseño. (Resolución 0330 de junio de 2017) 31
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO COLECTORES SANITARIOS 34
4.2.1 Diámetro interno real mínimo en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 34
4.2.2 Criterios de auto limpieza en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 34
4.2.3 Velocidad máxima en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 34
4.2.4 Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios (Resolución 0330 junio del 2017) 34
4.2.5 Diseño De Tuberías 34
4.2.5.1 Parámetros de diseño de las tuberías 34
4.2.5.2 Procedimiento de diseño 35
4.3 POZOS DE INSPECCIÓN 39

4.3.1 Ubicación....39
4.3.2 Parámetros de Diseño....40
4.3.2.1 Diámetro....40
4.3.2.2 Diámetro de Acceso....40
CONCLUSIONES....41
BIBLIOGRAFÍA....43

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Punto de conexión a la red de acueducto. 23
Figura 2. Red de distribución Presión dinámica – QMH....24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del proyecto 7
Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendido. (Res 0330/2017)....12
Tabla 3. Caudales de diseño red de acueducto....14
Tabla 4. Caudales de diseño. (Res 0330/2017) 14
Tabla 5. (Tabla B.7.6) Velocidades máximas según material de tuberías....15
Tabla 6. Profundidades mínimas a cota clave de la tubería. 16
Tabla 7. Asignación de caudales en los nodos. 21
Tabla 8. Análisis del RDE de la tubería de la red de distribución. 26
Tabla 9. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona 30
Tabla 10. Cálculo de caudales sanitarios. 32
Tabla 11. Calculo hidráulicos colectores sanitarios....36
Tabla 12. Diámetro interno de Estructuras de conexión (Resolución 0330 del 2017)....40

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Análisis red de acueducto barrio 26 de octubre....10
Ilustración 2. Lotes sin conexión barrio 26 de octubre. 11
Ilustración 3. Total de viviendas Barrio 26 de octubre. 11
Ilustración 4. Áreas hidráulicas nodos red de acueducto 21

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto "PAVIMENTACIÓN DE VÍAS Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA – DEPARTAMENTO DE ARAUCA" se localiza en el Barrio 26 de octubre en el Municipio de Arauquita, departamento de Arauca.

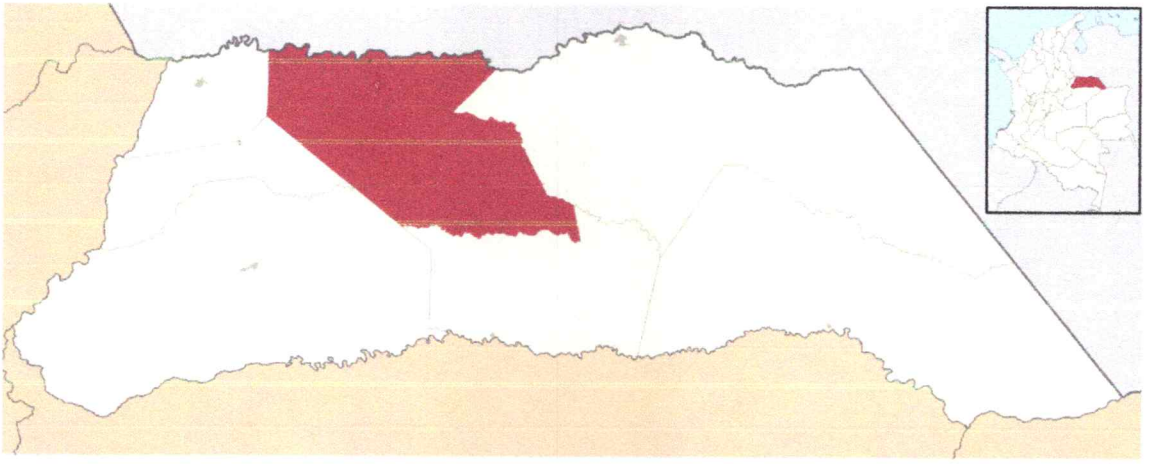

Imagen 1. Localización Geográfica Municipio de Arauquita.

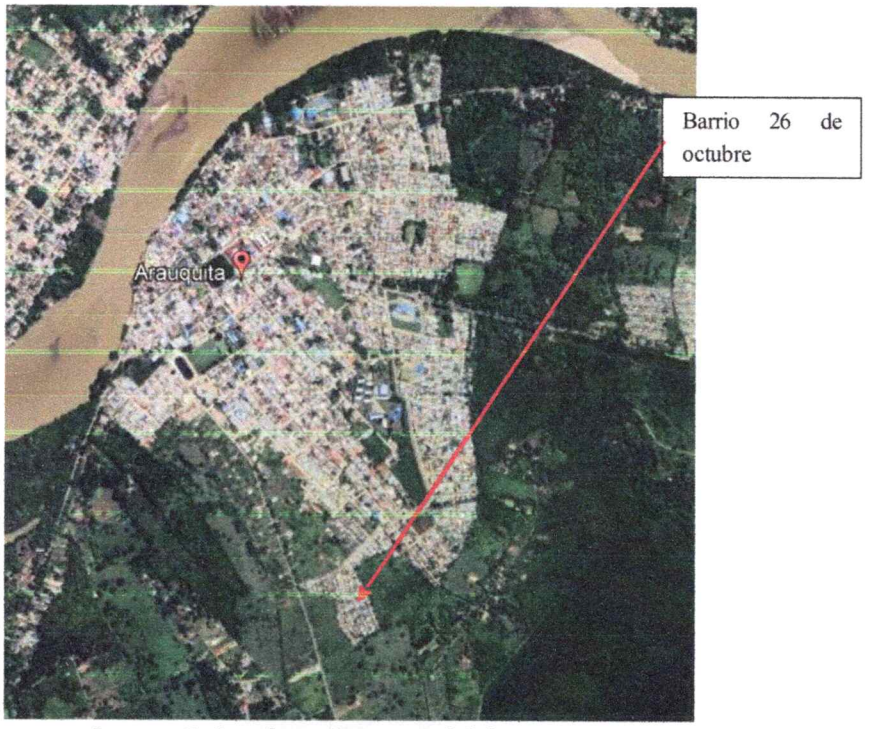

Imagen 2. Localización general del proyecto.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

1.1 COORDENADAS LOCALIZACIÓN PROYECTO

El proyecto se localiza en el Barrio 26 de Octubre, zona urbana del municipio de Arauquita, departamento de Arauca, el cual se georreferencia a partir de los siguientes puntos, de acuerdo al levantamiento topográfico.

Tabla 1. Coordenadas del proyecto

PUNTO	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación
GPS 1	1268034.432	961494.839	155.048
GPS 2	1268071.281	961532.309	154.881

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Arauquita es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Arauca. Fue fundado como San Lorenzo en 1675 por misioneros jesuitas liderados por el padre Bernabé González; durante la época virreinal adoptó el nombre de El Guadual, hasta que en 1920 la población fue rebautizada como Arauquita. Fue erigido municipio en 1971.

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

Arauquita se fundó en el año de 1675 con el nombre de San Lorenzo, luego el centro poblado se desplazó 5 km ribera abajo y se denominó El Guadual; posteriormente derivó su nombre del memorable diminutivo de Arauca.

Antes de la llegada de los españoles al municipio de Arauquita, el territorio se hallaba habitado por diferentes grupos indígenas. El poblamiento de Arauquita tiene diversos orígenes destacándose los siguientes momentos históricos:

Poblamiento nativo o indígena: siendo los primeros los Macaguanes y Tames, aunque existieron muchos pueblos indigenas, gran parte fueron extinguidos, sobreviviendo en jurisdicción de Arauquita el pueblo Guahibos con una población muy reducida y cuya dedicación es básicamente la caza, la pesca y alguna agricultura incipiente en métodos tradicionales.

Colonización española y venezolana: La primera iniciada en los años de 1675 cuando se fundó la población de San Lorenzo que luego se llamó Arauquita y la segunda iniciada en 1820, cuando la población llegada era principalmente de colonos venezolanos que iniciaron la agricultura.

El proceso de colonización dirigida fue auspiciado por el gobierno nacional, dentro de la política de poblamiento de varias regiones de los llanos orientales. En 1962 el INCORA con la adjudicación de tierras baldías propició una migración abundante de familias hacia los terrenos de Arauquita, fundándose caseríos como El Oasis, Aguachica, El Troncal, La Esmeralda y Campamento.

Arauquita fue erigido como municipio en 1943, luego se convirtió en corregimiento y perteneció al municipio de Tame como inspección de policía hasta 1971, año en el que fue elevado nuevamente al rango de municipio mediante el Decreto n.º 1447.

2.2 GEOGRAFÍA

El municipio de Arauquita está ubicado en la República de Colombia sobre la margen derecha del Río Arauca. en el sector norte y centro del departamento de Arauca y tiene una extensión territorial de aproximadamente de 3.281,23 km²

El municipio de Arauquita pertenece a la cuenca del río Orinoco. Cuenta con abundantes cursos de agua, que nacen en su mayoría en la Cordillera Oriental y corren en dirección este a través de un terreno plano, lo que origina en su trayecto numerosos ríos y caños secundarios. La gran riqueza hídrica representada en lagunas y humedales, así como en numerosos ríos, caños y quebradas que bañan el municipio. Entre los principales ríos o caños están el río Arauca, el Lipa, el Ele y el Río Caranal; estas arterias fluviales conforman las principales cuencas y subcuencas presentes en el municipio, subdivididas así:

La subcuenca del río Arauca, localizada al norte del municipio a al cual drenan algunos caños de moderada importancia como son: El Caño Salibón o Jujú, El Curitero, el Troncal, Brazo Bayonero, Brazo Gaviotas y Caño Agua limón, entre los principales, otros de menor importancia el Terciario y el Matapalito.

El municipio de Arauquita por su localización estratégica, es el epicentro de la vía alterna a la Ruta de los Libertadores que comunica el mar Caribe con el océano Pacífico desde Caracas (Venezuela) hasta el Puerto de Buenaventura; en su contexto territorial es conocido como el más grande dentro del Departamento de Arauca.

2.3 ECONOMÍA

El municipio tiene la categoría de Unidad Especial de Desarrollo Fronterizo, potencial de ubicación estratégica de frontera con Venezuela; es sin duda Agrícola y Pecuario, producto de la colonización de gentes de varias regiones del país, quienes a partir de las décadas del cincuenta inician una colonización dejando el mayor porcentaje habitacional en el ámbito rural, sus asentamientos promisorios convirtieron las selvas del Sarare, en una Región Agrícola y Ganadera, destacándose los cultivos de plátano, cacao, caña, maíz, yuca, arroz, cítricos entre otros, gracias a la fertilidad de las tierras. El 85% aproximadamente de la población Arauquiteña depende económicamente de la producción agropecuaria.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

3 DISEÑO RED DE ACUEDUCTO DE AGUA POTABLE

Se proyecta la ampliación de la red de acueducto existente en el Barrio 26 de octubre del municipio de Arauquita, con la finalidad de dar conexión a 28 viviendas que actualmente no cuenta con el servicio de acueducto, por lo tanto, en el análisis hidráulica se realizara el cierre del circuito de la red que alimenta actualmente a la zona de estudio, en donde la red se analizara en su totalidad incluyendo las viviendas actualmente conectadas y las proyectadas a conectar.

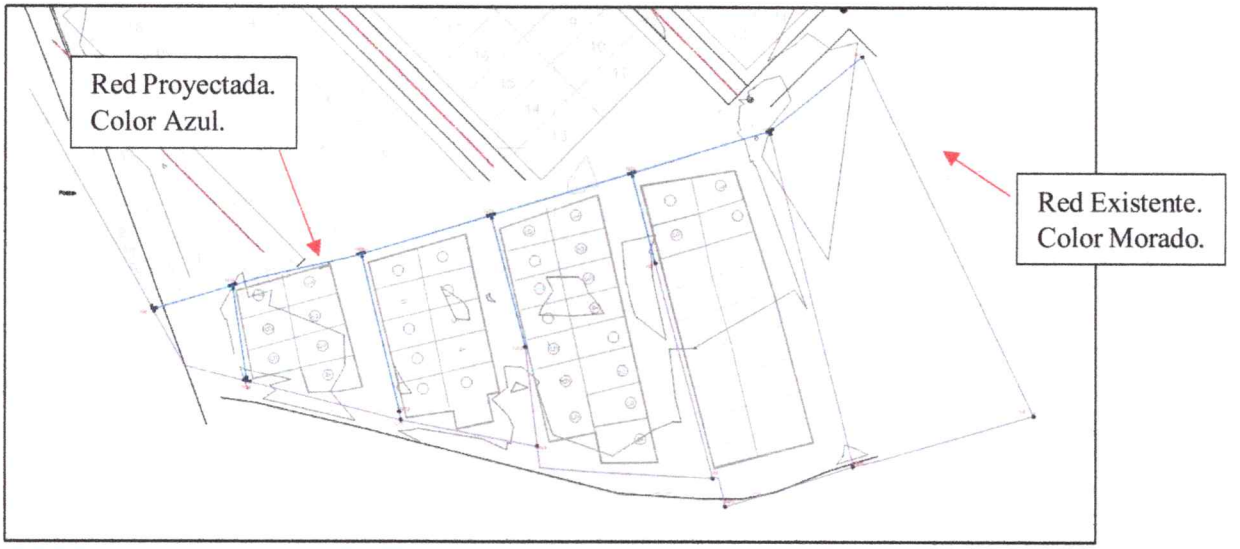

Ilustración 1. Análisis red de acueducto barrio 26 de octubre.

3.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017, el periodo de diseño para los componentes de acueducto y alcantarillado adoptado será de 25 años.

De acuerdo al título B del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico – RAS, en su capítulo B2 se estipulan 3 formas por las cuales se puede realizar la proyección de la población:

- Por métodos matemáticos de proyección de la población de acuerdo a las proyecciones de población del DANE acorde a los censos.
- Por número de suscriptores, en donde se emplean los datos históricos existentes de los consumos por suscriptores registrados por la empresa de servicios.
- Por densidad poblacional, de acuerdo a los datos registrados en el POT o el EOT del municipio sobre densidades de población, o el dato histórico de densidades de Hab por vivienda elaborada por el DANE.

De acuerdo a lo anterior para la proyección de la población del proyecto se empleará la metodología de densidad poblacional, en la que de acuerdo al DANE la densidad de Hab/ vivienda para Colombia es de 4.2 Hab/vivienda, por lo que para el proyecto se adopta un valor de 5 Hab/ vivienda.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

En el proyecto se contempla la ampliación del sistema de alcantarillado y acueducto del barrio 26 de octubre en el que actualmente 28 viviendas no presentan conexión de servicios:

Población de diseño: 28 viviendas * 5 hab/vivienda = 140 habitantes.



Ilustración 2. Lotes sin conexión barrio 26 de octubre.

Como se menciona anteriormente se analizará la red existente con el complemento del cierre del circuito, por lo que la densidad a emplearse será de la totalidad de las viviendas que estarán conectadas a la red una vez se realicen las actividades de ampliación:

Total viviendas: 206
Total población: 206 * 5 hab /viv = 1030
Area de análisis 26 de octubre: 2.34 Ha

Densidad = 1030 hab/ 2.34 Ha = 439 Hab/Ha

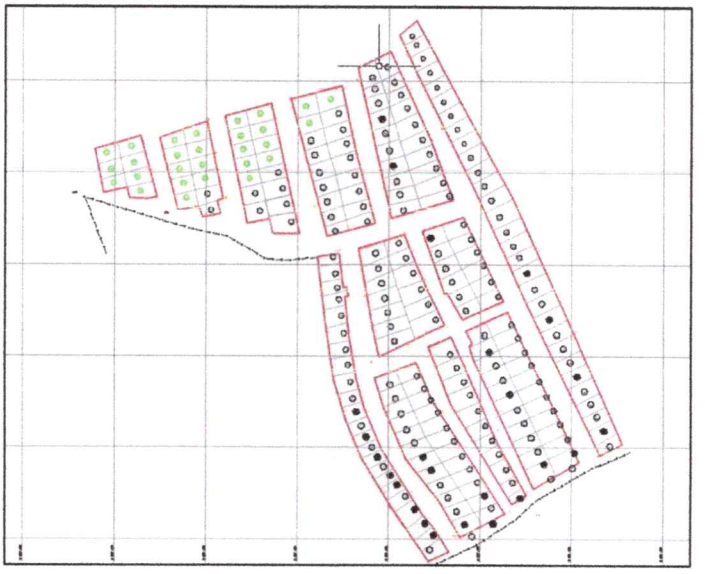

Ilustración 3. Total de viviendas Barrio 26 de octubre.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

3.2 EVALUACIÓN DE DOTACIÓN Y DEMANDA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

3.2.1 DOTACIÓN NETA

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017 "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 supere los máximos establecidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendido. (Res 0330/2017).

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB-DIA)
>2000 msnm	120
1000 – 2000 msnm	130
<1000 msnm	140

Fuente: Resolución 0330 junio de 2017

Como en la zona del proyecto no se cuenta con datos de información histórica para el cálculo de la dotación neta se utilizará un valor de 140 l/hab- día dado que el municipio de Bochalema se encuentra a una altura menor de 1000 msnm.

3.2.2 DOTACIÓN BRUTA

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Dbruta} = \frac{\text{Dneta}}{1 - \%P}$$

La resolución 0330 de junio de 2017, establece que el porcentaje de las pérdidas técnicas máximas en la ecuación en global el total de perdidas esperadas en todos los componentes del sistema, así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable y no deberá superar el 25%.

3.2.2.1 Cálculo De La Dotación Bruta.

$$\text{Dbruta} = \frac{140}{1 - 25\%} = 186.67 \frac{\text{L}}{\text{hab} - \text{día}}$$

3.2.3 CAUDAL MEDIO DIARIO.

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{Ps * dbruta}{86400}$$

Qmd = Caudal medio diario (L/s).
Ps = Población servida (habitantes).
dbruta = Dotación bruta (L/hab./día).

3.2.4 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)

$$QMD = Qmd * K1$$

K1 Se denomina coeficiente de consumo máximo diario y se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario; de acuerdo al parágrafo 2 del Art 47 de la Resolución 0330 de 2017, el factor se debe calcular en base a los registros históricos de macro medición, pero tomando en cuenta que no se cuenta con estos registros, se selecciona el máximo permitido para poblaciones mayores a 12500 habitantes correspondiente a un K1 de 1.2 según la normatividad mencionada.

Lo anterior en base a la población censada para el año 2018 por el DANE para la cabecera municipal del municipio de Arauquita en donde se registró una población 13720 habitantes.

3.2.5 CAUDAL MÁXIMO HORARIO. (QMH)

$$QMH = QMD * K2$$

K2 Se denomina coeficiente de consumo máximo diario y se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario; de acuerdo al parágrafo 2 del Art 47 de la Resolución 0330 de 2017, el factor se debe calcular en base a los registros históricos de macro medición, pero tomando en cuenta que no se cuenta con estos registros, se selecciona el máximo permitido para poblaciones mayores a 12500 habitantes correspondiente a un K2 de 1.5 según la normatividad mencionada.

Lo anterior en base a la población censada para el año 2018 por el DANE para la cabecera municipal del municipio de Arauquita en donde se registró una población 13720 habitantes.

Aplicando la metodología anterior se obtienen los siguientes caudales de diseño.

Tabla 3. Caudales de diseño red de acueducto

POBLACIÓN DISEÑO	1030	Hab
DOTACIÓN NETA	140	Lts/hab-ha
PORCENTAJE PÉRDIDAS	25%	
K1	1.2	(-)
K2	1.5	(-)

DOTACIÓN BRUTA	186.667	lts/hab-dia
CAUDAL MEDIO DIARIO	2.23	lps
CAUDAL MAXIMO DIARIO	2.67	lps
CAUDAL MAXIMO HORARIO	4.00	lps

3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

3.3.1 CAUDAL DE DISEÑO

De acuerdo a la resolución 0330 de junio de 2017, establece que los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto según las variaciones diarias y horarias que se pueden presentar se establecen en la Tabla 3.

Tabla 4. Caudales de diseño. (Res 0330/2017).

COMPONENTES	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: Resolución 0330 junio de 2017

3.3.2 PRESIONES MÍNIMAS EN LA RED.

La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a en sistemas de poblaciones de diseño de hasta 12500 habitantes, para poblaciones de diseño de más de 12500 habitantes la presión dinámica debe ser de 15 m.c.a. (Art 61 Res 0330 de junio de 2017)

Para efectos del proyecto la presión mínima a garantizar será de **15 m.c.a.**

3.3.3 PRESIONES MÁXIMAS EN LA RED.

Para sistemas nuevos u optimizaciones, la presión estática máxima debe ser de 50 m.c.a. Para cumplir esta condición, la red de distribución debe estar subdivida en tantas zonas de presión como se requieran. (Art 62 Res 0330 Junio de 2017)

3.3.4 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

El diámetro mínimo en las redes de distribución no deberá ser inferior a 75 mm para sectores urbanos, mientras que para sectores rurales no deberán ser inferiores a 50 mm. Se deben realizar los cálculos necesarios que permitan garantizar que, con el diámetro interno real de la tubería seleccionada se cumplan con las condiciones mínimas establecidas. (Art 63 Res 0330 Junio de 2017).

3.3.5 VELOCIDADES EN LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La velocidad máxima en las tuberías de la red de distribución, bajo condiciones de caudal máximo horario al final de periodo de diseño bajo condiciones excepcionales de mantenimiento o de protección contra incendios, debe ser en función del material de las tuberías. En la tabla B.7.6 se plantean las velocidades máximas recomendadas para las tuberías en la red de distribución.

Tabla 5. (Tabla B.7.6) Velocidades máximas según material de tuberías.

Material	Velocidad (m/s)
Acero sin revestimiento	5.0
Acero Con Revestimiento	4.0
Hierro Dúctil	4.0
CCP	3.0
PVC y PVCO	6.0
PEAD	5.0
GRP	6.0
Polipropileno	6.0

3.3.6 PENDIENTES EN LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN. RAS TITULO B 7.4.10.

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación pro las válvulas colocadas con este fin y para facilitar e arrastre de los sedimentos hacia los puntos bajos y acelerar el desagüe de las tuberías, etas no deben colocarse horizontalmente.

Las pendientes mínimas recomendadas son:

- Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%.
- Cuando el aire circula en sentido contrario al flujo de agua, la pendiente mínima debe ser 0.1%.

3.3.7 PROFUNDIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ENTERRADAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución no debe exceder de 1.50 m, medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

En cuanto a la profundidad mínima de instalación, se debe cumplir con lo definido en la Tabla 6.

Tabla 6. Profundidades mínimas a cota clave de la tubería.

SERVIDUMBRE	PROFUNDIDAD A LA CLAVE DE LA TUBERÍA (m)	
	Zona Urbana	Zona rural
Vías peatonales o zonas verdes o agrícolas	0.60	1.00
Vías vehiculares	1.00	1.00

Fuente: Resolución 0330 junio de 2017.

3.3.8 SELECCIÓN MATERIAL DE LAS TUBERÍAS.

Para el proyecto se emplearán tuberías de Policloruro de Vinilo, PVC el cual posee característica de ser inerte y virtualmente indestructible.

Se empleará la tecnología BIAXIAL de PAVCO; la tecnología por medio de la cual se estiran en línea las moléculas de polímero, obteniéndose su orientación, en el sentido circunferencial y longitudinal, generando planos de orientación molecular, una real estructura laminada en capas incrementando significativamente la resistencia mecánica y fortaleza del material.

Este material garantiza la conservación de la calidad del agua para consumo humano ya que ha sido verificado de acuerdo a la ANSI/NSF 61:02 sin exceder los valores máximos de aluminio, antimonio, cobre, arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio, níquel, selenio y plata que establece el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 de 2007. Además, la resina de PVC con que se fabrica ha sido certificada de tal forma que el cloruro de vinilo monómero residual es menor a 3,2mg/kg.

A continuación, se presenta las características del material de la tubería seleccionada:

- **Resistencia**

La máxima tensión a la falla. Es la habilidad de las tuberías de resistir la rotura debido a la presión interna.

- **Resistencia a la tensión**

La tensión es de 11.600 psi., para PVC-U es de 7.600 psi. El incremento es del 50% aproximadamente, debido a la biorientación de las moléculas.

- **Resistencia Hidrostática**

Diseñada de acuerdo con la ASTM F 1483 y NTC 5425, con: LTHS: Resistencia Hidrostática a Largo Plazo, tensión estimada en la pared de la Tubería en la dirección diametral que aplicada en forma continua causará falla a las 100.000 horas.

- **Resistencia a la fractura frágil**

La estructura laminada, por capas, producto de la biorientación ofrece excelente resistencia a la fractura frágil. La tubería es capaz de absorber sobre presiones causadas por los efectos del golpe de ariete.

- **Propagación de Fracturas**

La estructura laminada de BIAXIAL® de PAVCO evita la transmisión de fracturas a través de la pared de la Tubería.

BIAXIAL® de PAVCO alcanza una fuerza máxima de tensión de 6.17 lb-f para una abertura de 4.974'' y para PVC-U de 7.83 lb-f para una abertura de únicamente1.60''. Para BIAXIAL® de PAVCO la fuerza es siempre creciente

El diseño de producto y el desempeño en un sistema de Tuberías para transporte de fluidos, como el caso de los sistemas de acueducto, depende del balance de estos dos criterios, Resistencia y Fortaleza. BIAXIAL® de PAVCO mejora considerablemente estas dos características, ofreciendo ventajas y beneficios a los sistemas, como son:

Característica	Beneficio
Mayor Resistencia	Incrementa resistencia a la presión hidrostática y a la tensión, permite reducir los espesores de pared, conservando alta rigidez y mayor durabilidad. Tuberías más livianas para la misma presión de servicio.
Mayor Fortaleza	Aumenta la resistencia al impacto a bajas temperaturas, mayor resistencia a la fractura frágil, mayor resistencia a la propagación lenta de fracturas. Los golpes causados durante la manipulación no conducen a daños en el corto o mediano plazo. Respuesta dúctil. Es tolerante al maltrato.
Menor Espesor de Pared	Mayor flexibilidad, menor peso, más fácil manipulación, beneficios para la salud y

Característica	Beneficio
	seguridad humana, se incrementa la capacidad de transporte de agua. Ahorros en instalación y energía consumida para la operación de los sistemas.
Proceso En Línea	Garantía de consistencia y calidad del producto. Confiabilidad. Mayor productividad. Entregas oportunas
Campana Con Hidro sello instalado en fábrica	Elimina riesgo de desplazamiento del sello durante el ensamble confiabilidad.

Las Tuberías de PVC son inmunes a casi todos los tipos de corrosión, químicas y electroquímicas, que pueden encontrarse en un sistema de Tuberías enterradas. Efectos galvánicos y electroquímicos no existen en sistemas con Tuberías de PVC, ya que el PVC no es conductor de la electricidad. Las Tuberías de PVC no sufren daños por aguas o suelos agresivos, en consecuencia, no requieren protecciones catódicas, recubrimientos especiales o pinturas. Esto significa ahorro en costos iniciales de los sistemas y garantía de larga vida de éstos, durabilidad.

3.4 ANÁLISIS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Dado las condiciones urbanísticas de la zona la red de distribución del acueducto en el sector se diseñó como una red abierta.

3.4.1 MODELACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA.

Todos los sistemas de redes de distribución deben contar con un modelo hidráulico, a través del cual se pueda predecir el comportamiento frente a diferentes condiciones operativas, de mantenimiento o de expansión. Debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.

- La modelación debe realizarse en periodo extendido, con frecuencia horaria, incorporando en los nodos los patrones de consumo medidos en campo. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los patrones empleados. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).
- Los programas utilizados para la modelación hidráulica deben incorporar el método del gradiente para sus cálculos. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).
- Se deberá implementar un escenario de modelación que contemple la operación de la red de distribución bajo la premisa de contingencia por incendio; para lo cual se deben tener en cuenta las disposiciones contempladas en los artículos 70, 71 y 72 de la presente resolución. (Art 57 Res 0330 de junio de 2017).

La modelación de la red de distribución de agua potable se realizará con el QMH determinado para cada nodo.

3.4.1.1 Pérdidas de Carga

Para el cálculo de pérdidas de carga en una red mixta se acepta el uso de la fórmula de Darcy – Weisbach o Hazen – Williams, pero se debe tener en cuenta que la fórmula de Hazen – Williams no arroja resultados confiables para diámetros inferiores a 4".

Para este diseño se empleó la fórmula de Darcy – Weisbach por ser la ecuación general para sistemas de tuberías a presión, combinada con la de Colebrook – White.

Ecuación de Darcy- Weisbach

$$hf = f * \frac{l}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación de Colebrook- White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\,log10\,[\frac{Ks}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}]$$

$$Re = \frac{V.D}{v}$$

Hf= perdida de cabeza a lo largo del tramo (m)
f = factor de fricción de Darcy (adimensional)
l = longitud del tramo de tubería (m)
D = diámetro interior de la tubería (m)
V = velocidad del flujo (m/s)
g = aceleración de la gravedad (m/s2)
Ks = Rugosidad absoluta de la tubería (m). Para PVC = 0.0015
Re = Numero de Reynolds (adimensional)
v = viscosidad dinámica del fluido (m3/s)

Para el cálculo de la red de distribución se usó el software EPANET para la simulación de redes de distribución de agua, desarrollado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU con el fin de disponer de una herramienta para el cálculo, entre otras cosas, del comportamiento hidráulico en sistemas de distribución de agua. En estos momentos es uno de los paquetes informáticos más completo que existe en el campo de la simulación de sistemas hidráulicos, hecho que unido a su distribución libre hace que sea el software más extendido.

El EPANET permite la simulación de todo tipo de redes de distribución de agua de una forma sencilla, con un número cualquiera de elementos hidráulicos incluyendo depósitos, sistemas de bombeo, bancos de válvulas, tuberías, uniones, etc utilizando tan solo la interface gráfica. Además, permite realizar cálculos incluyendo curvas de demanda y simular fugas en diferentes componentes de la red.

3.4.2 ASIGNACIÓN DE CAUDALES EN LOS NODOS

De acuerdo a la distribución de los usuarios en la red se hace la asignación de los caudales en los nodos de las líneas para luego con la conexión domiciliaria abastecer a la población beneficiada en la red de distribución:

1. Asignación de los nodos de control hidráulico:

   Se realiza la asignación de los nodos de control hidráulico correspondientes a la red proyectada, cuya alimentación se realizará mediante la conexión a las tuberías existentes.

2. Delimitación de las áreas aferentes:

   Se realiza la delimitación de las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nodos hidráulicos definidos para el proyecto, obteniéndose un área total aferente de 2.34 Ha. La delimitación de estas áreas se presenta en los polígonos incluidos en el plano hidráulico.

3. Determinación de la población y caudales por nodo:

   Con base en las áreas aferentes delimitadas y la población de diseño del proyecto, se determina la densidad poblacional, con el fin de estimar posteriormente la población aferente correspondiente a cada nodo hidráulico. A partir de esta población y de acuerdo con la metodología presentada en el numeral 3.1**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se realiza la estimación de los caudales de diseño asociados a cada nodo hidráulico.

   Densidad Poblacional = 10300 Hab / 2.34 = 439 Hab/Ha

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

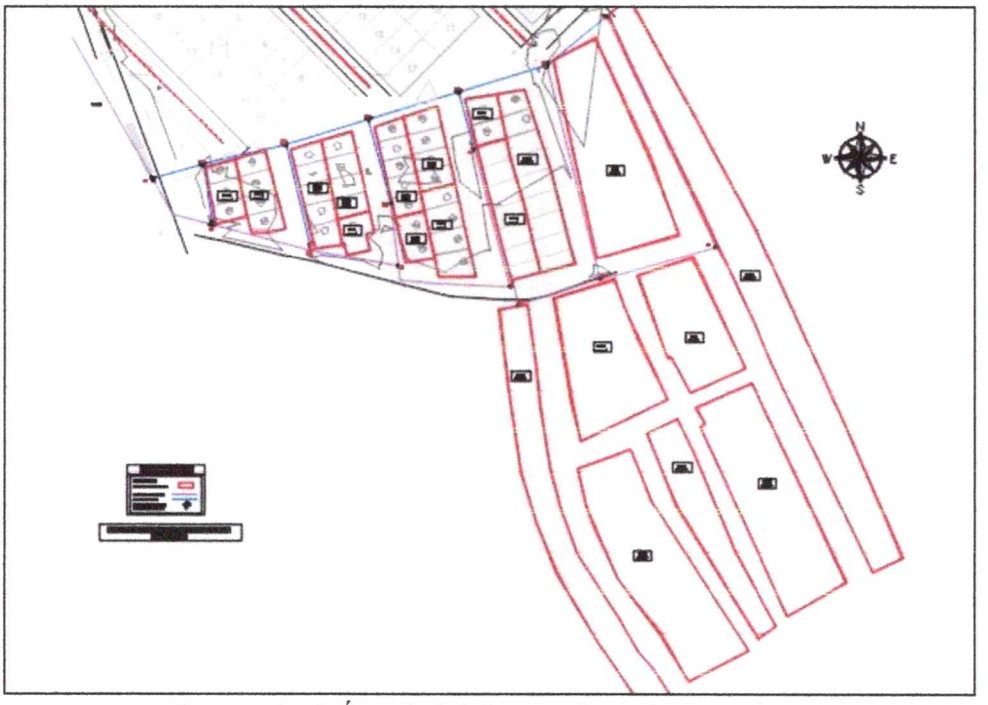

Ilustración 4. Áreas hidráulicas nodos red de acueducto

Para el proyecto se presentará dotación de uso residencial; la dotación de caudales en los nodos se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Asignación de caudales en los nodos.

CONSUMOS RESIDENCIALES		
ID NODO	**AREA (m2)**	**CAUDAL Qmd (lps)**
N6	0.00	0.00
N14	0.00	0.00
N24	306.18	0.03
N28	0.00	0.00
N12	985.49	0.09
N11	0.00	0.00
N16	0.00	0.00
N10	959.00	0.09
N9	245.00	0.02
N17	0.00	0.00
N2	714.00	0.07

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

CONSUMOS RESIDENCIALES		
ID NODO	**AREA (m2)**	**CAUDAL Qmd (lps)**
N1	1257.40	0.12
N25	7775.00	0.74
N26	7294.00	0.69
N4	0.00	0.00
N8	3900.00	0.37
N7	0.00	0.00

3.4.3 PRESIÓN ESTÁTICA.

Se obtiene de restarle a la cota del punto más alto la cota del punto analizado, es decir esta es la presión en la tubería cuando el fluido no está en movimiento, en algunas ocasiones esta presión es mayor a la presión dinámica por lo cual se debe tener en cuenta en el análisis de resistencia de la tubería.

3.4.4 PRESIÓN DINÁMICA.

Se obtiene de restarle a la presión estática del punto la pérdida de carga acumulada hasta ese punto.

3.4.5 CURVA DEMANDA HORARIA

La curva de demanda horaria en el diseño de una red de acueducto hace referencia a la distribución del consumo de agua durante 24 horas del día, tomando en cuenta que el consumo no es uniforme.

Para la modelación hidráulica de la red de acueducto en EPANET, no se contó con información histórica de mediciones de consumo horario del municipio que permitiera establecer una curva de demanda horaria específica y representativa del comportamiento real de los usuarios. En consecuencia, la variación de la demanda se determinó a partir de los coeficientes de mayoración establecidos en el Articulo 47 parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, de acuerdo con las condiciones de diseño adoptadas para el proyecto.

En este sentido, la demanda asignada a cada nodo se determinó inicialmente a partir de la población aferente, posteriormente, para evaluar las condiciones de operación de la red, se consideraron los factores de mayoración definidos mediante los coeficientes K1 y K2, correspondientes a las variaciones de la demanda durante el día.

La demanda máxima horaria constituye la condición más exigente para la evaluación de la capacidad hidráulica de la red, debido a que representa el escenario de mayor consumo simultáneo esperado. Esta condición permite verificar, entre otros aspectos, los caudales transportados por las tuberías, las velocidades de flujo y las presiones disponibles en los nodos, así como la capacidad de las conducciones proyectadas para atender la demanda bajo condiciones de máxima exigencia.

Por lo anterior se evaluaron los siguientes periodos en la simulación hidráulica:

Periodo 1: 1.0
Periodo 2 (K1): 1.2
Periodo 3 (K1*K2): 1.8 → Condición crítica de diseño en el que se proyecta el mayor consumo.

Es importante precisar que los tres escenarios descritos no corresponden a tres periodos horarios obtenidos de una curva de consumo medida en el municipio, sino a condiciones de demanda utilizadas para la evaluación hidráulica del sistema, determinadas a partir de los coeficientes de variación establecidos en la Resolución. Por tanto, los resultados de la modelación representan escenarios de diseño y no una reproducción del comportamiento horario real del consumo municipal, lo que permite realizar una verificación de la red proyectada conforme a los criterios normativos adoptados.

3.4.6 SIMULACIÓN HIDRÁULICA.

De acuerdo al documento técnico del proyecto "AMPLIACIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA", se realizaba el diseño de la red de acueducto para suministro del barrio 26 de octubre, sin embargo un total de 28 viviendas quedaron sin conexión, por lo que se hace necesario la proyección de redes para el suministro de la población sin servicio, de manera que se realiza el cierre del circuito de la red de acueducto como se presenta a continuación.



Figura 1. Punto de conexión a la red de acueducto.

En donde el análisis hidráulico se realizará tomando en cuenta la presión disponible en el punto de conexión de la red existente equivalente a 23 PSI, de acuerdo a lo indicado en el informe anteriormente mencionado.

3.4.6.1 Evaluación Presiones del sistema

Se Realiza la simulación hidráulica de la red de distribución evaluando la presión dinámica, para la determinación de las presiones de servicio de la red correspondiente al periodo 2 suponiendo este periodo como el de máximo consumo, considerando la ausencia de un evento siniestro sin operación de hidrantes.

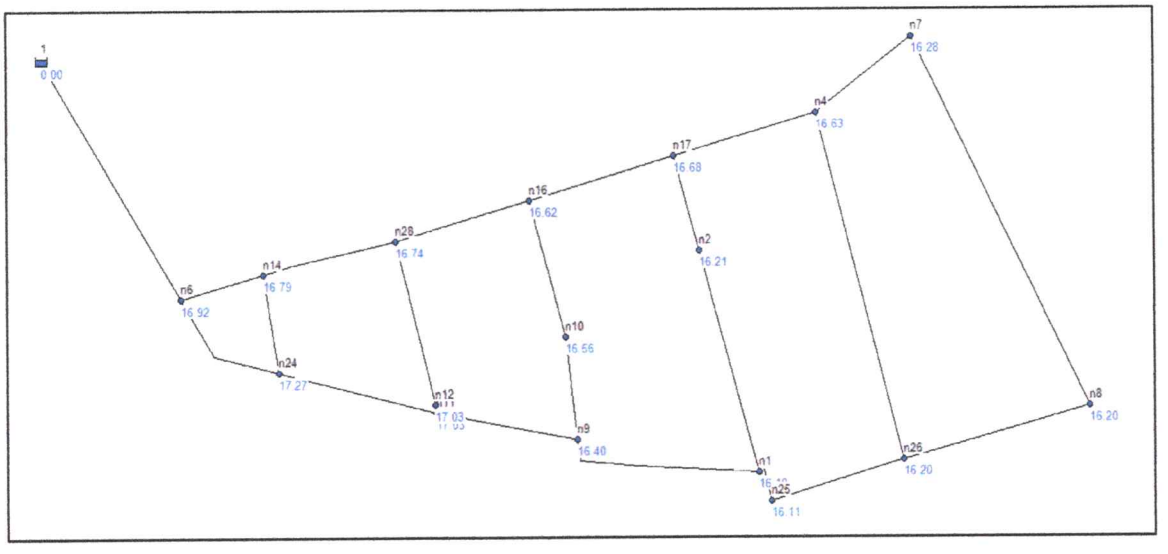

Figura 2. Red de distribución Presión dinámica – QMH.

En la Figura 2 se puede observar la distribución de la red proyectada en el modelo hidráulico en donde se puede observar que las presiones son superiores a los 15 mca, en acorde con lo establecido en la resolución 0330 de 2017 del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

3.4.7 ESTADO DE LAS TUBERÍAS.

Realizada la simulación en el modelo se puede observar que la velocidad en algunos tramos es muy baja casi nula, principalmente por las bajas demandas en los nodos y por la restricción del diámetro mínimo, por lo cual se proyecta una válvula de purga en el punto con la cota mínima en el proyecto para realizar el mantenimiento periódico. Ver plano hidráulico.

3.4.7.1 Golpe de Ariete

Una columna de líquido moviéndose tiene inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo, al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Las principales causas de este fenómeno son:

- La apertura y cierre rápidos de una válvula

- El arranque y la parada de una bomba
- La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las tuberías

$$P = \frac{aV}{g}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{\frac{K}{1 + \left(\frac{K}{E}\right)\left(RDE - 2\right)}}}$$

En donde:

P = Sobrepresión máxima en metros de columna de agua
a = Velocidad de la onda (m/s)
V = Cambio de velocidad del agua (m/s)
g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
K = Módulo de compresión del agua (2.06*104 Kg/cm²)
E = Módulo de elasticidad de la tubería (2.81*104 Kg/cm²). Para tubería de PVC tipo 1, grado 1.
RDE = Relación diámetro exterior/ espesor mínimo

3.4.7.2 RDE de la Tubería.

Mediante el análisis de golpe de ariete se obtiene el RDE óptimo para cada tramo de tubería, a la presión dinámica se le suma la sobrepresión por golpe de ariete y se compara con la presión estática tomándose el valor más alto como el crítico para el diseño del tramo de tubería.

Según los cálculos realizados totas las tuberías de la red de distribución deberán tener un RDE 21 como mínimo.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 8. Análisis del RDE de la tubería de la red de distribución.

TUBERIA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	Longitud Real (m)	Cota Clave inicio (msnm)	Cota Clave final (msnm)	Sw (%)	Presion Dinamica Inicial (mca)	Presion Dinamica Final (mca)	Cota Piezometrica inicio (msnm)	Cota Piezometrica final (msnm)
p1	n1	n2	58.71	154.060	153.970	0.15	16.1	16.21	170.16	170.18
p2	n26	n4	91.25	153.880	153.500	0.42	16.2	16.63	170.08	170.13
p3	E1	n6	66.69	171.950	153.880	27.10	0	16.92	171.95	170.8
p4	n7	n8	104.9	153.840	153.880	0.04	16.28	16.2	170.12	170.08
p5	n9	n10	26.4	153.940	153.780	0.61	16.4	16.56	170.34	170.34
p6	n11	n12	2.178	153.470	153.470	0.00	17.03	17.03	170.5	170.5
p7	n24	n14	25.47	153.400	153.880	1.88	17.27	16.79	170.67	170.67
p8	n12	n28	42.91	153.470	153.760	0.68	17.03	16.74	170.5	170.5
p9	n10	n16	36.02	153.780	153.730	0.14	16.56	16.62	170.34	170.35
p10	n2	n17	24.83	153.970	153.510	1.85	16.21	16.68	170.18	170.19
p11	n7	n4	31.32	153.840	153.500	1.09	16.28	16.63	170.12	170.13
p15	n24	n6	34.03	153.400	153.880	1.41	17.27	16.92	170.67	170.8
p16	n11	n24	41.88	153.470	153.400	0.17	17.03	17.27	170.5	170.67
p17	n9	n11	36.87	153.940	153.470	1.27	16.4	17.03	170.34	170.5
p18	n1	n9	51.5	154.060	153.940	0.23	16.1	16.4	170.16	170.34
p19	n25	n1	9.534	154.000	154.060	0.63	16.11	16.1	170.11	170.16
p20	n26	n25	35.44	153.880	154.000	0.34	16.2	16.11	170.08	170.11
p21	n8	n26	49.65	153.880	153.880	0.00	16.2	16.2	170.08	170.08
p22	n4	n17	38.19	153.500	153.510	0.03	16.63	16.68	170.13	170.19
p23	n14	n6	21.98	153.880	153.880	0.00	16.79	16.92	170.67	170.8
p24	n28	n14	35.03	153.760	153.880	0.34	16.74	16.79	170.5	170.67
p25	n16	n28	35.9	153.730	153.760	0.08	16.62	16.74	170.35	170.5

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUBERIA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	Longitud Real (m)	Cota Clave inicio (msnm)	Cota Clave final (msnm)	Sw (%)	Presion Dinamica Inicial (mca)	Presion Dinamica Final (mca)	Cota Piezometrica inicio (msnm)	Cota Piezometrica final (msnm)
p26	n17	n16	38.85	153.510	153.730	0.57	16.68	16.62	170.19	170.35

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	D (Pulg)	RDE	a (m/s)	V (m/s)	Sobre presion (mca)	Presion Dinamica + golpe de ariete (mca)	Presion Critica (mca)	Presion de diseño (mca)	Presion de diseño (Kg/cm2)	RDE 21
p1	n1	n2	3	21	367.515	0.11	4.12	20.33	20.33	22.37	2.24	SI
p2	n26	n4	3	21	367.515	0.13	4.87	21.50	21.50	23.65	2.37	SI
p3	E1	n6	3	21	367.515	0.79	29.61	46.53	46.53	51.18	5.12	SI
p4	n7	n8	3	21	367.515	0.1	3.75	20.03	20.03	22.03	2.20	SI
p5	n9	n10	3	21	367.515	0.01	0.37	16.93	16.93	18.63	1.86	SI
p6	n11	n12	3	21	367.515	0	0.00	17.03	17.03	18.73	1.87	SI
p7	n24	n14	3	21	367.515	0.03	1.12	18.39	18.39	20.23	2.02	SI
p8	n12	n28	3	21	367.515	0.03	1.12	18.15	18.15	19.97	2.00	SI
p9	n10	n16	3	21	367.515	0.02	0.75	17.37	17.37	19.11	1.91	SI
p10	n2	n17	3	21	367.515	0.13	4.87	21.55	21.55	23.71	2.37	SI
p11	n7	n4	3	21	367.515	0.1	3.75	20.38	20.38	22.42	2.24	SI
p15	n24	n6	3	21	367.515	0.35	13.12	30.39	30.39	33.42	3.34	SI
p16	n11	n24	3	21	367.515	0.37	13.87	31.14	31.14	34.25	3.42	SI
p17	n9	n11	3	21	367.515	0.37	13.87	30.90	30.90	33.99	3.40	SI
p18	n1	n9	3	21	367.515	0.35	13.12	29.52	29.52	32.47	3.25	SI
p19	n25	n1	3	21	367.515	0.41	15.36	31.47	31.47	34.62	3.46	SI

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CE[illegible] CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUBERÍA	TRAMO INICIAL	TRAMO FINAL	D (Pulg)	RDE	a (m/s)	V (m/s)	Sobre presion (mca)	Presion Dinamica + golpe de ariete (mca)	Presion Critica (mca)	Presion de diseño (mca)	Presion de diseño (Kg/cm2)	RDE 21
p20	n26	n25	3	21	367.515	0.15	5.62	21.82	21.82	24.00	2.40	SI
p21	n8	n26	3	21	367.515	0.03	1.12	17.32	17.32	19.06	1.91	SI
p22	n4	n17	3	21	367.515	0.23	8.62	25.30	25.30	27.83	2.78	SI
p23	n14	n6	3	21	367.515	0.44	16.49	33.41	33.41	36.75	3.67	SI
p24	n28	n14	3	21	367.515	0.41	15.36	32.15	32.15	35.37	3.54	SI
p25	n16	n28	3	21	367.515	0.38	14.24	30.98	30.98	34.08	3.41	SI
p26	n17	n16	3	21	367.515	0.36	13.49	30.17	30.17	33.19	3.32	SI

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

4 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO

Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para el desarrollo del diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

5.1 CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en a información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el periodo de diseño con base en el POT o PBOT o EOT y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificará los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestadora del servicio. Se deben estimar los caudales para las condiciones iniciales y finales de periodo de diseño, en cada uno de los tramos de la red, los caudales que se requiere calcular son los siguientes:

4.1.1 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación.

$$Qd = Cr\ x\ Dnetap\ x\ A$$

Donde (Dnetap) es la demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L7s.Ha) y (A) es el área tributaria de drenaje (Ha).
Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable por suscriptor, se debe calcular con la siguiente ecuación.

El aporte doméstico (Q_D) está dado por la expresión:

$$Q_D = \frac{Cr \cdot Dnetas \cdot Ps}{30}$$

Donde (Ps) es el número de suscriptores proyectados al periodo de díselo y (Dnetas) es la demanda neta de agua potable proyectada por suscriptor (m3/suscriptor-mes).
Cuando se utilice proyección de población, se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Qd = \frac{Cr\ x\ P\ x\ Dneta}{86400}$$

Donde (Dneta) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab-dia) y (P) es el número de habitantes proyectados al periodo de diseño.

4.1.2 DOTACIÓN NETA.

Es la dotación neta proyectada por habitantes (L/Hab-día), de acuerdo a la resolución 0330 de junio del 2017 la dotación está dada por la siguiente tabla:

Tabla 9. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. (Resolución 0330 del 2017)

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

Para el presente proyecto por estar localizado a una altura de 440 msnm, es decir menor a 1000 msnm se trabajará una dotación neta de 140 l/ Hab-día.

4.1.3 COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

De acuerdo a la resolución 0330 del 2017, en lugares donde no se encuentra con datos de análisis para el cálculo del coeficiente se debe tomar un valor de 0.85.

4.1.4 DENSIDAD POBLACIONAL

De acuerdo a lo establecido en el capítulo 3.4.5 del presente documento la densidad de saturación será de 436 Hab/ha.

4.1.5 PERIODO DE DISEÑO (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.

4.1.6 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES (QMD). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

4.1.6.1 Caudal máximo Horario (QMH). (Resolución 0330 de junio de 2017)

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

El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en los 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.

4.1.7 CAUDAL DE CONEXIÓN ERRADAS (QCE). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017)

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

4.1.8 CAUDAL DE INFILTRACIÓN (QINF). (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017).

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 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 0.1 L/s - Ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelo, 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 dl caudal de diseño.

4.1.9 CAUDAL DE DISEÑO. (RESOLUCIÓN 0330 DE JUNIO DE 2017)

El caudal de diseño debe obtenerse sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1.5 l/seg, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 10. Cálculo de caudales sanitarios.

TRAMO		DOMESTICO									Qmd
INICIAL	FINAL	AREA (M2)	AREA (Ha)	AREA AGUAS ARRIBA (Ha)	AREA TOTAL (Ha)	DENSIDAD DE SATURACIÓN (Hab/Ha)	# HAB. (AREA * DENSIDAD DE SATURACION)	DOTACIÓN NETA (Lt/Hab.Dia)	COEFICIENTE DE RETORNO	QD (Lt/s) = #HAB * DN * R	QD + Qc + Qinst + Qi
P1	P2	306	0.0306	0.0000	0.0306	439	14	140	0.85	0.02	0.02
P2	P4	0	0.0000	0.0306	0.0306	439	14	140	0.85	0.02	0.02
P3	P4	985	0.0985	0.0000	0.0985	439	44	140	0.85	0.06	0.06
P4	PE2	0	0.0000	0.1291	0.1291	439	57	140	0.85	0.08	0.08
P5	PE1	959	0.0959	0.0000	0.0959	439	43	140	0.85	0.06	0.06
PE1	PE2	433	0.0433	0.0959	0.1392	439	62	140	0.85	0.09	0.09
PE2	PE3	0	0.0000	0.2683	0.2683	439	118	140	0.85	0.16	0.16
P6	PE4	527	0.0527	0.0000	0.0527	439	24	140	0.85	0.03	0.03
PE4	PE3	1257	0.1257	0.0527	0.1784	439	79	140	0.85	0.11	0.11
PE3	PE5	0	0.0000	0.4467	0.4467	439	197	140	0.85	0.27	0.27
PE6	PE7	0	0.0000	2.3400	2.3400	439	1028	140	0.85	1.42	1.42

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRAMO		FACTOR DE MAYORACIÓN FLOREZ	QMAXH	Q. DE CONEXIONES ERRADAS E INFILTRACIÓN			QDISEÑO (Lt/s)
INICIAL	FINAL			AREA TOTAL ACUMULADA (Ha)	QCE = qCE * A (Lt/s)	QINF = qinf * A (Lt/s)	
P1	P2	3.80	0.07	0.0306	0.01	0.00	1.50
P2	P4	3.80	0.07	0.0306	0.01	0.00	1.50
P3	P4	3.80	0.23	0.0985	0.02	0.01	1.50
P4	PE2	3.80	0.30	0.1291	0.03	0.01	1.50
P5	PE1	3.80	0.23	0.0959	0.02	0.01	1.50
PE1	PE2	3.80	0.32	0.1392	0.03	0.01	1.50
PE2	PE3	3.80	0.62	0.2683	0.05	0.03	1.50
P6	PE4	3.80	0.13	0.0527	0.01	0.01	1.50
PE4	PE3	3.80	0.41	0.1784	0.04	0.02	1.50
PE3	PE5	3.80	1.03	0.4467	0.09	0.04	1.50
PE6	PE7	3.49	4.94	2.3400	0.47	0.23	5.64

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO COLECTORES SANITARIOS

4.2.1 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

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

4.2.2 CRITERIOS DE AUTO LIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

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.o 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.

4.2.3 VELOCIDAD MÁXIMA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s determinada para el caudal de diseño.

4.2.4 RELACIÓN MÁXIMA ENTRE PROFUNDIDAD DE FLUJO Y DIÁMETRO DE LA TUBERÍA EN LOS ALCANTARILLADOS SANITARIOS (RESOLUCIÓN 0330 JUNIO DEL 2017)

Para permitir la aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de este.

4.2.5 DISEÑO DE TUBERÍAS

4.2.5.1 Parámetros de diseño de las tuberías

Los parámetros de diseño a considerar son los siguientes:

Relación y/d inicial (tuberías) = 0.85

Rugosidad absoluta de la tubería = $1.5*10^{-6}$m (Para tubería en GRP)

Diámetro = Se calcula y se ajusta a diámetro comercial

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

4.2.5.2 Procedimiento de diseño

A continuación, se explicará el procedimiento utilizado para el diseño de tuberías, información básica con la cual se elaboran los cuadros de cálculo presentados y relacionados en este documento.

1. Se definen los puntos de control o nodos en sitios estratégicos y a criterio del diseñador, considerando especialmente los sitios al recibo de nuevas cargas de agua residual, cambios bruscos de dirección y pendiente, con el objeto de diseñar las secciones acordes a las necesidades.
2. En cada punto y utilizando el levantamiento topográfico se determina longitud y diferencia de nivel.
3. Para la evaluación de los caudales, se emplea el procedimiento descrito anteriormente
4. Se dimensiona el diámetro y la pendiente, siguiendo el siguiente proceso:
    a) Se nombra el tramo, se indica el abscisado, se determina la longitud del tramo.
    b) Usando la ecuación de Colebrook White se despeja el diámetro requerido y luego se aproxima al diámetro interno comercial (d_{real}), con este diámetro a partir de la misma ecuación se determina la relación (y / d_{real}), siendo "y" la profundidad de la lámina de agua en la tubería.
    c) Se calculan los siguientes parámetros: Velocidad, Número de Froude, Esfuerzo cortante, verificando las siguientes condiciones: (Resolución 0330 del 2017)

Esfuerzo cortante: $\tau > 1.0\ N / m^2$

El procedimiento de cálculo se realiza en Excel, aplicando macros para mayor precisión en todos sus parámetros.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla 11. Calculo hidráulicos colectores sanitarios.

Cota Batea		Tramo		Cota Tapa		Cota Clave		Long. a Ejes de Pozos	St	Sw	QDISEÑO	Θ	AREA	R	QESTIMADO
I	F	I	F	I	F	I	F	Mts.	%	%	(m3/seg)	(Rad)	m2	m	m3/seg
153.69	153.63	P1	P2	154.880	154.400	153.88	153.82	17.36	2.77	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.61	153.46	P2	P4	154.400	154.470	153.80	153.66	41.04	-0.17	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.57	153.44	P3	P4	154.760	154.470	153.76	153.63	37.37	0.78	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.42	153.29	P4	PE2	154.470	154.940	153.61	153.48	37.82	-1.24	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.54	153.41	P5	PE1	154.730	154.780	153.73	153.60	31.86	-0.16	0.400	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.38	153.28	PE1	PE2	154.780	154.940	153.57	153.47	20.82	-0.77	0.500	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
153.28	153.12	PE2	PE3	154.940	155.060	153.47	153.31	43.88	-0.27	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.001
153.32	153.28	P6	PE4	154.510	154.970	153.51	153.47	12.40	-3.71	0.350	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.001
153.19	153.12	PE4	PE3	154.970	155.060	153.38	153.31	62.52	-0.14	0.100	0.002	4.69239	0.01	0.03	0.001
153.12	153.03	PE3	PE5	155.060	154.970	153.31	153.22	16.87	0.53	0.550	0.002	4.69239	0.00	0.02	0.002
152.98	152.17	PE6	PE7	154.880	154.500	153.17	152.36	86.62	0.44	0.930	0.006	4.69239	0.01	0.03	0.006

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		Diámetro Calculado	Diámetro comercial	Diámetro interno mínimo	Diámetro Exterior	Do	ERROR $Q_T - Q_D$	y/do	Θ	A	R	D	Y_n
I	F	m	mm-pulg	(mm)	(mm)	(m)	m3/seg	(-)	(Rad)	m2	m	m	m
P1	P2	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
P2	P4	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
P3	P4	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
P4	PE2	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
P5	PE1	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.68728	0.00	0.02	0.021	0.031
PE1	PE2	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.16	1.63396	0.00	0.02	0.020	0.029
PE2	PE3	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
P6	PE4	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.17	1.72023	0.00	0.02	0.022	0.032
PE4	PE3	0.08	200	182	200	0.182	0.000	0.25	2.07438	0.00	0.03	0.032	0.045
PE3	PE5	0.06	200	182	200	0.182	0.000	0.15	1.61182	0.00	0.02	0.019	0.028
PE6	PE7	0.09	200	182	200	0.182	0.000	0.26	2.11854	0.01	0.03	0.033	0.046

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tramo		$Q_{ESTIMADO}$	ERROR $Q_T - Q_D$	Velocidad	VERIFICACIÓN VELOCIDAD	t	Verificación $t > 1$ N/m²	NF	Ver. Rango 0.9-1.1
I	F	m3/seg	m3/seg	m/s	(-)	N/m²	STATUS	-	(-)
P1	P2	0.002	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P2	P4	0.002	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P3	P4	0.002	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P4	PE2	0.002	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P5	PE1	0.002	0.0000	0.52	CUMPLE	0.76	NO CUMPLE	1.1	O.K.
PE1	PE2	0.002	0.0000	0.57	CUMPLE	0.90	NO CUMPLE	1.3	O.K.
PE2	PE3	0.001	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
P6	PE4	0.001	0.0000	0.50	CUMPLE	0.69	NO CUMPLE	1.1	O.K.
PE4	PE3	0.002	0.0000	0.30	NO CUMPLE	0.27	NO CUMPLE	0.5	O.K.
PE3	PE5	0.002	0.0000	0.59	CUMPLE	0.97	NO CUMPLE	1.4	O.K.
PE6	PE7	0.006	0.0000	1.08	CUMPLE	2.58	CUMPLE	1.9	O.K.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 Urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com - nelsoncely2006@gmail.com

Debido a la topografía de la zona de estudio al presentar pendientes bajas, se hizo necesario la proyección de rellenos de manera que se logrará garantizar un sistema con funcionamiento a flujo a gravedad para la conexión a la red de alcantarillado del municipio; sin embargo en algunos tramos no fue posible el cumplimiento el parámetro de esfuerzo cortante, por lo que se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s en las redes proyectadas, por lo anterior se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado propuesto.

El Tramo existente PE4 – PE3 presenta una velocidad inferior a 0.45 m/s, por lo que se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado propuesto.

Para la vivienda localizada en la carrera 2 Oeste, la conexión al sistema de alcantarillado se realizará al colector existente localizado sobre la vía identificado como PE6 – PE7, en donde de acuerdo al análisis hidráulico realizado presenta cumplimiento de parámetro de funcionamiento hidráulico de acuerdo a la normatividad vigente.

4.3 POZOS DE INSPECCIÓN

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. Para esto debe ser provista una escalera de acceso con pasos de hierro y los elementos mínimos de seguridad industrial para los operarios. La cañuela o piso de la estructura es una plataforma en la cual se hacen canales que prolongan los conductos y encauzan sus flujos, cuando esto se requiera. La parte superior remata en una protección de su desembocadura a la superficie donde se coloca la correspondiente tapa. Deben hacerse consideraciones sobre la ventilación de los pozos.

Las estructuras de conexión deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos.

4.3.1 UBICACIÓN

Las estructuras de conexión deben ubicarse como mínimo en los siguientes puntos de la red de alcantarillado

- Al inicio de la red
- Cambios de dirección de flujo
- Cambios de diámetro
- Cambios de material

- Cambios de pendiente
- En la confluencia de más de dos tuberías
- A distancia máxima entre colectores de 120 m para tramos con aportes de caudal
- A distancia máxima entre colectores de 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.

4.3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.

4.3.2.1 Diámetro.

El diámetro interno de la estructura debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando en las tuberías que se conecten a estructura caben sin cruzarse entre sí y que las perdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas. Adicionamiento, se debe considerar la disponibilidad de equipos de mantenimiento. Las estructuras de conexión para inspección, limpieza e ingreso del personal de mantenimiento deben diseñarse con los diámetros mínimos estipulados en la tabla.

Tabla 12. Diámetro interno de Estructuras de conexión (Resolución 0330 del 2017)

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	**Diámetro interno de la estructura (m)**
De 200 a 500	1.20
Mayor de 500 hasta 750	1.50
Mayor de 750 hasta 900	1.80

4.3.2.2 Diámetro de Acceso.

El diámetro mínimo de acceso es de 0.60 m y debe contar con tapa. Deberá proveer escalera de acceso anticorrosiva la cual podrá ser permanente o móvil.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

CONCLUSIONES

- El proyecto fue contemplado y diseñado bajo los parámetros establecidos en la resolución 0330 de junio de 2017 y la resolución 0799 de diciembre de 2021 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

- El presente estudio contemplo el diseño de la red de alcantarillado y acueducto, así como el manejo de aguas lluvias para el proyecto PAVIMENTACIÓN DE VÍAS Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA – DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

- Se proyecta la ampliación de la red de acueducto existente en el Barrio 26 de octubre del municipio de Arauquita, con la finalidad de dar conexión a 26 viviendas que actualmente no cuenta con el servicio de acueducto, por lo tanto, en el análisis hidráulico se realizó el cierre del circuito de la red que alimenta actualmente a la zona de estudio, en donde la red se analizó en su totalidad incluyendo las viviendas actualmente conectadas y las proyectadas a conectar.

- La tubería de suministro de agua potable deberá ser en PVC RDE 21 (Presión de trabajo de 200 psi).

- Se garantiza una presión mínima de 15 mca en la red analizado en cumplimiento de lo establecido con la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021.

- En la tubería enterrada para suministro de agua potable, los cambios de dirección o en presencia de accesorios y válvulas, deberán ir debidamente empotradas mediante bloques de concreto colocados entre la tubería o accesorio y la pared de la zanja para trasmitir las fuerzas dinámicas al terreno.

- Debido a la topografía de la zona de estudio al presentar pendientes bajas, se hizo necesario la proyección de rellenos de manera que se logrará garantizar un sistema con funcionamiento a flujo a gravedad para la conexión a la red de alcantarillado del municipio; sin embargo en algunos tramos no fue posible el cumplimiento el parámetro de esfuerzo cortante, por lo que se garantiza una velocidad superior a 0.45 m/s en las redes proyectadas, por lo anterior se recomiendan realizar actividades de inspección y mantenimiento periódico para evitar sedimentación en el sistema de alcantarillado propuesto.

- Para la vivienda localizada en la carrera 2 Oeste, la conexión al sistema de alcantarillado se realizará al colector existente localizado sobre la vía identificado como PE6 – PE7, en donde de acuerdo al análisis hidráulico realizado presenta cumplimiento de parámetro de funcionamiento hidráulico de acuerdo a la normatividad vigente.

- Las dimensiones de muros o estructuras recolectoras de agua, son estimadas y no obedecen a diseño estructural. Se proyectaron a construirse en concreto reforzado o prefabricados, sin

embargo, el constructor puede utilizar cualquier material siempre las dimensiones de las obras hidráulicas proyectadas.

- Los planos hidráulicos del diseño se presentan sobre planos arquitectónicos entregado por el contratista del proyecto.
- Se recomienda usar tubería corrugada para las conexiones a la red de alcantarillado.

- El diámetro de las tuberías de conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado será de 6" de acuerdo a lo establecido en la resolución 0330 de 2017, con una pendiente mínima de conexión de 2.0%

Nelson Javier Cely Calixto
C.C. 88.248.537 de Cúcuta – M.P. 54202136452 NTS
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander. Profesor Tiempo Completo.
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental – Universidad Manuela Beltrán.
Magíster en Obras Hidráulicas (Ven) o Recursos Hídricos (Col) – Universidad de los Andes.
Doctor en Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Universidad del Valle.
20 años de Experiencia como Consultor en el Área de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria.

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

BIBLIOGRAFÍA

- Chow Ven Te, "Open Channel Hydraulics", McGraw-Hill Kogakusha Ltd., 1959
- Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W.,"Applied Hydrology", McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A., 1988.
- Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., 2 ª Edición, enero de 1999.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0330 junio de 2017.

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

ANEXOS

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magíster en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Anexo 1. Resultados modelación hidráulica.

Resultados en los nodos

Tabla de Red - Nudos					
Nodo ID	Elevation	Base Demand	Demand	Head	Pressure
	m	LPS	LPS	m	m
n1	154.06	0.119259	0.21	170.16	16.1
n2	153.97	0.0677198	0.12	170.18	16.21
n4	153.5	0	0	170.13	16.63
n6	153.88	0	0	170.8	16.92
n7	153.84	0	0	170.12	16.28
n8	153.88	0.3698981	0.67	170.08	16.2
n9	153.94	0.0232372	0.04	170.34	16.4
n10	153.78	0.090957	0.16	170.34	16.56
n11	153.47	0	0	170.5	17.03
n12	153.47	0.0934695	0.17	170.5	17.03
n14	153.88	0	0	170.67	16.79
n16	153.73	0	0	170.35	16.62
n17	153.51	0	0	170.19	16.68
n24	153.4	0.0290399	0.05	170.67	17.27
n25	154	0.7374252	1.33	170.11	16.11
n26	153.88	0.6918044	1.25	170.08	16.2
n28	153.76	0	0	170.5	16.74
E1	171.95	#N/A	-4	171.95	0

Resultados en las tuberías

Tabla de Red - Líneas								
Link ID	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor	Status
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		
p1	58.71	80.42	0.0015	-0.54	0.11	0.4	0.057	Open
p2	91.25	80.42	0.0015	-0.63	0.13	0.55	0.055	Open
p3	66.69	80.42	0.0015	4	0.79	17.29	0.044	Open
p4	104.9	80.42	0.0015	0.52	0.1	0.38	0.057	Open
p5	26.4	80.42	0.0015	0.07	0.01	0.01	0.081	Open
p6	2.178	80.42	0.0015	0.01	0	0	0	Open
p7	25.47	80.42	0.0015	-0.16	0.03	0.03	0.052	Open
p8	42.91	80.42	0.0015	-0.16	0.03	0.03	0.053	Open
p9	36.02	80.42	0.0015	-0.09	0.02	0.01	0.068	Open

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
Magister en Obras Hidráulicas o Recursos Hídricos
DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Tabla de Red - Líneas								
Link ID	Length	Diameter	Roughness	Flow	Velocity	Unit Headloss	Friction Factor	Status
	m	mm	mm	LPS	m/s	m/km		
p10	24.83	80.42	0.0015	-0.66	0.13	0.59	0.055	Open
p11	31.32	80.42	0.0015	-0.52	0.1	0.38	0.057	Open
p15	34.03	80.42	0.0015	-1.77	0.35	3.71	0.048	Open
p16	41.88	80.42	0.0015	-1.88	0.37	4.15	0.048	Open
p17	36.87	80.42	0.0015	-1.87	0.37	4.11	0.048	Open
p18	51.5	80.42	0.0015	-1.76	0.35	3.66	0.048	Open
p19	9.534	80.42	0.0015	-2.08	0.41	5.03	0.047	Open
p20	35.44	80.42	0.0015	-0.76	0.15	0.76	0.054	Open
p21	49.65	80.42	0.0015	-0.15	0.03	0.03	0.053	Open
p22	38.19	80.42	0.0015	-1.15	0.23	1.66	0.051	Open
p23	21.98	80.42	0.0015	-2.23	0.44	5.7	0.047	Open
p24	35.03	80.42	0.0015	-2.07	0.41	4.95	0.047	Open
p25	35.9	80.42	0.0015	-1.91	0.38	4.26	0.048	Open
p26	38.85	80.42	0.0015	-1.81	0.36	3.87	0.048	Open

Oficina 1: Edificio Fundadores 308 Dpto. de Construcciones Civiles, Hidráulica y Fluidos -UFPS.
Oficina 2: Maz. 4 Lt. 14 urbanización Las Américas. Tel: 5946060 - Cel: 3182491773.
E-mail: nelsoncely2006@hotmail.com – nelsoncely2006@gmail.com

CÉDULA DE CIUDADANÍA

REPÚBLICA DE COLOMBIA

NUIP 88.248.537



Apellidos
CELY CALIXTO

Nombres
NELSON JAVIER

Nacionalidad
COL

Estatura
1.67

Sexo
M

Fecha de nacimiento
08 ENE 1981

G.S.
A+

Lugar de nacimiento
CUCUTA (NORTE DE SANTANDER)

Fecha y lugar de expedición
01 MAR 1999, CUCUTA

Firma

Fecha de expiración
07 ENE 2032

.CO

00158978 2

REGISTRADOR NACIONAL
Alexander Vega Rocha

ICCOL0015897824250O1<<<<<<<<<<<
8101084M3201071COL88248537<<<1
CELY<CALIXTO<<NELSON<JAVIER<<<

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

54202136452NTS

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **19/10/2006**

NELSON JAVIER
CELY CALIXTO
C.C. 88248537
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

PRESIDENTE DEL CONSEJO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4851922

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL ENCARGADO

CERTIFICA:

1. Que NELSON JAVIER CELY CALIXTO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 88248537, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-136452 desde el 19 de Octubre de 2006, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 517.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los tres (03) días del mes de Noviembre del año dos mil veintiseis (2026).

Luis Carlos Cabezas Pulecio

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

República de Colombia

Ministerio de Educación Nacional

y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

Personería Jurídica No 20 Septiembre 19 de 1962 de la Gobernación del Departamento Norte de Santander

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Nelson Javier Cely Calixto

C.C. No. 88.248.534 expedida en Cúcuta, N.S.

Quien cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello otorga el presente

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Cúcuta, a 22 de Septiembre de 2006

EL RECTOR

EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO 28 ACTA 23908 FOLIO 0676

REGISTRO No. 20192

República Bolivariana de Venezuela

Mario Bonucci Rossini

Rector de la

Universidad de Los Andes

De acuerdo con la autoridad que le otorga la Ley, y por cuanto

Nelson Javier Cely Calixto

con Cédula de Identidad Nº V. 84.278.291 o Pasaporte Nº CC 88248537

nacido en Cúcuta Colombia el 8 de Enero de 1981

ha cumplido y aprobado satisfactoriamente los estudios y demás requerimientos establecidos en el programa académico respectivo, le confiere el grado de

Magíster Scientiae

en

Desarrollo de los Recursos Aguas y Tierras

Mención: Obras Hidráulicas

Dado en la ciudad de Mérida a los veintidos días del mes de Febrero de dos mil trece Años 202 de la Independencia y 154 de la Federación.

El Decano Oscar Camacho | El Rector | El Secretario

Inscrito Folio: 480

Tomo: VII

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
VENEZUELA

República Bolivariana de Venezuela
Registro Principal del

De de 2

Año: Nº Quedó registrado bajo el

Nº , Folio , Tomo , Trimestre

Protocolo Principal y Duplicado. Derechos de registro

Bs. , Planilla Nº , Doy Fe

El Registrador Principal

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **NELSON JAVIER CELY CALIXTO**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.248.537 expedida en Cúcuta – Norte de Santander, en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. **54202136452 NTS**, por medio del presente cedo plenamente los derechos a la Alcaldía de Arauquita del Diseño hidráulico del proyecto "**AMPLIACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**".

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido por un acuerdo en concreto entre ambas partes a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Se expide a solicitud del interesado, a los siete (7) días del mes de octubre de 2026

Cordialmente,

NELSON JAVIER CELY CALIXTO
ING. CIVIL DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
M.P 54202136452 NTS
C.C. 88.248.537 de Cúcuta

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **NELSON JAVIER CELY CALIXTO**, identificado con CC 88.248.537 expedida en Cúcuta-Norte de Santander en calidad de INGENIERO CIVIL, con Matricula profesional **54202136452 NTS**, certifico que realicé el diseño hidráulico, para el proyecto "**AMPLIACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**". Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción objeto del proyecto, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones en el diseño.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al ajuste al diseño hidráulico para el proyecto "**AMPLIACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"** ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando a la Alcaldía municipal de Arauquita de cualquier responsabilidad.

Se expide a solicitud del interesado, a los siete (7) días del mes de octubre de 2026.

Cordialmente,

NELSON JAVIER CELY CALIXTO
ING. CIVIL DOCTOR EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
M.P 54202136452 NTS
C.C. 88.248.537 de Cúcuta