ESTUDIO HIDRÁULICO

NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR
ING CIVIL. ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL.
MP. 54202-356552 NTS

"AMPLIACION Y OPTIMIZACION DE LAS REDES DE ACUEDUCTO VEREDAS LA CHUCUA Y COMUNEROS EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

ESTUDIO HIDRÁULICO

SARAVENA ABRIL 2025

CALLE 17 # 11-31 B. SANTANDER - SARAVENA - ARAUCA
EMAIL: YURICRUVI94@GMAIL.COM CEL: 3103[illegible]



NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR
ING CIVIL. ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL.
MP. 54202-356552 NTS

CONTROL DEL DOCUMENTO

CONTIENE:	"AMPLIACION Y OPTIMIZACION DE LAS REDES DE ACUEDUCTO VEREDAS LA CHUCUA Y COMUNEROS EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

VERSIÓN	FECHA DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	04 - 2025	ESTUDIO HIDRÁULICO

ELABORÓ:

Yurainni Cruz V.

NOMBRE: NIDIA YURAINNI CRUZ

CARGO: ING CIVIL. ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL.

MP. 54202-356552 NTS

APROBÓ:

NOMBRE: WILSON HERNANDO ROA GAMBOA.

CARGO: SECRETARIO DE PLANECION E INFRAESTRUCTURA

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6

1.1. ALCANCE 6

2.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 6

2.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO 6

3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO 6

3.1 LOCALIZACIÓN: 6

4. PARAMETROS DE DISEÑO 8

4.1 PERIODO DE DISEÑO 8

4.2 PROYECCION DE LA POBLACIÓN 8

4.2.1 POBLACIÓN ACTUAL 8

4.2.2 POBLACIÓN FLOTANTE 9

4.2.3 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 9

4.2.4 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO 10

5. CALCULO DE CAUDAL 11

5.1 DOTACIÓN NETA MÁXIMA 11

5.2 DOTACIÓN BRUTA 12

5.3 CAUDAL MEDIO DIARIO 12

5.4 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD) 13

5.5 CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH) 13

5.6 CAUDAL DE DISEÑO 13

6. PARAMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 14

6.1 CAUDAL DE DISEÑO 14

6.2 PRESIONES MÍNIMAS EN LA RED 14

6.4 PRESIONES MÁXIMAS EN LA RED 15

6.5 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. 15

6.5 VELOCIDADES EN LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN 15

6.6. PENDIENTES EN LAS TUBEN'AS DE LA RED DE DISTRÍBUCIÓN. RAS TITULO 8 16

6.7. PROFUNDIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ENTERRADAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN. 16

6.8. SELECCIÓN MATERIAL DE LAS TUBERÍAS. 17

6.8.1. TUBERÍAS DE POLICLORURO DE VINILO. 17

7.0. ANALISIS DE LA RED DE DISTRIBUCI0N 20

7.1. MODELACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA. 20
7.2. PERDIDAS DE CARGA. 20
7.3 PRESIÓN ESTÁTICA 21
7.4 PRESIÓN DINÁMICA 22
7.5 CURVA DEMANDA HORARIA 22
7.6 ASIGNACIÓN DEL CAUDAL EN LOS NODOS 22
7.7 SIMULACIÓN HIDRÁULICA 22
7.8 EVALUACIÓN DE PRESIONES DEL SISTEMA 23
7.9 ESTADO DE LAS TUBERÍAS 24
7.9.1 GOLPE DE ARIETE *24*
7.9.2 RDE DE LA TUBERÍA *25*
7.10 PROTECCIÓN A LA TUBERIA *25*
8. CONCLUSIONES 31

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: CLIMA 7
TABLA 2 PROYECCIÓN POBLACIÓN 9
TABLA 3 PROYECCION DE LA POBLACION 11
***TABLA 4** . DOTACIÓN NETA MÁXIMA POR HABITANTE SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA* 12
TABLA 5: CÁLCULO DEL CAUDAL PARA LA POBLACIÓN PROYECTADA A 25 AÑOS. 13
TABLA 6 CALCULO DE DISEÑO 14
TABLA 7 VELOCIDADES MAXIMAS 16
TABLA 8 PROFUNDIDADES MÍNIMAS A COTA CLAVE DE LA TUBERÍA. 17
TABLA 9 REGISTRO DE PRESIONES 22

LISTA DE ILUSTRACIONES.

ILUSTRACIÓN 1 LOCALIZACIÓN. 7
ILUSTRACIÓN 2: POBLACIÓN ACTUAL 9
ILUSTRACIÓN 3 RED DE DISTRIBUCIÓN PROYECTADA 23
ILUSTRACIÓN 4: VÁLVULA DE PURGA 25
ILUSTRACIÓN 5 AIRE EN TUBERÍAS 27
ILUSTRACIÓN 6 . EFECTO DE PRESIONES SUB- ATMOSFÉRICAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN 28
ILUSTRACIÓN 7 LAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE DEBEN INSTALARSE 28
ILUSTRACIÓN 8 VÁLVULA DE VENTOSA EN SALIDA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO. 29
ILUSTRACIÓN 9 VALVULA DE VENTOSA EN CAMBIO DE PENDIENTE 29
ILUSTRACIÓN 10 VALVULA DE AIRE VENTOSA 30
ILUSTRACIÓN 11DETALLE TÍPICO CAJA DE VALVULA DE VENTOSA 30

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento expone los resultados obtenidos en el diseño hidráulico de la red de distribución de agua potable correspondiente al proyecto "**AMPLIACION Y OPTIMIZACION DE LAS REDES DE ACUEDUCTO VEREDAS LA CHUCUA Y COMUNEROS EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA DEPARTAMENTO DE ARAUCA".**
Para el desarrollo del diseño, se consideraron los lineamientos técnicos establecidos en las siguientes normas: **Resolución 0844 de noviembre de 2018, Resolución 0330 de junio de 2017, Resolución 0799 de diciembre de 2021** y **Resolución 0908 de diciembre de 2021**, emitidas por el **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**.

1.1. ALCANCE

El diseño hidráulico desarrollado en el presente informe abarca la planificación, cálculo y dimensionamiento de la red de acueducto para la Vereda La Chucua, garantizando el suministro de agua potable de acuerdo con los parámetros de calidad, continuidad y presión establecidos en la normativa vigente.
Incluye el análisis de la demanda proyectada, la selección de materiales adecuados, la definición de diámetros de tubería, la ubicación de válvulas y accesorios, y la modelación hidráulica de la red.
Adicionalmente, se contemplan las recomendaciones para la correcta ejecución de la obra, asegurando la eficiencia del sistema y su sostenibilidad a largo plazo.

2.0 METODOLOGIA

2.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

- Recopilación de datos sobre las características del terreno, incluyendo topografía, tipos de suelo y patrones de escurrimiento superficial.

2.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO

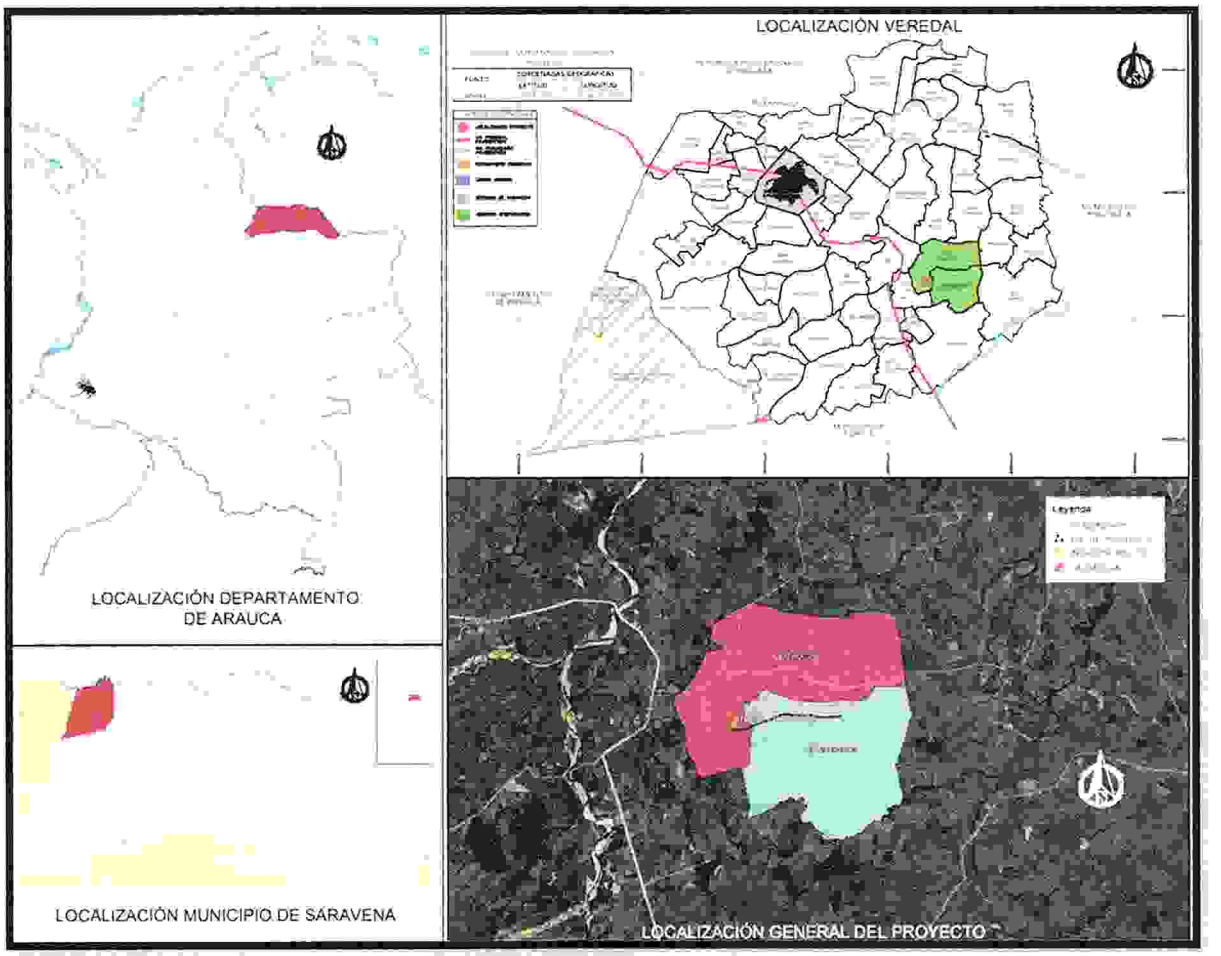
- Modelación hidráulica del tramo de red a diseñar, por medio de EPANET, garantizando el cumplimiento de los parámetros mínimos de diseño.

3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 LOCALIZACIÓN:

La ejecución del proyecto se llevará a cabo en las veredas La Chucua y Comuneros, en el municipio de Saravena, Departamento de Arauca.

Ilustración 1 Localización



Fuente: Elaboración propia

El Municipio de Saravena se encuentra localizado al noroccidente del espacio geográfico de la Orinoquia Colombiana y representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

Clima

Parámetros climáticos promedio de Saravena, Arauca, Colombia													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	35.4	35.6	36.0	37.0	34.6	35.0	34.3	36.4	36.4	37.8	37.0	37.0	**37.8**
Temp. máx. media (°C)	30.7	31.1	31.2	30.7	30.7	29.5	29.6	30.1	30.7	31.1	31.0	30.7	**30.6**
Temp. media (°C)	25.4	25.9	26.0	25.8	25.6	24.6	24.7	25.0	25.4	25.6	25.6	25.3	**25.4**
Temp. mín. media (°C)	20.0	20.8	20.7	21.1	20.7	20.4	20.1	19.9	20.0	20.2	20.0	19.9	**20.3**
Temp. mín. abs. (°C)	13.0	15.2	15.0	15.0	15.0	16.0	15.0	15.0	13.0	10.8	15.0	13.3	**10.8**
Lluvias (mm)	42	82	121	266	362	416	323	346	315	310	189	102	**2874**
Días de lluvias (≥)	6	8	11	16	20	23	23	22	19	18	16	10	**192**
Horas de sol	147	112	85	78	102	86	108	127	139	148	152	142	**1426**
Humedad relativa (%)	80	80	80	83	85	87	86	86	85	85	83	82	**83.5**
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)													

4. PARAMETROS DE DISEÑO

4.1 PERIODO DE DISEÑO

En cumplimiento de la Resolución 0330 de junio de 2017, se establece un periodo de diseño de 25 años para los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

4.2 PROYECCION DE LA POBLACIÓN

De acuerdo al título 8 del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico - RAS, en su capítulo 82 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.

4.2.1 Población Actual

La población a beneficiar localizada en las veredas La Chucua y Comuneros está conformada por 78 usuarios, en donde para la estimación de la población se empelará el valor de densidad de Hab/vivienda de acuerdo a los resultados del el último Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2018) realizado en el año 2018 que presenta un valor de 3.30 personas por hogar. Por lo tanto, la población a beneficiar en el proyecto es:



$$78 * 3{,}30 \ \frac{ha}{vivienda} = \ 257{,}4$$

4.2.2 Población Flotante

Se realiza el ajuste de la población calculado con relación a la población flotante o migratoria del proyecto. Para efectos de diseño se estima esta población como 10% de la población actual de uso doméstico.

4.2.3 Proyección de Población

Evaluando las estadísticas de los últimos censos registrados por la oficina del DANE, para el municipio de Saravena se presentan los siguientes resultados:

Año	Total (hab)	Cabecera (hab)	Resto (hab)
1973	12.040	3.884	8.156
1985	24.417	13.369	11.048
1993	26.049	18.995	7.054
2005	42.766	28.544	14.222
2018	55.554	42.415	13.139

En la Tabla 1 se observa que la tendencia de los dos últimos censos registrados (2005 y 2018) es de decrecimiento según los datos disponibles para la población del Resto del municipio, por lo tanto, para la proyección de la población se empleará una tasa de crecimiento de 0.5%, de acuerdo a lo establecido en el artículo 5 de la Resolución 844 de 2018: *"Articulo 5. Por excepción,* cuando se evidencie una tendencia de crecimiento de la población en la zona de actuación, el

proyecto deberá diseñarse con una tasa de crecimiento anual de 0.5% en un horizonte de veinticinco (25) años"

4.2.4 Proyección de Población por el método Geométrico

El método geométrico de proyección poblacional se basa en el principio de crecimiento compuesto, donde la población aumenta a una tasa constante cada año. Este método supone que el crecimiento es proporcional al tamaño de la población existente, es decir, que cada año la población crece en un porcentaje fijo respecto al año anterior.

Matemáticamente, se expresa mediante la fórmula:

$$P_f = P_i \times (1 + r)^t$$

donde:

- P_f = Población futura (proyectada)
- P_i = Población inicial (conocida)
- r = Tasa de crecimiento anual (en forma decimal; por ejemplo, 0,005 si es 0,5%)
- t = Número de años del período de proyección

Cálculo de la tasa de crecimiento anual (r):

Cuando se conoce la población en dos momentos distintos, Pi(inicial) y Pf (final), y el tiempo t transcurrido entre ambas mediciones, la tasa de crecimiento anual se calcula usando la siguiente fórmula:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\frac{1}{t}} \quad 1$$

Esta fórmula deriva del despeje de la ecuación del crecimiento geométrico.

- Si el valor de r se expresa como porcentaje, se multiplica por 100.

- Si el crecimiento anual ya es establecido por norma (por ejemplo, 0,5% anual), simplemente se utiliza r=0,005.

Calculo de la población proyectada a 25 años:

AÑO	POBLACION RURAL	POBLACION FLOTANTE	POBLACION DE DISEÑO
2024	258	31	289
2025	260	32	292
2026	261	32	293
2027	262	32	294
2028	264	32	296
2029	265	32	297
2030	266	32	298
2031	268	33	301
2032	269	33	302
2033	270	33	303
2034	272	33	305
2035	273	33	306
2036	274	33	307
2037	276	34	310
2038	277	34	311
2039	279	34	313
2040	280	34	314
2041	281	34	315
2042	283	34	317
2043	284	35	319
2044	286	35	321
2045	287	35	322
2046	288	35	323
2047	290	35	325
2048	291	35	326
2049	293	36	**329**

5. CALCULO DE CAUDAL

5.1 Dotación Neta Máxima

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 siguiente Tabla.

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

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 x 1/Hab- día dado que Saravena se encuentra a una altura menor a 1000 msnm.

5.2 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:

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

La resolución 0330 de junio de 2017, establece que el porcentaje de las pérdidas técnicas máximas en la ecuación engloba 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%.

$$Dbruta = \frac{140}{1 - 25\%} = 186.67 \frac{L}{seg}$$

$$Dotacón\ Bruta\ Institucional = \frac{25}{1 - 25\%} = 33.33 \frac{L}{seg}$$

5.3 Caudal medio diario

(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 siguiente Tabla.

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

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 x 1/Hab- día dado que Saravena se encuentra a una altura menor a 1000 msnm.

5.2 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:

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

La resolución 0330 de junio de 2017, establece que el porcentaje de las pérdidas técnicas máximas en la ecuación engloba 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%.

$$Dbruta = \frac{140}{1 - 25\%} = 186.67 \frac{L}{seg}$$

$$Dotacón\ Bruta\ Institucional = \frac{25}{1 - 25\%} = 33.33 \frac{L}{seg}$$

5.3 Caudal medio diario

DATOS	VALOR	UNIDAD
Pob	329	hab
Dneta	140	L/hab/dia
Perdidas	25%	%
Dbruta	186,67	L/hab/dia
Qmd	0,71	L/s
K1	1,2	-
QMD	0,85	L/s
K2	1,5	-
QMH	1,28	L/s
Factor Max. Consumo	1,8	-
Caudal diseño	**2,303**	**L/s**

6. PARAMETROS DE DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

6.1 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 siguiente Tabla:

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 de 2017

De acuerdo al artículo 47 de la resolución 0330 de 2017 el caudal de diseño de la red de distribución es el Caudal Máximo Horario (QMH).

Caudal de diseño = 2,303 Lps

La modelación de la red de distribución se realizará con la totalidad del QMH, en donde los valores de caudal correspondientes a los usuarios abastecidos en la conducción, fueron cargados en diferentes nodos, para simular la red con el caudal total de diseño correspondiente.

6.2 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).

En el artículo 27 de la resolución 844 de Noviembre de 2018, se estipula que en las redes distribución de sistemas de acueducto rurales, la presión dinámica mínima debe ser superior a 5 m.c.a, previo análisis del tipo de edificación y de las perdidas en las que se incurre, buscando suministrar agua en las duchas.

Para efectos del proyecto y de acuerdo a lo anterior la presión mínima a garantizar será de 5 m.c.a.

6.4 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 cómo se requieran. (Art 62 Res 0330 junio de 2017).

6.5 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 cumpla con las condiciones mínimas establecidas. (Art 63 Res 0330 junio de 2017).

De acuerdo al ítem 4 del artículo 27 de la resolución 844 de 2018 "cuando parcialmente se pueda cumplir con los requisitos de diseño de sistemas de acueducto establecidos en la resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o la norma que lo modifique, adicione o sustituya, desde los estudios y diseños el responsable del proyecto justificará la adopción de parámetros o valores por fuera de los límites o rangos normativos establecidos, siempre y cuando la infraestructura cumpla con su objetivo, garantizando el funcionamiento hidráulico o de procesos y la administración, operación y mantenimiento previstos"

6.5 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 se plantean las velocidades máximas recomendadas para las tuberías en la red de distribución.

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

FUENTE Resolución 0330 de 2017

El diseño debe limitar la velocidad mínima de 0.5 m/s correspondiente al caudal máximo horario (QMH) en el momento de entrada en operación de la red. Dado los caudales con valores pequeños a trabajar en la red y al diámetro mínimo estipulado por la Resolución 0330 de junio de 2017, no se hace posible.

6.6. PENDIENTES EN LAS TUBEN'AS DE LA RED DE DISTRÍBUCIÓN. RAS TITULO 8 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 el 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%-

6.7. 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 8. 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

6.8. SELECCIÓN MATERIAL DE LAS TUBERÍAS.

6.8.1. Tuberías de Policloruro de Vinilo.

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 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 BIAHAL® de PAVCO evita la transmisión de facturas 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 únicamentel.60". Para BIAXIAL® de PAVCO la fi]erza 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. BIA2HAL® 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 Hidrosello 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.

6.9. Sectorización Hidráulica.

Todas las redes deben estar sectorizadas con el fin de lograr la racionalización del servicio. El diseño de la sectorización debe estar basada en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica.

Todos los sectores hidráulicos definidos deben contar con equipos de medición de caudal en todas las entradas, así como en todas las salidas hacia otros sectores. (Art 58 Res 0330 junio de 2017).

En el proyecto se contempla la sectorización por líneas de alimentación según lo presentado en los planos de la red de distribución.

7.0. ANALISIS 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.

7.1. 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 fuente 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).

7.2. Perdidas 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

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

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

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.

EI 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 fi]gas en diferentes componentes de la red.

7.3 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.

7.4 PRESIÓN DINÁMICA

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

7.5 CURVA DEMANDA HORARIA

La curva de demanda horaria debe ser propia de la población, pero dado que no se cuenta con estos valores, se utilizarán para el cálculo de las presiones los coeficientes representativos al caudal máximo horario, máximo diario y medio diario para poder determinar las presiones en los puntos.

Período 1: 0

Periodo 2: 1

Periodo 3: 1.3

Periodo 4: 2.08

7.6 Asignación del Caudal en los Nodos

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

7.7 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Se Realiza la simulación hidráulica de la red de distribución evaluando el caudal máximo horario, para la determinación de las presiones de servicio de la red correspondiente al periodo 4 suponiendo este periodo como el de máximo consumo.

Tomando en cuenta que la línea de acueducto proyectada se derivara de la línea de 8 pulgadas existente en la zona de estudio, para realizar la evaluación hidráulica de la tubería se hizo un registro de presiones en el punto de derivación en diferentes momentos del día obteniendo los siguientes resultados:

Hora	Presión (Psi)
6 am	14
12 pm	14
6 pm	14

Fuente: Resolución 0330 junio de 2017

7.8 EVALUACIÓN DE PRESIONES DEL SISTEMA

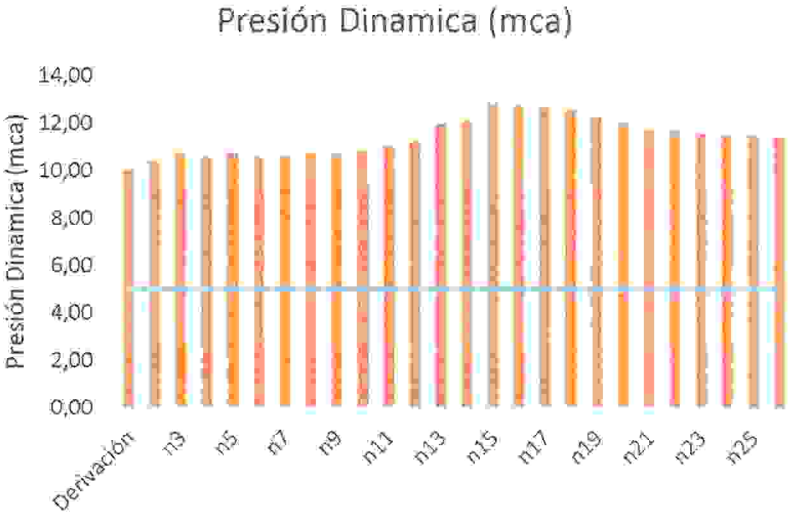
Se realiza la evaluación de la red de distribución para el periodo 4 en el modelo de Epanet correspondiente al QMH, en donde como se observa en la Figura 1 y Figura 2, en la red presentada

se proyectan presiones superiores a los 5 m.c.a, dando cumplimiento a lo establecido en la resolución 0844 de 2018.

Para la evaluación se tomó como presión de entrada al sistema un valor de 14 Psi correspondiente a 10 m.c.a.

Red de distribución proyectada – Longitud 2560 m





FUENTE PROPIA

7.9 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 proyectan válvulas de purga en los puntos con las cotas mínimas en el proyecto para realizar el mantenimiento periódico.

7.9.1 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

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

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

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

7.9.2 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.

7.10 PROTECCIÓN A LA TUBERIA

7.10.1 Válvula de Purga

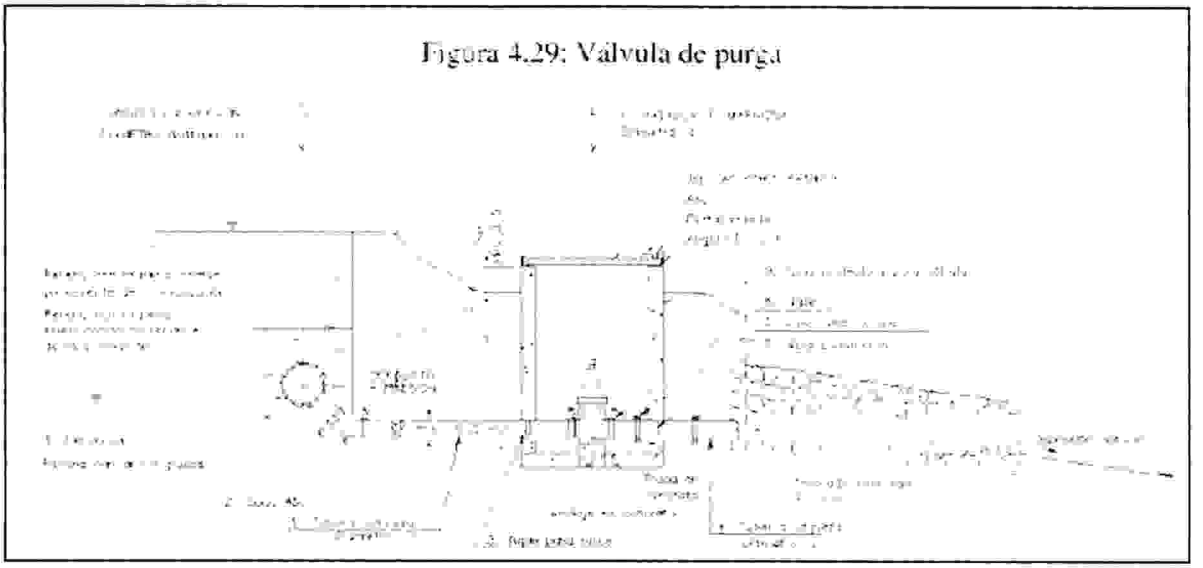
Debe instalarse válvulas de purga en los puntos bajos de las redes, con el fin de permitir el lavado y la descarga de las mismas. El diámetro de la tubería de desagüe deberá estar entre 1/3 y ¼ del diámetro de la tubería principal, con un mínimo de100mm para tuberías mayores de 100 mm. Para diámetros 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 topografia 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 determinó en total 1 válvulas de purga. Todas son de 4" 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.

ILUSTRACIÓN 8 VÁLVULA DE PURGA



Fuente Ing julio ovalle

7.10.2 Válvula 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.

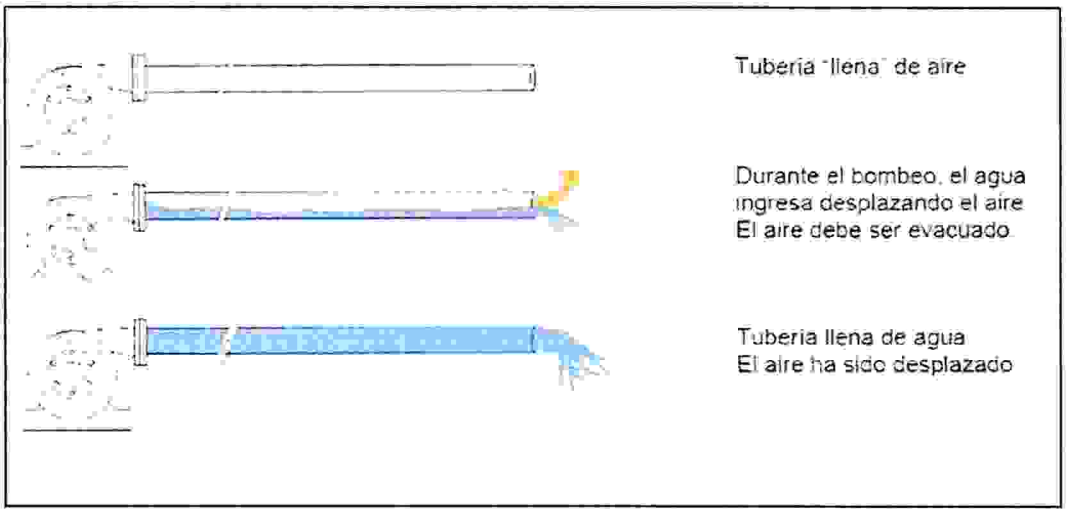
También la presencia de cantidades incontroladas de aire puede reducir seriamente el rendimiento de una red, ya que el aire se acumula en los puntos altos de las conducciones reduciendo la sección de paso y por tanto la capacidad de transporte de las mismas, llegándose a detenerse completamente el flujo 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

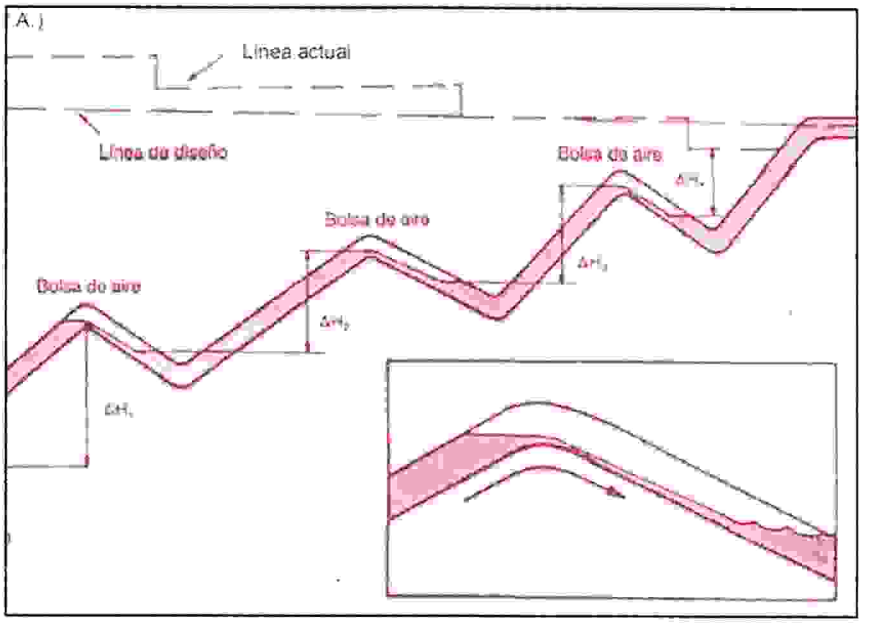
Cuando hablamos de tuberías vacías deberíamos decir tuberías llenas de aire que debe ser evacuado convenientemente. El aire puede entrar también en las conducciones por diversos caminos, por ejemplo, cuando se pone en marcha una bomba, el aire atrapado en sus partes internas es introducido en el sistema.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

Ilustración 5 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.



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.

ILUSTRACIÓN 8 EFECTO DE PRESIONES SUB- ATMOSFERICAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

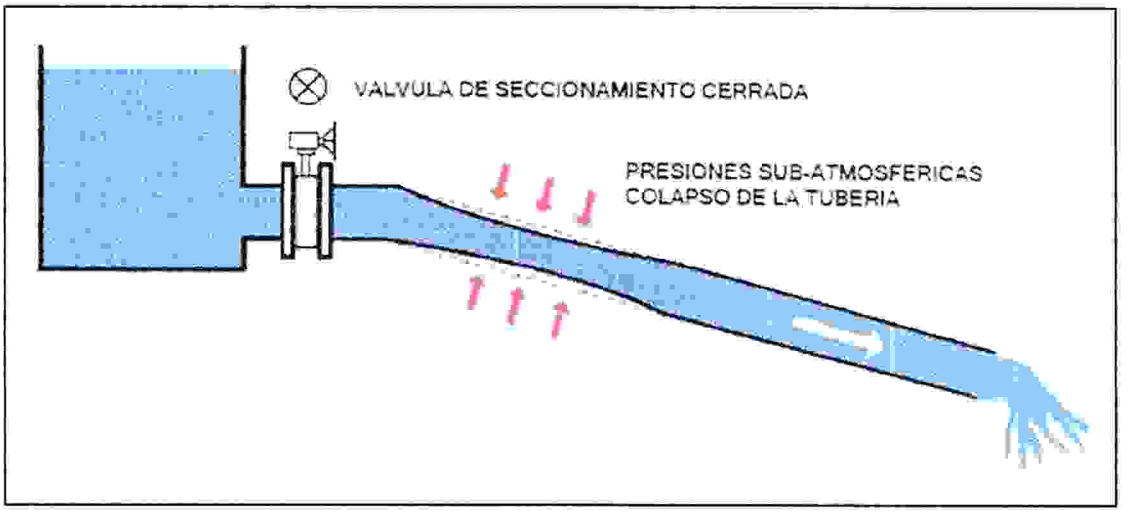
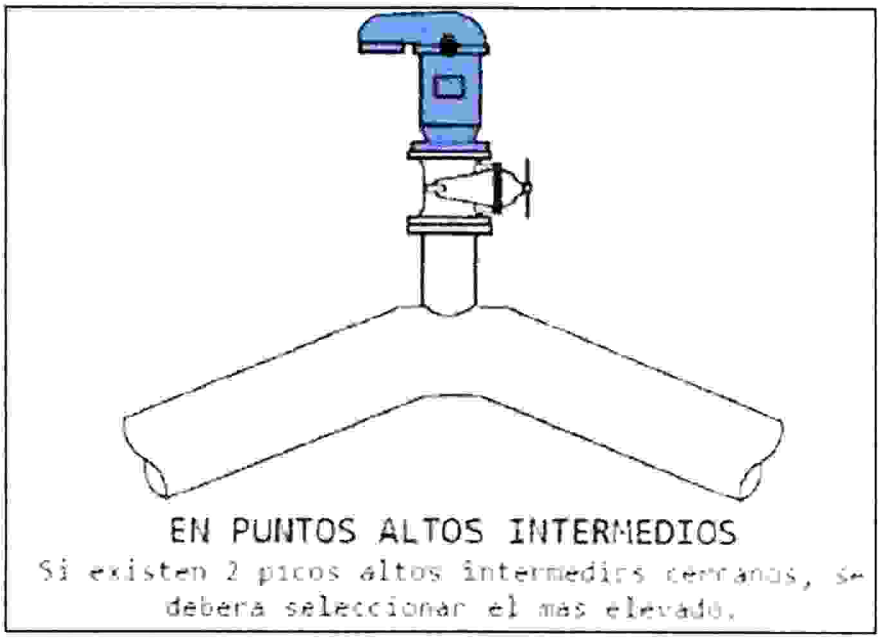


ILUSTRACIÓN 7 LAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE DEBEN INSTALARS



ILUSTRACION 8 VÁLVULA DE VENTOSA EN SALIDA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

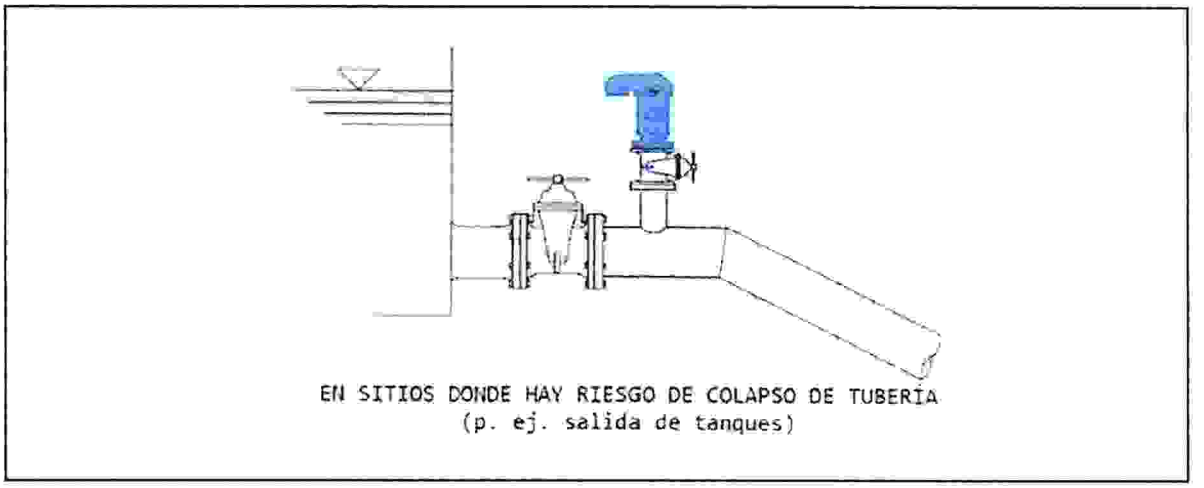
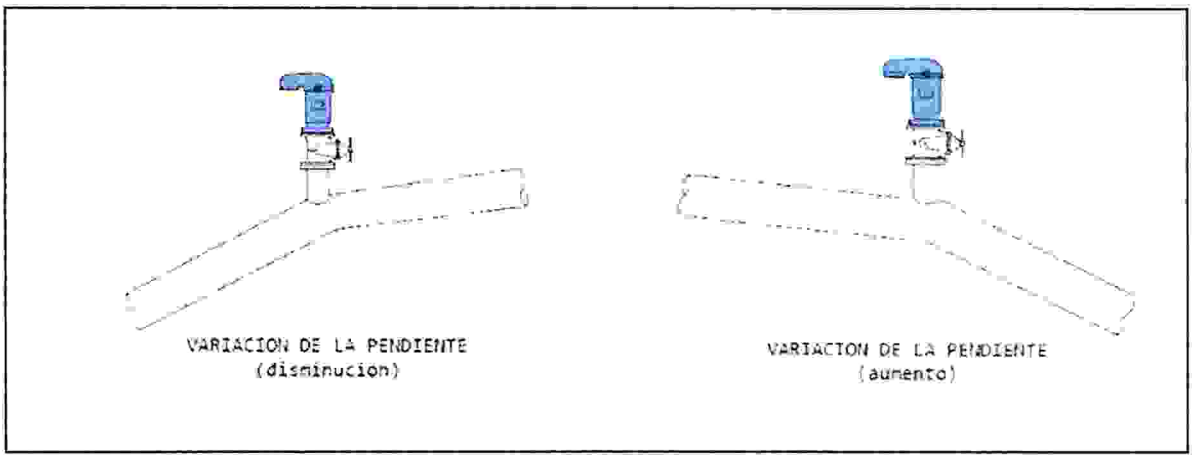
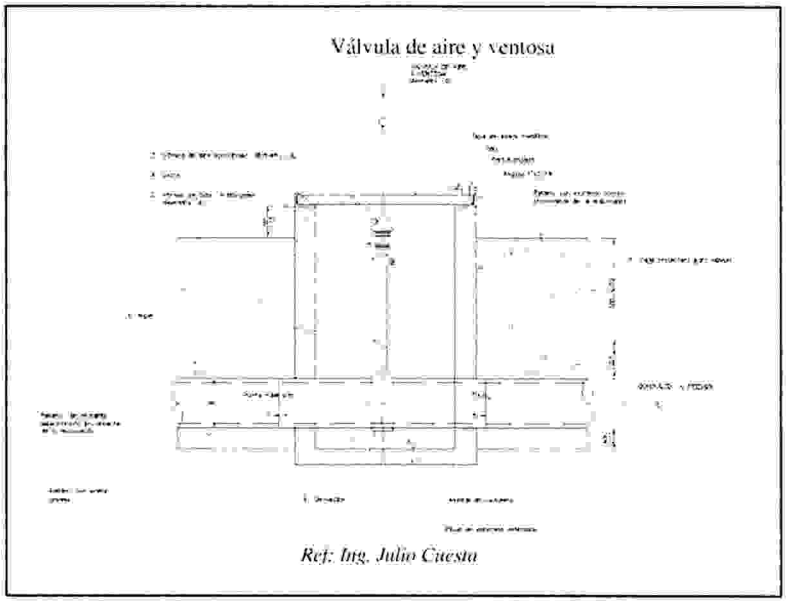


ILUSTRACIÓN 8 VÁLVULA DE VENTOSA EN CAMBIO DE PENDIENTE



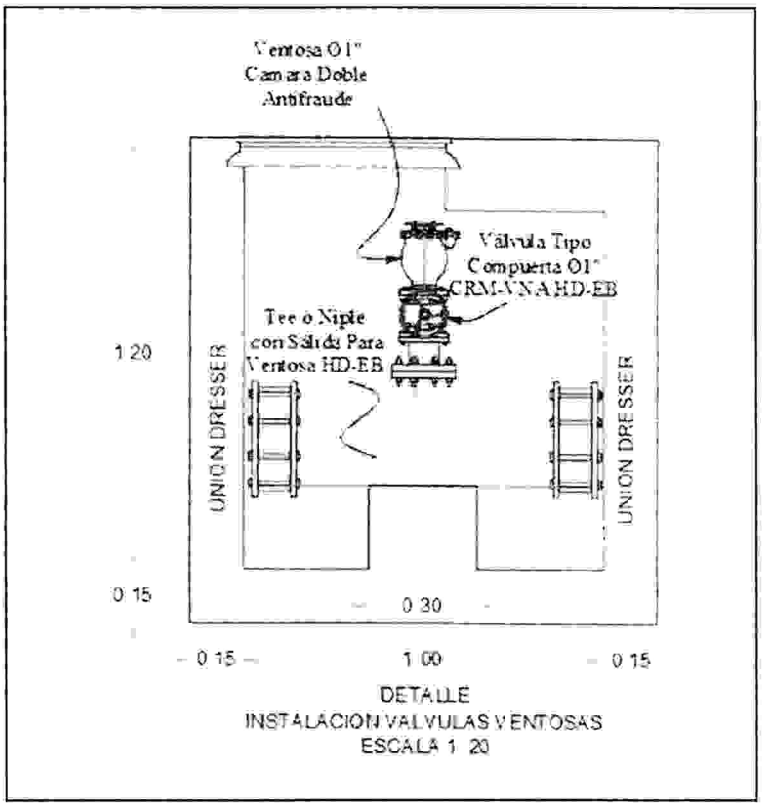
Bajo las pautas mencionadas en los párrafos anteriores y con ayuda del diseño geométrico de las vías del proyecto se determinó el punto con la mayor cota en el cual se ubicaron ocho válvulas de ventosa.

ILUSTRACION 10 VALVULA DE AIRE VENTOSA



Ref: Ing. Julio Cuesta

ILUSTRACION 11DETALLE TÍPICO CAJA DE VALVULA DE VENTOSA



8. CONCLUSIONES

Los diseños del proyecto se realizaron bajo los lineamientos establecidos en la Resolución 844 de noviembre de 2018, 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 proyecto tiene como objeto el abastecimiento de la vereda La Chucua y Comuneros, en el que se realizará la optimización del sistema de acueducto existente.

La tubería de suministro para la red de distribución de las veredas La Chucua y comuneros deberá ser en PVC RDE 21 (Presión de trabajo de 200 ps.i).

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 accesorios y la pared de la zanja para trasmitir las fuerzas dinámicas al terreno.

Se tomó como información de apoyo inicial la suministrada por la Cooperativa del Acueducto Regional de Rio Chiquito.

Elaboró:



NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR

ING CIVIL. ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL.

MP. 54202-356552 NTS