

**OPTIMIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE MANAURE
BALCÓN DEL CESAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

**ANA CRISTINA VEGA MUEGUES
CARLOS EDUARDO AARÓN DAZA**



**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR
2019**

**OPTIMIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE MANAURE
BALCÓN DEL CESAR, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

**ANA CRISTINA VEGA MUEGUES
CARLOS EDUARDO AARÓN DAZA**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**Director
YESITH AROCA ZULETA
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

Valledupar 2019

DEDICATORIA

DIOS gracias por todas las bendiciones recibidas hasta el día de hoy, gracias por enviarme a esta maravillosa familia con unos padres amorosos que me formaron como una mejor integral respetando a mis semejantes.

Gracias a mi padre **CARLOS RAFAEL VEGA DAZA** por brindarme tu apoyo incondicional te amo infinitamente, a mi madre **LUZ MARINA MUEGUES IGLESIA** que aunque hoy no estés en esta tierra físicamente siempre has estado en mi corazón y sé que nos acompañas en todo momento te amo, por ustedes llegue a este punto y quiero que se sientan orgullosos de mis logros.

Mis hermanos bellos gracias por estar siempre ahí para mí los quiero mucho este logro también es de ustedes; a ti mi abue gracias por ser tan espacial conmigo, a ustedes tías hermosa que se propusieron en sacarnos adelante cuando mamá se fue al cielo, no tengo como pagarles todo lo que han hecho por mí.

A mis familiares, maestros y amigos que han contribuido a mi formación académica y personal gracias por brindarme su cariño y apoyo en todo momento.

A ti que también luchaste para que pudiera alcanzar este logro.

ANA CRISTINA VEGA MUEGUES

DEDICATORIA

“el profesionalismo no lo hace un título universitario, lo hace la dedicación y el amor que le colocas a tu trabajo”

Solo Dios y la vida son capaces de dictaminar cual es el tiempo perfecto para cumplir tus metas, con esto quiero dar gracias a Dios porque en su inmensa misericordia me ha guiado por el camino de la sabiduría, la inteligencia y el conocimiento.

Agradecerle a mi madre, a mi padre y a mi hermana, que siempre han estado presentes en los momentos en los cuales sentí desfallecer y que con su amor y cariño me han hecho ser el hombre de bien que han querido, a ellos que con eterna paciencia han esperado este momento, solo me resta decirles gracias, aquí está el fruto de sus noches de desvelo.

Como olvidar a mi abuela y tías, porque en ellas encontré un apoyo invaluable que me impulsan a seguir adelante cada día.

**CARLOS EDUARDO
SIC ITUR AD ASTRA**

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por habernos permitido un día más de vida y darnos la oportunidad de llegar a lograr este objetivo.

A nuestra Universidad Popular del Cesar, Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, en especial al programa de ingeniería ambiental y sanitaria en cabeza del **ING. LUIS ALBERTO ROMERO** por su colaboración y apoyo incondicional a lo largo de este proceso educativo.

A nuestro Director de Tesis el **ING. YESITH VICENTE AROCA ZULETA** por su empeño en la orientación de la presente investigación y por guiarnos para la culminación exitosa de nuestra carrera, no tenemos como pagarle todo su tiempo y dedicación, mil y mil gracias.

A el **ING. JAVIER OROZCO** y el **ING. RAFAEL DÍAZ**, por hacer parte de este proceso como evaluadores del mismo ayudándonos a mejorar nuestras ideas y estructurar mejor el proyecto para lograr culminar con éxito este trabajo de grado.

A nuestros maestros y amigos que siempre estuvieron ahí haciendo parte de nuestra formación integral y nos brindaron su ayuda y apoyo para que este trabajo se llevara a feliz término.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2 JUSTIFICACIÓN	18
3 OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4 MARCO REFERENCIAL.....	21
4.1 ANTECEDENTES	21
4.1.1 En Colombia.....	23
4.1.2 En el Departamento del Cesar	25
4.1.3 En el Municipio de Manaure Cesar.	27
4.2 MARCO TEÓRICO.....	29
4.2.1 Bases teóricas.....	29
4.2.2 Tanques de almacenamiento y compensación.	30
4.2.3 Tuberías.....	31
4.2.4 Pérdidas.....	33
4.2.5 Válvulas control.....	34
4.2.6 Válvulas de ventosa de aire.....	34
4.2.7 Válvulas reductoras de presión.....	35
4.2.8 Válvulas limitadores de caudal.....	36
4.2.9 Diseño y simulación.....	37
4.2.10 AutoCAD.....	38
4.2.11 Plan de uso eficiente y ahorro de agua.....	38
4.3 MARCO CONTEXTUAL.....	40
4.3.1 Aspectos generales del municipio de Manaure- Cesar.....	40
4.3.2 Historia.....	42
4.3.3 División Político Administrativa.....	44
4.3.4 Economía.....	44
4.3.5 Ecología.....	45
4.3.6 Temperatura.....	45
4.3.7 Hidrografía.....	46
4.3.8 Zonas de vida.....	47
4.3.9 Vías de comunicación.....	48
4.4 MARCO CONCEPTUAL.....	49
4.5 MARCO INSTITUCIONAL.....	52
4.6 MARCO LEGAL.....	54
5.1 MARCO METODOLÓGICO	61
5.1.1 Línea de investigación.....	61
5.1.2 Tipo de investigación.....	61
5.1.3 Enfoque de la investigación.....	61

5.1.4	Población.....	61
5.1.5	Instrumentos de recolección de datos.....	61
5.1.6	Metodología.....	63
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS	67
6.1	DIAGNOSTICO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE MANAURE BALCÓN DEL CESAR	67
6.1.1	Fuente de abastecimiento.....	67
6.1.2	Planta de tratamiento de agua potable.....	68
6.2	RED DE DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTO.....	69
6.2.1	Componentes de la red de distribución actual.	70
6.2.2	Tanques de almacenamiento.	71
6.2.3	Conexión tanques de almacenamiento – red de distribución.	75
6.2.4	Topografía.	77
6.2.5	Situación Actual De La Red De Distribución.	78
6.2.6	Problemas En La Red De Distribución.	79
6.3	CÁLCULOS PARA LA SIMULACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUTURA	80
6.3.1	Cálculo De Población.....	81
6.3.2	Información Básica Censal.....	81
6.3.3	Proyección Poblacional.	82
6.3.4	Métodos Para El Cálculo De Población.....	82
6.3.5	Población Futura O De Diseño.	87
6.3.6	Asignación Del Nivel De Complejidad Del Sistema.....	87
6.3.7	Periodo de diseño de los componentes del sistema.	88
6.3.8	Dotación Neta.:.....	88
6.3.9	Perdidas.	89
6.3.10	Dotación Bruta (Dbruta).	89
6.3.11	Calculo De La Demanda De Agua..	90
6.3.12	Cálculo De La Capacidad De Los Tanques Almacenamiento.	91
6.3.13	Parámetros Necesarios Para Simular.	99
6.3.14	Análisis De Resultados De La Simulación Hidráulica De La Red De Distribución Actual.	99
6.3.15	Válvulas Del Diseño.	100
7	CONCLUSIONES	103
8	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	104
	ANEXOS.....	109

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD TÍPICOS	30
CUADRO 2. NORMAS TÉCNICAS DE LOS ACCESORIOS SEGÚN EL MATERIAL.....	32
CUADRO 3. VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE MANAURE CESAR	45
CUADRO 4. DATOS DE LA ALCALDÍA MUNICIPAL DE MANAURE Balcón del Cesar	53
CUADRO 5. DATOS DE LA EMPRESA DE SERVICIO PÚBLICO MUNICIPAL DE MANAURE BALCÓN DEL CESAR	53
CUADRO 6. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.....	54
CUADRO 7. LEYES.....	56
CUADRO 8. DECRETOS Y RESOLUCIONES	60
CUADRO 9. TANQUES QUE COMPONEN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	70
CUADRO 10. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 1 (ABASTECIMIENTO)	72
CUADRO 11. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 2 (ABASTECIMIENTO)	72
CUADRO 12. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 3 (ABASTECIMIENTO)	73
CUADRO 13. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 4 (QUIEBRE DE PRESIÓN).....	73
CUADRO 14. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 5 (COMPENSACIÓN)	74
CUADRO 15. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE 6 (ABASTECIMIENTO)	75
CUADRO 16. NIVELES DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN	77
CUADRO 17. TUBERÍA EXISTENTE.....	80
CUADRO 18. DATOS CENSOS DANE	81
CUADRO 19. MÉTODOS DE CÁLCULO PERMITIDOS SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN.	83
CUADRO 20. COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO POR AÑO.	86
CUADRO 21. ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.....	88
CUADRO 22. DE LA RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 DOTACIÓN NETA MÁXIMA POR HABITANTE SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	89
CUADRO 23. GEOMETRÍA DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	94
CUADRO 24. VOLUMEN TOTAL.....	95
CUADRO 25. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO.	96
CUADRO 26. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE AGUA ANUAL.....	97

CUADRO 27. COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE CONSUMO	97
CUADRO 28. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA SIMULACIÓN FUTURA	98
CUADRO 29. VELOCIDADES MÁXIMAS SEGÚN MATERIAL DE TUBERÍAS.....	117
CUADRO 30. REDES ACTUALES DE ACUEDUCTO.	122
CUADRO 31. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUTURA	129
CUADRO 32. DATOS PARA LOS CÁLCULOS Y LA SIMULACIÓN	130
CUADRO 33. CALCULO DE CAUDAL MÁXIMO DIARIO, HORARIO Y DE DISEÑO	131
CUADRO 34. RESULTADO DE LOS CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DIARIO, HORARIO Y DE DISEÑO.	132
CUADRO 35: RESULTADOS SIMULACIÓN POR NODOS	135
CUADRO 36. PARÁMETROS PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	143

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA SATELITAL DE MANAURE CESAR	41
FIGURA 2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE MANAURE CESAR.....	41
FIGURA 3. RIO MANAURE	43
FIGURA 4. RIO MANAURE	68
FIGURA 5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MUNICIPIO DE MANAURE BALCÓN DEL CESAR.....	69
FIGURA 6. RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL MUNICIPIO DE MANAURE.....	70
FIGURA 7. UBICACIÓN DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN EN LA RED.....	71
FIGURA 8. GRAFICA DE CURVA DE VARIACIÓN DE CONSUMO.....	98
FIGURA 9. DISEÑO FUTURO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL MUNICIPIO DE MANAURE.....	100
FIGURA 10. CURVA DE DEMANDA	133

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	110
ANEXO B	115
ANEXO C	129
ANEXO D	131
ANEXO E	134
ANEXO F	153

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las comunidades urbanas y rurales depende en gran medida de la capacidad que tengan estas de contar con sistemas sanitarios adecuados que satisfagan sus necesidades básicas, el suministro continuo de agua potable es un indicador de desarrollo que resuelve la problemática del saneamiento básico.

Las tendencias actuales indican que la optimización de redes se debe realizar teniendo en cuenta condiciones críticas de operación del sistema, previendo posibles fluctuaciones en la carga transportada.

La meta de suministrar agua potable a una población requiere la construcción de infraestructuras hidráulicas acordes a la normatividad legal vigente y manuales técnicos del sector del agua potable y saneamiento básico.

Este estudio contemplo la optimización de la red de conducción y distribución de agua potable en el casco urbano del municipio de Manaure Balcón del Cesar, Departamento del Cesar”, con el objetivo de mejorar la eficiencia y continuidad del servicio en el casco urbano de la población. En dicho estudio se contemplaron dos fases complementarias que buscaron abarcar todos los ámbitos en los cuales estuvo envuelto el proyecto.

En la primera fase, llamada **“fase de campo”** se realizaron visitas técnicas de inspección donde se evidenció el funcionamiento del sistema, y se pudo constatar cada una de las variables que hacen parte de la distribución de agua potable. En esta fase fue de suma importancia tener registro histórico de las redes (catastro de redes, accesorios) para determinar así cuales eran los puntos más vulnerables del sistema, haciendo énfasis en la altimetría y la distribución de presiones en la red a lo largo del municipio.

La segunda fase, llamada “**fase de escritorio**” se realizó la recopilación, organización y priorización de los datos obtenidos en la fase de campo. Una vez detallada esta información se procedió a elaborar un plan de distribución de agua potable (**PDAP**), teniendo en cuenta los resultados de la modelación hidráulica realizada con el software **EPANET**. Una vez tenido todos estos datos constatados y validados se procedió a entregar un protocolo de diseño, construcción y operación. Para la realización de este proyecto se contó con la participación de la empresa de servicio público de Manaure (**ESPUMA S.A. E.S.**), así como también de la secretaria de planeación y obras públicas del municipio.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Municipio de Manaure Balcón del Cesar se encuentra localizado en la parte Nordeste del Departamento del Cesar, entre las siguientes coordenadas: **LATITUD NORTE: 8° 25' y LONGITUD OESTE DE GREENWICH 73° 10'**. Limita al norte con el Departamento de La Guajira, al sur con el municipio de La Paz, al este con Venezuela y al oeste con el municipio de La Paz. La distancia de la Cabecera Municipal a la capital del Departamento es de 34 Km., con carretera asfaltada. Tiene una superficie territorial de 136.4 Km². Presenta una Temperatura promedio que oscila entre los 18° C y los 25° C.

El Municipio de Manaure posee una población según datos del **DNP** tomados del censo 2005 y proyectados a 2011 de 13.198 habitantes, distribuidos en la cabecera municipal con 8.474 habitantes lo que equivale al 64.2% de la población y 4.724 distribuidos en el resto de la superficie territorial dando un porcentaje de población de 35.7%, cabe resaltar que estos valores han venido mostrando un comportamiento ascendente desde el año 1993 y a corte de 2011 posee una densidad de población de 58.04 hab/Ha.¹

Según informes actuales de la gerencia de la empresa de servicios públicos, el municipio posee una distribución fluctuante del servicio de conducción de agua potable debido a las condiciones de operación del sistema. En las partes más altas carecen suministro continuo del recurso y cuando hay dotación de agua la presión es mínima. Por el contrario, las partes más bajas del municipio poseen presiones altas, tales que se han presentado roturas de las tuberías, presentándose así una descompensación de presión en todos los sectores.²

1 DANE, CENSO GENERAL, Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua "PUEAA" Municipio de Manaure Balcón del Cesar 2012 Empresa de servicios públicos de Manaure ESPUMA S.A. E.S.P.

2 Rendición de informe al concejo municipal, empresa de servicios públicos de Manaure (ESPUMA S.A. E.S.P.), 2016.

Aunado a lo anterior, un porcentaje de la tubería que se encuentra en la actualidad en funcionamiento (31,15%)³ es de asbesto-cemento, la cual representa un riesgo a la salud debido a que estudios han demostrado la no pertinencia del uso de asbestos en sistemas de distribución de agua potable por ser una sustancia probadamente cancerígena.⁴

En la actualidad el municipio de Manaure Balcón del Cesar presenta serios problemas en la conducción y la red de distribución de agua potable del casco urbano, motivo por el cual no se les garantiza a sus habitantes una continuidad en el servicio que les permita satisfacer esta necesidad, repercutiendo así en la calidad de vida de la población.

De acuerdo con el diagnóstico llevado a cabo dentro de los estudios previos, los principales problemas evidenciados son: Fugas visibles e invisibles, conexiones fraudulentas y erradas, altas presiones que provocan rupturas en la tubería, tuberías obsoletas (unas por el tiempo de vida útil caducado y otras por el tipo de material), poca presión en la tubería en unos sectores, taponamiento en la red por incrustación de raíces de árboles en las tuberías, discontinuidad en la prestación del servicio de agua potable en la tubería para los diferentes barrios (demora de 3 a 5 horas diarias por barrio), pérdidas comerciales (suministro de agua potable a: fincas y parcelas con riegos a huertas, cultivos, etc. Galpones, criaderos de cerdos, casa campos, estaderos, piscinas; este suministro de agua potable incrementa el consumo y desestabiliza el sistema debido a que estos requieren mayor demanda de agua que un suscriptor residencial de la cabecera municipal e igualmente por el deterioro de las tuberías la capacidad de suministro de agua potabilizada no garantizan que el servicio llegue a la red de distribución en el tiempo y la presión adecuada).

³ FUENTE: tomado del informe realizado por la gerente de la empresa de servicios públicos dentro del PROGRAMA DE UNOS EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA "PUEAA" municipio de MANAURE BALCÓN DEL CESAR 2012, empresa de servicios públicos ESPUMA E.S.P.

⁴ Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. *Perfil toxicológico del asbesto*. Septiembre 2001. Obtenido Abril 10, 2009, de: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts61.html

Por esta razón se hace necesario la optimización de la conducción y de la red de distribución de agua potable para el municipio de Manaure cesar; Además, se requiere proyectar el diseño acorde a las nuevas áreas de expansión contempladas en el nuevo esquema de ordenamiento territorial (**EOT**), previa aprobación del concejo municipal.

2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de este proyecto tiene como meta mejorar la eficacia de la conducción y de la red de distribución de agua potable en el casco urbano del municipio de Manaure Balcón del Cesar, garantizándole a sus habitantes una continuidad en el servicio que les permita disfrutar del servicio de agua potable a cualquier hora del día en sus hogares, repercutiendo así en una mejor calidad de vida que generará beneficios sociales y económicos.

¿POR QUÉ ES PRIORITARIO OPTIMIZAR LAS REDES DE ACUEDUCTO?

El desarrollo de las comunidades va de la mano de la prestación de excelentes servicios básicos, (agua potable, alcantarillado, aseo); debido a esto, es de suma importancia garantizar a la continuidad de la prestación del servicio de agua potable por medio de redes que cumplan con los requerimientos técnicos que propone la normatividad legal vigente que rige el sector del agua potable y saneamiento básico. Además de lo anunciado anteriormente, la optimización de las redes garantizará que la tubería opere con los estándares necesarios para que el agua que sea distribuida por ella, sea entregada de manera segura y libre de elementos contaminantes a la población usuaria del servicio.

¿PUEDE EL MUNICIPIO DE MANAURE CONTAR CON SERVICIO CONSTANTE DE AGUA POTABLE?

Debemos plantear las diversas variables que impiden el suministro constante de agua potable en todo el municipio; una vez identificadas estas variables se procederá a trabajar sobre cada una de ellas con la posibilidad de darle una respuesta clara, coherente y ajustada a los requerimientos.

¿ES POSIBLE DETERMINAR LA CAUSA DE LAS CONSTANTES FLUCTUACIONES DEL SISTEMA?

Si, recurriendo a simulaciones generadas en el software de modelación de agua

que se requiera para determinar las características del comportamiento hidráulico de los puntos en los cuales la red presenta una descompensación. Cabe resaltar que estos programas darán información sobre cómo operan las tuberías a lo largo de todo su recorrido desde la planta de tratamiento hasta cada zona de distribución del pueblo.

Una vez implementadas las recomendaciones dadas, se podrá dar cumplimiento a la normatividad legal vigente en términos de dotación mínima de acuerdo con el número de habitantes de la población.

Como resultado del proyecto, el municipio contará con protocolos de acción y operación de las redes que le garanticen el conocimiento total de las características de red que ella opera, llevando con esto un proceso de calidad y buenas prácticas de operación.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar la conducción y la red distribución de agua potable en el casco urbano del municipio de Manaure Balcón del Cesar, Departamento del Cesar, con el fin de mejorar la continuidad y la eficiencia del servicio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar el estado actual del sistema de conducción y distribución de agua potable.
- Diseñar un sistema de conducción y distribución de agua potable con base en la demanda actual y futura.
- Proponer recomendaciones para lograr buenas condiciones de operación del sistema de distribución de agua potable.

4 MARCO REFERENCIAL

A continuación se describe toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

4.1 ANTECEDENTES

“Los países de América Latina y el Caribe se esfuerzan para mejorar las condiciones de vida de su población. En los años 80, se celebró **LA DÉCADA INTERNACIONAL DEL AGUA POTABLE Y EL SANEAMIENTO BÁSICO** que coincidió desafortunadamente con la crisis económica mundial por lo que fue catalogada como "La década perdida"; dado los mínimos avances alcanzados desde el punto de vista económico y social.

Como producto de esta situación en América Latina, se deterioran las condiciones ambientales. Se hace evidente con el apareamiento del cólera en enero de 1992; enfermedad transmisible que no se presentaba en el continente desde hacía más de un siglo.

Esta situación conduce a la Organización Panamericana de la Salud (**OPS - OMS**) a replantear sus esquemas de trabajo y a movilizar los gobiernos que al reconocer esta realidad aprueban la Resolución XVII de la XXXV Reunión del Concejo Directivo, en respuesta al mandato de la Primera Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y Gobierno sobre la formulación del Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud (**PIAS**) cuyo objetivo fue inducir un proceso de reforma en los sectores de ambiente y salud en los países de la región.

En materia de servicios de agua potable y saneamiento se buscó el mejoramiento y la ampliación de los servicios y el incremento y optimización de las inversiones y los recursos necesarios disponibles; tanto a nivel de los países como del sistema internacional de cooperación técnica y financiera. El elemento básico del Plan, para la adecuada toma de decisiones y su correcta instrumentación, fue el conocimiento profundo y global de la realidad sectorial de cada país, logrado por todas y cada una de las partes que participan en su desarrollo.

La herramienta propuesta para tal conocimiento se orientó hacia un análisis sectorial que proporcionase datos sobre demandas y déficit visibles e invisibles de coberturas y de servicios, sobre fortalezas y debilidades de las instituciones sectoriales y sobre sus restricciones operativas.

En este contexto y recogiendo las aún vigentes orientaciones, en abril de 1996, la **OPS** por intermedio de su Representación en Colombia, promocionó en el Ministerio de Desarrollo Económico, en el Departamento Nacional de Planeación y en otras instituciones del sector, la realización del análisis sectorial de agua potable y

saneamiento en el país.

El Ministerio de Desarrollo Económico, a través del Viceministerio de Vivienda Desarrollo Urbano y Agua Potable, acogió la iniciativa de la Organización Panamericana de la Salud y lideró el proceso de conformación del equipo de trabajo y de las actividades previas a la realización del estudio. Posteriormente se concretó la participación del Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Salud, el Ministerio del Medio Ambiente, la Comisión de Regulación de Agua Potable "**CRA**", la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios "**SSDP**", y la Financiera de Desarrollo Territorial "**FINDETER**". Cada una de estas instituciones contrató un consultor externo que analizó un tema específico y delegó a un funcionario quien actuó como interlocutor de la entidad ante el grupo de trabajo.

El estudio se inició el 11 de agosto del año en curso con un taller previo al cual asistieron los consultores y las contrapartes nacionales de cada una de las instituciones antes mencionadas. El equipo de trabajo estuvo integrado por diez consultores colombianos contratados directamente por las entidades, más tres consultores contratados por la **OPS**, dentro de los cuales figuró el Coordinador General del Estudio. La Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo, designó además dos coordinadores nacionales que apoyaron al equipo durante el período de la realización del estudio.

El análisis de los temas específicos realizado por los consultores concluyó el 30 de septiembre. Finalizada esta labor, se procedió a la discusión de cada uno de los documentos con las respectivas contrapartes nacionales y a efectuar los ajustes pertinentes. Posteriormente, se tomó la decisión de preparar un informe resumen en el cual se destacarán los aspectos más importantes de cada uno de los temas estudiados.

La elaboración del resumen quedó a cargo del Coordinador Internacional, quien también fue responsable de la parte institucional y contó para tal efecto, con el apoyo de los coordinadores del Ministerio de Desarrollo. Como es propio de este tipo de trabajos, no es posible llegar a un concepto unánime debido a la heterogeneidad del grupo que lo elabora. En consecuencia, el informe resumen no es un documento de consenso, sin embargo, resalta lo más interesante del análisis efectuado por cada uno de los consultores y las conclusiones del esquema institucional del sector.

La primera parte del documento corresponde al resumen mencionado anteriormente y contiene el enfoque conceptual adoptado por el equipo de trabajo, el análisis evolutivo del sector desde 1945 hasta la expedición de la ley 142 de 1994 y la evaluación del desempeño y resultados del sector. Finalmente, se describen las líneas de acción que se consideran prioritarias y sobre las cuales se deberán estructurar los proyectos a realizar en el corto y mediano plazo.

La segunda parte del documento presenta en detalle cada uno de los temas estudiados a saber: reseña histórica, que abarca desde 1936 hasta la Constitución de 1991, análisis del sector frente al proceso de descentralización y el marco institucional actual, aspectos económicos y financieros, aspectos técnicos y gestión de los servicios, aspectos de regulación, participación privada, saneamiento básico rural, gestión ambiental, impacto en salud, control y vigilancia”.⁵

4.1.1 En Colombia. Los últimos gobiernos se han interesado en mejorar las condiciones de vida de la comunidad, por lo cual han venido trabajando en proyectos de agua potable que permita que los colombianos cuenten con un servicio de calidad.

La superintendencia de servicios públicos realiza un análisis al diseño de redes de acueducto del país en el cual el desarrollo se encuentra enmarcado indiscutiblemente en los conceptos de sostenibilidad ambiental y económica, tanto a nivel local como regional. Desde allí el sector de agua potable y saneamiento básico desempeña un papel fundamental en la construcción sostenible del territorio, a través del cual se viabiliza el crecimiento de las ciudades y los centros poblados, conforme a las capacidades de provisión de servicios y a la planificación urbanística del territorio. La urbanización que se genera al interior de los perímetros urbanos, y en las zonas susceptibles de incorporarse a los mismos, se ve limitada por las capacidades específicas del territorio en soportar las nuevas demandas de servicios requeridas por los procesos de redensificación o expansión del territorio.

Así, el gobierno nacional y las entidades territoriales a través de los diferentes instrumentos de planeación, como el Plan Nacional de Desarrollo (**PND**) y los planes de ordenamiento territorial (**POT**), incluyen el análisis de los espacios geográficos y de la provisión de servicios ecosistémicos que permiten proyectar los crecimientos de forma ordenados y coherentes de los centros urbanos.

La apertura de esquemas institucionales en la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado establecidos en la Ley 142 de 1994, así como la posibilidad de que los prestadores abran su oferta de servicios a otras zonas o áreas que traspasan la división política municipal o departamental, introducen dificultades en la estandarización y los criterios comparativos frente a los indicadores técnicos, administrativos, comerciales o financieros incorporados en la reglamentación y regulación económica vigentes.

⁵ Fuente: comisión reguladora de agua - departamento nacional de planeación, financiera de desarrollo territorial - ministerio de desarrollo económico. ministerio de medio ambiente - superintendencia de servicios públicos, análisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia, plan regional de inversiones en ambiente y salud. serie análisis no. 11, agosto 1997. Disponible en internet: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=documentos-nacionales&alias=1392-analisis-sectorial-de-agua-y-saneamiento-en-colombia&Itemid=688

En este orden de ideas, aspectos como la disponibilidad y gestión integral del recurso hídrico, la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, entre otros, requeridos para abastecer la población actual y futura, son determinantes para la viabilidad del desarrollo urbano y territorial.⁶

En los últimos años, el gobierno colombiano emprendió una política denominada Planes de Departamentales de Agua y Saneamiento (**PSA**) destinada a regionalizar la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento básico, mediante la concentración en grandes operadores especializados con capacidad técnica y operativa para mejorar la cobertura, eficiencia y calidad de la prestación, con financiación a cargo de los municipios beneficiados, de los departamentos y la nación. Luego de cuatro años de ejecución de dicha política, se hizo necesario hacer alto en camino para evaluar la situación del sector, los avances logrados y los retos pendientes para el logro de las coberturas universales en zonas urbanas, soluciones alternativas eficientes en áreas rurales y adecuados estándares de calidad de estos servicios. Para ello la División de Recursos Naturales de Infraestructura de la **CEPAL** organizo, en conjunto con la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (**SSPD**) de Colombia -entidad encargada de vigilar y controlar la prestación eficiente, cooperativa y sostenible de los servicios públicos, y proteger los derechos de los usuarios-. En el evento de presentación de resultados de los estudios realizados por la **CEPAL** como parte de la cooperación de la **SSPD**, se debatió en torno a los ejes temáticos de interés prioritario para el desarrollo del sector y se propusieron recomendaciones para el logro de los objetivos de desarrollo del medio para agua potable y saneamiento básico.⁷

A continuación, expongo algunos resúmenes de proyectos de diseño de redes de acueductos en el país durante este periodo

DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN LA VEREDA PERDIGUIZ DEL MUNICIPIO DE MACANAL, BOYACÁ, UTILIZANDO MODELACIÓN MATEMÁTICA (año 2015)

Este trabajo nace de la necesidad de proveer un servicio vital como lo es el agua potable a una población pequeña localizada en la vereda Perdiguiz del municipio de Macanal, Boyacá. Con el objetivo de ayudar a la comunidad se decide diseñar una red de acueducto óptima para la localidad mencionada. Recopilando información de la zona en instituciones como el **IDEAM**, **DANE**, **SISBEN** y la alcaldía municipal, se procede a analizar características demográficas, climatológicas, entre otras y así evaluar posibles fuentes de abastecimiento. Teniendo en cuenta la topografía de la zona, las exigencias contempladas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento básico (**RAS 2000**), se procede a hacer el diseño hidráulico de la red y modelarlo en el programa **EPANET 2.0** aplicando a la vez los conocimientos

⁶ superintendencia de servicios públicos, informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, empresas con más de 2500 suscriptores, elaborado en el año 2015

⁷ Jorge Martín Salinas Ramírez, retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia, CEPAL.

adquiridos en el transcurso de la carrera.⁸

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA COMUNIDAD DE MARACARÍ (MUSICHI) Y LOS CORREGIMIENTOS DE AREMASAIN Y LA GLORIA DEL MUNICIPIO DE MANAURE, LA GUAJIRA. (AÑO 2016)

Este estudio pretende realizar la evaluación y diseño de la optimización de los sistemas de abastecimiento de agua para la Comunidad de Maracarí (Musichi) y los Corregimientos de Aremasain y La Gloria en el Municipio de Manaure, La Guajira. Esto con el fin de poder establecer una solución a la situación actual que padecen las comunidades indígenas Wayuu del área rural por no contar con un agua apta para consumo. Para ello, se llevó a cabo una serie de actividades entre las que están la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, el diagnóstico de la situación actual de los sistemas, el planteamiento y selección de las alternativas que más se ajusten a las necesidades de cada sistema y finalmente se diseñó la optimización de los sistemas, y así poder abordar el objetivo planteado.

Entre Los resultados más significativos se puede describir el incumplimiento de estos sistemas abastecimiento con la resolución 2115 de 2007 en relación con los parámetros evaluados; el diagnóstico refleja las condiciones precarias de los componentes de los sistemas de abastecimiento, los cuales requieren obras de adecuación y mantenimiento. En relación con las alternativas seleccionadas y posteriores diseños se concluye que se ajustan a las necesidades detectadas en las poblaciones y aportan al mejoramiento de la calidad de vida.⁹

4.1.2 En el Departamento del Cesar. Nuestro departamento cada día adquiere una mayor relevancia para la población la necesidad de contar con servicios públicos eficientes desde el punto de vista, no sólo de la continuidad, sino también de la calidad en la prestación de éstos.

Para efectos de organizar, desarrollar y ejecutar estrategias encaminadas al mejoramiento de la prestación de los servicios públicos domiciliarios, el Gobierno Nacional generó la política de los Planes Departamentales de Agua – **PDA** como punto de articulación y alianza con los Departamentos y municipios para el manejo empresarial de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico.

El **PDA** en el Cesar, como conjunto de estrategias de planeación para implementar esquemas eficientes en la prestación de servicios públicos, es hoy una realidad. Es el

⁸ universidad militar nueva granada facultad de ingeniería programa ingeniería civil, diseño del sistema de acueducto en la vereda perdiguiz del municipio de macanal, Boyacá, utilizando modelación, Bogotá D.C., Cundinamarca (2015)

⁹ Evaluación y diseño de la optimización de los sistemas de abastecimiento de agua para la comunidad de maracarí (musichi) y los corregimientos de aremasain y la gloria del municipio de Manaure, La Guajira, Universidad Popular del Cesar, facultad de ingenierías y tecnológicas

resultado de la consolidación de una política de apoyo integral a nuestros municipios en la tarea de concebir mecanismos de ejecución incluyentes en lo ambiental, cultural y social.

Aguas del Cesar S.A. E.S.P. es una empresa de servicios públicos de carácter oficial, que es de los cesarenses y trabaja para beneficio de ellos, y como gestora del **PDA**, viene desarrollando acciones para alcanzar el cumplimiento de las metas trazadas en la política del sector de agua potable y saneamiento básico. Sumado a esto, y desde una óptica de planeación, hemos venido invirtiendo recursos para obras de acueducto, alcantarillado y aseo que brindarán a los cesarenses mejores condiciones de vida y de bienestar social.

Hoy en día nos asiste la responsabilidad de generar criterios de confianza hacia la comunidad, articular gestiones con los municipios y propiciar espacios donde se permita concretar procesos de transformación y fortalecimiento empresarial en la búsqueda de conceptos de eficiencia, oportunidad y pertinencia.¹⁰

Algunos proyectos para mejorar la calidad de vida a lo largo del departamento del Cesar utilizando los mejores modelos de diseño de redes de acueducto son:

DISEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE SAN JOSÉ DE ORIENTE Y LA VEREDA BETANIA EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ - CESAR. (Año 2014)

El agua potable es uno de los recursos que determina directamente la calidad de vida y el desarrollo de la sociedad, es por esto que el objetivo de esta investigación fue el diseño de la optimización del sistema de acueducto en la Cabecera del Corregimiento de San José de Oriente y la Vereda Betania del Municipio de La Paz - Cesar, pues no disponen de agua apta para el consumo humano, presentando según los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio turbiedades de **1723 NTU** en épocas de invierno, además el actual sistema de acueducto no cuenta con los procesos mínimos de potabilización exigidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (**RAS**) como son coagulación, floculación, sedimentación, Filtración y desinfección.¹¹

DISEÑO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE ARJONA, MUNICIPIO DE ASTREA - DEPARTAMENTO DEL CESAR (AÑO 2013)

El agua potable es un recurso vital para el ser humano y el derecho al agua potable y al saneamiento forma parte integrante de los derechos humanos oficialmente reconocidos en los diferentes eventos internacionales. El servicio público de

¹⁰ http://www.aguasdelcesar.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=1&itemid=7

¹¹ Álvaro Rafael mejía acosta Bismarck Alfonso Pedroso fuentes, Diseño de la Optimización del Sistema de Acueducto en la Cabecera del Corregimiento de San José de Oriente y la vereda Betania en el municipio de la Paz – Cesar, universidad popular del cesar, departamento de ingeniería ambiental y sanitaria (año 2014)

abastecimiento de agua potable constituye un elemento esencial para el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo de las colectividades humanas. Las ciudades, los pueblos y sus habitantes, necesitan el agua como elemento imprescindible para su progreso.

Los esfuerzos del hombre por mejorar el medio en el que habita y elevar su calidad de vida, dependen entonces, de la disponibilidad de agua, existiendo una estrecha correlación esencial entre la calidad del agua y la salud pública, entre la posibilidad de acceder al agua y el nivel de higiene es por ello que se hace indispensable el diseño de sistemas de acueducto y la operación de los mismos que permitan garantizar la potabilización de las aguas que son de gran importancia para el saneamiento básico y la salud pública de una población.

La elaboración de este proyecto radica en el estudio y diseño para la optimización del sistema de acueducto del corregimiento de Arjona, Municipio de Astrea – Departamento del Cesar; para lograrlo, es necesario realizar un diagnóstico del estado actual del sistema; y cumplir con lo establecido por la legislación ambiental, así como en el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000 y demás normas existentes en nuestro país, lo anterior con el fin de mejorar las condiciones de vida y que toda la población pueda acceder de manera adecuada al servicio público de agua potable y además reducir las enfermedades causadas por el inadecuado tratamiento del agua.¹²

4.1.3 En el Municipio de Manaure Cesar. A pesar de los escasos recursos económicos con los que cuenta el municipio y la empresa de servicio público, han venido formulando proyectos para buscar recursos del orden nacional para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

DISEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE MANAURE Balcón del Cesar (AÑO 2016)

En la actualidad, el agua potable es uno de los recursos, sino el recurso que más demanda tiene, por ello se hace tan imprescindible el desarrollo de procesos, sistemas y etapas que permitan la consecución de esta, de forma que se pueda suplir la demanda que se tiene. El desarrollo de los sistemas de tratamiento de agua potable ha cobrado vital importancia, sin embargo, no solo basta con que estos se desarrollen, sino que se debe garantizar su óptimo funcionamiento, por temas sanitarios, técnicos e incluso económicos.

El propósito de esta investigación consistió en realizar un diagnóstico completo del sistema de acueducto de la cabecera del municipio de Manaure, jurisdicción del

¹² Rafael Alberto Castilla Oñate, Elkin Romero Quintero, Andrés Amador García Rueda, Diseño para la Optimización del Sistema de Acueducto del Corregimiento de Arjona, municipio de Astrea - departamento del Cesar, universidad popular del cesar, departamento de ingeniería ambiental y sanitaria.

departamento del Cesar, a través de la evaluación de cada uno de los componentes que hacen parte del sistema, para así presentar alternativas para la optimización y mejor funcionamiento de este, logrando así beneficiar a la población de este municipio y contribuir a que gocen de un excelente servicio.

En esta investigación se evidenció que el sistema de acueducto de Manaure Balcón Turístico del Cesar, se encuentra en condiciones hidráulicas aceptables pues está diseñado para operar con los caudales de diseño que se calcularon, sin embargo se hace necesario el mantenimiento preventivo de las instalaciones actuales. Se observó que el sistema de aplicación de coagulante debe ser optimizado en cuanto a su modo y lugar de aplicación. Por otro lado, el sistema de distribución fue el punto álgido de esta investigación, pues debió ser replanteada en su mayor parte.

Investigaciones de este tipo permiten concluir acerca de la necesidad de continuar analizando y verificando el estado actual de los sistemas de acueducto de los municipios del Cesar, pues estos tienen por finalidad la satisfacción de necesidades básicas de las comunidades como son el consumo de agua potable.¹³

¹³ Moreno Arrieta Yolanda Marcela, Puerto Vargas Claudia Lorena, Diseño de la Optimización del Sistema de Acueducto de la Cabecera Municipal de Manaure Balcón del Cesar, Universidad Popular del Cesar, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

4.2 MARCO TEÓRICO

A continuación se describen las bases teóricas relacionadas con los sistemas de distribución de agua potables.

4.2.1 Bases teóricas. En los sistemas de distribución de agua potable, existen diversas variables que controlan el funcionamiento de dichas redes, una de las variables más importantes a resaltar son las características técnicas de las tuberías que sirven de transporte desde el tanque de distribución hasta las acometidas domiciliarias de los suscriptores; es de suma importancia mantener control sobre estas características porque de ellas dependen en gran medida que las condiciones de operación sean las adecuadas para satisfacer la demanda actual y futura.

Estudio hidráulico del flujo a través de las tuberías.

Dentro del estudio hidráulico del flujo a través de las tuberías, una de las condiciones de operación de la conducción y/o red de distribución es la velocidad del fluido, la cual puede ser calculada mediante la ecuación de Hazen & William, en su rango de validez: diámetros iguales o mayores a 3" y velocidad menor de 3 m/s, o la de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White; a continuación se presenta la ecuación (1) de Hazen-Williams :

Ecuación de Hazen-Williams en función de la velocidad

$$v = 0,8494 \times C \times \left(\frac{Di}{4}\right)^{0,63} \times S^{0,54} \quad (1) \quad ^{14}$$

Luego tenemos que la ecuación (2) está expresada en función del caudal:

Ecuación (2) de Hazen-Williams en función del caudal

¹⁴ Hazen-Williams, ecuación de velocidad, 1902

$$Q = 0.2785 \times C \times (Di)^{2.63} \times (S)^{0.54} \quad (2)^{15}$$

Donde:

V: velocidad de flujo (m/s)

C: coeficiente de rugosidad de la tubería de Hazen Williams

Di: diámetro interno de la tubería (m)

S: Gradiente hidráulico [m/m].

Q: caudal o flujo volumétrico (m³/seg)¹⁶

A continuación en el cuadro 1 encontramos la descripción detallada de los coeficientes de rugosidad típicos.

Cuadro 1. Coeficientes de rugosidad típicos

MATERIAL	COEFICIENTE
Asbesto cemento	140
Hierro fundido (nuevo)	130
Acero remachado	110
Concreto (buena terminación)	130
Plástico (PE, PVC)	150

Fuente: LÓPEZ C, Ricardo, Elementos de diseños para alcantarillado, Escuela Colombiana de Ingenieros, 2006

4.2.2 Tanques de almacenamiento y compensación. La función básica del tanque es almacenar agua en los períodos donde la demanda es menor que el suministro, de tal forma que en los períodos que la demanda sea mayor, se complete el déficit con el agua almacenada en el tanque. También dispone su uso a modo de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. Debido a que el consumo de la población no es constante, sino que, varía según la hora del día, es necesario la construcción de un tanque de almacenamiento que suministre agua a la hora de mayor consumo, para amortiguar los picos de la

¹⁵ Hazen – Williams, ecuación de velocidad en función del caudal, 1902

¹⁶ Hazen - Williams, descripción ecuación de velocidad en función del caudal, 1902

demanda máxima horaria en la red de distribución. ¹⁷

4.2.3 Tuberías. Constituyen el componente indispensable en las obras de acueductos, por ello Debe elegirse el material de las tuberías teniendo en cuenta que sus características satisfagan las necesidades del proyecto, Para la selección de los materiales de las tuberías deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- La resistencia contra la corrosión y la agresividad del suelo.
- Tipo de uniones y necesidad de anclaje.
- La resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto internas como externas.
- Las características de comportamiento hidráulico del proyecto, incluyendo las presiones de trabajo máximas y mínimas, las sobrepresiones y subpresiones, causadas por golpe de ariete, etc.
- Las condiciones económicas del proyecto.
- La vida útil tenida en cuenta para el desarrollo del proyecto.¹⁸

¹⁷ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2012), Cálculo de las pérdidas por fricción, título B, (B. 7.12)

¹⁸ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2012), Cálculo de las pérdidas por fricción, título B, (B. 7.12)

Cuadro 2. Normas técnicas de los accesorios según el material

Material de la tubería	Norma técnica colombiana (NTC)	Normas internacionales
Acero	NTC 10 NTC 11 NTC 2587 NTC 3470 NTC 4001	AWWA C 200 AWWA C 205 AWWA C 208 ASTM A 589
Polivinilo de cloruro – PVC Y PVCO	NTC 382 NTC 369 NTC 539 NTC 1339 NTC 2295	ASTM D 1784 ASTM D 2241 ASTM D 2855 ASTM F 1483 AWWA C 900 AWWA C 905 AWWA C 907
Polietileno de alta densidad – PEAD	NTC 872 NTC 1602 NTC 1747 NTC 2935 NTC 3664 NTC 3694 NTC 4585	AWWA C 901-96 AWWA C 906-90 ASTM D 2239 ASTM D 2737 ASTM D 3035 ASTM D 3350 ASTM F 714 EN 13244 ISO 4427

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento (RAS), título B, sistemas de acueductos, 2012.

4.2.4 Pérdidas. A continuación, se describen la forma de realizar los cálculos de pérdidas.

4.2.4.1 Cálculo de pérdidas por fricción. Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en las tuberías a presión, el diseño debe utilizar la ecuación (3), de **Darcy-Weisbach**. Esta ecuación es:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Donde:

D = Diámetro interno real de la tubería (m).

f = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional).

Hf = Pérdida de altura debida a la fricción (m).

L = Longitud total de la tubería (m).

v = Velocidad media del flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

Se podrá hacer uso de la ecuación de Hazen & Williams, teniendo en cuenta sus limitaciones en términos del diámetro mínimos y de las velocidades máximas y mínimas del flujo (número de Reynolds).¹⁹

4.2.4.2 Cálculo de las pérdidas menores. Para el cálculo del flujo en las tuberías de la red de distribución debe considerarse el efecto producido por cada uno de los accesorios colocados en cada tubería y que produzcan pérdidas de energía adicionales, tales como válvulas, codos, reducciones, ampliaciones, etc. Si las uniones no implican cambios localizados en el diámetro, no deben tenerse en cuenta para el cálculo de las pérdidas menores.

Para el cálculo de dichas pérdidas, debe utilizarse un coeficiente de pérdidas

¹⁹ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), título B, Cálculo de las pérdidas por fricción (b. 7.12), 2012

menores multiplicado por la altura de velocidad, en el sitio donde se localice el accesorio. Para esto debe utilizarse la ecuación (4):

$$hm = Km \times \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Donde:

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

Hm = Altura de pérdidas menores (m).

v = Velocidad media del flujo (m/s).

km = Coeficiente de pérdida menor (adimensional)²⁰.

Los valores de Km para accesorios comunes se presentan en la Tabla B.6.30 del Título B del RAS-2012.

4.2.5 Válvulas control. Las válvulas de control son accesorios que se deben instalar en las tuberías y cuyo fin es el de regular el caudal del *agua* por sectores y para realizar labores de mantenimiento y reparación cuando la red en algún punto lo requiera.²¹

4.2.6 Válvulas de ventosa de aire. Las líneas de conducción y distribución deben contar con válvulas ventosas. Estas se ubicaran 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 ($\leq 3\%$), cada 300m 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.

²⁰ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), título B, Cálculo de las pérdidas menores, (B. 7.14), 2012

²¹ Resolución 0330 de 2017

Las válvulas de ventosa son accesorios que se instalan en las tuberías con flujo a presión para evacuar las bolsas de aire que se pueda estar transportando y que dificulten la correcta operación del sistema.²²

4.2.7 Válvulas reductoras de presión. Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión aguas abajo de sí mismas, hasta un valor predeterminado, admisible para las instalaciones localizadas en la red de distribución aguas abajo.

Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del periodo de diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del periodo de diseño.
- Para poblaciones de más de 60.000 habitantes, las válvulas reguladoras de presión podrán utilizar sistemas scada (Supervisory Control and Data Acquisition, es decir, Supervisión, Control y Adquisición de Datos; no es una tecnología concreta sino un tipo de aplicación) o similares y actuadores eléctricos para operación remota para efectos de operación y mantenimiento.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de válvulas de cierre que permitan el rápido monte y desmonte con fines de mantenimiento y/o cambio de válvulas.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de un paso lateras (bypass) con el fin de permitir la distribución de agua potable durante las operaciones de mantenimiento o cambio de las válvulas reguladoras de presión.

²² Resolución 0330 de 2017, artículo 66.

- Las válvulas reguladoras de presión deben estar complementadas con todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento, y estar provistas de un indicador del grado de apertura.
- Las válvulas reguladoras de presión deben soportar la presión a ambos lados (agua arriba y agua abajo) simultáneamente, o solo por uno de ellos. Exteriormente, en el cuerpo de la válvula debe tenerse grabada una flecha que indique la dirección del flujo.
- En todos los casos, las válvulas reguladoras de presión deben cerrarse automáticamente al ocurrir un daño en los diafragma.²³

4.2.8 Válvulas limitadores de caudal. La válvula limita el caudal aguas abajo a un valor preestablecido, independientemente de los cambios de presión aguas arriba de la misma. La válvula se abre completamente si el caudal es inferior al valor prefijado. Esta válvula es accionada por la presión del sistema y normalmente está parcialmente abierta para permitir el paso de un flujo constante aguas abajo. Este tipo de válvula evita el consumo excesivo, la caída de presión y las deficiencias de suministro a otros puntos.²⁴

²³ Resolución 0330 de 2017, artículo 65

²⁴ Resolución 0330 de 2017

4.2.9 Diseño y simulación. Es de vital importancia para los proyectos de ingeniería recrear y modelar a través de programas computacionales las condiciones actuales y futuras de un sistema, debido a esto se utilizará el software EPANET®, el cual es un software que permite realizar la moderación para determinar la variación del caudal, las presiones, la velocidad en sistemas de distribución de agua. Este software es de dominio público por ello se puede copiar y distribuir libremente. EPANET® realiza una simulación de período extendido del movimiento del agua y el comportamiento dentro de las redes de tuberías presurizadas.

Las redes de distribución están constituidas por tuberías, nodos, bombas, válvulas y tanques o depósitos de almacenamiento. En EPANET® da resultados como:

- El flujo de agua en cada tramo.
- La presión en cada nodo.
- La variación de la altura de la lámina de agua en cada tanque.
- La variación de la concentración química en toda la red durante el período de simulación.²⁵

²⁵ EPA (agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), EPANET (software para modelar sistemas de distribución de agua), Programa de instalación autoextraíble para EPANET 2.00.12 (EXE), EE.UU., publicado el año 2000, actualizado el 01/10/2018, disponible en: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>, [consultado en octubre de 2018]

4.2.10 AutoCAD. Apoyando la simulación con el EPANET®, se complementa con el software AutoCAD®, para realizar el diseño asistido por computadora utilizado para el dibujo en 2D y modelado en 3D. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk. Donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a dibujo asistido por computadora (por sus siglas en inglés *computer assisted drawing*), AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.²⁶

4.2.11 Plan de uso eficiente y ahorro de agua. Para el desarrollo de nuestro proyecto adoptamos varias teorías que aplica a nuestro problema de investigación, en este caso elegimos el plan de ahorro y uso eficiente del agua y nos basamos en el para construir el marco teórico; ya que se relaciona con el problema de estudio.

- **BASE JURÍDICA DEL ESTUDIO**

En cumplimiento a la Ley 373 del 06 de junio de 1997, se presenta el “**PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA**” el cual contiene el 100% de las actividades contempladas dentro de la propuesta planteada, para el quinquenio 2014-2018.

- **OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar los lineamientos, por medio de los cuales se apliquen la Ley 373 de 1997 para la elaboración del Plan de Ahorro y Uso Eficiente del Agua.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los distintos componentes del sistema de acueducto tales como: redes principales, redes domiciliarias, sistemas de almacenamiento.

²⁶ Autodesk, AUTOCAD (software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D), San Rafael (California) USA, lanzamiento 1982, última versión 10 de septiembre de 2018, programado en: Autolisp, Visual Basic y C++, disponible en: (latinoamericana.autodesk.com/products/AutoCAD/overview , [consultado en octubre de 2018])

- Realizar un inventario de las operaciones con el agua, procedimientos para estimular flujos, medidores de caudal, detección de fugas visibles y no visibles.
- Ejecutar acciones orientadas al balance de agua, programas de micro medición, Macro medición, balance global de agua.
- Implementar medidas de ahorro de agua, sistemas de reúso, cambios de procesos y fuentes alternas.²⁷

²⁷ Fuente: tomado del informe realizado por la gerente de la empresa de servicios públicos dentro del programa de unos eficiente y ahorro del agua "PUEAA" municipio de Manaure balcón del Cesar 2012, empresa de servicios públicos espuma e.s.p.

4.3 MARCO CONTEXTUAL

A continuación veremos descrito todos los aspectos generales del municipio de Manaure Cesar necesarios para el desarrollo correcto del presente trabajo de grado.

4.3.1 Aspectos generales del municipio de Manaure- Cesar. El municipio cuenta con una gran riqueza ambiental entre las que podemos encontrar el recurso hídrico, el cual podemos encontrarlo tanto subterráneo como superficial; su principal fuente hídrica es el río Manaure, pero podemos encontrar más de 5 manantiales de agua dulces de los cuales se abastecen algunos habitantes de la población, a continuación mostramos las características del municipio.

4.3.1.1 Características del municipio. El Municipio de Manaure Balcón del Cesar se encuentra localizado en la parte Nordeste del Departamento del Cesar, entre las siguientes coordenadas: **LATITUD NORTE: 8° 25' y LONGITUD OESTE DE GREENWICH 73° 10'**. Limita al norte con el Departamento de La Guajira, al sur con el municipio de La Paz, al este con Venezuela y al oeste con el municipio de La Paz. La distancia de la Cabecera Municipal a la capital del Departamento es de 34 Km., con carretera asfaltada. Tiene una superficie territorial de 136.4 Km². **Presenta** una Temperatura promedio que oscila entre los 18° C y los 25° C.

4.3.1.2 Límites geográficos. Los límites del municipio de Manaure fueron establecidos mediante ordenanza No. 019 de noviembre de 1980 quedando establecidos de la siguiente manera:

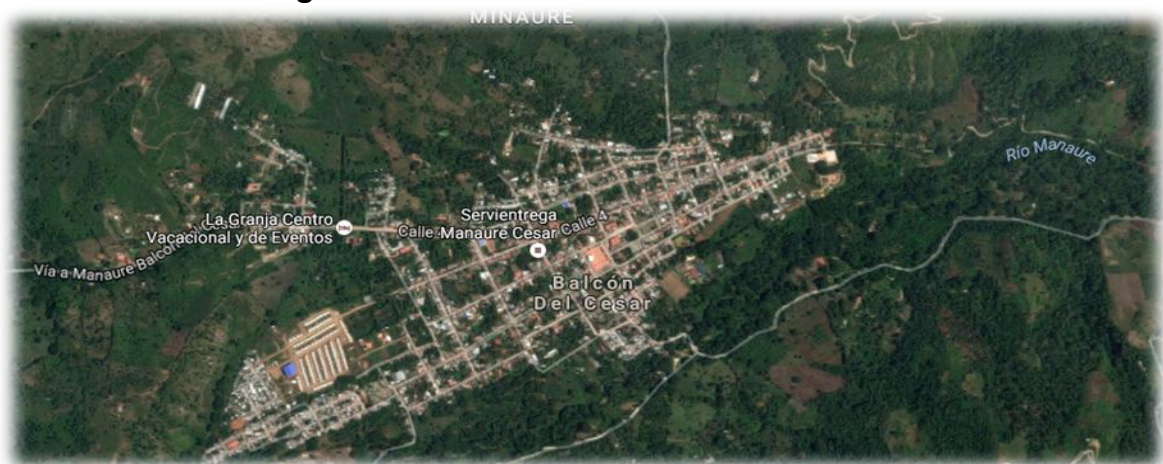
- **NORTE:** Con el departamento de la Guajira y el municipio de La Paz; partiendo de la convergencia del Río Manaure y Río Perijá en el sitio denominado el Riecito; agua arriba para llegar a la de la quebrada del Riecito y el Arroyo de Las Mercedes, siguiendo esta agua arriba hasta llegar a la finca denominada El Cielo y allí en línea recta hasta la frontera de la República de Venezuela.
- **OCCIDENTE:** Con el municipio de La Paz, partiendo de un Arroyo ubicado en la finca Tierra Grata y lo que es cementerio de San José de Oriente, siguiendo por esta agua abajo hasta su desembocadura en el paralelo a la carretera que va de La paz a Manaure y atravesando está en el puente denominado (El morito) sobre la

desembocadura del Río Pereira.

- **ORIENTE:** Con la República de Venezuela.
- **SUR:** partiendo del nacimiento del arroyo El Pílon (punto ubicado en la casa de la finca Tierra Grata y el cementerio evangélico de San José de Oriente, en dirección este, por la cuchilla del Cerro La Nevera, en línea recta hasta el pico del Cerro del Avión en los límites con la República de Venezuela.²⁸

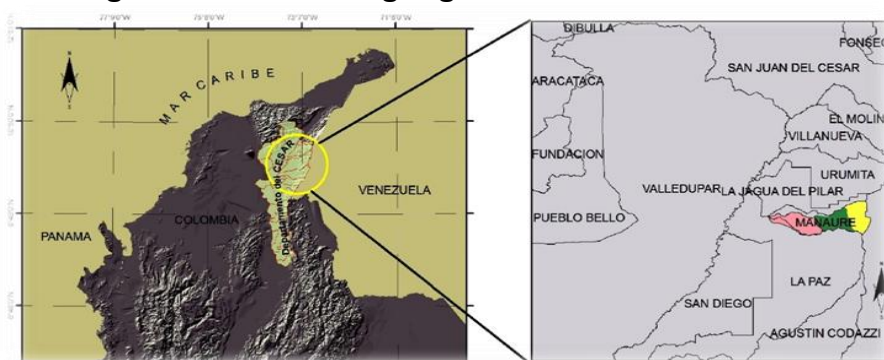
A continuación en la figura 1 y 2 podemos apreciar la vista satelital y la ubicación geográfica del municipio de Manaure respectivamente:

Figura 1. Vista satelital de Manaure Cesar



Fuente: Google maps, 2017 digital

Figura 2. Ubicación geográfica de Manaure Cesar



Fuente: Corpopcesar, Universidad del Magdalena, 2017

²⁸ Alcaldía municipal de Manaure Cesar, ordenanza no. 019 de nov. 28 de 1980, disponible en internet: [http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/eot%20-%20la%20paz%20-%20cesar%20-%20limites%20del%20municipio%20\(15%20p%C3%A1g.%20-%2043%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/eot%20-%20la%20paz%20-%20cesar%20-%20limites%20del%20municipio%20(15%20p%C3%A1g.%20-%2043%20kb).pdf), consultado el 4 octubre del 2018.

4.3.2 Historia. Cuenta la historia que el municipio de Manaure fue fundado el 01 de enero de 1874.

Nombre del fundador: Manaure balcón del Cesar fue fundado por el reconocido ganadero del municipio de la paz **Buenaventura Maya**.

- **Reseña Histórica:**

Manaure Balcón del Cesar ha sido por excelencia el Balcón Turístico del Cesar, se caracteriza por la gran hermosura de su vegetación, la frescura de su medio ambiente la belleza de su río y sobre todo por la amabilidad de su gente. Manaure ha sido Musa de inspiración de viejos juglares del vallenato como son. El viejo **Emiliano Zuleta, Poncho Cotes, Escalona, Andrés Becerra, Leandro Díaz, Juan Manuel Muegues** y muchos otros, que al llegar a esta tierra se prendaron del encanto mágico de su entorno dedicándole sus mejores canciones.

La historia cuenta que Manaure era una hermosa sabana llena de pastizales y arroyos, ideal para pastorear el ganado de todos los alrededores, que una vez un ganadero del Municipio de La Paz se le extravió una vaca y se adentró hasta encontrarla en esta sabana, que su ubre estaba hinchada y de ella manaba leche, él hizo un gesto de admiración exclamando en estos pastizales a las vacas les mana la ubre, de esta manera nació el nombre de nuestro municipio. Manaure, que inicialmente fue bautizado como sabana donde mana la ubre, y luego por convergencia de lenguaje se unificó el término a Manaure.

Existe otra historia acerca del nombre del municipio según cuentan los antepasados que estas tierras eran habitadas por los indios bobures o boredes descendientes de los caribes los cuales eran oriundos de la República de Venezuela, quienes emigraron a esta región a través de la Serranía del Perijá, los cuales eran de costumbres nómadas vivían en rocas y se dedicaban a la caza, la pesca, la incipiente agricultura y la ganadería, al llegar a estas tierras se establecieron en las colinas que están alrededor de estas sabanas, el cacique de esta tribu se llamaba **Cacique Manaure**, cuando continuaron su vida nómada a otros lugares, esta sabana adopta el nombre de dicho cacique.

Fue la hermosura de estos pastizales un atractivo para las gentes del municipio de la Paz ubicados a unos 10 km de esta sabana y enamorados de estas tierras empezaron a frecuentarlas hasta que decidieron hacer asentamientos en ella, de esta manera se fue poblando poco a poco hasta llegar a elevarla a corregimiento en 1.913, fueron sus primeros pobladores gentes emprendedoras de la Paz y Villanueva, quienes además de practicar la ganadería empezaron a fomentar la agricultura y organizar algunas fincas. Posteriormente para los años 58, 59 y 60 producto de la violencia que azotó el país, en ese entonces con la muerte de **Jorge Eliécer Gaitán** hubo una gran migración de personas de interior del país sobre todo Norte santandereanos, gente trabajadora que al vincularse como trabajadores a las fincas cafeteras existentes en la región le dieron desarrollo y progreso al municipio y fue así como empezó el emporio de una tierra agrícola que llegó a convertirse en la despensa agrícola del Cesar, estos santandereanos se hicieron propietarios de muchas fincas de la región convirtiéndolas

en fuentes de gran empleo y progreso.

Este avance generó que los dirigentes comunitarios del corregimiento gestionaran ante la esfera departamental y nacional la segregación de La Paz y la Municipalidad, entre ellos podemos mencionar a destacadas personalidades como **Guillermo Araque, Arturo Navarro, Arturo Acosta, Julio Maestre, José Ángel Pacheco**, quienes se encargaron de recoger las 600 firmas de las 200 exigidas, estampadas en 10 hojas de papel sellado y sin mayores exigencias de ley pues se acogían a los beneficio que otorgaba la ley de la frontera en la pretensión de convertirnos en municipio, este proceso contó con la ayuda y el aval del entonces Gobernador del Cesar “**Guillermo Pepe**” **Castro** quien con gran entusiasmo inició los trámites de rigor, mientras tanto los habitantes del corregimiento tenían su atención fijada en los trámites que el proyecto tenía en el departamento, la asamblea y la nación, quienes eran los entes decisorios.

Finalmente mediante la ordenanza 28 del 28 de noviembre de 1.980 la asamblea departamental del cesar eleva a municipio el corregimiento de Manaure, posteriormente el presidente **Julio Cesar Turbay Ayala** en un gesto de buena voluntad y sin mayor demora firmó la aprobación del proyecto de ley el 21 de diciembre de 1.980, su primer alcalde fue **Alfonso Murgas**, nombrado por decreto departamental, continúan posteriormente **Guillermo Araque García, Enrique Campo Mieles, Claudio Morón, Orlando Velásquez, Jesús Palmera, Jaider López, Claudio Morón**. El primer alcalde electo por el pueblo fue **Enrique Campo Mieles**, con quien se empieza a vislumbrar el desarrollo y la autonomía Municipal, lo sucede **José María Castro** como alcalde encargado durante tres meses, sucede **Virgilio Ardila** elegido como el mejor alcalde del país, continúan en su orden **José Perpiñán, repite Virgilio Ardila, Gonzalo Aguirre, Hilis Plata, Henry Oñate Fragoso, Noheli Rincón, Juan Carlos Araujo Orozco** y actualmente administrada por el Administrador de empresas **Ever Antonio Santana Torres**.²⁹ A continuación en la figura 3 podemos ver el rio Manaure:

Figura 3. Rio Manaure



Fuente: Vega - Aarón; universidad popular del cesar, 2018

²⁹ **Fuente:** página web de la alcaldía municipal de Manaure, historia del municipio de Manaure, aspectos generales y característicos, febrero 26 de 2018, disponible en internet: <http://www.manaurebalcondelcesar-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio> consultado: octubre de 2018.

4.3.3 División Político Administrativa. La división política administrativa del municipio se encuentra estructurada como se muestra a continuación:

- **Barrios:** El municipio de **MANAURE** cuenta en su área urbana con un total de dieciséis (16) barrios, discriminados en barrios normales y subnormales, ya que estos últimos no se encuentran legalizados en las instancias municipales; se clasifican de la siguiente manera:

Barrios Normales (legales): San Antonio, La Guajira, El Centro, El Paraíso, San Francisco, El Carmen, La Curva, Santa Inés y 21 de enero.

Barrios Sub Normales: El Porvenir, Villa del Rio, Don Bosco, Nuevo Milenio, 28 de septiembre, Los Sauces y Pepe castro.

- **Corregimientos:** Cuenta con 4 Corregimientos creados mediante el Acuerdo 07 de 1990, y 11 veredas clasificadas así:
 - Corregimiento Pie Del Cielo:** Dista a 7 Km. de la cabecera. Pertenecen a este corregimiento las veredas: Hondo del Río y Pie del Cielo.
 - Corregimiento La Tomita:** Dista de la cabecera municipal a 6 Km. Pertenecen a este corregimiento las veredas: Nicaragua y la Vega de Jacob.
 - Corregimiento Sabanas De León:** Dista a 3 Km. de la cabecera. Pertenecen a este corregimiento las veredas: Los Andes y Sabanas de León.
 - Corregimiento José Concepción Campo Urdiales:** Dista de la cabecera municipal a 6 Km. Pertenecen a este corregimiento las veredas: Canadá, San Antonio, El Venado y El Cinco.
- **Veredas:** Veredas Hondo del Río Altos del Perijá Nicaragua El Cinco Pie del Cielo Los Andes El Canadá San Antonio El Venado Sabanas de León La Vega de Jacob.³⁰

4.3.4 Economía. Manaure Balcón del Cesar, es un municipio eminentemente agrícola. La base de su economía ha sido tradicionalmente la ganadería ya incipiente y la agricultura que ocupó uno de los niveles más altos hasta llegar a ser despensa agrícola del departamento y la región costera. En las veredas del Municipio de Manaure existe una diversidad de cultivos siendo de mayor importancia por sus mismas condiciones geográficas los cultivos de Pan coger (economía campesina), además se encuentran cultivos anuales y permanentes como Café, Yuca, Malanga, Aguacate Hortalizas, Cacao, Maíz y Frutales.

³⁰ Alcaldía Municipal, Empresa De Servicios Públicos “Espuma S.A. E.S.P.”, “Capítulo I Plan De Uso Eficiente Y Ahorro De Agua Municipio De Manaure Cesar, Alcaldía Municipal, Empresa De Servicios Públicos “Espuma S.A. E.S.P”, 2017, disponible en físico en: ESPUMA S.A. E.S.P

4.3.5 Ecología. Su encanto pintoresco lo constituye su gran variedad de vegetación silvestre y de aves de extraños plumajes, los cuales conservan una belleza poco común que dan a su entorno un verdor de tonalidad mágica y de encanto especial. Excursionistas, alumnos de universidades y los llamados hierbateros visitan sitios como sabana Rubia, Hondo del Río, El Cerro del Pintao, El Cinco, San Antonio, El Venao, que cuentan con la existencia de diversas especies de plantas medicinales y otras variedades que por sus componentes necesitan estudios especiales, utilizadas estas para experimentos científicos y tratamientos de diferentes enfermedades.

Así mismo adelantan estas personas los estudios sobre las diferentes especies de aves que se conservan en estos parajes y que por su gran belleza y atractivo merecen capítulo aparte para su preservación.

4.3.6 Temperatura. Las temperaturas varían de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar. Según la estación Laguna (Municipio de La Paz), la temperatura anual es de 21°C con máximos en los meses de marzo, abril y mayo, y mínima a finales y comienzo del año. Para el actor montañoso no existe registro de temperatura, razón por la cual no se puede analizar fenómenos térmicos; sin embargo, parece ser que las máximas temperaturas se registran pasando el medio día y las mínimas cerca de las cuatro de la mañana. Lo anterior puede estar relacionado con las diferentes épocas del año. A continuación en el cuadro 3 podemos apreciarlo:

Cuadro 3. Variación de temperatura de Manaure Cesar

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medios
Temp Media	24.1 °C	24.3 °C	24.6 °C	25.6 °C	24.2 °C	24.1 °C	24.0 °C	23.4 °C	23.3 °C	23.2 °C	23.2 °C	23°4 °C	24.0 °C
Temp Max	31.2 °C	31.7 °C	32.1 °C	32.8 °C	30.4 °C	29.7 °C	29.4 °C	28.7 °C	28.3 °C	28.1 °C	28.2 °C	29.3 °C	30.0 °C
Temp Min	17.1 °C	16.9 °C	17.2 °C	18.5 °C	18.1 °C	18.5 °C	18.7 °C	18.2 °C	18.3 °C	18.4 °C	18.2 °C	17.6 °C	18.0 °C
Prec (mm)	28	19	46	193	184	128	79	84	155	210	175	60	1361
Atlas ambiental del Cesar ³	Promedios anuales		Temperatura				Precipitación			Brillo Solar	Vel. viento		
			Min	Med	Max	Total	Lluvia	Humedad					
			°C	°C	°C	mm	Días	%	horas	km/hora			
			18,1	24,05	30,1	1361	126	69	194	11,06			

Fuente: atlas ambiental del cesar, 2018

4.3.7 Hidrografía. El río **Manaure**, es el principal curso hídrico del Municipio. Nace en el Cerro Pintado en la frontera Colombo-Venezolana y tras salvaguardar una fuerte pendiente, desemboca en el río Cesar al occidente. Drenan la cuenca de Manaure una serie de cursos hídricos estacionales denominados arroyos. Es la única fuente abastecedora del servicio de acueducto municipal es el río Manaure, no existen actualmente otras fuentes alternativas. Esta está comprendida por los siguientes límites: por el norte: las cuchillas, cerro “El Pintao, El Cielo y Lamederos; por el sur: las cuchillas La Nevera y Tierra Grata; por el oriente: las divisorias aguas que sirve de límites en la República de Venezuela.

El interior de la cuenca está conformado por pliegues que dan origen a una serie de microcuencas que vierten sus aguas al río Manaure, entre las que sobresalen las constituidas por las corrientes: el Bosque, el Cinco, mi Ranchito, el Tronador, el Quindío, el Pílon, Borja y Lamederos.

El municipio cuenta con dos subcuencas, la primera, la del río Manaure con el 78.65% del área total del municipio, es decir, 11.336 ha y la segunda, el arroyo de la Mercedes con el 21.35%, 3.076 ha., lo cual da como resultado un área aproximada de 87 ha, destinada para protección de la cuenca, entre los principales manantiales se destacan el Paraíso, Mundo, Arroyo el Cinco, arroyo el Bosque, arroyo de los Torres, el caño de Gollito y el caño de Carmito Solano entre otros, que conforman la cuenca del Río Manaure que baja de la Sierra por el oriente y sigue hacia el sur oriente. Estas corrientes son la base de la economía agrícola y ganadera del área montañosa y la llanura aluvial que atraviesa antes de unirse en el río Manaure con el Pereira. La subcuencas del río Manaure tiene una extensión de 12.538 hectáreas; se ubica al nor-oriente del departamento del Cesar, en el municipio de Manaure Balcón del Cesar.

El río Manaure nace en Sabana Rubia a una altura de 3.000 metros aproximadamente y luego de un recorrido de 31 kilómetros, desemboca en el río Pereira a la cota 225 msnm, donde sirve de límite territorial entre los Municipios de Manaure y La Paz. De acuerdo con la zonificación ambiental elaborada por la Corporación Autónoma Regional del Cesar – **CORPOCESAR** - incluida en su Plan de Gestión Ambiental Regional -**PGAR**- la Subcuencas del río Manaure está en la Ecorregión Serranía de Perijá y sobre su territorio se encuentra la Reserva Forestal Los Motilones, en un área de 11.176 hectáreas, que representa el 89,1%, de la extensión total de la subcuencas. La Subcuenca del río Manaure fue priorizada y declarada en ordenación por la Corporación Autónoma Regional del Cesar -**CORPOCESAR**- mediante la Resolución No. 112 del 5 de agosto de 2003.

La corriente principal de la subcuenca del río Manaure abastece a los acueductos de la cabecera municipal de Manaure, el corregimiento de Sabanas de León, el cual cuenta con un distrito de riego que abastece de recurso hídrico a cincuenta y cuatro (54) predios. Además, las diversas familias asentadas en las riberas del río utilizan las

aguas del río para los diversos usos, entre los que se destacan el consumo humano, actividades agropecuarias y turísticas entre los más importantes.

La población asentada en la subcuenca es de 12.873³¹ habitantes, distribuidas en 8.239 personas en la cabecera municipal, que representa el 64% del total; el corregimiento de Sabanas de León con 714 habitantes, que corresponde al 6% y la zona rural dispersa con una población de 3.920 personas, que representa el 30% del total de la población. Manaure es bañado por aguas frescas y cristalinas como las de nuestro río que lleva su mismo nombre, el cual nace en la Serranía de Perijá, zona del cerro “El Pintao” a una altura aproximada de 3450 m.s.n.m. El Río Manaure recorre 29 Kms. En dirección Este – Oeste.

4.3.8 Zonas de vida. Debido a la configuración del suelo municipal de Manaure en un escalonamiento considerable, se presentan aquí tres pisos térmicos y 3 zonas de vida.

- **Piso Térmico Cálido**

Se encuentra debajo de la cota 600 hasta el límite con el municipio de La Paz. Las temperaturas superiores a 24 °C, llegando a alcanzar hasta 37 °C y la precipitación en torno a 1000 da origen a la zona de vida Bosque seco tropical, con las especies representativas de Matarratones, Almendros, Cauchos, Guácimos, Totumos, Cocoteros y en general las especies de la denominada "Tierra Caliente".

- **Piso Térmico Templado**

Se ubica desde la cota 600, exactamente en la Vereda La Tomita, hasta los 1800 msnm las temperaturas medias aquí oscilan entre los 18 y 24 °C en este sector las precipitaciones se encuentran entre 1200 y 2000 mm y sobre ésta se encuentra la zona de vida bosque seco premontano, con especies subandinas como Roble, Arrayán, Guayacán, ébano y caobo entre otros. Es la zona donde se cultiva el café, plátano, maíz, frijol, caña de azúcar, cítricos y hortalizas (cilantro, cebolla, tomate, pimentones).

- **Piso Térmico Frío**

Abarca los territorios ubicados sobre 1800 msnm hasta la frontera oriental con la República Bolivariana de Venezuela las temperaturas son inferiores a 17 °C, llegando a registrarse en ocasiones menos de 3 °C. La zona de vida correspondiente es el Bosque Andino con especies exóticas como sietecueros, saucos, frailejones, pagodos, con algunas coníferas locales como el pino romerón o pino colombiano y otras introducidas como pinus pátula, cipreses, araucarias entre otros.³²

³¹ Alcaldía Municipal, Empresa De Servicios Públicos “Espuma S.A. E.S.P.,”Capítulo I Plan De Uso Eficiente Y Ahorro De Agua Municipio De Manaure Cesar, Alcaldía Municipal, Empresa De Servicios Públicos “Espuma S.A. E.S.P.,” 2017

³² Wikipedia, Manaure Balcón del Cesar, editado por última vez el 21 de abril de 2019, disponible en internet: https://es.wikipedia.org/wiki/Manaure_Balc%C3%B3n_del_Cesar, consultado en octubre de 2018

4.3.9 Vías de comunicación. Al día de hoy Manaure cuenta con las siguientes vías de comunicación:

- **Aéreas:** Manaure no cuenta con vías de acceso aéreas.
- **Terrestres:** El municipio de Manaure se encuentra comunicado con la capital del Departamento a través de la conocida Troncal del Oriente que recorre la frontera con Venezuela y comunica los Municipios de La Paz, San Diego, Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico y Chiriguaná. La vía Troncal del Oriente está clasificada en el de Vías Regionales (grupo I) y se encontraba a cargo de los distritos de carreteras, esta vía pasó a ser administrada por el Departamento de acuerdo con la ley.
- **Transporte Poblacional Y De Carga Intermunicipal.** Existen dos instituciones prestadoras de servicio de transporte intermunicipal, la Cooperativa de Transporte Turístico (**COOTRATURISMA**) y una Asociación de transportadores de Manaure (**ASOTRAMA**), las cuales se rigen por las directrices del Ministerio de transporte.
- **Transporte Interveredal.** No existe un servicio de transporte público que comunique las veredas con la cabecera municipal para hacer sus intercambios comerciales, éste se realiza en mayor proporción en vehículos particulares y/o bestias.
- **Transporte Fluvial.** Manaure no cuenta con vías de acceso fluviales.³³

³³ Fuente: página web Alcaldía municipal de Manaure, historia del municipio de Manaure, aspectos generales y características, vías de comunicación, actualizado el febrero 26 de 2018, disponible en internet: <http://www.manaurebalcondelcesar-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio>, consultado: octubre de 2018.

4.4 MARCO CONCEPTUAL

A continuación encontramos los conceptos necesarios a tener en cuenta durante la realización del presente proyecto.

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

Agua potable: es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

Altimetría: Es la parte de la topografía que estudia y determina las diferencias de nivel y las formas (morfología) del terreno.

Catastro de red: Sistema de registro y archivo de información técnica estandarizada y relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación de tuberías, diámetros, válvulas, hidrantes y todo accesorio de la red.

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

Cota de batea: Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

Cota de clave: Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su

consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

EOT: esquema de ordenamiento territorial, Conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.

Golpe de ariete: Fenómeno hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, bien sea por el cierre rápido de una válvula o por el apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobre elevación de la presión, subpresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.

Nivel de complejidad del sistema: Rango en el cual se clasifica un proyecto el cual depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera.

Nodos de consumo: Punto en el cual se unen dos o más tuberías y se presenta una conexión de un grupo de suscriptores.

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

Planimetría: Estudia los elementos planimétricos del terreno, entendiéndose por ellos todos los elementos naturales y artificiales del mismo que forman su revestimiento, como, por ejemplo: ríos, casas, caminos, etc., y los expresa por medio de figuras convencionales (cartográficos).

Sectorización: Corresponde a la división del área total de una red de distribución, en zonas de estudio que permiten determinar diferencias en los factores de pérdidas de manera más detallada, y tomar acciones operativas. Es la división de una red de distribución en dos o más sectores hidráulicos, en la que cada sector con puntos definidos de alimentación o entrada de agua, opera independientemente, garantizando la prestación óptima del servicio a los usuarios comprendidos dentro de cada sector.

Tanque de almacenamiento: Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos picos, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas.

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

Válvula: Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable.

Zona de presión de la red de distribución: Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites.³⁴


³⁴ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), Título B – Sistemas De Acueducto- , Ras 2012

4.5 MARCO INSTITUCIONAL

Para la realización de este proyecto se contó con el apoyo de la alcaldía del municipio de Manaure Balcón del Cesar y la Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Manaure Balcón del Cesar, **ESPUMA E.S.P**, con el objetivo de garantizar la prestación de los servicios públicos domiciliarios, con oportunidad y calidad, a través de un manejo óptimo y eficaz de los recursos; con miras a mejorar la calidad de vida de la población de Manaure. Cabe anotar que esta empresa fue instituida según lo dispuesto en el artículo 5 de la ley 142 de 1994 que establece, *“Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan los concejos”* y el numeral 5.1 *“Asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y telefonía pública básica conmutada, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio”*.

A continuación, se adjuntarán en los cuadros 4 y 5 los datos informativos de las instituciones públicas que intervendrán en el proyecto:

Cuadro 4. Datos de la Alcaldía Municipal de Manaure Balcón del Cesar

	
Alcaldía del municipio de Manaure Balcón del Cesar	
Responsable	Ever Antonio Santana Torres
Cargo	Alcalde municipal
Dirección	Calle 3 No. A-78
Teléfonos de contacto	5790192, Fax: 5790508
Email	alcaldia@manaurebalcondelcesar-cesar.gov.co

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Cuadro 5. Datos De La Empresa De Servicio Público Municipal De Manaure Balcón del Cesar

	
Empresa De Servicios Públicos De Manaure ESPUMA E.S.P	
Responsable	Yesith Álvarez
Cargo	Gerente empresa de servicios públicos
Identificación tributaria	N°824.003.760-2
Dirección	Calle 3 N.º A – 78 Barrio la Guajira
Teléfonos de contacto	5790592
Email	espumaesmanaurecesar@hotmail.com

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Son todas aquellas normas legales que controlan las condiciones de prestación del servicio de agua potable, están organizadas por jerarquías de orden; dichas jerarquías fueron propuestas por el abogado y filósofo **Hans Kelsen** (Praga, 11 de octubre de 1881 – Berkeley, California, 19 de abril de 1973), en la cual se plasma que toda norma recibe su valor de una norma superior, para el caso de la normatividad ambiental vigente en el caso de la construcción, conducción y distribución de agua potable el marco normativo que nos rige es el siguiente:

En el cuadro numero 6 podemos encontrar de manera práctica y resumida las directrices en cuanto al componente ambiental:

Cuadro 6. Constitución Política De Colombia

Marco Legal	Artículo	Resumen
Constitución Política De La República De Colombia	Art. 49	La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.
	Título XII, Capítulo 5	
	Art. 365	Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

Cuadro 6. Constitución Política De Colombia (continuación)

Marco Legal	Articulo	Resumen
<p align="center">Constitución Política De La República De Colombia</p>	<p align="center">Art. 366</p>	<p>El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.</p>
	<p align="center">Art. 367</p>	<p>Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación.</p>

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

A continuación, presentamos el cuadro 7 con las leyes actuales que se aplican para diseño de redes de acueducto

Cuadro 7. Leyes

Marco Legal	Artículo	Resumen
Ley 142 de 1994 (régimen de servicios públicos domiciliarios)	Art. 1	Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural
	Art. 2, numeral 2.3	Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
Ley 142 de 1994 (régimen de servicios públicos domiciliarios)	Art. 5	Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, que ejercerán en los términos de la ley, y de los reglamentos que con sujeción a ella expidan los concejos.
	Art. 15	Pueden prestar los servicios públicos:
	Numeral 15.1 Numeral 15.3	15.1. Las empresas de servicios públicos. 15.3. Los municipios cuando asuman en forma directa, a través de su administración central, la prestación de los servicios públicos, conforme a lo dispuesto en esta Ley.

Continuación cuadro 7

Título IX Capítulo 1	
Art. 162: Funciones del Ministerio de Desarrollo, y del Viceministerio de Vivienda, Desarrollo Urbano y Agua Potable	
Ley 142 de 1994 (régimen de servicios públicos domiciliarios)	Art. 162 Numeral 2
	Asistir técnica e institucionalmente a los organismos seccionales y locales, para el adecuado cumplimiento de sus funciones y de las decisiones de la comisión de regulación de los servicios de agua potable y saneamiento.
	Art. 162 Numeral 5
	Diseñar y promover programas especiales de agua potable y saneamiento básico, para el sector rural, en coordinación con las entidades nacionales y seccionales
Art. 162 Numeral 9	Señalar los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilizan las empresas, cuando la comisión respectiva haya resuelto por vía general que ese señalamiento es realmente necesario para garantizar la calidad del servicio, y que no implica restricción indebida a la competencia

Marco Legal	Artículo	Resumen
<p>Ley 9 de 1979 (Código sanitario nacional)</p>	<p>Art. 65</p>	<p>Las conducciones deberán estar provistas de desagües en los puntos bajos cuando haya posibilidad de que se produzcan sedimentos.</p>
	<p>Art. 66</p>	<p>La tubería y los materiales empleados para la conducción deberán cumplir con las normas del Ministerio de Salud</p>
	<p>Art. 71</p>	<p>Después de potabilizada el agua debe conducirse en tal forma que se evite su contaminación</p>
	<p>Art. 76</p>	<p>Las entidades administradoras de los acueductos comprobarán periódicamente las buenas condiciones sanitarias de las redes de distribución con muestras de análisis del agua, tomadas en los tanques, hidrantes, conexiones de servicio y en las tuberías.</p>

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

A continuación, podemos observar en el cuadro 8 los decretos y resoluciones que se encuentran vigentes y debemos tener en cuenta para el diseño de redes de agua potable:

Cuadro 8. Decretos y resoluciones

Marco Legal	Articulo	Resumen
Decreto 1575 de 2007	Normatividad colombiana	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Resolución 0330 del 08 de junio de 2017	Normatividad colombiana	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Versión 2012	Normatividad colombiana	Título B, sistemas de acueductos 2012

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

5.1 MARCO METODOLÓGICO

A continuación desarrollaremos la metodología implementada para el desarrollo del presente proyecto.

5.1.1 Línea de investigación. Gestión integral del agua.

- **Sublínea de investigación.** Sistemas alternativos de captación, tratamiento y distribución de agua potable

5.1.2 Tipo de investigación. La investigación es de tipo cuantitativo ya que se estudiaron y analizaron las condiciones de operación del acueducto del municipio de Manaure, para alcanzar su optimización realizando para trabajos de campo y de oficina para el procesamiento de los datos obtenidos.

5.1.3 Enfoque de la investigación. El proyecto se realizó bajo el enfoque cuantitativo – descriptivo, ya que este permitió describir y diagnosticar las condiciones actuales de la red de distribución del acueducto del municipio de Manaure Balcón del Cesar, buscando con ello establecer la problemática que aqueja a la comunidad y como resultado dar soluciones a mediano y largo plazo para mejorar la calidad de vida en la prestación del servicio.

5.1.4 Población. La población objeto de este estudio son los habitantes del casco urbano del municipio de Manaure Balcón del Cesar, Departamento del Cesar.

5.1.5 Instrumentos de recolección de datos. Para realizar nuestra investigación la documentación utilizada fue suministrada por:

- **Fuente primaria.** Para la obtención de la información básica relacionada con el tema acudimos a reunirnos con el señor **Ever Antonio Santana Torres** alcalde del municipio de **Manaure Balcón del Cesar**, en dicha reunión se habló de la intención de realizar este proyecto para optar al título de ingeniero ambiental y sanitario con el cual se le daría solución a la problemática de la comunidad en el sector de acueducto a lo cual el reaccionó de manera favorable y nos envía a reunirnos con el secretario de planeación municipal el señor **Raúl Niebles** y con la gerente del momento de la empresa de servicios públicos del municipio la señora **Lineth Maestre**. De estas reuniones obtuvimos datos e información, con los cuales pudimos realizar el diagnóstico inicial del sistema.

En repetidas ocasiones nos reunimos con personal de la empresa de servicios públicos para entrevistarlos con respecto a datos requeridos. También fue necesario reunirnos con la secretaria de salud la señora **María Del Pilar Añez** para que nos suministrara los datos de población que ella maneja a través del **SISBEN**.

Estos datos fueron utilizados por considerarse correctos, ya que estos hacen parte de una base municipal para los programas social que ejecuta el gobierno nacional y que como tal hacen parte de la base de datos del municipio.

- **Fuentes secundarias.** Además de la información primaria se hace necesario hacer una revisión bibliográfica en documentos oficiales para corroborar y complementar dicha información por esto recurrimos a buscar en el esquema de ordenamiento territorial (**EOT**), programa de uso eficiente y ahorro de agua (**PUEAA**), informe presentado por la gerente de la empresa de servicio público (**ESPUMA**) al consejo municipal acerca del estado de la empresa y el componente de saneamiento básico, el departamento administrativo nacional de estadística (**DANE**), plan de desarrollo municipal vigente, y otros estudios del municipio de Manaure Balcón del Cesar referentes al tema de estudio.

- **Métodos de procesamiento de datos.** Para procesar el dato fue necesario recurrir al software Microsoft Excel, en donde se realizaron las gráficas y tablas; También utilizamos el software AUTOCAD para plasmar parte de la información de campo y además los resultados de los diseños correspondientes y para finalizar realizamos las simulaciones hidráulicas con el software EPANET.

5.1.6 Metodología. El diseño de la conducción y de la red de distribución de acueducto en la cabecera municipal de Manaure se desarrolló siguiendo las siguientes etapas:

- **Etapa 1: Recolección De Información (Etapa De Campo).** Con el fin de conocer las características de la línea de conducción y de la red de distribución del acueducto es necesaria la realización de catastro de redes. Esta actividad se realizó siguiendo las recomendaciones dictadas por la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017 y en la cual se deben consignar la información sobre las tuberías existentes (diámetros, tipo de material, años de uso, longitudes y ubicación geográfica); sumado a esto, la información, especificaciones técnicas y características de los accesorios propios de una red de acueducto (válvulas, accesorios, hidrantes, etc.).

La información obtenida en esta actividad se consiguió en la oficina de planeación municipal y en la empresa de servicios público de Manaure (ESPUMA S.A. E.S.P), junto a esto se debió adquirir la información bibliográfica, tanto del plan de desarrollo municipal, como del esquema de ordenamiento territorial (EOT), los informes del departamento administrativo nacional de estadísticas (DANE). Esta información fue recabada, organizada y priorizada para obtener un examen detallado del sistema para efectos de proponer un diseño óptimo y realizable.

La recolección de información fue iniciada en la tanque de contacto o distribución, el cual da origen a la red de distribución; siguiendo con la red de distribución a lo largo de las calles y carreras de la cabecera de la cabecera municipal, pasando por los tanques de quiebre de presión ubicados en varios sectores del pueblo y llegando hasta el punto más lejano de la red.

Con la información obtenida en este recorrido se hará un diagnóstico de los componentes de la red de distribución, tales como accesorios instalados en la red y el tipo de tubería, con el propósito de verificar su estado y funcionamiento. Además, se identificó los puntos críticos del sistema, donde se presentan problemas que afectan la adecuada distribución, como resultado de estas observaciones y análisis, se hará la simulación de funcionamiento del sistema de acueducto, con cada una de las características de la red (dimensiones, características, material, ubicación geográfica).

- **Etapas 2: elaboración del plano de la red presente (etapa de oficina).**

Completada la fase de recolección de la información, en la cual se tuvo la información referente a la red de acueducto actual, se procedió a recopilarlos con la finalidad de elaborar el plano respectivo, con el cual se inicia con la identificación de las cotas en los nodos hidráulicos, los cuales son la base del proceso de simulación hidráulica. En el plano se deberá marcar los sitios de interés que servirán como puntos de referencia, como por ejemplo centros médicos, escuelas, instituciones policiales, etc.

En el plano se incluirá las futuras zonas de expansión, la cual permitió establecer el perímetro sanitario del municipio; dentro de las convenciones presentes en el plano se tendrán la identificación numérica de las tuberías con su respectivo diámetro, longitudes, así como también los accesorios presentes.

- **Simulación hidráulica actual y futura.** En la actualidad se cuentan con programas computacionales que recrean condiciones de distribución de flujo, los cuales no permiten conocer con precisión las condiciones en las que está funcionando una red; estas herramientas también permiten conocer la capacidad de los tramos futuros que se anexaran a la red actual. Para este proyecto se contara con la ayuda de programas asistidos por computador, como lo son EPANET versión 2.0, AUTOCAD, entre otros que cumplan la misma función.

Por su fiabilidad y amplios trabajos realizados con esta plataforma tecnológica se decidió emplear el EPANET versión 2.0 por ser de uso libre y además su compatibilidad con programas de diseño como el AUTOCAD.

Estos programas requieren datos de entrada los cuales son de imperiosa necesidad suministrarle entre los cuales se encuentran los caudales o demandas en cada nudo, producto de la proyección poblacional, junto con las especificaciones técnicas de los tramos de la tubería y las respectivas cotas de cada uno de los nodos para simular las condiciones en las cuales opera el sistema.

Una vez se obtengan los datos de la simulación se procederá a analizarlos y tomar decisión acerca de los resultados para proceder a realizar las modificaciones a que hubiere lugar.

- **Realización del plano de la red acueducto a futuro y reposiciones.** Con la elaboración de este plano se establecerá a realizar los cambios necesarios que permita obtener una óptima operación del sistema: en dicho plano contendrá además las futuras zonas de expansión de la zona urbana del municipio, a las cuales se le incluirán las redes respectivas; además se incluirá el informe de las tuberías que requieren su reposición, debido a que las redes poseen un período de vida útil.
- **Condiciones de operación y mantenimiento.** Como resultado de los cambios propuestos a la red de distribución del acueducto, se deberá garantizar a la población que el personal involucrado en la operación de dicha red esté capacitado, puesto que éste ejercerá constante control y vigilancia de la red, garantizando con esto la continua prestación del servicio.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se describieron los resultados obtenidos una vez terminado el proyecto:

6.1 DIAGNOSTICO DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE MANAURE BALCÓN DEL CESAR

Para conocer la situación actual del municipio de Manaure realizamos una serie de reuniones con el secretario de planeación del municipio el arquitecto **Raúl Niebles**, el asesor de la oficina de planeación **Ernesto Plata** quienes fueron designados por el alcalde del municipal el señor **Ever Antonio Santana Torres**; en estas reuniones pudimos conocer planos y documentos que nos dieron un conocimiento previo y textual sobre el problema en estudio, además nos reunimos con la entonces gerente de la empresa de servicios públicos “**ESPUMA S.A. E.S.P.**” la señora **Lineth Maestre** con quien también hicimos el recorrido de la red de acueducto y de los barrios que no cuentan con el suministro de agua potable.

El sistema de acueducto del municipio de Manaure Balcón del Cesar está compuesto por captación, aducción, desarenador, planta de tratamiento, almacenamiento y red de distribución. De lo cual se profundizo en la red de distribución puesto que este es el objeto de estudio en el presente trabajo de grado.

6.1.1 Fuente de abastecimiento. Manaure Balcón del Cesar abastece su acueducto del rio Manaure el cual nace en el cerro El Pintao en una zona de frontera Colombo – Venezolana en la serranía del Perijá, y cuenta con una altura aproximada de 3450 m.s.n.m. Drenan la cuenca de Manaure una serie de cursos hídricos denominados tributarios “arroyos” que ayudan a aumentar su caudal. Los límites geográficos del rio Manaure son: por el norte: Las Cuchillas, cerro “El Pintao, El Cielo y Lamederos; por el sur: Las Cuchillas, La Nevera y Tierra Grata; por el oriente: las divisorias aguas que sirve de límites en la República de Venezuela.

La subcuenca del río Manaure comprende las veredas: Hondo del Río, Canadá, San Antonio, Sabana de León, Sabana Rubia. La figura 4 muestra a continuación la subcuenca del río Manaure.

Figura 4. Río Manaure



Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.1.2 Planta de tratamiento de agua potable. El sistema de acueducto del municipio de Manaure Balcón del Cesar cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable “PTAP”; una antigua estandarizada de los modelos que tenía el **Instituto De Fomento Municipal** la cual es de tipo convencional y tiene una capacidad de 25 lps, mientras que la segunda tiene una capacidad de 50 lps y también es de tipo convencional, cuenta con los procesos de floculación tipo cox, sedimentación de alta tasa y filtración de lechos doble de tasa constante. Estas plantas se encuentran en funcionamiento. A continuación en la figura 5 podemos ver las “PTAP” del acueducto de la zona urbana del municipio de Manaure Balcon del Cesar.

A continuación tenemos en la figura 5 la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Manaure tal como está en la actualidad:

Figura 5. Planta de tratamiento de agua potable municipio de Manaure Balcón del cesar

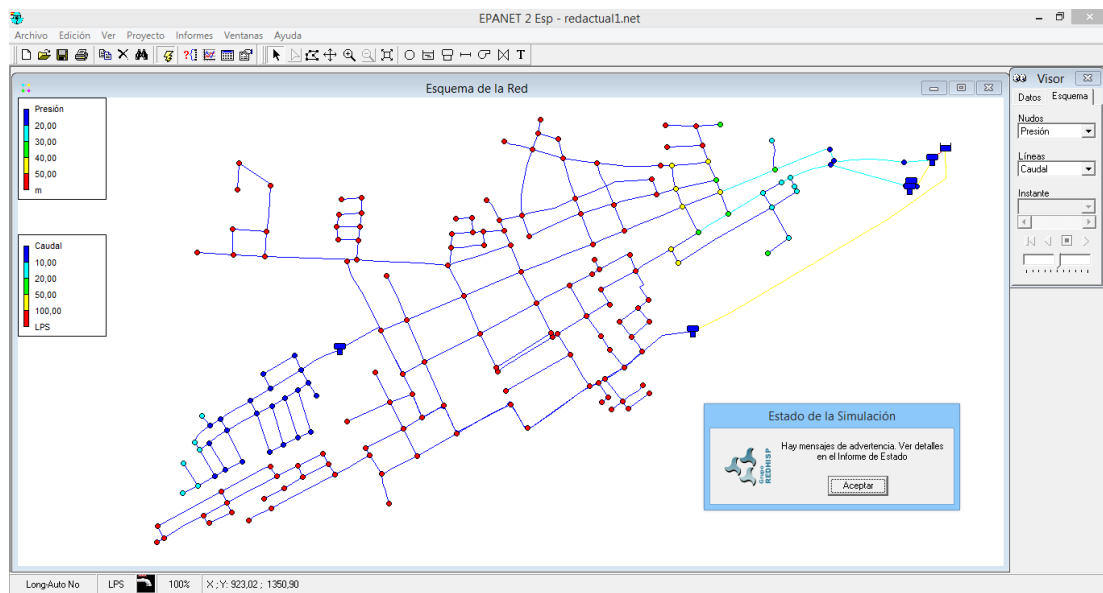


Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTO

Manaure Balcón del Cesar cuenta con una empresa de carácter oficial del orden municipal “**ESPUMA S.A. E.S.P.**” la cual es la encargada de la administración, operación y mantenimiento del sistema de acueducto; la información contenida en el presente documento fue estructurada mediante la recopilación y posterior análisis de los temas tratados en las reuniones con los funcionarios del orden municipal y las salidas de campo con el acompañamiento de la gerente y de los funcionarios de la empresa de servicios públicos y el secretario de la oficina de planeación municipal realizadas para conocer la red de distribución. A continuación en la figura 6 podemos observar la planta de tratamiento de agua potable actual del municipio de Manaure Cesar.

Figura 6. Red de distribución actual del municipio de Manaure.



Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.2.1 Componentes de la red de distribución actual. El sistema de acueducto de la zona urbana del municipio de Manaure Balcón del Cesar dispone de los siguientes tanques de distribución, descritos en el cuadro 9 así:

Cuadro 9. Tanques que componen la red de distribución

Tanque	Cota (M)	Función
Tanque 1	869,37	Abastecimiento
Tanque 2	860.45	Abastecimiento
Tanque 3	860.45	Abastecimiento
Tanque 4	818.61	Quiebre de presión
Tanque 5	785.80	Compensación

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.2.2 Tanques de almacenamiento. Para garantizar una adecuada operación del sistema de acueducto, la red de distribución de agua potable del acueducto de la cabecera del municipio de Manaure cuenta con seis tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran construidos en concreto reforzado. Estos tanques se encuentran localizados estratégicamente a lo largo de la red para permitir además de una adecuada distribución del suministro de agua potable, garantizar una presión acorde con los valores mínimos y máximos establecidos en la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2017. A continuación se presenta la descripción de cada uno, así:

Figura 7. Ubicación de tanques de distribución en la red



Fuente: Google earth

- **Tanque 1:** Se encuentra localizado dentro de la planta de tratamiento de agua potable sobre la cota de localización 869.37 msnm; sus dimensiones son: Largo = 8.87m, Ancho = 8.82m y altura = 2.51m su capacidad de almacenamiento es de 196.m³. (Título B, RAS 2012, B.9.6). la altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 10

Cuadro 10. Descripción del tanque 1 (abastecimiento)

Tanque 1.	
Nivel Máximo (M)	868,77 msnm
Nivel Mínimo (M)	866.26 msnm
Entrada	868,97 msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	866.36 msnm
Desagüe	866.26 msnm
Rebose	868,77 msnm
Ventilación	869.27 msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

- **Tanque 2:** Se encuentra localizado a 78,65m diagonal al tanque 1 que está en la planta de tratamiento, en predios de la alcaldía municipal, sobre la cota 860.45 m.s.n.m., sus dimensiones son: Largo = 6.16m, Ancho = 5,83m y altura = 2.50m tiene una capacidad de almacenamiento de 90 m³. (Título B, RAS 2012, B.9.6). la altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 11:

Cuadro 11. Descripción del tanque 2 (abastecimiento)

Tanque 2.	
Nivel Máximo (M)	859,85msnm
Nivel Mínimo (M)	857,35msnm
Entrada	860,05msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	857,45mnsnm
Desagüe	857,35mnsnm
Rebose	859,85msnm
Ventilación	860,35msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

- **Tanque 3:** dista del tanque 1 a 78,85m y está ubicado en un predio de la alcaldía municipal diagonal a la planta, su cota de localización es de 860.45 m.s.n.m., sus dimensiones son: Largo = 6.16m, Ancho = 5,83m y altura =

2.50m, tiene una capacidad de almacenamiento de 89.78 m³, (Título B, RAS 2012, B.9.6). la altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Descripción del tanque 3 (abastecimiento)

Tanque 3.	
Nivel Máximo (M)	859,85 msnm
Nivel Mínimo (M)	857.35 msnm
Entrada	860,05 msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	857.45 msnm
Desagüe	857.35 msnm
Rebose	859,85 msnm
Ventilación	860.35 msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

- **Tanque 4:** se encuentra ubicado en predios de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural “CDR”, su cota de localización es de 818.61 m.s.n.m, sus dimensiones son: Largo = 6.45m, Ancho = 8.00 m y altura = 2.50m, tiene una capacidad de almacenamiento de 130 m³. (Título B, RAS 2012, B.9.6). la altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 13.

Cuadro 13. Descripción del tanque 4 (quiebre de presión)

Tanque 4.	
Nivel Máximo (m)	818,01 msnm
Nivel Mínimo (M)	815,51 msnm
Entrada	818,21 msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	815,61 msnm
Desagüe	815,51 msnm
Rebose	818,01 msnm
Ventilación	818,51 msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

- **Tanque 5:** se encuentra ubicado en el barrio Las Marías, su cota de

localización de 785,8 m.s.n.m., sus dimensiones son: Largo = 10,44m, Ancho = 10.15m y Altura = 2.50m, tiene una capacidad de almacenamiento de 265 m³. (Título B, RAS 2012, B.9.6). la altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 14:

Cuadro 14. Descripción del tanque 5 (compensación)

Tanque 5.	
Nivel Máximo (M)	785,2 msnm
Nivel Mínimo (M)	782,70 msnm
Entrada	785,4 msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	782,80 msnm
Desagüe	782,70 msnm
Rebose	785,2 msnm
Ventilación	785,7 msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Manaure es necesario construir un tanque de almacenamiento adicional a los 5 existentes, tal como se describe a continuación.

Tanque 6: se encontrará ubicado a la salida de la cabecera del municipio hacia la localidad de la Paz, sobre el cerro denominado corral de piedras, se encontraría localizado sobre la cota 802,43 msnm; sus dimensiones serían: Largo = 13.44m, Ancho = 10,71m y Altura = 2.50, con una capacidad de almacenamiento de 360 m³ (RAS 2012, B.9.3.2). La altura de la lámina de agua y su ubicación se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 15. Descripción del tanque 6 (abastecimiento)

Tanque 6.	
Nivel Máximo (m)	801,18 msnm
Nivel Mínimo (m)	798,68 msnm
Entrada	801,38 msnm
Salida Hacia La Red De Acueducto	798,78 msnm
Desagüe	898,68 msnm
Rebose	801,18 msnm
Ventilación	802,33 msnm

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.2.3 Conexión tanques de almacenamiento – red de distribución. De la Planta de tratamiento salen dos conducciones, así:

- Una tubería en PVC de Ø 8 pulgadas en material PVC y una longitud de 5.15 m y entrega al tanque No. 1 ubicado en el mismo predio de las instalaciones de la planta de tratamiento; desde el cual sale una tubería de diámetro 6 pulgadas y está a una longitud de 320.9 m, que entrega a la red de distribución.
- Una segunda tubería de diámetro 6 pulgadas en material PVC que sale de la PTAP le entrega a los tanques de distribución No. 2 y 3 ubicados en el predio localizado diagonalmente a la planta de tratamiento de propiedad del municipio y se encuentran a una distancia de 70.55 m. Esta conducción se divide mediante una yee en dos tuberías para poder hacer la conexión con los dos tanques; el diámetro de estas bifurcaciones es 6 pulgadas y su longitud son 18.90 m desde la yee hasta el tanque número 2 y de 19.10 m desde la yee hasta el tanque número 3. Estos dos tanques son enterrados en material concreto reforzado.

- Desde el tanque 2 sale una tubería que conecta en forma directa con la red de distribución, la cual abastece la parte norte del municipio.
- Desde el tanque 3 sale una línea expresa hasta el tanque de almacenamiento número 4 que está ubicado en la CDR, el cual tiene como función además servir de quiebre de presión: Desde este tanque salen dos tuberías una de 6 pulgadas en PVC que llega al centro del pueblo; y la otra en PVC de diámetro 4 pulgadas que llega al tanque 5 ubicado en el barrio Las Marías. Cabe resaltar que este tanque fue el último en ser construido y tiene por finalidad abastece el sector 3 de la población. Tal como podemos ver en el cuadro 16
- Desde el tanque 1 está proyectada una línea expresa de diámetro 2 pulgadas en material PVC y se encuentra a una distancia de 3.120 m que conectaría el tanque 1 ubicado en la PTAP que llegará hasta el tanque 6, el cual se ubicaría en el cerro denominado corral de piedra, el cual además de cumplir la función de distribución, regulara la presión en la red de distribución del sector a abastecer.

En el cuadro 16 se presenta la localización altimétrica de cada uno de los tanques así como también la capacidad o volumen de cada tanque

Cuadro 16. Niveles De Tanques De Distribución

Nombre	Cota Máxima (m)	Cota Mínima (m)	Volumen Útil Total (m ³)
Tanque 1	868,77	866.26	196
Tanque 2	859,85	857,35	90
Tanque 3	859,85	857,35	90
Tanque 4	818,01	815,51	130
Tanque 5	785,2	782,70	265
Tanque 6	801,18	798,68	360

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.2.4 Topografía. El Municipio presenta una topografía irregular conformada por montañas pertenecientes a la Serranía del Perijá. Por la parte noreste encontramos en la vereda Pie del Cielo con su máxima altura como lo es El Cerro de la Cruz. En la parte norte su relieve se encuentra compuesto por pequeñas colinas y planicies que se pierden en el Municipio de la Paz y el departamento de la Guajira.

El casco urbano del municipio de Manaure se encuentra ubicado en una zona de topografía plana a ligeramente inclinada y poco afectada por amenazas geológicas, que no ponen en riesgo la estabilidad tanto del suelo como las viviendas. Sin embargo, en sus alrededores se presenta algunas amenazas entre las que se tienen fenómenos de deslizamientos, inundaciones y avalancha.

El municipio de Manaure tiene una topografía quebrada la cual nos permite jugar

con las presiones al tener diferencias de niveles y pendientes que permiten que el agua potable circule, por efecto de gravedad, sin problemas a través de la red de distribución y por esta razón en este municipio no es necesario utilizar sistema de bombeo para proveer del servicio de agua potable a la comunidad.

6.2.5 Situación Actual De La Red De Distribución. El municipio de Manaure Balcón del Cesar cuenta con una red de distribución que no abastece a la totalidad de habitantes actuales puesto que el crecimiento de la población ha sido cada vez más acelerado y barrios como Villa del Rio, Don Bosco Los Auces, La Curva, Pepe Castro, La Guajira (especialmente la parte baja de este barrio) no cuentan con el servicio de manera oficial y debido a ello los habitantes de estos sectores han tenido que conectarse fraudulentamente a la red, esto no es bueno para la economía de la empresa de servicios públicos y mucho menos para la red de distribución que se colapsa al no soportar más conexiones de las que fueron proyectadas en ese diseño inicial. Por este motivo barrios como el 21 de Enero no cuenta con el servicio de agua potable la mayoría del tiempo a pesar de ser un barrio normalizado y constituido legalmente, cuenta con las tuberías y conexiones necesarias para que sus viviendas puedan abastecerse, pero el caudal suministrado no alcanza a abastecer todos los sectores de la población, lo cual se ve agravado por el deficiente estado de las tuberías que conforman parte o sectores de la población, como es el caso de existir tramos de tubería de asbesto cemento, los cuales conllevan a la deficiencia de la prestación del servicio, debemos decir que en muchos de los tramos de tuberías en asbesto cemento, así mismo en el empalme de estas tuberías con las de material de PVC no cuentan con un accesorio adecuados que garanticen una adecuada hermeticidad.

La situación actual de la red de distribución de agua potable de la cabecera del municipio de Manaure es muy inadecuada y deficiente, lo cual conllevó realizar el proyecto que permita realizar el diseño de optimización de este componente del sistema de acueducto, de tal manera que permita atender, tanto la población actual como la futura, en forma eficiente y continua. Esto conllevaría al reemplazo de los

tramos en requieran su cambio de tubería de asbesto cemento (AC) por PVC ya que el asbesto cemento aparte de generar pérdidas en el sistema actual representa, así como aquellos sectores que se requiere cambio por mayor incremento en la demanda y en los sectores nuevos requeridos por la ampliación del perímetro sanitario.

6.2.6 Problemas En La Red De Distribución. En la actualidad los mayores problemas que presenta la red de distribución del sistema de acueducto del casco urbano del municipio de Manaure, de acuerdo con el diagnóstico llevado a cabo dentro de los estudios previos, son:

- Fugas visibles e invisibles
- Conexiones fraudulentas y erradas
- Altas presiones que provocan rupturas en la tubería
- Tuberías obsoletas, unas por el tiempo de vida útil caducado y otras por el tipo de material.
- Poca presión en la tubería, en unos sectores.
- Taponamiento en la red por incrustación de raíces de árboles en las tuberías
- Discontinuidad en la prestación del servicio de agua potable en la tubería para los diferentes barrios (demora de 3 a 5 horas diarias por barrio)
- Pérdidas comerciales como:

Suministro de agua potable a:

- fincas y parcelas con riegos a huertas, cultivos, etc.;
- galpones
- criaderos de cerdos
- casa campos
- estaderos
- piscinas

El suministro de agua potable a los predios anteriormente mencionados incrementa el consumo y desestabiliza el sistema puesto que estos requieren mayor demanda de agua que un suscriptor residencial de la cabecera municipal e igualmente por el

deterioro de las tuberías (debido a su edad sumado a que algunas son de asbesto cemento y por ende en la conexión con las tuberías de PVC presentan fugas) la capacidad de suministro de agua potabilizada no garantizan que el servicio llegue a la red de distribución en el tiempo y la presión adecuada; todos esos usos del agua fuera del residencial no conllevan a una retribución económica de la empresa sino que por el contrario, la debilitan financieramente y técnicamente en la prestación del servicio de agua a la población.

La red de distribución actual está conformada por tuberías de 2”, 3”, 4”, 6” y 8” distribuidas por todo el perímetro sanitario del casco urbano del municipio, unas son de material asbesto cemento “AC” y otras en material PVC (en el anexo B, redes actuales de acueducto, en la página 103 se amplía esta información en la tabla 15 donde se relaciona el tramo, diámetro y tipo de material del mismo); como se muestra en forma resumida en el cuadro 17 a continuación se indican:

Cuadro 17. Tubería Existente

Material	Longitud	Porcentaje
Total	22168.89	100.00%
PVC	16288.77	73.48%
AC	5880.12	26.52%

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.3 CÁLCULOS PARA LA SIMULACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUTURA

Para el proyecto y como lo contempla la Resolución 0330 del 8 de Junio de 2.017, se siguieron los parámetros de diseño en ella contempladas y además se realizaron dos simulaciones hidráulicas, así: Una con la red existente y la demanda actual de la población, permitiendo así conocer su funcionamiento hidráulico en las condiciones actuales y una segunda con la redes proyectada, considerando la

demanda futura y las modificaciones necesarias a la red y la inclusión de aquellos sectores que no disponían del servicio, obteniendo los resultados que no permita mostrar su funcionamiento hidráulico, en cuando a demanda, velocidad, presión y diámetros y material requerido por las tuberías.

6.3.1 Cálculo De Población. Para realizar el cálculo de la población utilizamos como dato inicial la población determinada en el censo elaborado por el DANE en el año 2005, puesto que es el último censo realizado.

6.3.2 Información Básica Censal. Dado que la estimación de la población es uno de los aspectos para la definición del nivel de complejidad, determinado según el título B del 2012 del RAS, se establece que esa población debe corresponder a la población proyectada al final del periodo de diseño llamado también horizonte o de planeamiento del proyecto.

Se recolectaron los datos de los censos de población del DANE; a continuación, en el cuadro 18, se presenta la información censal de los tres últimos censos:

Cuadro 18. Datos Censos DANE

Años	Población Urbana
1985	3.544
1993	4.405
2005	5.445

Fuente: DANE, Resultados Censo General, archivo en Excel, disponible en internet, https://www.dane.gov.co/files/censos/consulta/2005_compensada.xls, [consultado en octubre de 2018]

6.3.3 Proyección Poblacional. El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema actual. Para el caso de Manaure la proyección de población se realizó por los siguientes métodos: Aritmético, geométrico y exponencial; seleccionando aquel que arroje resultados acordes con el comportamiento histórico de la población. De acuerdo con el Artículo 40 Resolución 0330 del 2017, la proyección de población se deberá realizar a 25 años, es decir, la proyección será hasta el año 2.043

6.3.4 Métodos Para El Cálculo De Población. Para llevar a cabo la proyección de la población, se deben tener en cuenta las proyecciones del DANE hasta el año en que éstas se encuentren disponibles, o sea, hasta el año 2020. El último dato de población disponible en el DANE se tomará como un último censo en el proceso de proyección de la población.

El y/o los métodos de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en el cuadro 19.

Para ello se utilizarán los siguientes modelos matemáticos: aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población.

Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria. En caso de falta de datos se recomienda la revisión de los datos de la proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio.³⁵ Como lo podemos apreciar a continuación en el cuadro.

³⁵ RAS 2012, Título B, Numeral 2.4.3.4.

Cuadro 19. Métodos De Cálculo Permitidos Según El Nivel De Complejidad Del Sistema Para La Proyección De La Población.

Nivel De Complejidad Del Sistema				
Método por emplear	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente: RAS, título B, 2012

A continuación se presentan los métodos de cálculos para la proyección de población futura:

- ✓ **Método Aritmético.** Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación (5) para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} X (P_f - T_{uc})^{36} \quad (5)$$

Donde:

P_f = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información.

³⁶ RAS 2012, Título B (B.2.1)

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

- ✓ **Método Geométrico.** Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. Se emplea la ecuación (6) así:

$$P_f = P_{uc} + (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad 37 \quad (6)$$

Donde:

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula con la ecuación (7) de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \quad 38 \quad (7)$$

- ✓ **Método Exponencial.** Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación (8) empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} X e^{kx(T_f - T_{ci})} \quad 39 \quad (8)$$

³⁷ RAS 2012, Título B (B.2.2)

³⁸ RAS 2012, Título B (B.2.3)

³⁹ RAS 2012, Título B (B.2.4)

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, con la ecuación (9) así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (9)$$

Donde:

P_{cp} = Población del censo posterior (proyección del DANE).

P_{ca} = Población del censo anterior (habitantes).

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior.

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior.

\ln = Logaritmo natural o neperiano.

A continuación podemos observar en el cuadro 20 el comparativo numérico de los métodos de cálculo de proyección:

⁴⁰ RAS 2012, Título B (B.2.5)

Cuadro 20. Comparativo De Los Métodos De Cálculo Por Año.

Año	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Exponencial
	Población [Hab.]	Población [Hab.]	Población [Hab.]
2018	6914	6914	6914
2019	7016	7121	7124
2020	7119	7320	7326
2021	7221	7533	7542
2022	7324	7751	7764
2023	7426	7937	7952
2024	7529	8159	8178
2025	7631	8388	8411
2026	7733	8556	8580
2027	7836	8787	8815
2028	7938	9024	9057
2029	8041	9169	9203
2030	8143	9408	9445
2031	8246	9652	9694
2032	8348	9769	9811
2033	8450	10013	10059
2034	8553	10263	10314
2035	8655	10433	10486
2036	8758	10689	10746
2037	8860	10951	11012
2038	8963	11110	11173
2039	9065	11260	11325
2040	9167	11402	11467
2041	9270	11534	11600
2042	9372	11628	11694
2043	9475	11883	11953

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.3.5 Población Futura O De Diseño. En este caso tomaremos el valor del método exponencial ya que es el que mejor se ajusta al comportamiento histórico de nuestra población.

Para el cálculo de la población futura del municipio Manaure – Cesar, se toma como población base, la correspondiente al último año censado 2005, la cual corresponde a 6914 habitantes. Del año 2005 hasta el año 2.018, los valores son obtenidos de la proyección, puesto que no hay datos censales de años siguientes.

Determinación de la densidad actual y futura. Para el año 2018, el perímetro sanitario es de 119.12 ha y la población proyectada corresponde a 6.914 habitantes, por lo tanto, para calcular la densidad se emplea la ecuación (10) así:

$$\text{densidad poblacional actual} = \frac{6914 \text{ hab}}{119.12 \text{ ha}} = 58.04 \text{ hab/ha} \quad (10)$$

Para el año 2043, el perímetro sanitario es de 162.7712 ha y la población proyectada a 11.953 habitantes por lo tanto empleamos la ecuación (11) de esta manera la densidad será:

$$\text{densidad poblacional futura} = \frac{11953 \text{ hab}}{162.723 \text{ ha}} = 73,46 \text{ hab/ha} \quad (11)$$

6.3.6 Asignación Del Nivel De Complejidad Del Sistema. El nivel de complejidad del sistema depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en el cuadro 21 contracciones.

Cuadro 21. Asignación Del Nivel De Complejidad Del Sistema

Nivel De Complejidad	Población En La Zona Urbana (Habitantes)	Capacidad Económica De Los Usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Para el caso del casco urbano del municipio de Manaure balcón del cesar, el nivel de complejidad, de acuerdo con la población proyectada a los 25 es igual a 11,953 habitantes lo que indica, que de acuerdo con este parámetro, según el título B del RAS corresponde a Medio. Como la capacidad económica de los habitantes de este Municipio, según la estratificación de planeación municipal es Baja, entonces el Nivel de complejidad del sistema es Medio.

6.3.7 Periodo de diseño de los componentes del sistema. De acuerdo con lo establecido en el Artículo 40 de la resolución 0330 del 2017 **El Periodo De Diseño** para todos los componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo se adopta como periodo de diseño 25 años.⁴¹

6.3.8 Dotación Neta. La dotación neta corresponde a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto con el artículo 43 de la resolución 0330 de 2017. Como lo muestra cuadro 22 a continuación:

⁴¹ Capítulo 1, Aspectos Generales, Artículo 40 De La Resolución 0330 De 2017

Cuadro 22. De La Resolución 0330 De 2017 Dotación Neta Máxima Por Habitante Según La Altura Sobre El Nivel Del Mar De La Zona Atendida

Altura Promedio Sobre El Nivel Del Mar De La Zona Atendida	Dotación Neta Máxima (L/Hab*Día)
> 2000 m s. n. m.	120
1000 – 2000 m s. n. m.	130
< 1000 m s. n. m.	140

Fuente: Resolución 0330/2017

Para la zona urbana del municipio de Manaure, la cual se encuentra a una altitud media de **775 msnm**, de acuerdo con Tabla anterior le corresponde una dotación neta de **140 (l/hab*día)**

6.3.9 Perdidas. El porcentaje máximo admisible de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta para la distribución de agua es de 25%, con base a lo establecido en el artículo 44 de la resolución 0330 de 2017.

6.3.10 Dotación Bruta (Dbruta). Éste debe establecerse según la siguiente ecuación, planteada en el artículo 44 de la resolución 0330 de 2017.

$$Dbruta = \frac{Dneta}{1-\%p} \quad 42 \quad (12)$$

El porcentaje de pérdidas técnicas para determinar la dotación bruta no debe ser superior a 25%, de acuerdo con lo establecido en la resolución 0330/2017. Con esto

⁴² Título B, Ras 2012, Ecuación B. 2.8.7

resulta una dotación bruta de **187 L/Hab/Día**.

6.3.11 Calculo De La Demanda De Agua. A continuación encontramos la descripción de los cálculos necesarios para obtener la demanda de agua.

6.3.11.1 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 ecuación (13). Según lo establecido en la resolución 0330 de 2017.

$$Qmd = \frac{P \times Dbruta}{86400} \quad 43 \quad (13)$$

Donde P es la población proyectada (**11,953 hab**), con lo que resulta un caudal medio diario = $Qmd = 25.82 \text{ Ips}$

6.3.11.2 Caudal Máximo Diario (QMD). Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 . Como lo podemos ver en las ecuaciones (14) y (15) respectivamente a continuación:

$$K_1 = 1,3 \quad 44 \quad (14)$$

$$QMD = Qmd \times K_1 \quad (15)$$

De acuerdo con la población proyectada, el coeficiente k_1 es 1,3 con lo que resulta un QMD de **34 L/S**

⁴³ Ras 2012 Ecuación B.9.6.

⁴⁴ Artículo 47, Parágrafo 2, Resolución 0330/2017

6.3.11.3 Caudal Máximo Horario (QMH). Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, K_2 . Tal como podemos ver en las ecuaciones (16) y (17) respectivamente

$$K_2 = 1,6^{45} \quad (16)$$

$$QMH = QMD \times K_2 \quad (17)$$

De acuerdo con la población proyectada, el coeficiente K_2 es 1,6 con lo que resulta un QMH de **53,81 l/s**.

6.3.12 Cálculo De La Capacidad De Los Tanques Almacenamiento. A continuación, se describe los componentes necesarios para el cálculo de la capacidad de los tanques de almacenamiento del sistema.

6.3.12.1 Población Por Sector. Partiendo de las proyecciones realizadas La población ubicada en cada Sector se calculó de la siguiente manera:

Datos:

- **Número de habitantes al periodo de diseño:** 11.954 habitantes
- **Área total:** 162,723 Ha
- **Dotación Bruta al Periodo de Diseño:** 187 Lt/hab*día
- **Densidad Poblacional:** 73,46 hab/ha
- **Coeficiente K_1 :** 1,3
- **Coeficiente K_2 :** 1,6
- **Área Sector 1:** 34,015 Ha
- **Área Sector 2:** 55,572 Ha
- **Área Sector 3:** 73,137 Ha

⁴⁵ Artículo 47, Parágrafo 2, Resolución 0330/2017

Habitantes Sector 1

$$\#hab = \text{área (Ha)} * \text{densidad poblacional (hab/Ha)}$$

$$\#hab = 34,015 \text{ Ha} * 73,46 \text{ hab/Ha}$$

$$\#hab = 2499 \text{ habitantes}$$

Habitantes Sector 2

$$\#hab = \text{área (Ha)} * \text{densidad poblacional (hab/Ha)}$$

$$\#hab = 55,572 \text{ Ha} * 73,46 \text{ hab/Ha}$$

$$\#hab = 4083 \text{ habitantes}$$

Habitantes Sector 3

$$\#hab = \text{área (Ha)} * \text{densidad poblacional (hab/Ha)}$$

$$\#hab = 73,137 \text{ Ha} * 73,46 \text{ hab/Ha}$$

$$\#hab = 5373 \text{ habitantes}$$

6.3.12.2 Volumen De Almacenamiento Por Porcentaje De Área.⁴⁶

De la siguiente ecuación tenemos:

$$AT = AD1 + AD2 + AD3$$

$$AT = 34,015 \text{ Ha} + 55,572 \text{ Ha} + 73,137 \text{ Ha}$$

$$AT = 162,723 \text{ Ha}$$

Porcentajes de Áreas.

$$\%A \text{ Sector 1} = AD1/AT = 34,015\text{Ha}/ 162,723 \text{ Ha} = 0,21$$

$$\%A \text{ Sector 2} = AD2/AT = 55,572 \text{ Ha}/ 162,723 \text{ Ha} = 0,34$$

$$\%A \text{ Sector 3} = AD3/AT = 73,137 \text{ Ha}/ 162,723 \text{ Ha} = 0,45$$

⁴⁶ Resolución 0330 De 2017 Artículo 81

6.3.12.3 Volumen de Almacenamiento Requerido para cada Sector. Como el volumen total requerido es de 1130 m³ al periodo de diseño decimos que:

$$\text{Vol. Sector 1} = \text{Volumen total} * \%AD1$$

$$\text{Vol. Sector 1} = 1130 \text{ m}^3 * 0,21 = 237,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Sector 2} = \text{Volumen total} * \%AD2$$

$$\text{Vol. Sector 2} = 1130 \text{ m}^3 * 0,34 = 384,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Sector 3} = \text{Volumen total} * \%AD3$$

$$\text{Vol. Sector 3} = 1130 \text{ m}^3 * 0,45 = 508,5 \text{ m}^3$$

6.3.12.4 Geometría De Los Tanques De Almacenamiento. De aquí en adelante presentaremos toda la información numérica en sus respectivos cuadros:

A continuación en el cuadro (23) se describen las estructuras existentes del sistema.

Cuadro 23. Geometría De Los Tanques De Almacenamiento.

ESTRUCTURAS EXISTENTES		
<i>Dimensiones del Tanque planta</i>		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	8,87	M
Ancho Efectivo del Tanque =	8,82	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,51	M
Capacidad =	196	m ³
<i>Dimensiones del Tanque 2</i>		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	6,16	M
Ancho Efectivo del Tanque =	5,83	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,50	M
Capacidad =	90	m ³
<i>Dimensiones del Tanque 3</i>		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	6,16	M
Ancho Efectivo del Tanque =	5,83	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,50	M
Capacidad =	90	m ³
<i>Dimensiones del Tanque 4 (CDR)</i>		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	6,45	M
Ancho Efectivo del Tanque =	8,00	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,50	M
Capacidad =	130	m ³

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

(Continuación) Cuadro 23.

Dimensiones del Tanque 5 (La María)		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	10,44	M
Ancho Efectivo del Tanque =	10,15	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,50	M
Capacidad =	265	m ³
ESTRUCTURA PROYECTADA		
Dimensiones del Tanque corral de piedra		
Forma Geométrica =	Rectangular	
Longitud Efectiva del Tanque =	13,44	M
Ancho Efectivo del Tanque =	10,71	M
Altura Efectiva del Tanque =	2,50	M
Capacidad =	360	m ³

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

En el cuadro (24) encontramos los datos de los volúmenes totales del sistema

Cuadro 24. Volumen Total.

Periodo de diseño (años)	25	M3/HORA	
Población estimada periodo de diseño (Hab) (2043)	11954		
Caudal med. diario (Qmd) (L/s) (2043)	25,82	92,95	Producción horaria
Caudal max. Diario (QMD) (L/s) (2043)	34	122,40	Producción horaria
Caudal max. Diario (QMD) (m3/d) (2043)	2940	122,50	Consumo promedio por hora
Caudal max. Horario (QMH) (L/s) (2043)	53,71		
Riesgo estructural (%)	15		

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

En el cuadro 25 que encontramos a continuación podemos encontrar de manera clara la capacidad de almacenamiento requerida

Cuadro 25. Capacidad de almacenamiento requerido.

Tiempo	lectura macro medidor		consumo m3	Factor de Consumo %	COEFICIENTE K2 [-]	Q Demanda acumulada [l/s]	suministro horario m3	suministro horario acumulado m3	diferencia suministro-consumo m3	acumulación diferencia exceso y/o déficit m3	volumen tanque m3	capacidad de regulación m3	volumen de almacenamiento m3	capacidad de incendio m3	volumen de tanques m3
	Inicia [h]	final													
1	1580	1660	80	2,72	0,65	80,00	122,50	122,5	42,50	42,50	297,50	385,00	980,00	150	1130,00
2	1660	1740	80	2,72	0,65	160,00	122,50	245,0	42,50	85,00	340,00				
3	1740	1840	100	3,40	0,82	260,00	122,50	367,5	22,50	107,50	362,50				
4	1840	1940	100	3,40	0,82	360,00	122,50	490,0	22,50	130,00	385,00				
5	1940	2090	150	5,10	1,22	510,00	122,50	612,5	-27,50	102,50	357,50				
6	2090	2270	180	6,12	1,47	690,00	122,50	735,0	-57,50	45,00	300,00				
7	2270	2510	240	8,16	1,96	930,00	122,50	857,5	-117,50	-72,50	182,50				
8	2510	2750	240	8,16	1,96	1170,00	122,50	980,0	-117,50	-190,00	65,00				
9	2750	2900	150	5,10	1,22	1320,00	122,50	1102,5	-27,50	-217,50	37,50				
10	2900	3010	110	3,74	0,90	1430,00	122,50	1225,0	12,50	-205,00	50,00				
11	3010	3120	110	3,74	0,90	1540,00	122,50	1347,5	12,50	-192,50	62,50				
12	3120	3260	140	4,76	1,14	1680,00	122,50	1470,0	-17,50	-210,00	45,00				
13	3260	3410	150	5,10	1,22	1830,00	122,50	1592,5	-27,50	-237,50	17,50				
14	3410	3550	140	4,76	1,14	1970,00	122,50	1715,0	-17,50	-255,00	0				
15	3550	3670	120	4,08	0,98	2090,00	122,50	1837,5	2,50	-252,50	2,50				
16	3670	3770	100	3,40	0,82	2190,00	122,50	1960,0	22,50	-230,00	25,00				
17	3770	3890	120	4,08	0,98	2310,00	122,50	2082,5	2,50	-227,50	27,50				
18	3890	3990	100	3,40	0,82	2410,00	122,50	2205,0	22,50	-205,00	50,00				
19	3990	4120	130	4,42	1,06	2540,00	122,50	2327,5	-7,50	-212,50	42,50				
20	4120	4220	100	3,40	0,82	2640,00	122,50	2450,0	22,50	-190,00	65,00				
21	4220	4310	90	3,06	0,73	2730,00	122,50	2572,5	32,50	-157,50	97,50				
22	4310	4380	70	2,38	0,57	2800,00	122,50	2695,0	52,50	-105,00	150,00				
23	4380	4450	70	2,38	0,57	2870,00	122,50	2817,5	52,50	-52,50	202,50				
24	4450	4520	70	2,38	0,57	2940,00	122,50	2940,0	52,50	0,00	255,00				
			2940	100,00	24,00	39450,00	2940,00								

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Cuadro 26. Producción y consumo de agua anual.

Producción Anual	1073100	m3
Población	11954	Hab
Año –Días	365	Días
Dotación	140	l/hab*día
(Producción/ No. Habitantes X 365) X 1000	246	m3

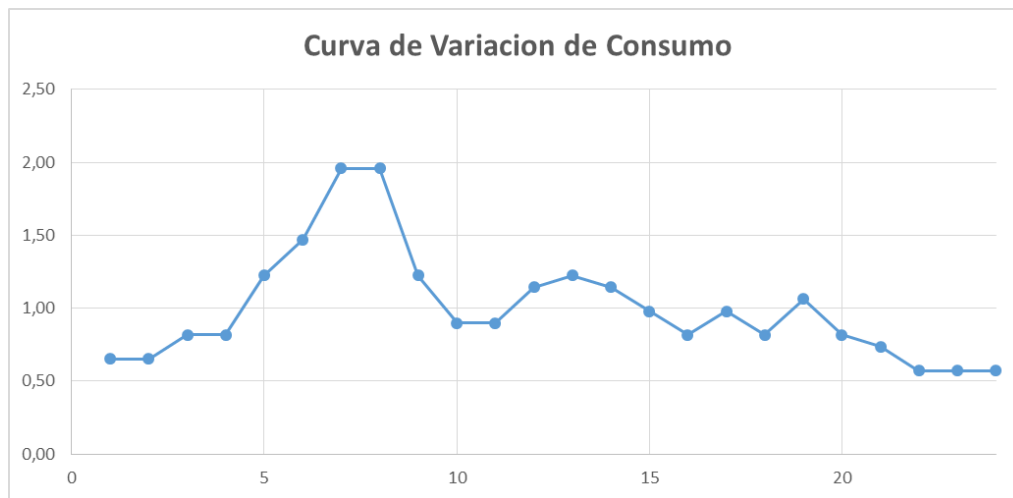
Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular Del Cesar, 2018

Cuadro 27. Coeficientes de variación de consumo.

Coeficientes De Variación De Consumo		
Volumen Promedio Diario Anual		
Consumo / No. De días	2940,00	m3
Volumen Consumo Máximo Diario		
Suma de los consumos diarios	2940,00	m3
K1 = Coefic De Consumo Máximo Diario	1,3	
Volumen Promedio Horario Anual		
Producción anual/No. Horas año	122,5	m3
Consumo Máximo Diario	240	m3
K2 = Coefic Consumo Máximo Horario	1,6	
Volumen promedio horario anual/Consumo máximo diario	1,96	m3
Consumo total máximo diario /24 Horas De la CVCH se obtiene consumo máximo diario	240	m3
Volumen Promedio. Diario Abastecido	2940,00	m3

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Figura 8. Grafica de Curva de variación de consumo



Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

Cuadro 28. Información Básica Para La Simulación Futura

Descripción	Valor
Caudal de diseño para Tanque y Redes	53,81 Lt/s
Densidad Poblacional Actual	58,04 hab/Ha
Densidad Poblacional proyectada	73,46 hab/Ha
Área total actual = Sumatoria áreas aferentes actuales	119,12 ha
Área total con proyecciones = Sumatoria áreas aferentes proyectadas	162,723 ha

Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

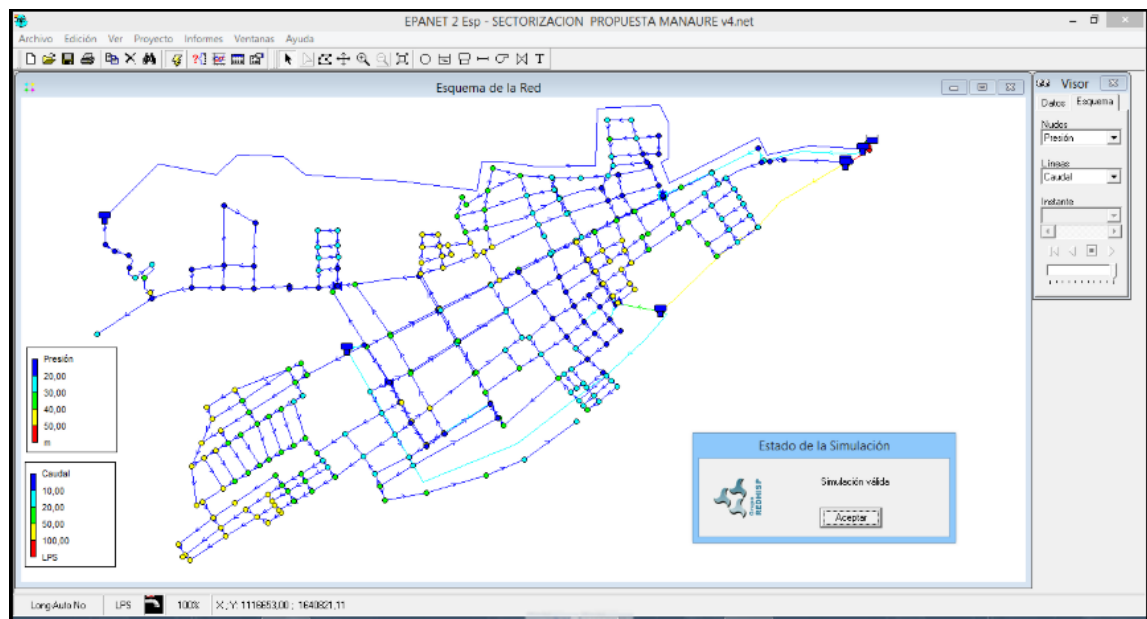
6.3.13 Parámetros Necesarios Para Simular. Con el propósito de realizar la simulación se debieron llevar a cabo los siguientes pasos:

- **Importar El Plano De Fondo:** realizado el plano general a partir de los puntos tomados con un GPS, se procede a importar desde el programa **Google Earth Pro**. Con esto conseguimos trabajar en una forma más aproximada a la realidad en cuanto a las formas de las redes.
- **Referenciar Los Nodos:** se procede a montar los NODOS, siguiendo la numeración utilizada en el estudio de medición en la fase de campo.
- **Caracterizar Los Nodos:** para el montaje de los NODOS en EPANET, es necesario conocer sus características, por esta razón, se registró la numeración, las cotas y demanda base a cada uno de ellos.
- **Montar Tuberías:** se procede a la unión de los NODOS del sistema, acorde con la información obtenida en la fase de campo.

6.3.14 Análisis De Resultados De La Simulación Hidráulica De La Red De Distribución Actual. Existen los sectores que se alimentan de una tubería de un diámetro mucho mayor al que debe tener, en relación con la cota (altura) que presentan, como es el caso de los barrios San Antonio, Urb. El Paraíso y Villa del Río que se encuentran ubicados en la parte alta de la cabecera. Para esto, se debe tener en cuenta el principio hidráulico de que, a reducciones de diámetros, mayores son las pérdidas y por tanto las presiones disminuyen en el sentido del flujo.

En los barrios Pepe Castro, Los Sauces, Nuevo Milenio, Santa Inés y 21 de Enero que son de baja cota, se presentan las presiones más altas del sistema debido a las condiciones del terreno. A continuación, en la tabla 8 se muestra el diseño de la red a futuro.

Figura 9. Diseño Futuro De La Red De Distribución Del Municipio De Manaure



Fuente: Vega – Aarón, universidad popular del cesar, 2018

6.3.15 Válvulas Del Diseño. Las Válvulas Reductoras de Presión: Tratan de limitar la presión en el nudo aguas abajo de la válvula, para que no exceda de un valor de consigna prefijado.

EPANET determina en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- Parcialmente abierta (esto es, activa) para mantener la presión aguas abajo en el valor de consigna prefijado, siempre y cuando la presión aguas arriba sea superior al valor de consigna.
- Completamente abierta, si la presión aguas arriba es inferior al valor de Consigna.
- cerrada, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso).⁴⁷

⁴⁷ Epanet. Manual Del Usuario. Págs. 30-32

6.3.15.1 Las Válvulas Sostenedoras de Presión: tratan de mantener la presión en el nudo aguas arriba de la válvula. EPANET determina asimismo en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- Parcialmente abierta (esto es, activa) para mantener la presión aguas arriba en el valor de consigna prefijado, siempre y cuando la presión aguas abajo sea inferior al valor de consigna.
- Completamente abierta, si la presión aguas abajo es superior al valor de consigna.
- cerrada, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso).⁴⁸

6.3.15.2 Válvulas de corte o cierre en la red de distribución. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Las válvulas de compuerta no se deben utilizar en tuberías con diámetros superiores o iguales a 350 mm, en cuyo caso se deben utilizar válvulas de mariposa.
- Cuando en un punto dado de la red se interconecten tres o más tramos de las tuberías, el diseño debe prever una válvula de cierre en cada tramo.
- Debe instalarse una válvula de cierre en todas las conexiones de los sectores hidráulicos.
- Deberán colocarse válvulas con drenaje y pozo de succión para mantenimiento de la red, evitando puntos muertos en la misma.⁴⁹

⁴⁸ Resolución 0330/2017. Artículo 64

⁴⁹ Resolución 0330/2017. Artículo 65

6.3.15.3 Válvulas reguladoras de presión: Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del período de diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del período de diseño.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de válvulas de cierre que permitan el rápido monte y desmonte con fines de mantenimiento y/o cambio de las válvulas.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de un paso lateral (bypass) con el fin de permitir la distribución de agua potable durante las operaciones de mantenimiento o cambio de las válvulas reguladoras de presión.
- Las válvulas reguladoras de presión deben estar complementadas con todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento, y estar provistas de un indicador del grado de apertura.
- Las válvulas reguladoras de presión deben soportar la presión a ambos lados (aguas arriba y aguas abajo) simultáneamente, o solo por uno de ellos. Exteriormente, en el cuerpo de la válvula debe tenerse grabada una flecha que indique la dirección del flujo.
- En todos los casos, las válvulas reguladoras de presión deben cerrarse automáticamente al ocurrir un daño en los diafragmas.

7 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el diagnóstico realizado al sistema actual de distribución de agua potable, en condiciones de suministro continuo, se presentan fallas en los sectores de la parte alta de la cabecera municipal, lo que conlleva a que se tomen medidas operativas que consisten en suspender el servicio por lapsos determinados de tiempo en algunos sectores con el fin de compensar el suministro hacia los demás.

Cabe notar que, si se deja el sistema actual de distribución de agua potable bajo estas condiciones dentro de un periodo continuo, los problemas serán más críticos, no solo existirán presiones por debajo del rango permitido sino también se presentarán presiones negativas, lo que significa que para el caso de caudal de diseño los nudos afectados no tendrán suministro alguno de agua potable.

Los barrios directamente afectados por insuficiencia hidráulica en la red actualmente son: Urb. El Paraíso, San Antonio, Villa del río, Don Bosco, San Francisco, El Porvenir, Los Sauces, Pepe castro, La Guajira, El Carmen, 21 de Enero y La Curva.

- Con base en los cálculos de las áreas aferentes, se determinaron las densidades poblacionales actual y proyectada, donde se observa el crecimiento de la población conforme se expande territorialmente el municipio de acuerdo con el EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial). La densidad poblacional proyectada es de 81,08 hab/Ha con un área proyectada de 162,72 hectáreas con forme al año 2043
- El diseño del sistema optimizado de distribución de agua potable conserva el

trazado de la red conforme a la distribución actual, aprovechando el 73,48% (16, 288,77 metros lineales) de la tubería de PVC y solo reemplazando la tubería de asbesto-cemento la cual representa un 26,52% (5, 880,12 metros lineales).

- Para presentar una propuesta final de diseño, se establecieron parámetros en los diámetros de tuberías y en las válvulas con el fin de mantener las presiones en los nudos dentro del rango exigido por la resolución 0330 de 2017.
- Para abastecer la red de distribución con un caudal de diseño de 53,71Lt/s hasta el año 2043.
- Las modificaciones hechas al sistema de distribución actual planteadas en este documento dan solución a todos los problemas de tipo hidráulico del sistema de acueducto tal como lo exige la resolución 0330 de 2017.

8 RECOMENDACIONES

Para tener un buen servicio de acueducto (agua potable) se debe tener una muy buena red de distribución para poder entregar a la población el caudal requerido para realizar todas las actividades y trabajos para los que es de gran importancia este servicio; a continuación, se dan algunas recomendaciones básicas para mejorar el sistema actual:

- Cambiar la tubería obsoleta tanto por el deterioro acusado por el paso de los años como por el tipo de material, como es el caso de los tramos de tubería de asbesto cemento (AC) el cual es prohibido ya que según estudios se conoce que este causa células cancerígenas a la población lo cual los puede llevar a la muerte
- Realizar los correctos empalmes entre tuberías de diferentes diámetros por medio de los accesorios adecuado para cada tramo.
- Ampliar la capacidad de almacenamiento del agua tratada para tener un mejor servicio.
- Ampliar la cobertura del servicio de acueducto para que toda la población se vea beneficiada de este importante y vital servicio.
- Mejorar las condiciones de SG-SST para los operarios de la PTAP puesto que esto mejora su salud y su motivación hacia la función que desempeñan en la empresa de servicio público, y por ende esto repercute en el sistema de acueducto de manera efectiva y positiva para la población que se sirve del servicio

- Corregir los problemas de ventosa para que la tubería no se reviente cuando llega el agua tratada por las altas presiones; buscarle una salida ecuánime para las partes involucradas en la pérdida de agua por conexiones fraudulentas, en especial la que usan en las casas campo, fincas, parcelas y galpones.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal, EOT. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Manaure Balcón del Cesar. Gobernación del Cesar. Colombia 2015-2018

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. [Http://www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co), 2005

Empresas Públicas de Medellín E.S.P, Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM, Medellín. Colombia 2009

Ing. López C, Ricardo, Elementos de Diseños para acueductos y alcantarillado, Bogotá. Colombia, Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería, 2006

Ministerio de desarrollo económico, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000: sección I título A. Aspectos Generales De Los Sistemas De Agua Potable Y Saneamiento Básico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá. Noviembre 2000.

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2012: sección II título B. Sistemas de Acueducto, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá. Agosto 2011.

Pérez F, Luís E. Pérez, Sandra M. Acueductos a presión: Nociones básicas de diseño. Universidad de Buenos Aires (Argentina), Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica. Buenos Aires (Argentina). Diciembre de 2005.

Universidad Politécnica De Valencia, Grupo multidisciplinar de modelación de fluidos, ingeniería hidráulica en los abastecimientos de agua, Valencia. (Comunidad Valenciana), España, 30 de junio al 4 de julio de 2003

Universidad Politécnica De Valencia, EPANET® 2.0 versión español, Valencia, (Comunidad Valenciana), España, 2012

U.S Environmental Protection Agency. EPANET®, Cincinnati (Ohio), EE.UU. 1993

Plan de desarrollo municipal de Manaure Balcón del Cesar (2016 – 2019)

Plan de uso eficiente y ahorro de agua (PUEAA)

Resolución 0330 de junio de 2017 – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

ANEXOS

ANEXO A

PARÁMETROS DE DISEÑO PARA REDES DE ACUEDUCTO SEGÚN RESOLUCIÓN 0330/2017

ÁREAS AFERENTES

Para el cálculo de las áreas aferentes se utilizó el método de los polígonos rectangulares y el área se determinó a través del programa de dibujo asistido por computador AutoCAD 2015, teniendo en cuenta las áreas asumidas de expansión y la distribución espacial demográfica basada en los recorridos realizados en el área de diseño.

✓ PARÁMETROS DE DISEÑOS

Aducción Y Conducción. Según lo establecido la resolución 0330 de 2017 el artículo 56 contempla lo siguiente:

Los sistemas de aducción y conducción deben contar con un cálculo hidráulico que contemple diferentes condiciones operativas o de expansión, tomando como referencia el trazado sobre planos topográficos a escala adecuada de la conducción existente, si la hubiere, y de las alternativas de conducción propuestas por el diseñador.

La elección del diámetro debe basarse en un estudio comparativo técnico-económico, mediante las técnicas de optimización que hagan que el costo anual de la obra objeto del diseño sea mínimo. De todas formas, en la selección del diámetro, se deben analizar las presiones de trabajo, las velocidades de flujo, la longitud de la línea de aducción y/o conducción y la estabilidad geotécnica del corredor correspondiente.

Para el diseño de una aducción o conducción por gravedad o impulsión por bombeo se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Se procurará que el trazado de la línea desde captación hasta la red de distribución sea lo más corto posible, buscando vías o senderos públicos, evitando zonas de deslizamiento e inundaciones. En caso de que se requiera el uso de predios privados, será necesario determinar la correspondiente servidumbre, la cual se referenciará en la memoria y los planos respectivos del proyecto.
- La velocidad mínima debe ser de 0.5 m/s, mientras que la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto a emplear y/o los accesorios correspondientes.
- La presión que debe soportar la tubería, incluyendo la onda de sobrepresión que genera el golpe de ariete, en ningún caso deberá exceder la presión de trabajo recomendada por el fabricante del ducto. La onda de subpresión no debe generar presiones manométricas inferiores a 10 mca.
- El diseño debe contemplar los sitios de salida para mediciones piezométricas y de caudal, los cuales pueden ser de uso permanente, o intermitente; deben localizarse al comienzo y al final de las líneas de conducción y/o aducción y en intervalos de máximo 1.500m cuando la longitud de las tuberías sea mayor que 2.000m, antes y después de las válvulas y después de cada derivación de la conducción.
- El diámetro interno real de la salida debe ser acorde con el diámetro del ducto objeto de medición y debe complementarse con la instalación de una válvula esférica o de globo y su correspondiente tapón roscado.

- Para las líneas de impulsión, se hará el estudio del diámetro más económico en concordancia con las etapas de construcción, escogiéndose cuatro diámetros comerciales próximos al diámetro económico de referencia, dos por defecto y dos por exceso. Para cada uno de ellos, se determinará el costo total del suministro e instalación, costo anual de energía, operación y mantenimiento, interés y amortización, seleccionando la alternativa de costo mínimo y el diámetro óptimo resultante.
- Se deberá garantizar una presión dinámica mínima de cinco (5) metros en los puntos topográficos más elevados, tomando como referencia la cota clave del ducto.
- De ser necesaria la ubicación de tuberías en zonas de riesgo, se debe realizar un análisis en el cual se indique la amenaza, vulnerabilidad y el riesgo a los que se encuentra expuesto el tramo de tubería, y las obras necesarias para la mitigación del mismo.

En el artículo 57 de la resolución 0330 de 2017. Se expresa la modelación de las redes de distribución de agua potable, la cual complementa lo dicho anteriormente en el artículo 56 tal como se muestra a continuación:

Todos los sistemas de redes de distribución debe 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 el periodo extendido, con frecuencia horaria, incorporando en los nodos los patrones de consumo medido en campo. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible,

debe justificarse la selección de los patrones empleados.

- Los programas utilizados para la modelación hidráulica deben incorporar el método del gradiente para sus cálculos.
- Todos los modelos hidráulicos deben estar calibrados y validados, con base en las series disponibles de presión, caudal y niveles de tanques.
- La validación de los modelos hidráulicos debe realizarse con una frecuencia mínima de cinco años, o cada que se realice un cambio que afecte sustancialmente las condiciones operativas del sistema.
- El diseño de la red debe contemplar los sitios de salida para mediciones piezométricas, de caudal y puntos de muestreo en la red de distribución.

En el artículo 58 de la resolución 0330 de 2017. Nos muestra cómo debe realizarse la sectorización hidráulica en nuestro sistema la cual es de gran importancia; puesto que todas las redes deben estar sectorizadas con el fin de lograr la racionalización del servicio. El diseño de la sectorización debe estar basado en los resultados obtenidos en la modelación.

Todas las redes deben estar sectorizadas con el fin de lograr la racionalización del servicio. El diseño de la sectorización debe estar basado en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica-⁵⁰

Presiones de servicio mínimas en la red de distribución. La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. en sistemas con poblaciones de diseño de hasta 12.500 habitantes. Para poblaciones de diseño de más de 12.500 habitantes la presión dinámica mínima debe ser de 15 m.c.a.

⁵⁰ Resolución 0330 - Sección 3 Sistemas De Transporte Y Distribución

El área por abastecer con una presión dinámica inferior puede corresponder hasta el 10% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o igual a 8 m.c.a. para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 12 m.c.a. para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes. Se puede abastecer con una presión dinámica hasta el 5% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o igual a 5 m.c.a. para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 10 m.c.a. para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.⁵¹

Presiones de servicio máximas en la red de distribución. A partir de la expedición de la presente resolución, para sistemas nuevos u optimizaciones, la presión estática máxima debe ser de 50 m.c.a. Para cumplir con esta condición, la red de distribución debe estar subdividida en tantas zonas de presión como se requieran.

En una misma zona de presión se pueden presentar presiones estáticas mayores a la máxima definida; en este caso, el área a abastecer con una presión estática superior puede corresponder al 10% del área de la zona de presión, desde que no se sobrepase una presión de 55 m.c.a. y hasta el 5% del área de la zona de presión, desde que no sobrepase una presión de 60 m.c.a.⁵²

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 las condiciones mínimas establecidas.⁵³

⁵¹ Resolución 0330 artículo 62.

⁵² Resolución 0330 Artículo 62.

⁵³ Resolución 0330 Artículo 63.

ANEXO B PERÍODO DE DISEÑO

En el artículo 40 de la resolución 0330 de 2017 se establece que el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.

El período de diseño debe fijar tanto las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad de la obra para atender la demanda futura; El período de diseño. También depende de la curva de demanda y de la programación de las inversiones, así como de la factibilidad de ampliación, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de crecimiento del comercio y la industria. De conformidad con la Resolución 2320 de 2009.

CALIDAD DEL AGUA

Con respecto a los niveles de confiabilidad del sistema deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

Para el nivel medio alto de complejidad debe considerarse la calidad de agua en el diseño de la red de distribución. Debe conocerse la calidad del agua, a través de diferentes parámetros, que existe en cada uno de los nudos de la red.

En el municipio de Manaure – Cesar, la calidad del agua cumple con los decretos 1575 y 2115 de 2007 en los que hacen referencia a los niveles de cloro y otros químicos utilizados en tanques y tuberías de la red de distribución; además cumple con los parámetros estimados de salud y sistemas de eficiencia.

DIÁMETRO DE HIDRANTES

Para todos los casos, los diámetros mínimos de los hidrantes contra incendios, colocados en la red de distribución de agua potable, deben ser de 75mm en zonas residenciales con densidades menores de 200 Hab/Ha y 100mm en sectores comerciales e industriales, o zonas residenciales con alta densidad, para tuberías de hasta 150mm de diámetro. Para tuberías con diámetros superiores o iguales de 150mm, los hidrantes deben tener un diámetro de 150mm. Según lo dispuesto en el artículo 72 de la resolución 0330 de 2017.

Aspectos generales de los hidrantes. Cada hidrante llevará su propia válvula para aislarlo de la red. Se ubicarán de preferencia en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre la acera, para un mejor acceso.

Debe consultarse con el cuerpo de bomberos local con el fin de definir y estandarizar el tipo y diámetro de las conexiones para mangueras que va a utilizar. Dependiendo del tipo de hidrante, ya sea de núcleo húmedo o seco, deben cumplirse las normas técnicas colombianas correspondientes o, en su ausencia, con las Normas AWWA C502-94 o AWWA C550-90. Para mayor información se puede remitir a los artículos 70, 71 y 72 de la resolución 0330 de 2017, donde hay mayor información.

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 (QMH) al final del período de diseño, o bajo condiciones excepcionales de mantenimiento o de protección contra incendios, debe ser función del material de las tuberías. A continuación, se plantean las velocidades máximas recomendadas para las tuberías en la red de distribución. A continuación en el cuadro (29) Podemos ver las velocidades máximas según el material de la tubería.

Cuadro 29. 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

Fuente: RAS 2012

GOLPE DE ARIETE EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Una vez que haya finalizado el proceso de diseño de la red de distribución, y para todos los niveles de complejidad del sistema, se debe hacer un análisis del golpe de ariete con el fin de verificar que en ninguna de las tuberías que conforman la red se produzcan presiones por encima de las admisibles para los materiales de las tuberías, evitando posibles estallidos de ésta.

También debe verificarse que en ninguna de las tuberías se produzcan presiones manométricas negativas, debida a los transientes hidráulicos, con el fin de evitar el posible ingreso de agua externa a la red de distribución de agua potable. Este análisis se debe hacer para aquellos sectores y subsectores que tengan al menos una tubería con una velocidad para la condición de caudal máximo horario al final del periodo de diseño, superior a 2.5 m/s.

El análisis del golpe de ariete en la red de distribución debe considerarse en los siguientes casos:

- a) Para los niveles de complejidad del sistema bajo y medio, cuando en las redes de distribución existan bombeos.

- b) Para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto, en los casos de redes principales nuevas o en ampliaciones/ extensiones a las redes principales existentes.
- c) Para los niveles de complejidad del sistema medio alto y alto, cuando se tengan redes secundarias nuevas o cuando existan cambios sustanciales en la operación de redes secundarias existentes.⁵⁴

Condiciones para el cálculo de golpe de ariete. Según el artículo 69 de la resolución 0330 de 2017; a partir de las condiciones de operación que generen las mayores sobrepresiones y menores subpresiones, se deben desarrollar comprobaciones de golpe de ariete, de manera tal que en función del resultado se establezcan las medidas correctivas para la prevención de este fenómeno.

El análisis del golpe de ariete en las redes de distribución debe realizarse para las condiciones normales de operación, al igual que para las condiciones excepcionales causadas por posibles emergencias. Dentro de las condiciones normales de operación se encuentran las siguientes:

- Operación de válvulas en la red de distribución.
- Encendido de bombas.
- Apagado de bombas.

Entre las condiciones excepcionales causadas por posibles emergencias

Se encuentran las siguientes:

- Maniobras de cierre o apertura de válvulas de control.
- Interrupción súbita de algún bombeo dentro de la red de distribución.
- Ruptura de alguna de las tuberías principales de la red de distribución, en

⁵⁴ Ras 2012 Titulo B Página 276

especial en aquellas donde se tengan las máximas presiones bajo régimen de flujo permanente.

- Cierre retardado de alguna de las válvulas de retención de la descarga de las bombas antes o simultáneamente con la máxima velocidad de reversa, ocurrida posteriormente a la interrupción del bombeo.

VÁLVULAS

Válvulas de corte o cierre en la red de distribución. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Las válvulas de compuerta no se deben utilizar en tuberías con diámetros superiores o iguales a 350 mm, en cuyo caso se deben utilizar válvulas de mariposa.
- Cuando en un punto dado de la red se interconecten tres o más tramos de las tuberías, el diseño debe prever una válvula de cierre en cada tramo.
- Debe instalarse una válvula de cierre en todas las conexiones de los sectores hidráulicos.
- Deberán colocarse válvulas con drenaje y pozo de succión para mantenimiento de la red, evitando puntos muertos en la misma.⁵⁵

Válvulas Regulatoras De Presión. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos.

- Para redes de distribución, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo horario (QMH) para el final del período de

⁵⁵ Resolución 0330 artículo 64.

diseño del sector que atiende. En el caso de conducciones, el diámetro de la válvula debe determinarse de acuerdo con el caudal máximo diario (QMD) para el final del período de diseño.

- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de válvulas de cierre que permitan el rápido monte y desmonte con fines de mantenimiento y/o cambio de las válvulas.
- Todas las válvulas reguladoras de presión deben ir acompañadas de un paso lateral (baipás) con el fin de permitir la distribución de agua potable durante las operaciones de mantenimiento o cambio de las válvulas reguladoras de presión.
- Las válvulas reguladoras de presión deben estar complementadas con todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento, y estar provistas de un indicador del grado de apertura.
- Las válvulas reguladoras de presión deben soportar la presión a ambos lados (aguas arriba y aguas abajo) simultáneamente, o solo por uno de ellos. Exteriormente, en el cuerpo de la válvula debe tenerse grabada una flecha que indique la dirección del flujo.
- En todos los casos, las válvulas reguladoras de presión deben cerrarse automáticamente al ocurrir un daño en los diafragmas. ⁵⁶

⁵⁶ Resolución 0330 - Artículo 65.

Válvulas De Ventosa. Las líneas de conducción y distribución deben contar con válvulas ventosas. Estas se ubicarán 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 ($\leq 3\%$), 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.⁵⁷

Válvulas de purga. Deben instalarse válvulas de purga en los puntos bajos de las redes, con el fin de permitir el lavado y la descarga de estas. El diámetro de la tubería de desagüe deberá estar entre $1/3$ y $1/4$ 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.⁵⁸

MÉTODO DE CÁLCULO

Cálculo De Caudales Por Nudo. La determinación de caudales de consumo para cada uno de los nudos de la red debe efectuarse por el método de las áreas o por el método de la repartición media.

En este caso, por ser simulación a través del programa EPANET, se realizará por el método de las áreas. En este método se determinan las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nudos de la red, para luego aplicar el caudal específico unitario (l/s/Ha) determinado para cada tipo de área de abastecimiento y correspondiente al año horizonte del proyecto.

⁵⁷ Resolución 0330 - Artículo 65

⁵⁸ RESOLUCIÓN 0330 - ARTÍCULO 66.

El área de influencia es aquella área delimitada por cada una de las áreas aferentes de los tramos que llegan al nudo o punto singular.

Siendo así, el caudal del nudo según la ecuación (18) es:

$$Q_{nudo} = \frac{\text{dotacion bruta} \times \text{Area Aferente} \times \text{Densidad} \times k1}{86400} \quad (18)$$

El caudal de cada nudo calculado por el método de áreas aferentes se muestra a continuación en la tabla 15, junto con los cálculos necesarios para el desarrollo de la simulación hidráulica del acueducto del municipio de Manaure – Cesar⁵⁹

A continuación en el cuadro 30 podemos encontrar toda la descripción de las redes actuales de acueducto del municipio.

Cuadro 30. Redes actuales de acueducto.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
1	30	8"	PVC
2	253.03	6"	PVC
3	39.66	6"	PVC
4	171.96	6"	PVC
5	96.73	3"	PVC
6	37.95	3"	PVC
7	179.04	6"	PVC
8	101.17	6"	PVC
9	133.8	3"	PVC
10	62.32	3"	PVC
11	104.99	3"	A-C
12	103.28	2"	PVC
13	40.24	3"	PVC
14	93.16	2"	PVC

⁵⁹ RAS 2012; TITULO B, PÁGINA 269

Continuación cuadro 30.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
15	60.58	3"	PVC
16	69.46	2"	PVC
17	73.1	2"	PVC
18	34.73	2"	PVC
19	60.36	2"	PVC
20	58.04	3"	A-C
21	287.59	6"	PVC
22	55.39	3"	A-C
23	80.1	4"	A-C
24	104.2	6"	A-C
25	65.04	3"	PVC
26	111.23	6"	A-C
27	95.47	6"	A-C
28	129.49	6"	A-C
29	763.6	6"	PVC
31	10	6"	A-C
32	10	6"	A-C
33	9.16	2"	PVC
34	43.76	2"	PVC
35	71.27	2"	PVC
36	89.45	2"	PVC
37	44.86	2"	PVC
38	9.95	2"	PVC
39	55.88	2"	PVC
40	97.45	2"	PVC
41	46.76	2"	PVC
42	291.16	2"	PVC
43	91.42	6"	A-C
44	41.31	3"	PVC
45	122.11	6"	A-C
46	236.88	3"	PVC
47	173.8	8"	A-C
48	122.01	6"	A-C
49	129.14	3"	PVC
50	42.06	3"	PVC
51	42.7	3"	PVC
52	37.29	3"	PVC
53	156.54	3"	A-C
54	35.29	3"	PVC

Continuación cuadro 30

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
55	86.53	3"	PVC
56	93.33	2"	PVC
57	44.29	2"	PVC
58	98.87	3"	PVC
59	125.8	3"	PVC
60	49.17	3"	A-C
61	227.83	3"	A-C
62	121.16	3"	PVC
63	173.41	3"	PVC
64	124.07	2"	PVC
65	107.47	3"	PVC
66	94.36	3"	PVC
67	73.97	2"	PVC
68	47.78	2"	PVC
69	56.38	2"	PVC
70	114.43	3"	PVC
71	59.47	3"	PVC
72	186.4	3"	A-C
73	162.61	2"	PVC
74	66.96	2"	PVC
75	56.14	2"	PVC
76	197.57	6"	PVC
77	86.84	3"	PVC
78	146.49	2"	PVC
79	70.62	3"	A-C
80	107.53	3"	PVC
81	29.53	3"	PVC
82	51.03	3"	PVC
83	59.13	2"	PVC
84	28.19	2"	PVC
85	27.44	2"	PVC
86	34.42	2"	PVC
87	47.6	2"	PVC
88	60.27	2"	PVC
89	18.51	2"	PVC
90	102.8	2"	PVC
91	201.25	3"	PVC
92	97.39	3"	A-C
93	100.6	3"	A-C

Continuación cuadro 30

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
94	67.07	3"	A-C
95	96.49	3"	A-C
96	70.95	3"	A-C
97	70.4	6"	PVC
98	67.02	6"	PVC
99	52.97	6"	PVC
100	50.55	3"	A-C
101	55.11	3"	PVC
102	55.11	3"	PVC
103	53.33	3"	PVC
104	64.51	3"	PVC
105	66.85	3"	PVC
106	57.54	3"	A-C
107	63.72	3"	A-C
108	44.63	3"	PVC
109	81.19	2"	PVC
110	15.28	2"	PVC
111	24.99	2"	PVC
112	73.67	2"	PVC
113	71.11	2"	PVC
114	28.62	6"	A-C
115	31.23	6"	A-C
116	57.37	2"	PVC
117	9.15	2"	PVC
118	219.51	4"	A-C
119	101.3	4"	A-C
120	200.48	3"	A-C
121	86.39	4"	A-C
122	108.16	3"	PVC
123	17.26	4"	A-C
124	174.45	3"	PVC
125	20	2"	PVC
126	171.2	2"	PVC
127	48.16	3"	PVC
128	111.97	4"	A-C
129	190.7	3"	A-C
130	43.54	3"	PVC
131	31.58	3"	PVC
132	46.23	3"	PVC

Continuación cuadro 30

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
133	93.07	3"	A-C
134	45.51	3"	PVC
135	208.41	6"	PVC
136	104.25	3"	PVC
137	360.9	3"	PVC
138	286.88	3"	PVC
139	46.54	3"	PVC
140	44.74	3"	PVC
141	71.24	3"	PVC
142	117.49	3"	PVC
143	46.51	3"	PVC
144	117.49	3"	PVC
145	117.49	3"	PVC
146	116.29	3"	PVC
147	100	8"	PVC
148	173.47	3"	A-C
149	48.17	3"	PVC
150	117.49	3"	PVC
152	97.18	2"	PVC
153	26.14	3"	PVC
154	184.92	3"	A-C
155	88.97	4"	A-C
156	173.47	3"	PVC
157	84.86	3"	A-C
158	133.46	3"	PVC
159	64.68	3"	A-C
160	138.15	3"	A-C
161	74.67	3"	A-C
162	130.09	3"	A-C
163	77.78	3"	PVC
164	97.95	3"	A-C
165	70.28	2"	PVC
166	37.05	2"	PVC
167	35.03	2"	PVC
168	44.28	2"	PVC
169	45.67	2"	PVC
170	60.24	2"	PVC
171	65.94	2"	PVC
172	30	2"	PVC

Continuación cuadro 30

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
173	38.72	2"	PVC
174	62.16	2"	PVC
175	263.84	3"	PVC
176	102.82	2"	PVC
177	100.81	2"	PVC
178	70.16	2"	PVC
179	140.42	2"	PVC
180	107.15	2"	PVC
181	51.63	2"	A-C
182	68.43	2"	PVC
183	53.15	2"	PVC
184	228.02	3"	PVC
185	100	8"	PVC
186	127.55	3"	A-C
187	81.13	3"	A-C
188	57.56	3"	PVC
189	77.06	3"	PVC
190	98.14	3"	PVC
191	65.46	3"	A-C
192	278.23	2"	PVC
193	70.63	3"	A-C
194	118.61	3"	A-C
195	81.68	3"	A-C
196	113.32	3"	PVC
197	12.26	3"	PVC
198	84.52	3"	PVC
199	68.35	3"	A-C
200	23.04	3"	A-C
201	103.09	3"	PVC
202	34.69	3"	PVC
203	188.99	3"	PVC
204	89.16	3"	PVC
205	40.8	3"	PVC
206	82.64	3"	PVC
207	67.01	3"	PVC
208	37.03	3"	PVC
209	107.35	3"	PVC
210	85.12	2"	PVC

Continuación cuadro 30

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material
211	63.87	2"	PVC
212	158.83	2"	PVC
213	41.34	2"	PVC
214	32.91	2"	PVC
215	35.56	2"	PVC
216	76.26	2"	PVC
217	74.68	2"	PVC
218	23.93	2"	PVC
219	141.64	2"	PVC
220	18	2"	PVC
221	36.27	2"	PVC
222	220.2	4"	PVC
223	156.63	2"	PVC
224	81.4	3"	PVC
225	285.77	6"	A-C
226	61.57	3"	PVC
227	87.51	3"	PVC
228	29.02	3"	PVC
229	63.97	3"	PVC
231	63.77	3"	PVC
232	34.18	3"	PVC
233	39.35	3"	PVC
234	41.31	3"	PVC
235	94.83	3"	PVC
236	105.2	3"	PVC
237	100.53	3"	PVC
238	34.06	3"	PVC
239	44.51	3"	PVC
240	96.06	3"	PVC
Total	22168.89	100%	
Total, PVC	16288.77	73.48%	
Total, AC	5880.12	26.52%	

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

ANEXO C

A continuación encontraremos toda la información relacionada con los parámetros de diseño la encontramos en el cuadro 31.

Cuadro 31. Parámetros de diseño para la red de distribución futura

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar		
PARÁMETROS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN		
PERIODO 2018-2043		
PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA MODELACIÓN		RAS-2012
Población cabecera municipal año 2018 según DANE	6914	
Período de diseño – Años	25	R-2320-09
Población cabecera municipal al año 2043 proyectada	11953	
Nivel de Complejidad del Sistema	Medio	Núm. A.3.1
% de pérdidas técnicas =	25	B.2.5.4
Valor de coeficiente K1 =	1,30	B.2.7.4
Valor de coeficiente K2 =	1,60	B.2.7.5
Caudal de hidrantes =	5,00	B.2.7.5
Área del municipio (ha)	162,72	
Densidad Poblacional (Hab/Ha) =	73,46	
Dotación Neta asignada para clima cálido (Lt/hab/día) =	140	B.2.8
Dotación Bruta (Lt/hab/día) =	186,67	B.2.6
% de área residencial =	100	
Diámetro Nominal mínimo red de distribución (mm)	53	Art. 85
Presión mínima en la red de distribución	13,7	Art. 82

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Para realizar los cálculos requeridos para la simulación son necesarios los datos del cuadro 32:

Cuadro 32. Datos para los cálculos y la simulación

DATOS PARA LOS CÁLCULOS Y LA SIMULACIÓN	
OPCIONES HIDRÁULICAS	
Unidades de flujo	Lps
Formula de perdidas	Darcy & Weisbach
Gravedad Específica	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones máximas	40
Precisión	0,001

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

ANEXO D

CALCULO DE CAUDAL

A continuación en el cuadro 33 encontramos los cálculos de caudal descritos de manera organizada para una mejor comprensión.

Cuadro 33. Calculo de Caudal Máximo Diario, Horario Y De Diseño

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DIARIO, HORARIO Y DE DISEÑO								
PERIODO 2018-2043								
AÑO	Población	Nivel De Complejidad	perdidas	dotación neta	dotación Bruta	Qmd	QMD	QMH
	[Hab.]		%	Lts-Hab/ Día	Lts-Hab/ Día	Lts/seg	Lts/seg	Lts/seg
2018	6914	Medio	0,70	140	468,85	37,52	48,77	78,04
2019	7124	Medio	0,65	140	400,46	33,02	42,92	68,68
2020	7326	Medio	0,60	140	349,48	29,63	38,52	61,64
2021	7542	Medio	0,55	140	310,01	27,06	35,18	56,29
2022	7764	Medio	0,50	140	278,55	25,03	32,54	52,06
2023	7952	Medio	0,45	140	252,89	23,28	30,26	48,41
2024	8178	Medio	0,40	140	231,56	21,92	28,49	45,59
2025	8411	Medio	0,34	140	213,54	20,79	27,03	43,24
2026	8580	Medio	0,29	140	198,13	19,68	25,58	40,93
2027	8815	Medio	0,25	140	186,67	19,04	24,76	39,61
2028	9057	Medio	0,25	140	186,67	19,57	25,44	40,70
2029	9203	Medio	0,25	140	186,67	19,88	25,85	41,36
2030	9445	Medio	0,25	140	186,67	20,41	26,53	42,44
2031	9694	Medio	0,25	140	186,67	20,94	27,23	43,56
2032	9811	Medio	0,25	140	186,67	21,20	27,56	44,09
2033	10059	Medio	0,25	140	186,67	21,73	28,25	45,20
2034	10314	Medio	0,25	140	186,67	22,28	28,97	46,35
2035	10486	Medio	0,25	140	186,67	22,65	29,45	47,12
2036	10746	Medio	0,25	140	186,67	23,22	30,18	48,29
2037	11012	Medio	0,25	140	186,67	23,79	30,93	49,49
2038	11173	Medio	0,25	140	186,67	24,14	31,38	50,21
2039	11325	Medio	0,25	140	186,67	24,47	31,81	50,89
2040	11467	Medio	0,25	140	186,67	24,77	32,21	51,53
2041	11600	Medio	0,25	140	186,67	25,06	32,58	52,13
2042	11694	Medio	0,25	140	186,67	25,26	32,84	52,55
2043	11953	Medio	0,25	140	186,67	25,82	33,57	53,71

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

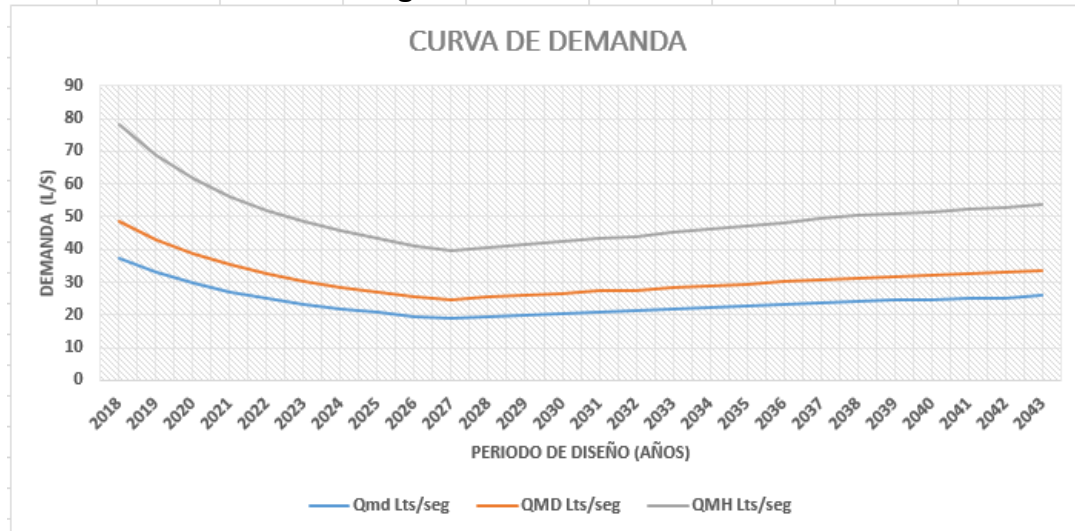
Cuadro 34. Resultado de los Cálculo de Caudal Máximo Diario, Horario Y De Diseño.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar			
CALCULO CAUDAL MÁXIMO DIARIO, HORARIO Y DE DISEÑO			
PERIODO 2018-2043			
AÑO	<i>Qmd</i>	<i>QMD</i>	<i>QMH</i>
	<i>Lts/seg</i>	<i>Lts/seg</i>	<i>Lts/seg</i>
2018	37,52	48,77	78,04
2019	33,02	42,92	68,68
2020	29,63	38,52	61,64
2021	27,06	35,18	56,29
2022	25,03	32,54	52,06
2023	23,28	30,26	48,41
2024	21,92	28,49	45,59
2025	20,79	27,03	43,24
2026	19,68	25,58	40,93
2027	19,04	24,76	39,61
2028	19,57	25,44	40,70
2029	19,88	25,85	41,36
2030	20,41	26,53	42,44
2031	20,94	27,23	43,56
2032	21,20	27,56	44,09
2033	21,73	28,25	45,20
2034	22,28	28,97	46,35
2035	22,65	29,45	47,12
2036	23,22	30,18	48,29
2037	23,79	30,93	49,49
2038	24,14	31,38	50,21
2039	24,47	31,81	50,89
2040	24,77	32,21	51,53
2041	25,06	32,58	52,13
2042	25,26	32,84	52,55
2043	25,82	33,57	53,71

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

A continuación, podemos apreciar en la figura 10 la curva de demanda que arroja los datos obtenidos anteriormente:

Figura 10. Curva de demanda



Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

ANEXO E

RESULTADOS DE SIMULACIÓN POR NODOS

A continuación, en el cuadro 35 encontramos toda la información organizada de los resultados de la simulación por nodos:

Cuadro 35: Resultados simulación por nodos

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar					
PARÁMETROS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN					
PERIODO 2018-2043					
	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	M	Lps	Lps	m	m
Nudo n1	744,4	0,0926	0,16	781,45	37,05
Nudo n2	747,91	0,0325	0,06	781,44	33,53
Nudo n3	793,73	0,1027	0,17	814,47	20,74
Nudo n4	793,73	0,1895	0,32	814,45	20,72
Nudo n5	751,83	0,1424	0,24	770,28	18,45
Nudo n6	751,83	0,2894	0,49	770,78	18,95
Nudo n7	792,08	0,0862	0,15	814,02	21,94
Nudo n8	791,07	0,0878	0,15	814,01	22,94
Nudo n9	805,71	0,0862	0,15	814,78	15,07
Nudo n10	807,85	0,0663	0,11	814,76	26,91
Nudo n11	813,45	0,0446	0,08	835,14	21,69
Nudo n12	813,9	0,0645	0,11	835,2	21,3
Nudo n13	735,42	0,0901	0,15	781,08	45,66
Nudo n14	735,41	0,0814	0,14	781,08	45,67
Nudo n15	792,35	0,0265	0,05	834,61	42,26
Nudo n16	789,59	0,0641	0,11	834,61	45,02
Nudo n17	740,73	0,0356	0,06	781,11	40,38
Nudo n18	740,95	0,0936	0,16	781,11	40,16
Nudo n19	788,38	0,1424	0,24	834,58	46,2
Nudo n20	787,85	0,1468	0,25	834,6	46,75
Nudo n21	820,86	0,0519	0,09	835,57	14,71
Nudo n22	816,86	0,0258	0,04	835,51	18,65
Nudo n23	788,48	0,0465	0,08	834,58	46,1
Nudo n24	750,2	0,193	0,33	781,2	31
Nudo n25	751,42	0,1	0,17	781,18	29,76
Nudo n26	746,9	0,0444	0,08	781,16	34,26
Nudo n27	746,87	0,0579	0,1	781,15	34,28
Nudo n28	810,27	0,0172	0,03	835,14	24,87
Nudo n29	812,47	0,0256	0,04	835,14	22,67
Nudo n30	735	0,0277	0,05	781,09	46,09
Nudo n31	736,36	0,0734	0,12	781,08	44,72
Nudo n32	827,62	0,0971	0,17	866,68	39,06
Nudo n33	827,09	0,1219	0,21	836,37	19,28
Nudo n34	816,92	0,1759	0,3	859,09	42,17
Nudo n35	814,3	0,1093	0,19	859,08	44,78
Nudo n36	788,5	0,0901	0,15	834,59	46,09
Nudo n37	788,78	0,026	0,04	834,6	45,82
Nudo n38	788,64	0,1182	0,2	834,59	45,95
Nudo n39	789,94	0,0345	0,06	834,59	44,65
Nudo n40	751,07	0,1503	0,26	777,21	26,14

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	M	lps	Lps	m	m
Nudo n41	750,07	0,2098	0,36	777,21	27,14
Nudo n42	789	0,2615	0,44	834,59	45,59
Nudo n43	740,73	0,1298	0,22	781,1	40,37
Nudo n44	735,54	0,1709	0,29	781,08	45,54
Nudo n45	757,88	0,1025	0,17	777,29	19,41
Nudo n46	801,56	0,0302	0,05	814,89	13,33
Nudo n47	797,11	0,3053	0,52	814,84	17,73
Nudo n48	819,28	0,2135	0,36	834,98	15,7
Nudo n49	811,57	0,0475	0,08	834,97	23,4
Nudo n50	833,54	0,0635	0,11	859,14	25,6
Nudo n51	834	0,0742	0,13	859,14	25,14
Nudo n52	844,66	1,2116	2,06	867,36	22,7
Nudo n53	849,02	0,2135	0,36	867,28	18,26
Nudo n54	808,18	0,0934	0,16	834,53	26,35
Nudo n55	806,88	0,2722	0,46	834,52	27,64
Nudo n56	793,38	0,0628	0,11	814,28	20,9
Nudo n57	789,12	0,0635	0,11	814,11	24,99
Nudo n58	797,84	0,0612	0,1	834,54	36,7
Nudo n59	794,77	0,1897	0,32	834,54	39,77
Nudo n60	794,38	0,0219	0,04	814,69	20,31
Nudo n61	796	0,0575	0,1	814,31	18,31
Nudo n62	797,69	0,0926	0,16	814,8	17,11
Nudo n63	794,05	0,4018	0,68	814,1	20,05
Nudo n64	792,86	0,259	0,44	814,02	21,16
Nudo n65	830	0,2104	0,36	859,14	29,14
Nudo n66	822,47	0,1833	0,31	835,02	12,55
Nudo n67	820,28	0,1833	0,31	835,01	14,73
Nudo n68	814,04	0,0893	0,15	835,48	21,44
Nudo n69	827,62	0,1093	0,19	859,11	31,49
Nudo n70	828,11	0,0475	0,08	859,12	31,01
Nudo n71	796,68	0,0924	0,16	834,52	37,84
Nudo n72	792,64	0,1069	0,18	814,04	21,4
Nudo n73	801,54	0,1133	0,19	815,02	13,98
Nudo n74	753	0,087	0,15	777,29	24,29
Nudo n75	761	0,0699	0,12	777,39	16,39
Nudo n76	801,77	0,1129	0,19	815,03	13,26
Nudo n77	790,01	0,0742	0,13	814,02	24,01
Nudo n78	794,61	0,0159	0,03	814,09	19,48
Nudo n79	817,53	0,0459	0,08	835,17	17,64
Nudo n80	755,14	0,0215	0,04	777,28	22,14
Nudo n81	755,68	0,0339	0,06	777,26	21,58
Nudo n82	743,72	0,0203	0,03	781,14	37,42
Nudo n83	805	0,0081	0,01	815	24,8
Nudo n84	753,07	0,0515	0,09	777,23	24,16

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	M	lps	lps	m	m
Nudo n85	749,14	0,2154	0,37	777,21	28,07
Nudo n86	754,2	0,2718	0,46	781,45	27,25
Nudo n87	820,8	0,1257	0,21	835,27	14,47
Nudo n88	815,9	0,0604	0,1	835,29	19,39
Nudo n89	864,23	0,125	0,21	927,47	63,24
Nudo n90	858,26	0,085	0,14	871,58	13,32
Nudo n91	797,71	0,1265	0,22	814,81	17,1
Nudo n92	817,04	0,2668	0,45	835,49	18,45
Nudo n93	767,14	0,1273	0,22	781,81	14,67
Nudo n94	760,17	0,3725	0,63	781,71	21,54
Nudo n95	787,16	0,3673	0,62	814,01	26,85
Nudo n96	791	0,0645	0,11	814,04	23,04
Nudo n97	800	0,0161	0,03	835,44	35,44
Nudo n98	810,42	0,026	0,04	834,95	24,53
Nudo n99	807,85	0,0258	0,04	834,9	27,05
Nudo n100	751,4	0,025	0,04	781,18	29,78
Nudo n101	746,86	0,0424	0,07	781,15	34,29
Nudo n102	800,5	0,0356	0,06	834,52	34,02
Nudo n103	798,68	0,0622	0,11	834,52	35,84
Nudo n104	749,74	0,4479	0,76	763	13,26
Nudo n105	749,14	0,1962	0,33	762,87	13,73
Nudo n106	806	0,1145	0,19	835,42	29,42
Nudo n107	750	0,1999	0,34	764,22	14,22
Nudo n108	822,3	0,8644	1,47	859,1	36,8
Nudo n109	794,3	0,1976	0,34	807,47	13,17
Nudo n110	787,96	0,1895	0,32	806,92	18,96
Nudo n111	820,86	0,3295	0,56	835,67	14,81
Nudo n112	776,34	0,1199	0,2	814,13	37,79
Nudo n113	777,99	0,0978	0,17	814,37	36,38
Nudo n114	804,41	0,1217	0,21	834,52	30,11
Nudo n115	807,84	0,1271	0,22	834,9	27,06
Nudo n116	803	0,0974	0,17	834,86	31,86
Nudo n117	776,56	0,1465	0,25	812,49	35,93
Nudo n118	783,19	0,2284	0,39	813,86	30,67
Nudo n119	806,12	0,3353	0,57	834,55	28,43
Nudo n120	793,35	0,1124	0,19	834,58	41,23
Nudo n121	754,53	0,0628	0,11	781,43	26,9
Nudo n122	817,33	0,0471	0,08	835,2	17,87
Nudo n123	844,66	0,0465	0,08	859,25	14,59
Nudo n124	838,3	0,042	0,07	859,16	20,86
Nudo n125	749,82	0,0387	0,07	763,26	13,44
Nudo n126	748,65	0,9092	1,55	762,77	14,12
Nudo n127	832,99	0,0463	0,08	866,79	33,8
Nudo n128	838,36	0,0645	0,11	866,99	28,63

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	Lps	lps	m	m
Nudo n129	777,99	0,2129	0,36	807,67	29,68
Nudo n130	769,44	0,1895	0,32	807,97	38,53
Nudo n131	777,99	0,1788	0,3	807,68	29,69
Nudo n132	769,44	0,0697	0,12	808	38,56
Nudo n133	767,66	0,1234	0,21	807,49	39,83
Nudo n134	794,3	0,1585	0,27	807,5	33,2
Nudo n135	767,97	0,0899	0,15	807,51	39,54
Nudo n136	748	0,1253	0,21	762,8	14,8
Nudo n137	748,88	0,2267	0,39	762,88	14
Nudo n138	771	0,1441	0,24	806,15	35,15
Nudo n139	776,48	0,2311	0,39	812,17	35,69
Nudo n140	767,39	0,0825	0,14	810,08	42,69
Nudo n141	767,85	0,1219	0,21	805,2	37,35
Nudo n142	812,44	0,2011	0,34	817,82	25,38
Nudo n143	806,3	0,0833	0,14	815	18,7
Nudo n144	804,41	0,0337	0,06	814,88	10,47
Nudo n145	794,4	0,0351	0,06	834,83	40,43
Nudo n146	794,3	0,0337	0,06	834,83	40,53
Nudo n147	788,72	0,1172	0,2	834,55	45,83
Nudo n148	809,13	0,093	0,16	835,11	25,98
Nudo n149	845,35	0,0928	0,16	855,19	19,84
Nudo n150	836,19	0,0327	0,06	839,32	23,13
Nudo n151	812,5	0,0521	0,09	820,53	18,03
Nudo n152	767,81	0,0936	0,16	808,04	40,23
Nudo n153	767,14	0,0864	0,15	808,52	41,38
Nudo n154	761,81	0,0459	0,08	782,3	20,49
Nudo n155	758,38	0,0535	0,09	781,51	23,13
Nudo n156	760,09	0,0573	0,1	781,58	21,49
Nudo n157	739,91	0,0878	0,15	781,1	41,19
Nudo n158	734,46	0,1062	0,18	781,08	46,62
Nudo n159	734,04	0,0511	0,09	781,08	47,04
Nudo n160	734,3	0,0358	0,06	781,08	46,78
Nudo n161	736,2	0,0951	0,16	781,08	44,88
Nudo n162	743	0,0269	0,05	781,12	38,12
Nudo n163	743,5	0,0711	0,12	781,13	37,63
Nudo n164	743,7	0,118	0,2	781,13	37,43
Nudo n165	735,03	0,1811	0,31	781,08	46,05
Nudo n166	736,51	0,1093	0,19	781,08	44,57
Nudo n167	735,17	0,2298	0,39	781,11	45,94
Nudo n168	776,34	0,0881	0,15	808,72	32,38
Nudo n169	788,59	0,0957	0,16	814,14	25,55
Nudo n170	781,13	0,0413	0,07	814	32,87
Nudo n171	776,92	0,5498	0,93	812,57	35,65

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	Lps	lps	m	m
Nudo n172	888,35	0,0765	0,13	918,73	30,39
Nudo n173	864,27	0,1075	0,18	909,65	45,38
Nudo n174	898,35	0,0434	0,07	938,13	39,78
Nudo n175	865,23	0,1673	0,28	935,12	69,89
Nudo n176	822,2	0,1592	0,27	859,09	36,89
Nudo n177	817,71	0,0537	0,09	859,09	41,38
Nudo n178	794,3	0,0331	0,06	834,82	40,52
Nudo n179	814,59	0,0599	0,1	859,09	44,5
Nudo n180	810,31	0,0537	0,09	815,11	24,8
Nudo n181	812,66	0,0682	0,12	814,81	22,15
Nudo n182	811,85	0,1509	0,26	814,88	23,03
Nudo n183	804,57	0,1033	0,18	814,87	18,3
Nudo n184	800,52	0,1199	0,2	834,52	34
Nudo n185	813,97	0,1922	0,33	835,29	21,32
Nudo n186	806,98	0,1178	0,2	834,83	27,85
Nudo n187	800,81	0,1075	0,18	814,65	13,84
Nudo n189	800,52	0,1137	0,19	834,52	34
Nudo n190	735,43	0,0806	0,14	781,12	45,69
Nudo n191	836,15	0,0827	0,14	859,16	23,01
Nudo n192	836,2	0,0806	0,14	859,15	22,95
Nudo n193	836,19	0,1364	0,23	859,15	22,96
Nudo n194	836,42	0,0558	0,09	859,15	22,73
Nudo n195	835,75	0,0558	0,09	859,16	23,41
Nudo n196	835	0,093	0,16	859,15	24,15
Nudo n198	855,35	0,0682	0,12	869,85	14,5
Nudo n199	855,35	0,062	0,11	859,46	14,11
Nudo n200	848,82	0,0957	0,16	859,3	10,48
Nudo n201	766,92	0,0486	0,08	809,87	42,95
Nudo n202	749	0,1523	0,26	781,19	32,19
Nudo n203	739,66	0,085	0,14	781,14	41,48
Nudo n204	742,26	0,1255	0,21	781,15	38,89
Nudo n205	845,66	0,2668	0,45	859,27	13,61
Nudo n206	743,72	0,1273	0,22	781,14	37,42
Nudo n207	768,85	0,1658	0,28	807,67	38,82
Nudo n208	766,91	0,1606	0,27	809,01	42,09
Nudo n209	821,21	0,0645	0,11	859,09	37,88
Nudo n210	827,34	0,0161	0,03	859,13	31,79
Nudo n211	824,83	0,026	0,04	859,12	34,29
Nudo n212	855,35	0,0258	0,04	869,95	14,6
Nudo n213	756,41	0,025	0,04	781,43	25,02
Nudo n214	831,31	0,0424	0,07	859,14	27,83
Nudo n215	827,12	0,0356	0,06	859,14	32,02
Nudo n216	864,27	0,0622	0,11	868,19	13,92
Nudo n217	776,56	0,0345	0,06	812,44	35,88

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	Lps	lps	m	m
Nudo n218	745,12	0,1962	0,33	781,19	36,07
Nudo n219	744,29	0,1145	0,19	781,18	36,89
Nudo n220	767,85	0,0322	0,05	807,67	39,82
Nudo n221	744,29	0,1461	0,25	781,17	36,88
Nudo n222	788	0,0213	0,04	834,63	46,63
Nudo n223	788,8	0,0407	0,07	834,61	45,81
Nudo n224	745,3	0,0765	0,13	781,2	35,9
Nudo n225	745,35	0,1075	0,18	781,2	35,85
Nudo n226	747,86	0,0434	0,07	781,2	33,34
Nudo n227	751,27	0,1219	0,21	781,24	29,97
Nudo n228	747,73	0,0765	0,13	781,21	33,48
Nudo n229	747,08	0,0537	0,09	781,2	34,12
Nudo n230	746,08	0,0331	0,06	781,2	35,12
Nudo n231	744,23	0,0599	0,1	781,18	36,95
Nudo n232	742,08	0,0537	0,09	781,17	39,09
Nudo n233	739,55	0,0682	0,12	781,16	41,61
Nudo n234	736,74	0,1509	0,26	781,15	44,41
Nudo n235	735,11	0,0207	0,04	781,15	46,04
Nudo n236	751,77	0,0207	0,04	781,3	29,53
Nudo n237	749,89	0,0207	0,04	781,39	31,5
Nudo n238	746,8	0,0661	0,11	781,23	34,43
Nudo n239	740,71	0,1468	0,25	781,18	40,47
Nudo n240	736,48	0,0519	0,09	781,18	44,7
Nudo n241	749,7	0,0258	0,04	781,39	31,69
Nudo n242	744,45	0,0465	0,08	781,25	36,8
Nudo n243	740,83	0,193	0,33	781,25	40,42
Nudo n244	736,76	0,1	0,17	781,22	44,46
Nudo n245	738,28	0,0444	0,08	781,23	42,95
Nudo n246	734,3	0,0579	0,1	781,08	46,78
Nudo n247	756,92	0,0172	0,03	781,49	24,57
Nudo n248	751,39	0,0256	0,04	781,61	30,22
Nudo n249	768,78	0,0277	0,05	784,27	15,49
Nudo n250	750,79	0,0734	0,12	781,5	30,71
Nudo n251	776,52	0,0971	0,17	781,49	14,97
Nudo n252	767,39	0,1219	0,21	781,51	14,12
Nudo n253	776,48	0,1759	0,3	781,49	15,01
Nudo n254	766,92	0,0217	0,04	781,53	14,61
Nudo n255	766,91	0,0207	0,04	781,61	14,7
Nudo n256	767,81	0,0207	0,04	782,38	14,57
Nudo n257	749,01	0,05	0,09	762,87	13,86
Nudo n258	794,3	0,0318	0,05	814,52	20,22
Nudo n259	803	0,0622	0,11	814,65	11,65
Nudo n260	799,58	0,0345	0,06	814,7	15,12
Nudo n263	793	0,1341	0,23	814,06	21,06
Nudo n264	786	0,1145	0,19	814,01	28,01

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	Lps	lps	m	m
Nudo n265	785	0,1585	0,27	814,01	29,01
Nudo n266	787	0,0376	0,06	814,01	27,01
Nudo n267	784	0,1769	0,3	814,01	30,01
Nudo n268	790,2	0,1895	0,32	814,03	23,83
Nudo n269	794,25	0,1228	0,21	814,29	20,04
Nudo n270	776,34	0,1199	0,2	812,49	36,15
Nudo n271	768,19	0,0978	0,17	808,99	40,8
Nudo n272	761,7	0,1217	0,21	785,2	23,5
Nudo n274	810,3	0,1271	0,22	815,7	15,4
Nudo n275	814,2	0,0974	0,17	859,08	44,88
Nudo n276	810	0,0225	0,04	816,92	16,92
Nudo n279	814	0,0207	0,04	859,08	45,08
Nudo n280	810,42	0,0672	0,11	814,79	14,37
Nudo n281	819,23	0,1133	0,19	859,09	39,86
Nudo n282	820,28	0,087	0,15	859,09	38,81
Nudo n283	818,01	0,0699	0,12	859,09	41,08
Nudo n284	814,77	0,1129	0,19	859,09	44,32
Nudo n285	822,47	0,0742	0,13	859,1	36,63
Nudo n286	832,4	0,0159	0,03	859,14	26,74
Nudo n287	828	0,0459	0,08	859,14	31,14
Nudo n288	838,36	0,0215	0,04	859,15	20,79
Nudo n289	800,42	0,0339	0,06	834,52	34,1
Nudo n290	810,13	0,0203	0,03	835,4	25,27
Nudo n291	806,23	0,0081	0,01	835,45	29,22
Nudo n292	812,03	0,0515	0,09	835,47	23,44
Nudo n293	819,23	0,0087	0,01	835,5	16,27
Nudo n294	767,85	0,0651	0,11	777,85	19,25
Nudo n295	767,85	0,0223	0,04	777,85	17,35
Nudo n296	827,52	0,0604	0,1	835,02	17,5
Nudo n297	827,62	0,0217	0,04	837,62	15,48
Nudo n298	812,66	0,025	0,04	859,09	46,43
Nudo n299	811,85	0,0424	0,07	859,09	47,24
Nudo n300	810,01	0,1389	0,24	859,08	49,07
Nudo n301	810,3	0,0622	0,11	859,08	48,78
Nudo n302	810,35	0,0345	0,06	859,08	48,73
Nudo n303	810,42	0,0515	0,09	859,09	48,67
Nudo n304	794,3	0,1145	0,19	814,48	20,18
Nudo n305	777,99	0,0345	0,06	814,48	36,49
Nudo n306	813,45	0,0376	0,06	834,52	21,07
Nudo n307	812,47	0,0529	0,09	834,52	22,05
Nudo n308	810,27	0,0862	0,15	834,53	24,26
Nudo n309	809,13	0,0814	0,14	834,53	25,4
Nudo n310	744,25	0,1199	0,2	762,77	18,52
Nudo n311	740,87	0,0978	0,17	762,73	21,86

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Continuación Cuadro 35

	cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	Lps	lps	m	m
Nudo n312	747,56	0,0759	0,13	781,43	33,87
Nudo n313	750,03	0,0517	0,09	781,42	31,39
Nudo n314	754,03	0,068	0,12	781,42	27,39
Nudo n315	760,76	0,0238	0,04	781,42	20,66
Nudo n316	790,98	0,0215	0,04	799,95	18,97
Nudo n317	787,98	0,0554	0,09	799,79	11,81
Nudo n318	785,98	0,155	0,26	799,63	13,65
Nudo n319	780,23	0,0248	0,04	799,53	19,3
Nudo n320	776,61	0,0238	0,04	799,45	22,84
Nudo n321	771,02	0,2028	0,34	799,35	28,33
Nudo n322	760,15	0,075	0,13	799,33	39,18
Nudo n323	750,35	0,0517	0,09	799,33	48,98

Fuente: Vega – Aarón, Universidad Popular del Cesar, 2018

Cuadro 36. Parámetros para la simulación hidráulica de la red de distribución

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p1	47,88	83,42	3"	0,0015	0,43	0,08	0,13	Abierta
Tubería p2	4,968	83,42	3"	0,0015	3,02	0,55	3,98	Abierta
Tubería p3	8,587	54,58	2"	0,0015	-4,34	1,86	58,06	Abierta
Tubería p4	21	54,58	2"	0,0015	0,27	0,11	0,44	Abierta
Tubería p5	76,02	83,42	3"	0,0015	0,74	0,13	0,34	Abierta
Tubería p6	90,81	54,58	2"	0,0015	-0,33	0,14	0,63	Abierta
Tubería p7	29,27	83,42	3"	0,0015	0,16	0,03	0,02	Abierta
Tubería p8	26,44	83,42	3"	0,0015	0,68	0,12	0,29	Abierta
Tubería p9	26,7	83,42	3"	0,0015	-0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería p10	29	54,58	2"	0,0015	-0,31	0,13	0,55	Abierta
Tubería p11	29,11	83,42	3"	0,0015	1,98	0,36	1,89	Abierta
Tubería p12	30,05	54,58	2"	0,0015	-0,06	0,03	0,03	Abierta
Tubería p13	38,84	83,42	3"	0,0015	0,84	0,15	0,42	Abierta
Tubería p14	37,63	83,42	3"	0,0015	0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería p15	33,11	83,42	3"	0,0015	-0,21	0,04	0,03	Abierta
Tubería p16	53,29	54,58	2"	0,0015	0,2	0,08	0,26	Abierta
Tubería p18	38,33	83,42	3"	0,0015	0,42	0,08	0,13	Abierta
Tubería p19	50,54	83,42	3"	0,0015	-0,61	0,11	0,24	Abierta
Tubería p20	38,03	54,58	2"	0,0015	0,1	0,04	0,05	Abierta
Tubería p21	61,91	54,58	2"	0,0015	0,01	0	0	Abierta
Tubería p22	38,88	83,42	3"	0,0015	0,4	0,07	0,12	Abierta
Tubería p23	67,19	54,58	2"	0,0015	0,21	0,09	0,28	Abierta
Tubería p24	50,48	54,58	2"	0,0015	0,04	0,02	0,02	Abierta
Tubería p25	92,43	54,58	2"	0,0015	4,83	2,07	70,43	Abierta
Tubería p26	48,96	83,42	3"	0,0015	1,38	0,25	1	Abierta
Tubería p27	44,1	157,92	6"	0,0015	4,29	0,22	0,35	Abierta
Tubería p28	44,96	83,42	3"	0,0015	-0,1	0,02	0,01	Abierta
Tubería p29	44,79	157,92	6"	0,0015	11,02	0,56	1,89	Abierta
Tubería p30	59,1	54,58	2"	0,0015	0,15	0,06	0,14	Abierta
Tubería p31	64,89	83,42	3"	0,0015	2,4	0,44	2,64	Abierta
Tubería p32	68,95	54,58	2"	0,0015	0,03	0,01	0,01	Abierta
Tubería p33	50,43	83,42	3"	0,0015	4,31	0,79	7,48	Abierta
Tubería p34	51,84	83,42	3"	0,0015	1,27	0,23	0,87	Abierta
Tubería p35	57,71	54,58	2"	0,0015	0,53	0,23	1,4	Abierta
Tubería p36	53,1	83,42	3"	0,0015	-0,24	0,04	0,05	Abierta
Tubería p37	56,79	157,92	6"	0,0015	2,69	0,14	0,15	Abierta
Tubería p38	54,54	83,42	3"	0,0015	0,95	0,17	0,52	Abierta
Tubería p39	64,74	83,42	3"	0,0015	-0,19	0,03	0,02	Abierta
Tubería p40	56,39	54,58	2"	0,0015	0,25	0,11	0,39	Abierta
Tubería p41	60,11	54,58	2"	0,0015	0,25	0,11	0,38	Abierta
Tubería p42	61,9	83,42	3"	0,0015	-2,84	0,52	3,56	Abierta
Tubería p43	61,6	54,58	2"	0,0015	-0,57	0,24	1,61	Abierta
Tubería p44	66,9	83,42	3"	0,0015	2,46	0,45	2,76	Abierta
Tubería p45	70,13	54,58	2"	0,0015	-0,44	0,19	1	Abierta
Tubería p46	63,98	83,42	3"	0,0015	-2,28	0,42	2,41	Abierta
Tubería p47	64,27	54,58	2"	0,0015	0,22	0,09	0,31	Abierta

Fuente: Vega – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p48	64,3	83,42	3"	0,0015	0,69	0,13	0,3	Abierta
Tubería p49	68,88	157,92	6"	0,0015	10,31	0,53	1,67	Abierta
Tubería p50	64,88	54,58	2"	0,0015	0,18	0,08	0,23	Abierta
Tubería p51	42,04	83,42	3"	0,0015	-0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p52	67,24	83,42	3"	0,0015	-0,62	0,11	0,25	Abierta
Tubería p53	70,55	157,92	6"	0,0015	299,73	15,3	792,16	Abierta
Tubería p54	73,63	157,92	6"	0,0015	8,32	0,42	1,14	Abierta
Tubería p55	71,48	54,58	2"	0,0015	-0,12	0,05	0,07	Abierta
Tubería p56	67,99	83,42	3"	0,0015	1,74	0,32	1,5	Abierta
Tubería p57	73,23	54,58	2"	0,0015	-0,25	0,1	0,38	Abierta
Tubería p58	75,97	83,42	3"	0,0015	3,95	0,72	6,41	Abierta
Tubería p59	85,55	54,58	2"	0,0015	0,29	0,12	0,49	Abierta
Tubería p61	83,69	157,92	6"	0,0015	5,96	0,3	0,63	Abierta
Tubería p62	80,96	83,42	3"	0,0015	0,73	0,13	0,33	Abierta
Tubería p63	83,48	83,42	3"	0,0015	0,03	0,01	0	Abierta
Tubería p64	102,16	54,58	2"	0,0015	0,49	0,21	1,24	Abierta
Tubería p65	52,15	157,92	6"	0,0015	-4,58	0,23	0,4	Abierta
Tubería p66	101	54,58	2"	0,0015	0,41	0,18	0,9	Abierta
Tubería p67	97,34	54,58	2"	0,0015	1,84	0,79	12,55	Abierta
Tubería p68	101,3	157,92	6"	0,0015	3,07	0,16	0,2	Abierta
Tubería p69	121,82	83,42	3"	0,0015	3,23	0,59	4,49	Abierta
Tubería p70	106,4	54,58	2"	0,0015	0,9	0,39	3,57	Abierta
Tubería p71	111,9	54,58	2"	0,0015	-0,67	0,29	2,13	Abierta
Tubería p72	158,4	54,58	2"	0,0015	-0,14	0,06	0,11	Abierta
Tubería p73	114,2	83,42	3"	0,0015	-0,07	0,01	0,01	Abierta
Tubería p74	112,6	157,92	6"	0,0015	4,21	0,21	0,34	Abierta
Tubería p75	134,1	83,42	3"	0,0015	-5,13	0,94	10,24	Abierta
Tubería p76	164,72	54,58	2"	0,0015	-0,16	0,07	0,18	Abierta
Tubería p77	132,5	54,58	2"	0,0015	0,67	0,29	2,14	Abierta
Tubería p78	137,9	83,42	3"	0,0015	0,87	0,16	0,45	Abierta
Tubería p79	125	157,92	6"	0,0015	6,24	0,32	0,68	Abierta
Tubería p80	137,9	54,58	2"	0,0015	0,9	0,39	3,58	Abierta
Tubería p81	111,5	157,92	6"	0,0015	-10,55	0,54	1,74	Abierta
Tubería p82	174,2	83,42	3"	0,0015	-1,89	0,35	1,73	Abierta
Tubería p83	174,6	54,58	2"	0,0015	-0,62	0,26	1,83	Abierta
Tubería p84	174,6	54,58	2"	0,0015	-0,15	0,06	0,13	Abierta
Tubería p85	173,5	83,42	3"	0,0015	-0,3	0,05	0,07	Abierta
Tubería p86	193,05	83,42	3"	0,0015	-0,86	0,16	0,43	Abierta
Tubería p87	182,7	83,42	3"	0,0015	0,84	0,15	0,42	Abierta
Tubería p89	207,41	83,42	3"	0,0015	2,91	0,53	3,73	Abierta
Tubería p90	17,22	83,42	3"	0,0015	3,79	0,69	5,95	Abierta
Tubería p91	68,84	83,42	3"	0,0015	-0,4	0,07	0,12	Abierta
Tubería p92	164,7	157,92	6"	0,0015	10,66	0,54	1,78	Abierta
Tubería p93	177,48	107,28	4"	0,0015	10,89	1,2	11,79	Abierta
Tubería p96	57,96	83,42	3"	0,0015	2,16	0,4	2,2	Abierta
Tubería p97	31,41	157,92	6"	0,0015	1,86	0,1	0,08	Abierta
Tubería p98	45,59	54,58	2"	0,0015	0,49	0,21	1,24	Abierta
Tubería p99	88,34	83,42	3"	0,0015	-1,8	0,33	1,59	Abierta
Tubería p100	343,8	157,92	6"	0,0015	64,48	3,29	46,15	Abierta
Tubería p101	407,8	157,92	6"	0,0015	64,42	3,29	46,08	Abierta

Fuente: Vega – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p102	73,14	83,42	3"	0,0015	-3,97	0,73	6,46	Abierta
Tubería p103	77,37	54,58	2"	0,0015	-1,39	0,59	7,62	Abierta
Tubería p104	85,04	83,42	3"	0,0015	-1,21	0,22	0,8	Abierta
Tubería p105	12,03	54,58	2"	0,0015	-0,25	0,1	0,38	Abierta
Tubería p106	20,67	54,58	2"	0,0015	-0,04	0,02	0,02	Abierta
Tubería p107	14,88	54,58	2"	0,0015	-0,47	0,2	1,13	Abierta
Tubería p108	10,96	83,42	3"	0,0015	0,09	0,02	0,01	Abierta
Tubería p109	41,01	83,42	3"	0,0015	-0,16	0,03	0,02	Abierta
Tubería p110	99,57	83,42	3"	0,0015	0,04	0,01	0	Abierta
Tubería p111	142,74	83,42	3"	0,0015	0,12	0,02	0,01	Abierta
Tubería p112	37,75	54,58	2"	0,0015	-0,23	0,1	0,35	Abierta
Tubería p113	28,64	83,42	3"	0,0015	-0,35	0,06	0,09	Abierta
Tubería p114	35,89	54,58	2"	0,0015	-0,08	0,03	0,04	Abierta
Tubería p115	27,96	83,42	3"	0,0015	0,06	0,01	0,01	Abierta
Tubería p116	63,8	83,42	3"	0,0015	0,71	0,13	0,32	Abierta
Tubería p117	70,53	83,42	3"	0,0015	0,72	0,13	0,32	Abierta
Tubería p118	87,49	83,42	3"	0,0015	0,91	0,17	0,49	Abierta
Tubería p123	26,81	83,42	3"	0,0015	-0,05	0,01	0	Abierta
Tubería p124	82,74	83,42	3"	0,0015	0,72	0,13	0,32	Abierta
Tubería p125	84,1	54,58	2"	0,0015	0,27	0,12	0,44	Abierta
Tubería p126	6,165	83,42	3"	0,0015	3,42	0,63	4,97	Abierta
Tubería p127	113,3	107,28	4"	0,0015	-3,4	0,38	1,47	Abierta
Tubería p128	4,56	83,42	3"	0,0015	-1,87	0,34	1,71	Abierta
Tubería p129	112	54,58	2"	0,0015	-1,56	0,67	9,34	Abierta
Tubería p131	80,88	83,42	3"	0,0015	-2,77	0,51	3,41	Abierta
Tubería p132	95,8	107,28	4"	0,0015	3,37	0,37	1,45	Abierta
Tubería p133	230,9	107,28	4"	0,0015	7,59	0,84	6,17	Abierta
Tubería p134	27,15	54,58	2"	0,0015	0,17	0,07	0,19	Abierta
Tubería p135	17,69	54,58	2"	0,0015	-0,08	0,03	0,04	Abierta
Tubería p136	36,57	54,58	2"	0,0015	0,23	0,1	0,33	Abierta
Tubería p137	22,02	205,57	8"	0,0015	422,05	12,72	412,41	Abierta
Tubería p138	13,76	205,57	8"	0,0015	300,23	9,05	218,65	Abierta
Tubería p139	65,21	83,42	3"	0,0015	-1,04	0,19	0,61	Abierta
Tubería p140	65,52	54,58	2"	0,0015	0,08	0,03	0,04	Abierta
Tubería p141	69,88	157,92	6"	0,0015	1,39	0,07	0,05	Abierta
Tubería p142	9,639	157,92	6"	0,0015	-299,95	15,31	793,21	Abierta
Tubería p143	25,44	54,58	2"	0,0015	-0,27	0,11	0,43	Abierta
Tubería p144	103,2	83,42	3"	0,0015	2,12	0,39	2,13	Abierta
Tubería p145	178	157,92	6"	0,0015	1,81	0,09	0,08	Abierta
Tubería p146	115,7	54,58	2"	0,0015	4,1	1,75	52,37	Abierta
Tubería p147	71,22	54,58	2"	0,0015	1,92	0,82	13,49	Abierta
Tubería p148	97,13	54,58	2"	0,0015	0,95	0,41	3,9	Abierta
Tubería p149	121,5	157,92	6"	0,0015	3,15	0,16	0,2	Abierta
Tubería p150	58,38	157,92	6"	0,0015	0,67	0,03	0,01	Abierta
Tubería p151	45,29	83,42	3"	0,0015	-0,35	0,06	0,09	Abierta
Tubería p153	50,59	157,92	6"	0,0015	-0,32	0,02	0	Abierta
Tubería p154	77,24	83,42	3"	0,0015	2,05	0,38	2	Abierta
Tubería p155	118,3	83,42	3"	0,0015	-0,47	0,09	0,15	Abierta
Tubería p156	36,92	54,58	2"	0,0015	0,54	0,23	1,44	Abierta
Tubería p157	38,19	54,58	2"	0,0015	0,79	0,34	2,84	Abierta

Fuente: Vea – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p158	44,64	83,42	3"	0,0015	-1,66	0,3	1,38	Abierta
Tubería p159	110,22	157,92	6"	0,0015	1,53	0,08	0,06	Abierta
Tubería p160	91,28	54,58	2"	0,0015	0,02	0,01	0,01	Abierta
Tubería p161	38,07	83,42	3"	0,0015	-0,26	0,05	0,05	Abierta
Tubería p162	54,09	83,42	3"	0,0015	-1,06	0,19	0,63	Abierta
Tubería p163	33,09	83,42	3"	0,0015	0,18	0,03	0,02	Abierta
Tubería p164	56,81	83,42	3"	0,0015	1,49	0,27	1,15	Abierta
Tubería p165	82,83	157,92	6"	0,0015	4,65	0,24	0,41	Abierta
Tubería p166	57,33	54,58	2"	0,0015	-0,06	0,02	0,03	Abierta
Tubería p168	34,25	54,58	2"	0,0015	-0,53	0,23	1,41	Abierta
Tubería p169	46,26	54,58	2"	0,0015	0,26	0,11	0,43	Abierta
Tubería p170	41,45	54,58	2"	0,0015	0,33	0,14	0,64	Abierta
Tubería p171	41,7	54,58	2"	0,0015	1,29	0,55	6,7	Abierta
Tubería p172	120,3	83,42	3"	0,0015	0,94	0,17	0,51	Abierta
Tubería p173	107,9	83,42	3"	0,0015	1,89	0,35	1,74	Abierta
Tubería p175	65,24	83,42	3"	0,0015	5,25	0,96	10,65	Abierta
Tubería p176	38,6	54,58	2"	0,0015	-0,37	0,16	0,75	Abierta
Tubería p177	27,52	83,42	3"	0,0015	-0,08	0,01	0,01	Abierta
Tubería p178	8,435	157,92	6"	0,0015	4,43	0,23	0,37	Abierta
Tubería p179	102,37	83,42	3"	0,0015	0,71	0,13	0,31	Abierta
Tubería p180	21,62	83,42	3"	0,0015	-0,52	0,1	0,19	Abierta
Tubería p181	45,4	157,92	6"	0,0015	2,14	0,11	0,1	Abierta
Tubería p182	72,38	54,58	2"	0,0015	-0,25	0,11	0,39	Abierta
Tubería p183	69,87	54,58	2"	0,0015	-0,59	0,25	1,69	Abierta
Tubería p184	46,93	157,92	6"	0,0015	0,61	0,03	0,01	Abierta
Tubería p185	53,96	157,92	6"	0,0015	-3,38	0,17	0,23	Abierta
Tubería p186	87,54	54,58	2"	0,0015	-0,17	0,07	0,21	Abierta
Tubería p187	28,39	157,92	6"	0,0015	1,83	0,09	0,08	Abierta
Tubería p188	26,81	157,92	6"	0,0015	1,74	0,09	0,07	Abierta
Tubería p194	71,6	157,92	6"	0,0015	4,04	0,21	0,32	Abierta
Tubería p195	17,25	157,92	6"	0,0015	-98,48	5,03	100,45	Abierta
Tubería p196	195,2	157,92	6"	0,0015	6,94	0,35	0,82	Abierta
Tubería p197	29,89	83,42	3"	0,0015	-1,4	0,26	1,02	Abierta
Tubería p198	68,23	107,28	4"	0,0015	5,13	0,57	3,06	Abierta
Tubería p199	109,7	54,58	2"	0,0015	0,67	0,29	2,12	Abierta
Tubería p200	78,25	83,42	3"	0,0015	0,79	0,15	0,38	Abierta
Tubería p201	45,22	83,42	3"	0,0015	0,63	0,12	0,26	Abierta
Tubería p202	25,14	157,92	6"	0,0015	6,32	0,32	0,7	Abierta
Tubería p203	156,23	54,58	2"	0,0015	-0,19	0,08	0,24	Abierta
Tubería p204	54,9	83,42	3"	0,0015	0,72	0,13	0,32	Abierta
Tubería p205	60,95	54,58	2"	0,0015	0,24	0,1	0,36	Abierta
Tubería p206	56,04	54,58	2"	0,0015	0,36	0,15	0,72	Abierta
Tubería p207	72,95	83,42	3"	0,0015	-1,37	0,25	0,99	Abierta
Tubería p208	84,06	83,42	3"	0,0015	2,1	0,38	2,09	Abierta
Tubería p209	56,24	83,42	3"	0,0015	-6,79	1,24	16,88	Abierta
Tubería p210	70,95	83,42	3"	0,0015	4,12	0,75	6,89	Abierta
Tubería p211	72,72	83,42	3"	0,0015	0,38	0,07	0,11	Abierta
Tubería p212	91,92	83,42	3"	0,0015	0,41	0,07	0,12	Abierta
Tubería p213	35,16	83,42	3"	0,0015	0,75	0,14	0,35	Abierta
Tubería p214	15,73	205,57	8"	0,0015	201,11	6,06	104,04	Abierta
Tubería p215	111,8	83,42	3"	0,0015	-2,08	0,38	2,05	Abierta

Fuente: Veaa – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p216	83,13	83,42	3"	0,0015	0,26	0,05	0,06	Abierta
Tubería p217	43,22	83,42	3"	0,0015	-0,16	0,03	0,02	Abierta
Tubería p218	320,9	157,92	6"	0,0015	13,08	0,67	2,56	Abierta
Tubería p219	45,35	157,92	6"	0,0015	6,77	0,35	0,79	Abierta
Tubería p220	55,65	107,28	4"	0,0015	6,6	0,73	4,8	Abierta
Tubería p221	27,98	107,28	4"	0,0015	6,66	0,74	4,88	Abierta
Tubería p222	35,16	83,42	3"	0,0015	0,63	0,12	0,26	Abierta
Tubería p223	64,45	157,92	6"	0,0015	10,47	0,53	1,72	Abierta
Tubería p225	205,29	83,42	3"	0,0015	-0,06	0,01	0,01	Abierta
Tubería p226	48,05	83,42	3"	0,0015	0,64	0,12	0,26	Abierta
Tubería p227	45,16	83,42	3"	0,0015	0,63	0,11	0,25	Abierta
Tubería p228	46,24	83,42	3"	0,0015	3,45	0,63	5,03	Abierta
Tubería p229	46,04	83,42	3"	0,0015	-1,14	0,21	0,72	Abierta
Tubería p230	50,18	83,42	3"	0,0015	-2,11	0,39	2,11	Abierta
Tubería p232	66,23	83,42	3"	0,0015	-0,68	0,12	0,29	Abierta
Tubería p233	23,03	107,28	4"	0,0015	3,81	0,42	1,81	Abierta
Tubería p234	28,94	107,28	4"	0,0015	4,24	0,47	2,19	Abierta
Tubería p235	60,1	107,28	4"	0,0015	5,45	0,6	3,42	Abierta
Tubería p236	50,37	157,92	6"	0,0015	-3,03	0,15	0,19	Abierta
Tubería p237	74,37	83,42	3"	0,0015	0,66	0,12	0,27	Abierta
Tubería p238	111,97	83,42	3"	0,0015	-0,08	0,01	0,01	Abierta
Tubería p239	87,63	54,58	2"	0,0015	-0,44	0,19	1,03	Abierta
Tubería p240	119,2	83,42	3"	0,0015	0,52	0,1	0,18	Abierta
Tubería p241	41,12	157,92	6"	0,0015	1,14	0,06	0,03	Abierta
Tubería p242	31,46	157,92	6"	0,0015	-4,03	0,21	0,31	Abierta
Tubería p243	1,633	83,42	3"	0,0015	0,57	0,11	0,23	Abierta
Tubería p244	44,73	83,42	3"	0,0015	0,53	0,1	0,19	Abierta
Tubería p245	46,14	83,42	3"	0,0015	0,37	0,07	0,1	Abierta
Tubería p246	44,79	83,42	3"	0,0015	0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p247	122,2	83,42	3"	0,0015	0,69	0,13	0,3	Abierta
Tubería p248	124,8	83,42	3"	0,0015	0,35	0,06	0,1	Abierta
Tubería p249	122,1	83,42	3"	0,0015	0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería p250	119,5	83,42	3"	0,0015	0,44	0,08	0,14	Abierta
Tubería p251	116,7	83,42	3"	0,0015	0,19	0,03	0,02	Abierta
Tubería p252	114,6	83,42	3"	0,0015	0,26	0,05	0,06	Abierta
Tubería p253	115,2	83,42	3"	0,0015	0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p254	114,85	83,42	3"	0,0015	0,31	0,06	0,08	Abierta
Tubería p255	127,29	83,42	3"	0,0015	0,66	0,12	0,28	Abierta
Tubería p256	44,95	83,42	3"	0,0015	-1,01	0,18	0,58	Abierta
Tubería p257	35,96	83,42	3"	0,0015	-1,91	0,35	1,77	Abierta
Tubería p258	45,69	83,42	3"	0,0015	-0,53	0,1	0,19	Abierta
Tubería p259	46,54	83,42	3"	0,0015	-0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería p260	62,51	83,42	3"	0,0015	-0,77	0,14	0,36	Abierta
Tubería p261	47,61	83,42	3"	0,0015	-0,48	0,09	0,16	Abierta
Tubería p262	45,98	83,42	3"	0,0015	-0,75	0,14	0,34	Abierta
Tubería p263	46,11	83,42	3"	0,0015	-0,43	0,08	0,13	Abierta
Tubería p264	46,74	83,42	3"	0,0015	0,13	0,02	0,01	Abierta
Tubería p265	29,96	83,42	3"	0,0015	-0,83	0,15	0,41	Abierta
Tubería p266	60,44	83,42	3"	0,0015	-0,42	0,08	0,13	Abierta
Tubería p267	49,69	83,42	3"	0,0015	-1,94	0,36	1,82	Abierta
Tubería p268	45,6	83,42	3"	0,0015	-1,12	0,2	0,69	Abierta

Fuente: Veaa – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p269	46,59	83,42	3"	0,0015	-0,62	0,11	0,25	Abierta
Tubería p270	81,07	83,42	3"	0,0015	-0,83	0,15	0,41	Abierta
Tubería p271	47,06	83,42	3"	0,0015	0,11	0,02	0,01	Abierta
Tubería p272	42,23	83,42	3"	0,0015	-0,81	0,15	0,39	Abierta
Tubería p273	42,65	83,42	3"	0,0015	-0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería p274	176,2	83,42	3"	0,0015	1,3	0,24	0,9	Abierta
Tubería p275	110,3	83,42	3"	0,0015	-0,88	0,16	0,45	Abierta
Tubería p276	70,9	83,42	3"	0,0015	0,01	0	0	Abierta
Tubería p277	180	83,42	3"	0,0015	1,2	0,22	0,78	Abierta
Tubería p278	110,69	83,42	3"	0,0015	0,6	0,11	0,23	Abierta
Tubería p279	84,56	83,42	3"	0,0015	-0,91	0,17	0,48	Abierta
Tubería p280	183,84	83,42	3"	0,0015	1,17	0,21	0,75	Abierta
Tubería p281	107,54	83,42	3"	0,0015	0,56	0,1	0,21	Abierta
Tubería p282	41,55	83,42	3"	0,0015	-0,48	0,09	0,16	Abierta
Tubería p283	42,95	83,42	3"	0,0015	-0,07	0,01	0,01	Abierta
Tubería p284	38,89	83,42	3"	0,0015	0,07	0,01	0,01	Abierta
Tubería p285	117,57	83,42	3"	0,0015	0,06	0,01	0,01	Abierta
Tubería p286	23,8	83,42	3"	0,0015	-0,01	0	0	Abierta
Tubería p287	139,26	83,42	3"	0,0015	0,08	0,02	0,01	Abierta
Tubería p288	82,59	83,42	3"	0,0015	-1,82	0,33	1,62	Abierta
Tubería p289	93,42	83,42	3"	0,0015	0,1	0,02	0,01	Abierta
Tubería p290	121,93	83,42	3"	0,0015	-1,55	0,28	1,22	Abierta
Tubería p291	28,38	83,42	3"	0,0015	-0,9	0,16	0,47	Abierta
Tubería p292	44,17	83,42	3"	0,0015	-3,39	0,62	4,88	Abierta
Tubería p293	205,22	83,42	3"	0,0015	-5,86	1,07	12,96	Abierta
Tubería p294	41,13	83,42	3"	0,0015	2,43	0,44	2,7	Abierta
Tubería p295	42,63	83,42	3"	0,0015	-2,3	0,42	2,46	Abierta
Tubería p296	124,3	83,42	3"	0,0015	-0,79	0,14	0,38	Abierta
Tubería p297	311,2	83,42	3"	0,0015	0,08	0,01	0,01	Abierta
Tubería p298	174,3	83,42	3"	0,0015	0,39	0,07	0,11	Abierta
Tubería p299	71,83	83,42	3"	0,0015	0,59	0,11	0,23	Abierta
Tubería p300	51,6	83,42	3"	0,0015	-0,09	0,02	0,01	Abierta
Tubería p301	65,09	83,42	3"	0,0015	-0,71	0,13	0,32	Abierta
Tubería p302	89,4	83,42	3"	0,0015	1,34	0,25	0,95	Abierta
Tubería p303	73,86	83,42	3"	0,0015	2,42	0,44	2,68	Abierta
Tubería p304	62,5	83,42	3"	0,0015	-1,04	0,19	0,61	Abierta
Tubería p305	86,88	83,42	3"	0,0015	-5,05	0,92	9,93	Abierta
Tubería p306	73,51	83,42	3"	0,0015	4,37	0,8	7,67	Abierta
Tubería p307	145,51	83,42	3"	0,0015	5,87	1,07	13,01	Abierta
Tubería p308	68,4	83,42	3"	0,0015	-1,47	0,27	1,11	Abierta
Tubería p309	136,78	83,42	3"	0,0015	-2,44	0,45	2,73	Abierta
Tubería p310	116,15	83,42	3"	0,0015	0,64	0,12	0,26	Abierta
Tubería p311	59,09	83,42	3"	0,0015	0,21	0,04	0,03	Abierta
Tubería p312	102,86	83,42	3"	0,0015	-0,3	0,05	0,07	Abierta
Tubería p313	57,17	83,42	3"	0,0015	0,06	0,01	0,01	Abierta
Tubería p314	54,34	83,42	3"	0,0015	-0,35	0,06	0,09	Abierta
Tubería p315	194,5	83,42	3"	0,0015	-4,12	0,75	6,91	Abierta
Tubería p316	126,29	83,42	3"	0,0015	-1,75	0,32	1,52	Abierta
Tubería p318	97,06	83,42	3"	0,0015	1,61	0,29	1,3	Abierta
Tubería p320	92,33	83,42	3"	0,0015	1,01	0,18	0,58	Abierta
Tubería p321	105,1	83,42	3"	0,0015	-0,8	0,15	0,39	Abierta

Fuente: Veaa – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p323	80,26	83,42	3"	0,0015	-2,2	0,4	2,26	Abierta
Tubería p326	99,85	83,42	3"	0,0015	-4,05	0,74	6,7	Abierta
Tubería p327	59,72	83,42	3"	0,0015	0,56	0,1	0,21	Abierta
Tubería p328	71,68	83,42	3"	0,0015	1,76	0,32	1,53	Abierta
Tubería p329	49,09	83,42	3"	0,0015	-2,29	0,42	2,44	Abierta
Tubería p330	65,77	83,42	3"	0,0015	-2,71	0,5	3,27	Abierta
Tubería p331	22,5	83,42	3"	0,0015	-1,22	0,22	0,81	Abierta
Tubería p332	15,62	83,42	3"	0,0015	-2,24	0,41	2,35	Abierta
Tubería p333	119,1	83,42	3"	0,0015	0,79	0,14	0,38	Abierta
Tubería p334	36,52	83,42	3"	0,0015	0,36	0,07	0,1	Abierta
Tubería p335	21,4	83,42	3"	0,0015	-0,24	0,04	0,05	Abierta
Tubería p336	24,36	83,42	3"	0,0015	0,25	0,05	0,05	Abierta
Tubería p337	46,22	83,42	3"	0,0015	0,1	0,02	0,01	Abierta
Tubería p338	19,25	83,42	3"	0,0015	-0,07	0,01	0,01	Abierta
Tubería p339	45,95	83,42	3"	0,0015	0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería p340	76,19	83,42	3"	0,0015	0,55	0,1	0,2	Abierta
Tubería p341	24,6	83,42	3"	0,0015	-0,87	0,16	0,44	Abierta
Tubería p342	59,25	83,42	3"	0,0015	0,48	0,09	0,16	Abierta
Tubería p343	96,23	83,42	3"	0,0015	-1,86	0,34	1,69	Abierta
Tubería p344	97,05	83,42	3"	0,0015	3,1	0,57	4,17	Abierta
Tubería p345	65,35	83,42	3"	0,0015	-2,25	0,41	2,36	Abierta
Tubería p346	22,8	83,42	3"	0,0015	0,64	0,12	0,27	Abierta
Tubería p347	74,65	83,42	3"	0,0015	-2,76	0,5	3,38	Abierta
Tubería p348	36,74	83,42	3"	0,0015	-4,68	0,86	8,68	Abierta
Tubería p349	71,64	83,42	3"	0,0015	0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p350	90,91	83,42	3"	0,0015	5,61	1,03	12,01	Abierta
Tubería p351	127,19	83,42	3"	0,0015	4,4	0,81	7,77	Abierta
Tubería p352	180,38	83,42	3"	0,0015	1,71	0,31	1,45	Abierta
Tubería p353	129,5	83,42	3"	0,0015	2,82	0,52	3,53	Abierta
Tubería p354	4,565	83,42	3"	0,0015	-3,67	0,67	5,61	Abierta
Tubería p355	7,574	83,42	3"	0,0015	-2,37	0,43	2,59	Abierta
Tubería p356	71,09	83,42	3"	0,0015	0,66	0,12	0,28	Abierta
Tubería p357	1459	107,92	4"	0,0015	16,5	1,8	24,22	Abierta
Tubería p359	53,31	83,42	3"	0,0015	-1,82	0,33	1,63	Abierta
Tubería p362	50,88	83,42	3"	0,0015	-5,52	1,01	11,67	Abierta
Tubería p363	51,73	83,42	3"	0,0015	0,19	0,04	0,02	Abierta
Tubería p364	26,53	83,42	3"	0,0015	-11,8	2,16	45,76	Abierta
Tubería p367	25,63	83,42	3"	0,0015	0,04	0,01	0	Abierta
Tubería p372	89,06	83,42	3"	0,0015	0,72	0,13	0,32	Abierta
Tubería p374	78,27	83,42	3"	0,0015	0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p375	69,54	83,42	3"	0,0015	0,18	0,03	0,02	Abierta
Tubería p377	69,18	83,42	3"	0,0015	0,83	0,15	0,42	Abierta
Tubería p378	63,77	83,42	3"	0,0015	-0,11	0,02	0,01	Abierta
Tubería p379	64,87	83,42	3"	0,0015	0,02	0	0	Abierta
Tubería p380	40,98	83,42	3"	0,0015	-0,28	0,05	0,06	Abierta
Tubería p381	33,46	83,42	3"	0,0015	-0,28	0,05	0,06	Abierta
Tubería p382	81,6	83,42	3"	0,0015	0,02	0	0	Abierta
Tubería p383	65,96	83,42	3"	0,0015	0,37	0,07	0,1	Abierta
Tubería p384	102	83,42	3"	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería p385	83,17	83,42	3"	0,0015	0,44	0,08	0,14	Abierta
Tubería p386	80,95	83,42	3"	0,0015	0,4	0,07	0,11	Abierta

Fuente: Vea – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p387	79,12	83,42	3"	0,0015	0,38	0,07	0,11	Abierta
Tubería p388	81,3	83,42	3"	0,0015	0,25	0,05	0,05	Abierta
Tubería p389	173,4	83,42	3"	0,0015	0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería p390	38,97	83,42	3"	0,0015	-0,55	0,1	0,2	Abierta
Tubería p391	49,35	83,42	3"	0,0015	-0,19	0,03	0,02	Abierta
Tubería p392	43,39	83,42	3"	0,0015	-0,04	0,01	0	Abierta
Tubería p393	20,14	157,92	6"	0,0015	1,62	0,08	0,06	Abierta
Tubería p394	91,01	83,42	3"	0,0015	-0,37	0,07	0,1	Abierta
Tubería p395	46,39	83,42	3"	0,0015	-0,1	0,02	0,01	Abierta
Tubería p396	49,37	83,42	3"	0,0015	-0,17	0,03	0,02	Abierta
Tubería p397	36,32	83,42	3"	0,0015	-0,67	0,12	0,28	Abierta
Tubería p398	35,66	83,42	3"	0,0015	-1,06	0,19	0,63	Abierta
Tubería p399	32,39	83,42	3"	0,0015	-0,51	0,09	0,18	Abierta
Tubería p400	36,41	83,42	3"	0,0015	-0,54	0,1	0,2	Abierta
Tubería p401	58,01	83,42	3"	0,0015	-0,77	0,14	0,37	Abierta
Tubería p402	63,3	83,42	3"	0,0015	-0,27	0,05	0,06	Abierta
Tubería p403	62,89	83,42	3"	0,0015	-0,34	0,06	0,09	Abierta
Tubería p404	72,79	83,42	3"	0,0015	-0,18	0,03	0,02	Abierta
Tubería p405	89,7	83,42	3"	0,0015	0,18	0,03	0,02	Abierta
Tubería p406	143,1	83,42	3"	0,0015	-0,2	0,04	0,03	Abierta
Tubería p409	131,6	83,42	3"	0,0015	0,9	0,17	0,48	Abierta
Tubería p410	119,6	83,42	3"	0,0015	4,81	0,88	9,12	Abierta
Tubería p411	111,1	83,42	3"	0,0015	1,72	0,31	1,47	Abierta
Tubería p412	56,65	83,42	3"	0,0015	-0,78	0,14	0,37	Abierta
Tubería p413	29,15	83,42	3"	0,0015	-1	0,18	0,57	Abierta
Tubería p414	35,72	83,42	3"	0,0015	-2,68	0,49	3,21	Abierta
Tubería p415	63,54	83,42	3"	0,0015	-0,52	0,1	0,18	Abierta
Tubería p416	62,67	83,42	3"	0,0015	0,62	0,11	0,25	Abierta
Tubería p417	76,99	83,42	3"	0,0015	-0,53	0,1	0,19	Abierta
Tubería p418	42,74	83,42	3"	0,0015	-2,09	0,38	2,08	Abierta
Tubería p419	60,29	83,42	3"	0,0015	-3,1	0,57	4,17	Abierta
Tubería p420	56,55	83,42	3"	0,0015	0,57	0,1	0,21	Abierta
Tubería p421	49,46	83,42	3"	0,0015	0,58	0,11	0,22	Abierta
Tubería 1	100	157,92	6"	0,0015	47,83	2,44	26,76	Abierta
Tubería 2	5,8	157,92	6"	0,0015	22,44	1,15	6,77	Abierta
Tubería 3	100	205,57	8"	0,0015	201,06	6,06	104	Abierta
Tubería 5	100	157,92	6"	0,0015	98,37	5,02	100,23	Abierta
Tubería 6	100	157,92	6"	0,0015	64,63	3,3	46,36	Abierta
Tubería 7	100	205,57	8"	0,0015	421,87	12,71	412,08	Abierta
Tubería 9	7,15	107,28	4"	0,0015	16,3	1,8	24,35	Abierta
Tubería 11	100	205,57	8"	0,0015	422,18	12,72	412,65	Abierta
Tubería 12	100	205,57	8"	0,0015	300,31	9,05	218,75	Abierta
Tubería 8	100	157,92	6"	0,0015	13,19	0,67	2,6	Abierta
Tubería 4	100	157,92	6"	0,0015	7,04	0,36	0,85	Abierta
Tubería p60	100	157,92	6"	0,0015	-0,1	0,01	0	Abierta
Tubería 17	35,24	83,42	3"	0,0015	10,27	1,88	35,61	Abierta
Tubería p319	80,09	83,42	3"	0,0015	-0,37	0,07	0,1	Abierta
Tubería p361	116,6	83,58	3"	0,0015	1,34	0,24	0,94	Abierta
Tubería p174	93,58	83,42	3"	0,0015	1,65	0,3	1,36	Abierta
Tubería p358	51,02	83,42	3"	0,0015	-0,47	0,09	0,15	Abierta
Tubería p191	54,57	83,42	3"	0,0015	1,99	0,36	1,9	Abierta

Fuente: Veaa – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Diámetro pulgadas	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
Tubería p370	50,62	83,42	3"	0,0015	6,06	1,11	13,77	Abierta
Tubería p371	53,19	83,42	3"	0,0015	10,26	1,88	35,55	Abierta
Tubería p95	136,89	157,92	6"	0,0015	22,1	1,13	6,59	Abierta
Tubería p373	65,75	200	8"	0,0015	0,12	0	0	Abierta
Tubería p376	55,96	83,42	3"	0,0015	0,16	0,03	0,01	Abierta
Tubería p192	57,31	83,42	3"	0,0015	0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería p152	70,98	83,42	3"	0,0015	0,05	0,01	0	Abierta
Tubería p368	67,17	83,42	3"	0,0015	-0,01	0	0	Abierta
Tubería p369	68,76	83,42	3"	0,0015	0	0	0	Abierta
Tubería p322	67,28	83,42	3"	0,0015	0,03	0,01	0	Abierta
Tubería p324	44,44	83,42	3"	0,0015	0,14	0,03	0,01	Abierta
Tubería p325	45,96	83,42	3"	0,0015	0,36	0,07	0,1	Abierta
Tubería p360	50,26	83,42	3"	0,0015	0,17	0,03	0,02	Abierta
Tubería p365	26,59	83,42	3"	0,0015	0,06	0,01	0	Abierta
Tubería p167	58,59	83,42	3"	0,0015	-4,95	0,91	9,59	Abierta
Tubería p94	54,12	54,58	2"	0,0015	-1,48	0,63	8,55	Abierta
Tubería p224	22,46	3,42	3"	0,0015	0	0,39	109,86	Abierta
Tubería p120	82,17	83,42	3"	0,0015	0	0	0	Abierta
Tubería p122	61,53	83,42	3"	0,0015	0,92	0,17	0,5	Abierta
Tubería p119	142,3	83,42	3"	0,0015	0,23	0,04	0,04	Abierta
Tubería p121	41,47	83,42	3"	0,0015	0,39	0,07	0,11	Abierta
Tubería 22	56,01	107,28	4"	0,0015	11,78	1,3	13,58	Abierta
Tubería 10	186,4	83,42	3"	0,0015	0,54	0,1	0,2	Abierta
Tubería 16	188,2	83,42	3"	0,0015	-0,29	0,05	0,07	Abierta
Tubería 19	113,3	107,28	4"	0,0015	0,35	0,04	0,03	Abierta
Tubería 20	102,5	54,58	2"	0,0015	0,08	0,04	0,04	Abierta
Tubería 21	91,74	83,42	3"	0,0015	0,19	0,04	0,02	Abierta
Tubería 23	99,95	83,42	3"	0,0015	-0,16	0,03	0,02	Abierta
Tubería 24	104,2	83,4	3"	0,0015	-0,55	0,1	0,2	Abierta
Tubería 25	22,09	157,92	6"	0,0015	6,01	0,31	0,64	Abierta
Tubería 26	38,07	83,42	3"	0,0015	-0,15	0,03	0,01	Abierta
Tubería 27	33,11	83,42	3"	0,0015	-0,43	0,08	0,13	Abierta
Tubería 28	54,09	83,42	3"	0,0015	-0,41	0,08	0,12	Abierta
Tubería 29	132,97	54,58	2"	0,0015	0,37	0,16	0,76	Abierta
Tubería 30	207,62	54,48	2"	0,1	0,17	0,07	0,2	Abierta
Tubería 31	134,75	83,42	3"	0,0015	0,37	0,07	0,1	Abierta
Tubería 32	199,88	83,42	3"	0,0015	0,24	0,04	0,05	Abierta
Tubería 33	130,96	83,42	3"	0,0015	-0,16	0,03	0,01	Abierta
Tubería 34	207,4	83,42	3"	0,0015	-0,04	0,01	0	Abierta
Tubería 35	3119,42	50,8	2"	0,0015	2,07	1,02	21,84	Abierta
Tubería 44	83,64	54,58	2"	0,0015	1,04	0,44	4,55	Abierta
Tubería 45	35,71	54,58	2"	0,0015	1	0,43	4,28	Abierta
Tubería 46	46,63	54,58	2"	0,0015	0,91	0,39	3,59	Abierta
Tubería 47	47,62	54,58	2"	0,0015	0,64	0,27	1,97	Abierta
Tubería 48	45,5	54,58	2"	0,0015	0,6	0,26	1,75	Abierta
Tubería 49	68,44	54,58	2"	0,0015	0,56	0,24	1,55	Abierta
Tubería 50	55,86	54,58	2"	0,0015	0,22	0,09	0,3	Abierta
Tubería 51	54,61	54,58	2"	0,0015	0,09	0,04	0,04	Abierta
Válvula D1-D2	0	83,42	3"	0	0	0	0	Cerrada
Válvula D3-D4	0	83,42	3"	0	0	0	0	Cerrada
Válvula D4-D5	0	83,42	3"	0	5,06	0,93	27,35	Activa

Fuente: Veaa – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

Continuación Cuadro 36.

Municipio: Manaure Balcón del cesar - Dpto.: Cesar								
Parámetros Para La Red De Distribución								
Periodo 2018-2043								
ID Línea	Longitud	Diámetro	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	Estado
	m	mm	pulgadas	mm	LPS	m/s	m/km	
Válvula D5-D6	0	54,58	2"	0	1,52	0,65	27,35	Activa
Válvula D6-D7	0	157,92	6"	0	0	0	0	Cerrada
Válvula D7-D8	0	83,42	3"	0	10,31	1,89	29,06	Activa
Válvula D2-D3	0	83,42	3"	0	0	0	0	Cerrada
Válvula D8-D9	0	54,58	2"	0	0	0	0	Cerrada

Fuente: Vea – Aarón. Universidad Popular del Cesar. 2018

ANEXO F REGISTRO FOTOGRÁFICO



PLATA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE MANAURE



TANQUE 1: UBICADO DENTRO DE LA PTAP



TANQUES 2 Y 3 RESPECTIVAMENTE UBICADOS EN PREDIOS DIAGONAL A LA PTAP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



TANQUE 4: UBICADO EN PREDIOS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CDR

REGISTRO FOTOGRÁFICO



TANQUE 5: UBICADO EN EL BARRIO LAS MARÍAS

ANEXO G

Plano de la red de distribución propuesta para la optimización del sistema.