

**MAVDT
0055**

GUÍA RAS - 003

**Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico**



Planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable

TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

**Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación**

GUÍA RAS - 003

**Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico**

Planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable

ISBN: 958-8137-14-4

Cubierta: Instalación de tubería, fotografía Hidrotec.

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

CECILIA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ-RUBIO
MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA
VICEMINISTRO DE AMBIENTE

AUGUSTO OSORNO GIL
DIRECTOR DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA-CIFI

GONZALO TORRES
DIRECTOR CIFI

JUAN SALDARRIAGA
PROFESOR TITULAR

MARIO DÍAZGRANADOS
PROFESOR ASOCIADO 1

GERMÁN R. TORRES M.
CONSULTOR
AUTOR DEL DISEÑO DE LA GUÍA

GRUPO TÉCNICO INTERVENTOR
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

MAURICIO A. RIVERA SALCEDO
ARMANDO VARGAS LIÉVANO
MARÍA ELENA CRUZ LATORRE

COORDINACIÓN
MARÍA ISABEL GARCÍA, MARÍA YOLIMA LOZANO Q.

PREPARACIÓN EDITORIAL
MARTA ROJAS, ALEJANDRO ROJAS

IMPRESIÓN
PANAMERICANA FORMAS E IMPRESOS S. A.
BOGOTÁ, OCTUBRE DE 2003, 1ª REIMPRESIÓN

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	7
INTRODUCCIÓN	9

Capítulo 1

ESTUDIOS PREVIOS 11

1.1	CONCEPCIÓN DEL PROYECTO	11
1.2	ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA POR ABASTECER	11
1.3	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN Y SU DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL	12
1.4	DEFINICIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD	13
1.5	EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL	13
1.6	CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y DE LA CALIDAD DEL SERVICIO	14
1.7	CATASTRO Y CONDICIONES OPERATIVAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE	15
1.8	CONDICIONES TOPOGRÁFICAS, GEOTÉCNICAS Y SÍSMICAS	16

Capítulo 2

PLANEAMIENTO Y DISEÑOS CONCEPTUALES

DE REDES DE DISTRIBUCIÓN 17

2.1	GENERALIDADES SOBRE EL PLANEAMIENTO DE REDES	17
2.2	TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y PARÁMETROS DE DISEÑO	19
2.2.1	Tipos de redes	19
2.2.2	Parámetros de diseño	20
2.3	DIAGNÓSTICO DE LA RED ACTUAL Y SUS CONDICIONES DE SERVICIO	23

2.4	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE OBRAS Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FUTURA DE DISTRIBUCIÓN	24
2.5	SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	25

Capítulo 3

DISEÑO DETALLADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Y DE SUS ACCESORIOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS		27
3.1	GENERALIDADES	27
3.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS	27
3.3	DISEÑO GEOMÉTRICO	28
3.4	SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS	28
3.5	DISEÑO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	29
3.6	DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL	30
3.7	ACOMETIDAS O CONEXIONES DOMICILIARIAS	31

Capítulo 4

EJEMPLO DE APLICACIÓN

4.1	INFORMACIÓN BÁSICA	33
4.1.1	PLANOS Y CATASTRO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	33
4.1.2	INFORMACIÓN BÁSICA Y COMPLEMENTARIA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	38
4.2	DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	49
4.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUTURA Y DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN (DISEÑO CONCEPTUAL)	55
4.3.1	Parámetros para el dimensionamiento hidráulico del diseño conceptual	55
4.3.2	Simulaciones hidráulicas	56
4.3.3	Resultados obtenidos	57
4.4	DISEÑO DETALLADO DE TUBERÍAS, ACCESORIOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	58

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1

ANEXO 2

PREFACIO

El objetivo de estas guías es facilitar el uso y la aplicación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en sus diferentes títulos. Se espera que con estas nuevas herramientas se mejore la capacidad técnica y de planeación de las distintas entidades encargadas del desarrollo del sector.

La idea de la elaboración de las guías surge de la necesidad de tener documentos que ayuden a poner en práctica lo establecido en el reglamento mencionado con el fin de mejorar los procesos de planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, evaluación y monitoreo de los distintos proyectos desarrollados para cubrir las necesidades de agua potable y saneamiento básico en los municipios colombianos.

Las guías están dirigidas a las autoridades de planeación municipal, las entidades de regulación y vigilancia, los consultores, los diseñadores, los constructores y los operadores de los diferentes sistemas involucrados. Sin embargo, se hace especial énfasis en los municipios pequeños de Colombia los cuales, usualmente, cuentan con menos recursos técnicos y económicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura.

El desarrollo de cada una de las guías se basa en la aplicación de los conceptos expresados en el reglamento para casos específicos de municipios colombianos. A pesar de esto, en ninguno de los casos el contenido de las guías corresponde a diseños o recomendaciones definitivas para los municipios utilizados en los ejemplos.

Las guías se dividen en capítulos y subcapítulos, y todas las referencias directas al RAS98, ya sea a su texto, esquemas, tablas o gráficos de uso general, se presentan en letra itálica, con el fin de facilitar su reconocimiento.

INTRODUCCIÓN

Esta Guía tiene como objetivo mostrar el uso del Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) para el planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de sistemas de acueducto. En la Guía se hace un recuento de los principales elementos contemplados por el RAS (título B.7) en cuanto al diseño de redes de distribución de agua potable. Igualmente, con el fin de mostrar su aplicación, se desarrolla un ejemplo donde se estudia la red de distribución del acueducto del perímetro urbano del municipio de San Vicente (departamento de Antioquia). En dicho ejemplo se analiza y diagnostica el estado de la red actual y se definen y dimensionan las obras de rehabilitación, optimización y ampliación que se deben implementar hasta el periodo de diseño y que deben garantizar un adecuado servicio de suministro de agua tratada a la población.

Es importante mencionar que el ejemplo desarrollado en esta Guía es un caso particular que pretende facilitar el uso de las normas y los conceptos presentados en el RAS-98. Conforme a esto, no es de esperarse que los criterios aplicados para el caso del diseño de la red de distribución del casco urbano del municipio de San Vicente sean igualmente aplicables a la generalidad de los casos.

La Guía se encuentra dividida en cuatro capítulos que agrupan los elementos básicos necesarios para estudiar un sistema de redes de distribución de agua potable. El capítulo primero se dedica a los estudios previos que suministran la información básica para iniciar la evaluación de una red de distribución; entre ellos se tienen: niveles de complejidad, población, demanda de agua, perímetro de servicio y catastro de redes existentes, entre otros. El capítulo segundo trata sobre el diseño conceptual que define las obras requeridas hasta el año de diseño y sus etapas de implementación; involucra un análisis detallado de la infraestructura existente (estudio y capacidad) y el planeamiento de su ampliación para cubrir las necesidades de la demanda futura. El capítulo tercero

se dedica al cálculo y diseño detallado de la red de tuberías y sus respectivos accesorios y elementos complementarios (válvulas, hidrantes, acometidas, micromedidores, etc.). Por último, el capítulo cuarto muestra en forma detallada un ejemplo de aplicación de los temas tratados.

En la Guía que se presenta a continuación se hace referencia constantemente al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS y a la Guía RAS-001 *Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua*. Por lo anterior, el presente documento debe seguirse en conjunto con los anteriores para lograr una adecuada interpretación. Las referencias textuales del RAS se encuentran resaltadas en letra itálica y la numeración de las tablas es consistente con dicha referencia.

Capítulo 1

ESTUDIOS PREVIOS

Las etapas de identificación, conceptualización y diseño de un proyecto de redes de distribución de agua potable requieren de una buena cantidad de información básica y estudios previos, los cuales se detallan en este capítulo.

1.1 CONCEPCIÓN DEL PROYECTO

La necesidad de la ejecución de un proyecto de mejoramiento o ampliación de redes de distribución de agua potable en un municipio está asociada con la existencia de alguno de los siguientes problemas:

- Carencia del servicio de acueducto por inexistencia de la infraestructura de redes de distribución.
- Prestación insuficiente del servicio en cuanto a cantidad de agua, continuidad y calidad (presión y calidad del agua), siendo la causa de esta ineficiencia las malas condiciones de las redes existentes o el aumento de la demanda por redensificación urbana.

En todos los casos, la identificación, justificación y priorización del proyecto debe ser efectuada y demostrada de acuerdo con lo estipulado por el RAS en los capítulos: A.4 “Identificación y justificación de los proyectos” y A.5 “Priorización de Proyectos”. Igualmente, para la aplicación de estos conceptos se debe consultar la Guía RAS-002, titulada *Identificación, Justificación y Priorización de Proyectos*.

1.2 ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA POR ABASTECER

Para el planeamiento adecuado de un proyecto de redes de distribución se deben conocer los aspectos generales de la zona que se va a servir: el perímetro de servicio, los requerimientos de agua distribuidos espacialmente y los corredores viales actuales y

futuros por donde se pueden trazar tuberías sin tener problemas de compra de predios. Gran parte de la información general requerida se encuentra en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio (POT) y la información más detallada se puede obtener en otras dependencias como Planeación, Obras Públicas y Empresas de Servicios Públicos. La información básica que se requiere conocer para el planeamiento y diseño de redes de distribución es la siguiente:

- Perímetro urbano vigente, con indicación de áreas donde el desarrollo se encuentre prohibido.
- Cartografía básica de la zona del proyecto.
- Plan o red vial actual y futura.
- Usos del suelo actual y futuro, y áreas de expansión futura o de desarrollo evidente (POT o plan de desarrollo).
- Normas urbanísticas sobre densidades máximas permisibles de desarrollo.
- Red de vías de carreteras y ferrocarril intermunicipales existentes y proyectadas.
- Planos de localización de redes e infraestructura de otros servicios públicos como alcantarillado, energía, teléfonos y gas, así como cursos de agua, canalizaciones, puentes y viaductos existentes y proyectados.
- Fotografías aéreas que incluyan las zonas desarrolladas actualmente y las de futura expansión.
- Estudios de distribución espacial de la población y demanda de agua, si existen.
- Planos del sistema de acueducto existente con énfasis en los planos detallados de la red de distribución.

1.3 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN Y SU DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL

La evaluación del crecimiento de la población a lo largo de un periodo de diseño determinado es un elemento fundamental tanto para definir el nivel de complejidad del sistema como para realizar el planeamiento y diseño detallado de la capacidad que deben tener los elementos que componen los sistemas de agua potable y saneamiento básico.

Adicionalmente, los estudios de distribución territorial o espacial de la población permiten estimar las densidades habitacionales que tienen las áreas actuales, así como la ubicación de las áreas de futuros desarrollos, y realizar en ellas una estimación de las densidades poblacionales que se tendrían al darse los crecimientos de población estimados.

El alcance que deben tener los estudios de población está definido por el RAS en el numeral B.2.2 “Estimación de la población”; el desarrollo metodológico detallado y su aplicación práctica se presentan en la Guía RAS-001 *Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua*.

1.4 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD

El nivel de complejidad de un sistema es la herramienta propuesta por el RAS para la asignación de los parámetros de diseño con que deben ser planeados y diseñados los sistemas de acueducto y alcantarillado. El nivel de complejidad se obtiene a partir de la población proyectada al período de diseño, y teniendo en cuenta la capacidad económica de los usuarios del sistema en análisis.

La asignación del nivel de complejidad es una de las primeras actividades que se debe realizar en un estudio de diseño de un sistema de agua potable y saneamiento básico, y debe hacerse de acuerdo con lo estipulado por el RAS en el numeral A.3.1. Adicionalmente, en la Guía-001 se presenta en detalle una metodología práctica para su aplicación.

1.5 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA Y SU DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL

La demanda de agua es el parámetro fundamental para el dimensionamiento de los diferentes elementos de un sistema de suministro y distribución de agua potable. El planeamiento y dimensionamiento óptimo de algunos de estos elementos, como son las redes de distribución, exige que se conozca cómo está distribuida territorialmente la demanda de agua dentro del área a abastecer.

Debido a que las redes de tuberías de distribución de agua deben atender una demanda que es fluctuante durante las 24 horas del día, las tuberías deben estar dimensionadas para atender los valores extremos de esta demanda con unas condiciones adecuadas de servicio, que actualmente se miden por la continuidad y la presión del suministro así como por la calidad del agua entregada al usuario. Es por ello que las tuberías que conforman las redes de distribución de agua potable se diseñan con un parámetro denominado Caudal Máximo Horario (QMH).

El QMH es el consumo o demanda máxima estimada durante una hora en un periodo de un año, sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se origina en el hecho de que durante un día las demandas de agua no son uniformes, sino que son mayores en algunas horas donde se concentran la actividad y el consumo de agua de la población.

El caudal máximo horario (QMH) se calcula mediante la siguiente ecuación (ver numeral B.2.7.3 del RAS).

$$QMH = QMD * K_2 \quad (B.2.4)$$

donde:

K_2 = coeficiente de consumo máximo horario

QMD = caudal máximo diario y corresponde al consumo o demanda máxima estimada en un lapso de 24 horas durante un período de análisis de un año.

El caudal máximo diario (QMD) se calcula mediante la siguiente ecuación (ver numeral B.2.7.2 del RAS).

$$QMD = Qmd * K_1 \quad (B.2.3)$$

donde:

Qmd = el caudal o demanda media diaria

K_1 = coeficiente de consumo máximo diario

Si se integran las dos ecuaciones anteriores se tiene que el caudal máximo horario (QMH) se puede estimar como:

$$QMH = Qmd * K_1 * K_2$$

Los coeficientes K_1 y K_2 deben calcularse para cada sistema en particular, así:

K_1 = Relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los registros de medición de un periodo mínimo de un año o el promedio de varios años.

K_2 = Relación entre el caudal máximo horario y el caudal máximo diario registrados día a día durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurren fallas relevantes en el servicio.

Para los casos en que los valores de K_1 y K_2 no puedan calcularse para la localidad en estudio, se recomienda usar los valores establecidos por el RAS en las tablas B.2.5 y B.2.6, respectivamente.

El alcance que deben tener las evaluaciones de la demanda de agua y su variación diaria y horaria se describen con mayor detalle en el numeral B.2.7, del RAS.

Adicionalmente, en la Guía RAS-001 se presenta una metodología práctica para su aplicación.

1.6 CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y DE LA CALIDAD DEL SERVICIO

Con el fin de hacer un adecuado diagnóstico y diseño de una red de distribución es importante conocer cómo opera en general el sistema de acueducto y qué elementos

principales lo conforman; además, es importante tener un conocimiento detallado del sistema de tratamiento de agua (caudal medio producido y su variación a lo largo del día, calidad de agua, etc.) y del sistema de almacenamiento, cuyo volumen y ubicación debe ser suficiente para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua, que a su vez la red de distribución debe ser capaz de conducir a los usuarios finales. La ubicación altimétrica (diferencia de altura) de los tanques de almacenamiento respecto a la red de distribución, produce la energía o carga de altura necesaria para hacer fluir el agua a través de la red y, según las características de las tuberías (diámetros y rugosidad interior) y los caudales demandados por los usuarios, produce determinadas presiones de servicio en los sitios de consumo. Cuando se tienen valores de presiones de servicio mayores a 15 metros de columna de agua ($1 \text{ m.c.a.} = 1 \text{ ton/m}^2 = 0,1 \text{ kg/cm}^2$) se dice que se tiene una buena calidad del servicio; los otros parámetros asociados con un buen servicio son la continuidad en el suministro y la calidad del agua entregada al usuario.

Como el caso más común en un estudio de redes de distribución es la optimización y/o ampliación de la infraestructura existente, dentro de los estudios previos se debe incluir un conocimiento lo más detallado posible de las características físicas y operativas de esta infraestructura, con el fin de hacer un diagnóstico real de su estado actual y de su posible utilización en el nuevo proyecto. La información básica requerida para el análisis de un sistema de redes existente se detalla en el siguiente numeral.

1.7 CATASTRO Y CONDICIONES OPERATIVAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE

Para realizar el diagnóstico detallado de un sistema de tuberías de distribución existente con miras a su renovación, optimización y/o ampliación, se requiere el conocimiento de sus características físicas y de las condiciones operativas bajo las cuales funciona.

Las características físicas se conocen si se tienen planos o información de catastro de las tuberías existentes, los cuales deben incluir como mínimo: trazado planimétrico (ubicación) e interconexiones, tipo de material de las tuberías, clase de la tubería (presión máxima de trabajo a la que puede operar), diámetro nominal o interno, año de instalación (edad) y ubicación y tipo de válvulas existentes asociadas con esta red (válvulas de corte, purgas, ventosas, reductoras de presión, hidrantes, etc.). Adicionalmente, es deseable contar con información de: sección de instalación (atraque y recubrimiento), tipo de uniones, tipo de anclajes (si los requiere), instrumentación para medición (caudal, presión y calidad del agua), diagramas de esquinas (ubicación detallada referenciada), ubicación de otros servicios aledaños (alcantarillado, gas, teléfonos, energía), trazado altimétrico o perfil (para redes matrices $\varnothing > 300 \text{ mm}$ ó 12").

Las condiciones operativas se definen principalmente por los caudales y las presiones que se tienen en diferentes puntos de la red de distribución durante un ciclo típico de un día (24 horas); adicionalmente, se complementa con información de sectorización del servicio o maniobras operativas rutinarias, con la ubicación e incidencia de daños sobre la red, y la existencia de modelos matemáticos de simulación de su comportamiento hidráulico.

En ausencia de planos y catastro de la red de distribución, el consultor del estudio debe obtener, a través de investigación de campo en el sitio, la información de características físicas, especificada anteriormente como mínima, labor que debe realizarse de acuerdo con lo establecido en el RAS.

Para la estimación de las condiciones operativas puede apelar a la utilización de un modelo de simulación hidráulica que, adecuadamente alimentado (geometría de la red, rugosidades de las tuberías, puntos de alimentación y sitios y valores de consumo) y calibrado (a partir de algunas mediciones de caudal y presión en puntos estratégicos de la red), produce una visión muy aproximada del régimen de caudales y presiones que se presentan bajo las diferentes condiciones de demandas de agua que se simulen.

1.8 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS, GEOTÉCNICAS Y SÍSMICAS

Además del conocimiento del sistema de acueducto y de la red de distribución existente, los estudios previos deben proveer información topográfica, geotécnica y sísmica del municipio en estudio o de la zona por abastecer.

La información topográfica se refiere a planos aerofotogramétricos del municipio, planos de catastro de la infraestructura de otros servicios públicos, planos de la red vial, planos IGAC a escala 1:2000 (si existen) y fotografías aéreas recientes que incluyan el área a ser servida.

La información geotécnica se refiere a características del subsuelo en la zona donde se realizará el trazado de la red de distribución, tomada de planos geológicos, de información de campo o de estudios o diseños de viviendas, infraestructura vial y otros servicios. Deben identificarse las zonas de fallas y las propensas a deslizamientos e inundaciones.

Se debe investigar el nivel de amenaza sísmica de la zona en estudio y de los corredores donde se diseñarán las redes de distribución; igualmente, se deben tener en cuenta los mapas de amenaza sísmica existente. La definición de sismos de diseño aplicable a la zona es de particular interés para los diseños ya que los materiales de las tuberías y sus uniones deben estar capacitados para soportar los esfuerzos de tensión y de corte que este movimiento genera.

Capítulo 2

PLANEAMIENTO Y DISEÑOS CONCEPTUALES DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

2.1 GENERALIDADES SOBRE EL PLANEAMIENTO DE REDES

Dentro de la ejecución del diseño de un sistema de redes de distribución de agua potable es necesaria una etapa inicial de planeamiento que garantice que el esquema de obras propuesto atiende los requerimientos futuros de la demanda de agua en cuanto a cantidad (dimensionamiento adecuado) y oportunidad (fecha de implementación), pero que a su vez cumpla con criterios de optimización económica que garantice que la alternativa de obras recomendada haya tenido en cuenta los conceptos del costo mínimo de inversión.

En la etapa de planeamiento se parte de un diagnóstico de la red de distribución existente y se identifican, plantean y analizan diferentes alternativas de optimización y ampliación del sistema de redes de tuberías, con el fin de atender los requerimientos futuros de la demanda, dentro de un determinado horizonte de análisis. Como práctica de buena ingeniería se recomienda que este periodo de análisis o de diseño sea el mismo propuesto por la Guía RAS-001 para la realización de planes maestros de acueducto y alcantarillado; estos valores son:

TABLA 1
PERÍODOS DE ANÁLISIS PARA EL
PLANEAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

Nivel de complejidad del sistema	Período de análisis
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

Identificadas, planteadas, dimensionadas y definidas las alternativas que técnicamente satisfacen los requerimientos del sistema (caudales y presiones) al final del periodo de diseño, se pasa a una etapa de estudios económicos comparativos que permiten determinar los diámetros óptimos de cada una de las tuberías de la red, compatibles con los requisitos técnicos y las etapas de construcción del proyecto. Metodologías de análisis como la del costo mínimo permiten encontrar la solución global óptima para todo el conjunto de elementos que integran un sistema de redes de distribución. En el análisis deben incluirse tanto los costos iniciales de construcción como los de operación y mantenimiento a lo largo del periodo de horizonte de análisis; esto último es de particular interés en sistemas que operen por bombeo.

Para los análisis de alternativas descritos anteriormente se trabaja con prediseños de las tuberías que incluyen la definición de corredores para trazado (longitud), y material y coeficiente de rugosidad integral o global (aún no se tienen pérdidas menores). Conocida la distribución espacial de la demanda media de agua, y estimado el caudal máximo horario se dimensionará la red de distribución de tal manera que atienda los requerimientos de consumo (caudales) con una adecuada calidad del servicio (presiones).

El proceso de planeamiento y la definición del esquema óptimo de obras, así como sus etapas de implementación, es la actividad que usualmente se llama “diseño conceptual” y debe ser la etapa inicial de un diseño detallado de redes de distribución.

En forma general, en un diseño conceptual de redes de distribución de un sistema de acueducto aparece el siguiente tipo de obras, en forma secuencial:

- **Renovación de redes:** Necesaria cuando las redes existentes deben ser reemplazadas por estar estructuralmente deterioradas, por presentar incrustaciones que reducen su sección hidráulica o por haber cumplido su vida útil. El dimensionamiento de estas nuevas tuberías dependerá de los análisis hidráulicos para las condiciones futuras de operación, de tal manera que la renovación se puede realizar usando los mismos diámetros, o con diámetros mayores si así lo requiere la demanda de agua futura.
- **Optimización de redes:** Son obras orientadas a mejorar los niveles de eficiencia u operación de las redes actuales. Corresponde a la eliminación de tramos considerados “cuellos de botella o restrictivos” (colocando tuberías paralelas de refuerzo) y a la instalación de nuevas tuberías para el cierre de mallas o circuitos, mejorando la circulación de caudales y las presiones sobre la red.
- **Ampliación de redes:** Son aquellas tuberías nuevas, necesarias para cubrir la demanda requerida, la cual supera la capacidad máxima optimizada de la red actual. Dentro de este grupo de obras se incluyen las tuberías necesarias para cubrir las demandas de agua dentro de nuevas zonas de desarrollo.

En la etapa del diseño conceptual de redes se deben incluir, entre otras, las siguientes actividades:

- Delimitación del perímetro del servicio.
- Proyecciones de población y demanda de agua, y su probable distribución territorial.
- Diagnóstico físico y operativo de la red de distribución existente con el objeto de lograr su máximo aprovechamiento.
- Definición de los caudales demandados y de las presiones mínimas requeridas para realizar el dimensionamiento de la red de distribución.
- Escogencia de corredores para el trazado de nuevas tuberías.
- Dimensionamiento de cada una de las tuberías de la red para los requerimientos del periodo de diseño; se debe definir si las tuberías existentes deben ser renovadas y/o optimizadas para la operación futura.
- Definición de la alternativa técnico-económica más adecuada y de sus etapas óptimas de implementación: "diseño conceptual".
- Estimación de unos costos de referencia en atención a que se manejan prediseños (nivel de factibilidad).

2.2 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y PARÁMETROS DE DISEÑO

2.2.1 Tipos de redes

De acuerdo con su diámetro, dentro de un sistema de distribución de agua potable se distinguen diferentes tipos de tuberías o redes, así:

- **Tuberías principales o redes matrices:** Son tuberías de diámetro nominal mayor o igual a 300 mm (12"), su función es transportar apreciables caudales, no deben alimentar directamente a ningún usuario sino únicamente a las tuberías secundarias de distribución.
- **Tuberías o redes secundarias de distribución:** Son aquellas tuberías con diámetros nominales menores a 300 mm (12") y mayores a 100 mm (4"). Su función es alimentar adecuadamente las redes menores de distribución sobre las cuales se conectan los usuarios; en lo posible, no debe haber conexiones domiciliarias sobre estas redes principales de distribución, salvo algunas acometidas industriales, comerciales o institucionales de diámetro apreciable (mayor a 75 mm ó 3").

- **Tuberías o redes menores de distribución:** Son aquellas tuberías de diámetro ≤ 100 mm (4") que discurren sobre todas las calles o corredores donde se tenga algún tipo de desarrollo. Sobre estas tuberías se encuentran instaladas las derivaciones para las acometidas de los usuarios del sistema de acueducto.
- **Tuberías o conexiones domiciliarias:** Son tuberías de bajo diámetro –12,5 mm (1/2") a 75 mm (3") que a partir de las redes menores de distribución suministran el agua a cada suscriptor del sistema. La normatividad exige que exista por lo menos una acometida o conexión por cada predio y que esté provista de un micromedidor instalado dentro de una cajilla que la proteja y sea de fácil acceso para lectura y mantenimiento.

En un estudio completo de redes de distribución es necesario que se tengan en cuenta la totalidad de los tipos de redes descritos anteriormente; sin embargo, es posible que por el tamaño de sus zonas urbanas y demandas de agua en municipios de nivel de complejidad bajo y medio, actualmente no se tengan redes matrices de distribución. Adicionalmente, en grandes sistemas no resulta práctico el análisis y la simulación de las redes menores. Por lo tanto, como práctica de buena ingeniería se recomienda que para efecto de las simulaciones hidráulicas se tengan en cuenta los siguientes criterios:

- **Sistemas con redes matrices y secundarias de distribución:** En el modelo no se analizan las redes menores, las demandas se asumen concentradas en los nodos de la red secundaria de donde se desprende la red menor.
- **Sistemas sin redes matrices:** Se analizan las redes secundarias y las redes menores, mayores o iguales a 50 mm (2") de diámetro.

2.2.2 Parámetros de diseño

Dentro del planeamiento y diseño conceptual de las redes de distribución se trabaja en forma detallada en el dimensionamiento hidráulico de las tuberías necesarias en el área por abastecer, con el fin de determinar el diámetro interno mínimo admisible que cumple con las condiciones de consumo impuestas por los usuarios del sistema (caudales demandados y presiones requeridas). Por ello, en estos análisis se deben definir los parámetros de diseño asociados con estas condiciones, a saber:

■ Áreas por abastecer

El área por abastecer debe contener la población proyectada al año horizonte de diseño, y las áreas industriales y comerciales actuales y previstas en la expansión futura. Cuando no existan planes de desarrollo urbano o de ordenamiento territorial deben realizarse estudios urbanísticos para detectar las áreas de más probable desarrollo y las posibles densidades habitacionales que allí se puedan esperar.

Para el caso de los niveles de complejidad medio alto y alto las redes para urbanizaciones deben cumplir con lo estipulado en el numeral B.7.2.12 "Áreas por abastecer" del RAS.

■ Caudal de diseño

Para todos los niveles de complejidad, el caudal de diseño de las redes de distribución es el caudal correspondiente al consumo máximo horario (QMH) al final del periodo de análisis o cubrimiento de las tuberías que se están dimensionando.

Para los niveles de complejidad medio y medio alto se debe verificar que el caudal correspondiente a la demanda o consumo medio diario (Qmd) más el caudal de incendio no supere al QMH; si esto sucede se tomará la suma de los caudales medio e incendio como caudal de diseño de las redes matrices.

■ Presiones en la red de distribución

• Presiones mínimas

Las presiones mínimas en la red menor de distribución (redes de las cuales salen las acometidas para las conexiones domiciliarias) especificadas en la tabla B.7.4 del RAS, se presentan en la situación de circulación de los caudales máximos de diseño, y sus valores varían según el nivel de complejidad del sistema, así:

TABLA B.7.4

PRESIONES MÍNIMAS

EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Presión mínima (KPa)</i>	<i>Presión mínima (metros de columna de agua)</i>
Bajo	98,1	10
Medio	98,1	10
Medio alto	147,2	15
Alto	147,2	15

• Presiones máximas

La máxima presión permisible en redes menores de distribución es de 588,6 KPa (60 m.c.a.) para todos los niveles de complejidad, y corresponde a una condición estática (no hay flujo de caudal a través de la red de distribución) pero sobre esta actúa la máxima cabeza producida por los tanques de almacenamiento o por estaciones elevadoras de presión.

■ Diámetro de las tuberías en la red de distribución

• Diámetros internos mínimos en las redes menores de distribución

El valor de los diámetros internos mínimos admisibles en las redes menores de distribución, previa comprobación de su capacidad hidráulica, son los especificados por el RAS en la tabla B.7.6:

TABLA B.7.6

DIÁMETROS INTERNOS MÍNIMOS EN LA RED MENOR DE DISTRIBUCIÓN

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Diámetro interno mínimo</i>		
<i>Bajo</i>	38,1 mm	(1,5 pulgadas)	
<i>Medio</i>	50,0 mm	(2,0 pulgadas)	
<i>Medio alto</i>	100 mm	(4 pulgadas)	<i>Zona comercial e industrial</i>
	63,5 mm	(2 ½ pulgadas)	<i>Zona residencial</i>
<i>Alto</i>	150 mm	(6 pulgadas)	<i>Zona comercial e industrial</i>
	75 mm	(3 pulgadas)	<i>Zona residencial</i>

• Diámetros internos admisibles para la red de distribución

Como práctica de buena ingeniería se recomiendan los siguientes diámetros comerciales para su utilización en redes de distribución:

TABLA 2

DIÁMETROS INTERNOS MÍNIMOS ADMISIBLES RECOMENDADOS PARA LAS TUBERÍAS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas
38,1	1,5	400,0	16,0
50,0	2,0	500,0	20,0
63,5	2,5	600,0	24,0
75,0	3,0	750,0	30,0
100,0	4,0	900,0	36,0
150,0	6,0	1.050,0	42,0
200,0	8,0	1.200,0	48,0
250,0	10,0	1.500,0	60,0
300,0	12,0	1.950,0	78,0

El tratar de minimizar el número de diámetros utilizados en una red de distribución obedece a consideraciones de operación y mantenimiento enfocadas a minimizar las referencias de tuberías, válvulas y accesorios que deben ser mantenidas como repuestos. (Ejemplo: en la actualidad ya no se usan tuberías y válvulas de diámetros como 350 mm-14" y 450 mm-18").

■ Dimensionamiento de las redes de distribución

Para el dimensionamiento de la red se tendrán en cuenta los criterios generales expresados por el RAS en el numeral B.7.3.1 "Capacidad de la red", y los valores detallados de la demanda de agua y sus posibles variaciones horarias.

2.3 DIAGNÓSTICO DE LA RED ACTUAL Y SUS CONDICIONES DE SERVICIO

Dentro de la racionalidad económica con que deben planearse los sistemas de distribución, es un hecho que siempre es más económico rehabilitar y optimizar que ejecutar nuevas obras, y por lo tanto, un análisis detallado y un diagnóstico operativo de la red de tuberías existente siempre deben ser el primer paso de un diseño conceptual adecuado.

Como ya se mencionó en el capítulo "Estudios previos", el tener un plano con el trazado (forma, red, longitudes), las características (diámetro, material, edad) y los accesorios de la red existente y elementos que conforman lo que se llama el "catastro de la red", es el punto de partida, pues permite el conocimiento de la infraestructura física. Esta información básica debe ser complementada con algunos datos del funcionamiento actual (políticas de operación, zonas de servicio o presión, medición de caudales circulantes y de presiones asociadas, información de censos y ubicación de daños más frecuentes, macromedición, micromedición, estimativos de índices de agua no contabilizada, etc.).

Con la información anterior se puede verificar el funcionamiento hidráulico actual de la red y realizar un diagnóstico detallado. En caso de que no exista la información operativa esta se puede estimar a partir de una simulación hidráulica en donde, con ayuda de un modelo matemático, se analiza el comportamiento de la red existente (que tiene características físicas conocidas) cuando por sus tuberías circulan los caudales necesarios para atender los requerimientos estimados de la demanda de agua actual y sus posibles fluctuaciones horarias. En este caso, los resultados obtenidos del modelo son la verificación de que es posible atender a todos los usuarios del sistema con las demandas de agua analizadas, las presiones ofrecidas en cada caso (indicativo de calidad del servicio) y el caudal total de agua que se debe suministrar al sistema para cubrir las demandas.

Si existen deficiencias en el servicio actual, con ayuda del modelo se identifican, dimensionan y definen las nuevas tuberías a implementar para que se pueda abastecer plenamente a todos los usuarios del sistema de distribución (serían obras de rehabilitación y optimización de la red actual).

2.4 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS Y DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE OBRAS Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED FUTURA DE DISTRIBUCIÓN

La ampliación de la red actual puede obedecer a dos razones: aumento de la cobertura actual o prepararse para el crecimiento futuro de la demanda; en ambos casos el procedimiento que se sigue es el mismo, e incluye:

- Definición de las nuevas áreas de desarrollo a abastecer, sus condiciones topográficas (planimetría y altimetría) y conocimiento de las vías existentes y proyectadas (plan vial), las cuales pueden servir como corredores para el trazado de las tuberías sin involucrarse en problemas de compra de predios. Estas definiciones deben estar de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.
- A partir de un trazado tentativo de redes matrices, principales y menores, se monta un modelo de simulación hidráulica con la información topográfica obtenida y con las demandas puntuales estimadas en la distribución territorial futura (año horizonte de análisis). Con ayuda del modelo hidráulico se obtiene el dimensionamiento (diámetros internos) de la red de tuberías suficiente para atender las demandas de diseño con las condiciones mínimas de presión que exigen las normas (numeral B.7.4.5 "Presiones en la red de distribución" RAS).
- Con ayuda del modelo se pueden dimensionar varias alternativas de solución técnica, las cuales se evaluarán económicamente para encontrar aquella que, cumpliendo con los requerimientos técnicos, presente los mínimos costos de construcción, operación y mantenimiento, teniendo como horizonte de análisis el periodo de diseño propuesto en esta Guía para los diseños conceptuales.
- Establecido el esquema de obras más favorable técnica y económicamente, se pasa a definir las etapas en que debe ser implementado. Lo anterior se realiza con ayuda de un modelo hidráulico de simulación que permite definir cuáles tuberías del esquema final deben ser implementadas en cada periodo de análisis para atender adecuadamente los requerimientos de la demanda de agua hasta la fecha que se programe la implementación de la próxima etapa de obras. En atención a las dificultades que implica para un municipio típico colombiano

diseñar, licitar, adjudicar, contratar y ejecutar un proyecto dentro de la legislación vigente, se recomienda que el período óptimo de expansión en proyectos de redes de distribución sea de diez años.

Con los resultados de todos estos análisis se plantea el “diseño conceptual de la red de distribución” que tiene una vigencia igual al periodo de estudio utilizado (periodo de diseño), y que por la solidez de la metodología utilizada se convierte en una carta de navegación obligatoria para la persona o entidad encargada de diseñar y construir las redes de distribución del sistema de acueducto analizado.

Es práctica común para las redes de distribución que sólo se realicen diseños detallados y planos de licitación y construcción de las obras que se vayan a construir en el corto plazo; esto es, en un lapso de cinco años a partir de la fecha de ejecución del diseño conceptual. De acuerdo con el periodo óptimo de expansión de redes, para un municipio típico colombiano se espera que la cobertura de estas obras sea de diez años a partir del momento en que fueron concebidas (diseño conceptual).

2.5 SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

En la medida en que la red de distribución sea de gran tamaño o que se tengan altos índices de agua no contabilizada en su operación, será necesario complementar el sistema de tuberías y redes propuesto con un esquema de sectorización que permita optimizar la operación y el mantenimiento, y facilitar la evaluación, el control y el monitoreo de las pérdidas de agua.

En el caso de redes de distribución de gran tamaño, por facilidad operativa y de mantenimiento es deseable que el sistema se divida en varios sectores o zonas de menor tamaño que sean independientes unos de otros, es decir, que estén aislados físicamente y que, a través de la red matriz o principal de distribución, puedan recibir los caudales demandados por los usuarios existentes dentro de cada sector. En este caso las ventajas operativas que se tienen son: la facilidad de realizar cierres para reparación y mantenimiento sin afectar un gran número de usuarios, la posibilidad de tener diferentes zonas de presión en ciudades o municipios con topografía variada, y el tener la forma de realizar servicio alterno por sectores en sistemas con déficit en la oferta de agua y donde el servicio de suministro de agua debe ser racionado.

Cuando se tienen problemas de pérdidas de agua en la red de distribución (ya sean físicas o comerciales), e independiente del tamaño o extensión que esta red pueda tener, la sectorización es una herramienta básica para el control del agua no contabilizada, por las siguientes razones:

- Al dividir la zona de servicio en varios sectores se pueden estimar en forma aproximada los índices de pérdidas de agua en cada uno de ellos, y priorizar y

direccionar la aplicación de recursos para las actividades de búsqueda de fugas y mejoramiento del catastro de usuarios en aquellas zonas donde los índices sean muy altos o donde se evalúe que es rentable económicamente realizar estos programas de agua no contabilizada.

- Sectorizada la zona de servicio se pueden aplicar correctivos operativos a cada sector, como por ejemplo, bajar el plano piezométrico en áreas con altos índices de fugas o pérdidas físicas, restringir el caudal de suministro o presiones en zonas sin control al consumo por falta de micromedición o por existencia de muchos consumidores clandestinos.
- Al poder detectar los sectores con índices de pérdidas más altos, se pueden concentrar allí los esfuerzos y lograr más pronto resultados. Sin la sectorización no se sabría cómo priorizar y por qué zona iniciar el control de pérdidas.
- Al instalar macromedidores en las tuberías que alimentan cada sector se tiene una herramienta para el monitoreo permanente de la exactitud de la micromedición.

La implementación de la sectorización exige un esfuerzo inicial importante para realizar las siguientes actividades:

- Premodelación de la sectorización con simulación hidráulica.
- Verificación con pruebas de campo de la posibilidad de aislar un sector.
- Materialización de la sectorización y aislamiento (con válvulas) de los sectores vecinos.
- Adecuación de las tuberías de alimentación del sector para brindar el caudal de suministro requerido. Disminución al mínimo del número de tuberías de alimentación.
- Instalación de macromedidores en las tuberías de alimentación del sector.
- Adecuación del plano óptimo de presiones.

En redes de gran tamaño la sectorización puede ser seguida de la implantación de subsectores (división física de sectores de gran tamaño) y distritos de investigación (división o aislamiento temporal, usualmente nocturno, para tener longitudes de redes de distribución no mayores de 25 km, que permitan la localización de fugas y conexiones clandestinas).

Capítulo 3

DISEÑO DETALLADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN Y DE SUS ACCESORIOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

*Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación*

3.1 GENERALIDADES

Como ya se ha mencionado, el paso inicial de un diseño de redes de distribución corresponde al diseño conceptual donde se realiza el planeamiento y dimensionamiento de la totalidad de las obras que se deben realizar en el periodo de diseño. Además, allí se definen las obras que deben ser diseñadas en forma detallada, con el fin de tener sus dimensiones, planos, especificaciones técnicas y costos de construcción.

A continuación se describen las principales actividades del diseño detallado.

3.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS

Incluye la revisión y aprobación del corredor previsto en el diseño conceptual, continúa con un levantamiento planimétrico y altimétrico de dicho corredor que incluye todas las redes de otros servicios públicos aledaños (alcantarillados, teléfonos, energía, gas, televisión por cable, etc.) y las que puedan considerarse como interferencias, pues deben ser atravesadas por la tubería que se está diseñando.

Con la información topográfica se deben producir planos en planta para todo tipo de redes y demás planos de perfil con ubicación altimétrica de las interferencias para las tuberías o redes matrices.

Esta actividad de topografía tiene un componente final que se debe realizar una vez se termine el diseño, y es el replanteo del eje de la tubería diseñada, su verificación de que es factible, y su materialización con mojones de referencia para garantizar su posterior localización.

3.3 DISEÑO GEOMÉTRICO

Corresponde al trazado en planta y perfil de la tubería en cuestión. Para la definición del trazado deben tenerse en cuenta los criterios de diseño propuestos por el RAS en los numerales B.7.3.4 y B.7.5. Adicionalmente, en la definición de las deflexiones horizontales y verticales debe tenerse en cuenta el tipo de accesorios que ofrece cada tubería, según el material en que esté fabricada, y el tipo de unión con cada accesorio (ver numeral B.7.4.7 y B.7.4.8 del RAS).

■ Tuberías matrices

Usualmente son tuberías longitudinales y, salvo en grandes sistemas, no forman circuitos o mallas. Las recomendaciones para el trazado geométrico de las redes matrices las presenta el RAS en el numeral B.7.2.11 “Recomendaciones sobre el trazado de la red de distribución”.

En el caso de las tuberías matrices, los planos de diseño y construcción deben ser del tipo planta-perfil con unas escalas sugeridas de 1:500 en la horizontal y 1:50 en la vertical. En dichos planos se debe dar gran importancia a la ubicación de las interferencias que son atravesadas por el eje de la tubería propuesta.

Igualmente, en el perfil se debe indicar el abscisado, la pendiente de la instalación, el diámetro, la clase de la tubería, la cota del terreno (eje de la tubería), la cota recomendada de la excavación, la cota clave de la tubería instalada, el tipo de terreno superficie que se tiene actualmente (pavimento, zona verde), la sección recomendada de instalación y el tipo de entibado sugerido (diseño geotécnico).

■ Redes secundarias y menores de distribución

Su forma de concepción e instalación corresponde a tramos de tuberías que usualmente conforman circuitos o mallas. Los criterios para el trazado de este tipo de redes se presentan en detalle en el numeral B.7.3.4 “Trazado de la red” del RAS.

Usualmente, la presentación de los planos de diseño de estos tipos de redes no exige la ejecución de planos planta-perfil. En ocasiones se puede requerir de estos en corredores con cambios bruscos de pendientes y con interferencias cercanas al eje previsto de la tubería principal en diseño. La escala sugerida de presentación es 1:1.000.

3.4 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

Para realizar el diseño hidráulico detallado de las redes de distribución es necesario definir previamente el material de que estarán hechas las tuberías, y de esta forma determinar los parámetros de diámetro interno y rugosidad que son particulares del material a utilizar.

Los diferentes tipos de materiales que se pueden utilizar en la fabricación de las tuberías, así como los diferentes factores que deben ser tenidos en cuenta para la elección del material en una condición dada, aparecen descritos en detalle en el numeral B.7.4.8 del RAS.

La definición del tipo de material de la tubería y su diámetro interno mínimo debe complementarse posteriormente con la definición de la presión máxima de trabajo que debe soportar la tubería (parámetro comúnmente denominado “clase”). La definición de esta presión máxima de diseño la realiza el diseño hidráulico.

3.5 DISEÑO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Cuando en forma previa al diseño detallado se ha realizado un diseño conceptual, ya se dispone de un dimensionamiento del diámetro interior de la tubería con base en una suposición del tipo de material a utilizar y un estimativo grueso de número de deflexiones y accesorios, para lo cual se usa un valor integral de coeficiente de rugosidad que tiene en cuenta las pérdidas por fricción y las pérdidas menores. En esta etapa de diseño hidráulico detallado se precisa el material a utilizar y, como ya se tiene un trazado geométrico y la definición de número de accesorios, se pueden estimar en detalle las pérdidas menores y hacer un cálculo hidráulico que permita verificar la capacidad de la tubería ante los requerimientos esperados en la demanda de agua.

En esta verificación de la capacidad de la tubería se deben tener en cuenta los puntos definidos por RAS-98 el numeral B.7.3.1. Igualmente, en el numeral B.7.4.9 el RAS define los métodos de cálculo que existen tanto para repartir los caudales demandados sobre la red de distribución como para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías y el caudal que pueden transportar.

El análisis de flujo a través de tuberías de la red debe permitir la verificación de las presiones máximas que estas soportarán para poder especificar la clase (presión máxima de trabajo permisible) de las diferentes tuberías.

Adicionalmente, el diseño hidráulico debe contemplar la ubicación, el dimensionamiento y la clase de los siguientes tipos de válvulas con que debe instrumentarse una tubería.

- Válvulas en línea: Necesarias para regular el caudal o para aislar tramos de tuberías (válvulas de corte).
- Válvulas de purga: Colocadas en los puntos más bajos del trazado, tienen la función de permitir el drenaje de la tubería ya sea para cualquier operación de mantenimiento y reparación o para evacuar posibles depósitos de sedimentos que puedan depositarse en dichos puntos.

- Ventosas o válvulas de aire: Son válvulas que cumplen tres funciones básicas: expulsión de aire durante el llenado de las tuberías, admisión de aire durante el vaciado, o una eventual rotura y remoción hidráulica de bolsas de aire durante la operación de las tuberías. Estas válvulas se colocan en los puntos más altos de la tubería, lugares donde se acumula el aire.
- Válvulas reguladoras y/o reductoras de presión: Necesarias cuando se requiera reducir o mantener las presiones sobre la red en niveles especificados.
- Hidrantes: Válvulas de un diámetro mínimo de 75 mm (3") que permiten la extracción directa de apreciables volúmenes de agua de la red con destino a la extinción de incendios principalmente.
- Facilidades para mediciones de caudal y presión: Se deben dejar previstos micromedidores de caudal y presión para ser instalados en las tuberías de alimentación de cada sector de la red de distribución, o al menos adecuación (registros de incorporación) de sitios que permitan realizar mediciones pitométricas.

Las especificaciones para el diseño de válvulas y accesorios se tratan en detalle en el numeral B.7.6 del RAS.

3.6 DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL

■ Diseño geotécnico

El diseño geotécnico de redes de distribución está asociado con la definición de los siguientes aspectos:

- Secciones de instalación y rellenos: Determinación de anchos de zanja, tipos de rellenos y grados de compactación. Dentro de los rellenos existen tres zonas bien definidas: apoyo o cimentación de la tubería, atraque (relleno que envuelve la tubería) y recubrimiento de la tubería hasta encontrar el nivel del terreno.

La definición de la sección de instalación está relacionada con la profundidad a la que se coloque la tubería (trazado) y con la capacidad de la tubería de soportar cargas verticales.

- Estructuras de soporte de excavaciones: Si la profundidad, los tipos de material a excavar y el análisis de estabilidad geotécnica lo requieren, se deben diseñar entibados para el soporte temporal de excavaciones.

■ Diseño estructural

Se refiere a los cálculos que garanticen la estabilidad estructural de una tubería teniendo en cuenta sus dimensiones, el material de que está hecha, la profundidad de instala-

ción, las cargas a las que estará expuesta (vías, zonas verdes), y el tipo y grado de compactación de los rellenos que conforman su sección de instalación.

Igualmente, el diseño estructural debe tratar y resolver los problemas de anclaje que se tienen en los cambios de dirección tanto horizontales como verticales, pues en dichos puntos se generan una serie de fuerzas desbalanceadas que atentan contra la estabilidad de la tubería. Dependiendo del tipo de uniones y accesorios que se tengan en cada material de tuberías se pueden tener soluciones como la construcción de bloques de anclaje en concreto, o la soldadura o rigidización de un tramo de tubería a lado y lado de la deflexión para hacer que estas fuerzas desbalanceadas sean transmitidas al suelo de relleno que circunda la tubería.

Todas las consideraciones que deben ser tenidas en cuenta en el diseño geotécnico y estructural de tuberías de distribución se presentan en forma detallada en el numeral B.7.5 y en el título G del RAS.

3.7 ACOMETIDAS O CONEXIONES DOMICILIARIAS

La acometida es la tubería que va desde la red de distribución hasta la red interna de un usuario, y permite su conexión al sistema de acueducto. Para el control del caudal circulante por la acometida se instala un micromedidor de caudal, un registro de corte y una válvula de cheque, en casos de posibilidad de contra flujo; adicionalmente, antes de ingresar a la propiedad de cada usuario se construye una cajilla para protección, mantenimiento y lectura de estos elementos.

Las consideraciones que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de las conexiones domiciliarias (acometidas) y su respectivo micromedidor están especificadas en el numeral B.7.6.12 del RAS.

Capítulo 4

EJEMPLO DE APLICACIÓN

En este capítulo se presenta un ejemplo de aplicación de los temas tratados en esta Guía, esto es, el diseño conceptual y detallado de las tuberías o redes de distribución.

El caso analizado corresponde a la red del acueducto del municipio de San Vicente (Antioquia), cuyo sistema de agua potable y saneamiento básico fue también tomado como ejemplo para las Guías RAS-001 y RAS-002, en donde se desarrollan los temas de definición del nivel de complejidad, evaluación de la población y demanda de agua e identificación y priorización de proyectos; por lo tanto, en la ejecución de esta Guía RAS-003 ya se cuenta con la evaluación y cuantificación de estos parámetros, y esas dos primeras guías hacen parte integral del desarrollo del este ejemplo de aplicación.

4.1 INFORMACIÓN BÁSICA

4.1.1 Planos y catastro de la red de distribución

■ Red de distribución

En la figura 1 se presenta un plano de la red de distribución de agua potable del casco urbano del municipio, el cual fue reconstruido a partir de planos parciales existentes en la Secretaría de Servicios Públicos.

En este plano de la red se muestra la longitud de la tubería, los diámetros y su disposición geométrica; igualmente, se presenta la ubicación de la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento.

Originalmente, la red de distribución del sistema de acueducto era en hierro galvanizado, que fue reemplazada en la década de los ochenta. La red actual, en PVC, la conforman básicamente dos mallas de las cuales se desprenden varios ramales que abastecen los

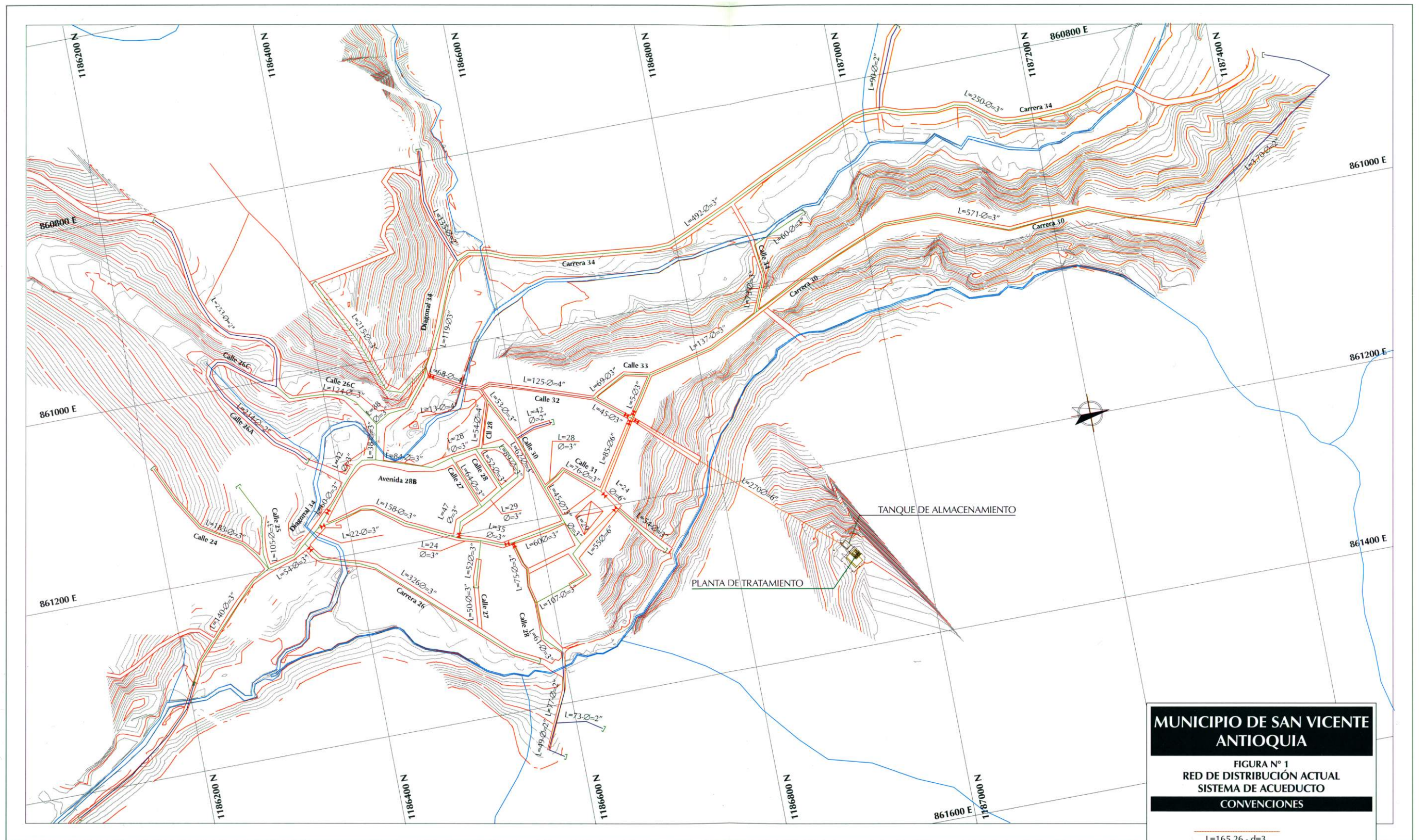


TABLA 3
CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO

Descripción tubería	Diámetro nominal (pulg)	Diámetro interno (mm)	Cantidad (m)	Estado
PVC-P RDE 21	1,5	38	150	Nueva
PVC-P RDE 21	2	55	2.270	Bueno
PVC-U.Z RDE 26	3	82	4.144	Bueno
PVC-U.Z RDE 26	4	106	295	Bueno
PVC-U.Z RDE 32.5	6	155	434	Bueno

TABLA 4
CATASTRO DE VÁLVULAS E HIDRANTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Estado	Ubicación
1. Válvulas - Diámetro 2 pulgadas	Un	1	Nueva	Vía al matadero
	Un	1	Nueva	Vía a planta de tratamiento
- Diámetro 3 pulgadas	Un	1	Nueva	Diagonal 34 x calle 25
	Un	3	Buena	Diagonal 34 x carrera 30
	Un	1	Nueva	Vía a Medellín
	Un	1	Buena	Carrera 34 x avenida 26B
	Un	2	Enterrada*	Carrera 34 x calle 32
	Un	1	Buena	Calle 30 x avenida 26 ^a
	Un	1	Buena	Carrera 33 x calle 30
	Un	1	Enterrada*	Carrera 34 x calle 33
	Un	1	Buena	Carrera 30 x calle 28
	Un	1	Buena	Calle 30 x carrera 30
	Un	1	Buena	Carrera 29 x calle 30
	Un	1	Buena	Carrera 29 x calle 31
	Un	1	Buena	Calle 31 x carrera 30
	Un	2	Buena	Calle 32 x carrera 30
- Diámetro 4 pulgadas	Un	1	Buena	Carrera 30 x calle 33
	Un	1	Buena	Carrera 33 x calle 30
	Un	1	Enterrada*	Carrera 34 x calle 32
- Diámetro 6 pulgadas	Un	1	Buena	Carrera 34 x carrera 30
	Un	1	Buena	Carrera 30 x calle 31
	Un	1	Buena	Carrera 30 x calle 31
2. Hidrantes - Diámetro 3 pulgadas	Un	1	Retirado+	Carrera 30 x calle 31
	Un	1	Retirado+	Calle 32 x carrera 30
	Un	1	Retirado+	Diagonal 34 x carrera 30

* válvula enterrada, cubierta por la pavimentación.

+ hidrante retirado, existe en planos pero no existe físicamente en la actualidad.

■ Micromedición

En la actualidad el servicio de acueducto cuenta con 1.516 suscriptores registrados por la Oficina de Servicios Públicos del municipio, cuya información fue obtenida a partir de los registros de facturación correspondientes al mes de junio de 1999.

Se estima que solamente dieciséis (16) viviendas del casco urbano no son atendidas, debido a que se encuentran ubicadas topográficamente por encima de la cota de servicio del tanque de almacenamiento de agua tratada, lo que daría una cobertura del servicio de acueducto cercana al 99%. Al revisar los listados de facturación se observa que muchos suscriptores no presentan consumo, y algunos otros presentan un consumo inferior y/o igual a 3 m³ por mes, por lo cual para fines de estimación de consumos reales y pérdidas físicas de agua se decidió depurar la facturación eliminando estos registros que obedecen probablemente a fallas en los micromedidores.

El resultado de la depuración indica que solamente 1.075 suscriptores, de los 1.516 registrados, disponen de medidores en buen estado, mientras que los 471 suscriptores restantes tienen micromedidores averiados y registran submedición por falta de mantenimiento. Por esta razón, aunque nominalmente se tiene una cobertura del 100% en la micromedición, en realidad la cobertura efectiva es de sólo el 70%. Por consiguiente, sólo se factura al mes aproximadamente 16.000 m³, cuando los estimativos de la demanda indican que con una adecuada micromedición se deberían facturar más de 22.000 m³ mensuales.

■ Macromedición

En la tubería de salida del tanque de almacenamiento hacia la red de distribución se tiene instalado un macromedidor de 150 mm de diámetro (6") del tipo hélice que mide instantáneamente el caudal y acumula el volumen de agua tratada suministrada a la red de distribución.

4.1.2 Información básica y complementaria del sistema de acueducto

En las Guías RAS-001 *"Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua"*, y RAS-002 *"Identificación, justificación y priorización de proyectos"* se presenta toda la información básica existente sobre el sistema de acueducto y alcantarillado del municipio de San Vicente; igualmente, como resultado de los ejemplos de aplicación allí presentados, se obtuvo la justificación del proyecto de redes matrices de acueducto, la definición del nivel de complejidad del sistema, los estimativos de crecimiento de población y demanda de agua así como su distribución espacial y la definición del caudal máximo horario, parámetro con el que deben diseñarse las redes de distribución de acueducto.

Dado que la utilización de esta Guía se debe realizar en conjunto con las guías RAS-001 y 002, sólo se transcriben aquí los resultados del cálculo de algunos de los parámetros requeridos como información básica y complementaria para el tema que cubre esta Guía.

La siguiente información ha sido tomada de la Guía RAS-001.

■ Aspectos institucionales

La entidad encargada de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo es la Secretaría de Servicios Públicos, adscrita a la administración municipal.

■ Volumen de producción de agua tratada

A partir de los registros que se llevan en la planta de tratamiento se analizaron los volúmenes de producción de agua tratada del último año, encontrándose que la producción media mensual es de 26.957 m^3 (aproximadamente $10,4 \text{ l/s}$).

■ Tanques de almacenamiento

El agua tratada que sale de la planta ingresa a un tanque de almacenamiento de 140 m^3 de capacidad, desde el cual se alimenta la red de distribución a través de una tubería de 150 mm ($\text{Ø}6''$). Este tanque está ubicado altimétricamente a unos 60 metros por encima de las cotas de terreno más bajas del casco urbano del municipio; existe una pequeña zona (al sur) donde las viviendas se han construido a una elevación similar a la del tanque de almacenamiento, por lo cual no pueden ser atendidas por el sistema de acueducto.

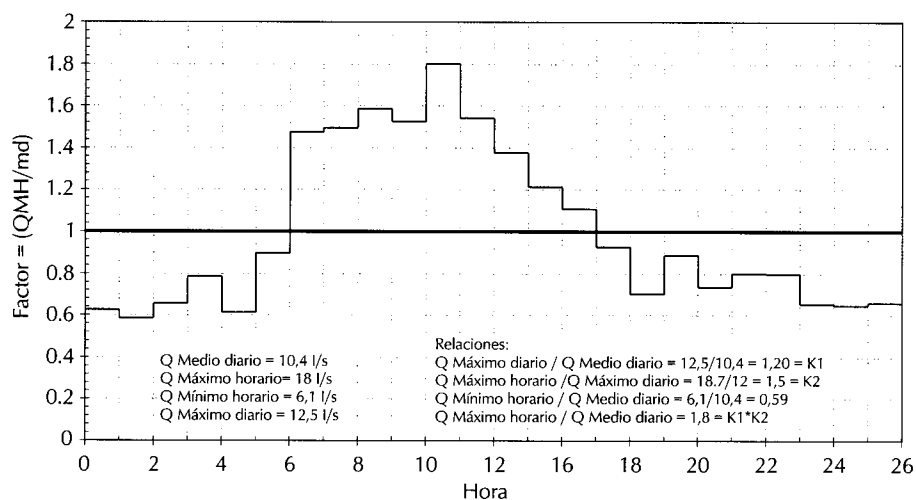
■ Curva de variación horaria de la demanda

Por mediciones a la salida del tanque de almacenamiento de agua tratada que alimenta la red de distribución se obtuvo una curva promedio de variación horaria de la demanda de agua a lo largo de un día (24 horas).

La curva presentada en forma adimensional (referida al consumo medio diario) se muestra en la gráfica 1.

GRÁFICA 1

CURVA DE VARIACIÓN HORARIA DE LA DEMANDA



■ Proyecciones de población

La proyección de población definida para el municipio de San Vicente, después de analizar los diferentes métodos propuestos por el RAS, se presenta en la tabla 5. (ver detalle de cálculo en numeral 5.2 de la Guía RAS-001.)

TABLA 5

PROYECCIONES DE POBLACIÓN PARA SAN VICENTE

Año	Población (habitantes)
1999	4.228
2000	4.350
2010	5.535
2015	6.205
2020	6.942
2025	7.752
2030	8.650

■ Nivel de complejidad del sistema

De acuerdo con la población estimada para el año 2020, correspondiente al horizonte de diseño (se ha tomado un periodo de 20 años para estudios de planes maestros y diseños conceptuales), y teniendo en cuenta la capacidad económica de los usuarios, el nivel de complejidad del sistema se ha determinado como “medio”. (ver numeral 5.3 de la Guía RAS-001).

■ Distribución espacial de la población al año de diseño (2020)

Teniendo en cuenta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (POT) y los estimativos de crecimiento de la población, en el numeral 5.2 de la Guía RAS-001 se presenta una propuesta para la distribución territorial de la población al año 2020. Esta distribución se presenta en la tabla 6 y se ilustra en la figura 2, donde se muestran las zonas de desarrollo actuales y las previstas a corto, mediano y largo plazo.

**Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación**

TABLA 6
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN - AÑO 2020

Sector	Zona/Sección	Área bruta urbanizable Ha	Área neta urbanizable Ha	Densidad hab/Ha	Población hab.
Áreas actuales					
0001	01	17,86	4,13	499,03	2061
0002	02	37,09	4,64	467,03	2167
Subtotal		17,86	8,77	482,10	4228
Mediano plazo	M1	0,95	0,71	150,00	107
(POT)	M2	1,87	1,40	150,00	210
	M3	4,57	3,43	150,00	514
	M4	0,72	0,54	150,00	81
	M5	3,02	2,27	150,00	340
	M6	0,85	0,64	150,00	96
Subtotal		11,98	8,99		1348
Largo plazo	L1	0,96	0,72	66,60	48
	L2	2,20	1,65	66,60	110
	L3	0,24	0,18	66,60	12
	L4	1,36	1,02	66,60	68
	L5	2,13	1,60	66,60	107
	L6	2,52	1,89	66,60	126
	L7	1,85	1,39	66,60	92
	L8	2,12	1,59	66,60	106
	L9	6,19	4,64	66,60	309
	L10	1,40	1,05	66,60	70
	L11	0,81	0,61	66,60	40
	L12	0,36	0,27	66,60	18
	L13	0,85	0,64	66,60	44
Subtotal		22,99	16,52		1150
Largo plazo adicional (POT)					
Total		57,15	37,5	220,00	6942

Fuente: POT Plan Básico de Ordenamiento Territorial - municipio de San Vicente, Masora, 1999.

■ Proyecciones de la demanda de agua

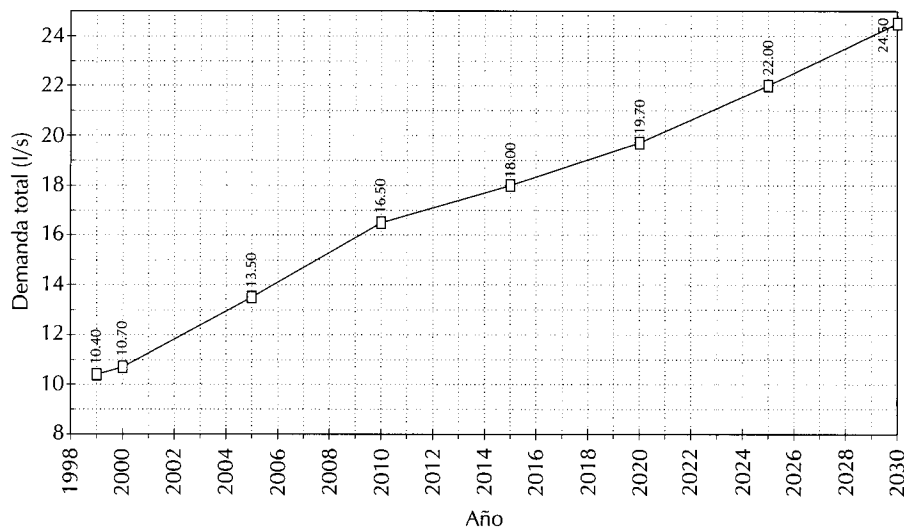
Las proyecciones de demanda media de agua (Q_{md}) se han extractado del numeral 5.5 de la Guía RAS-001, y son las siguientes (tabla 7):

TABLA 7
PROYECCIONES DEMANDA MEDIA DE AGUA

Año	Población	Demanda l/s			Total
		Residencial	Comercial	Oficial	
1999	4.228	8.43	1.17	0.77	10.4
2000	4.350	8.71	1.23	0.80	10.7
2005	4.920	10.88	1.75	0.92	13.5
2010	5.535	13.13	2.31	1.07	16.5
2015	6.205	14.15	2.60	1.21	18.0
2020	6.942	15.43	2.90	1.38	19.7
2025	7.752	17.23	3.25	1.47	22.0
2030	8.650	19.22	3.62	1.60	24.5

La gráfica 2, representa los datos de la tabla 7, la cual es conocida como la Curva de Proyección de la Demanda Media de Agua.

GRÁFICA 2
CURVA DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MEDIA DE AGUA

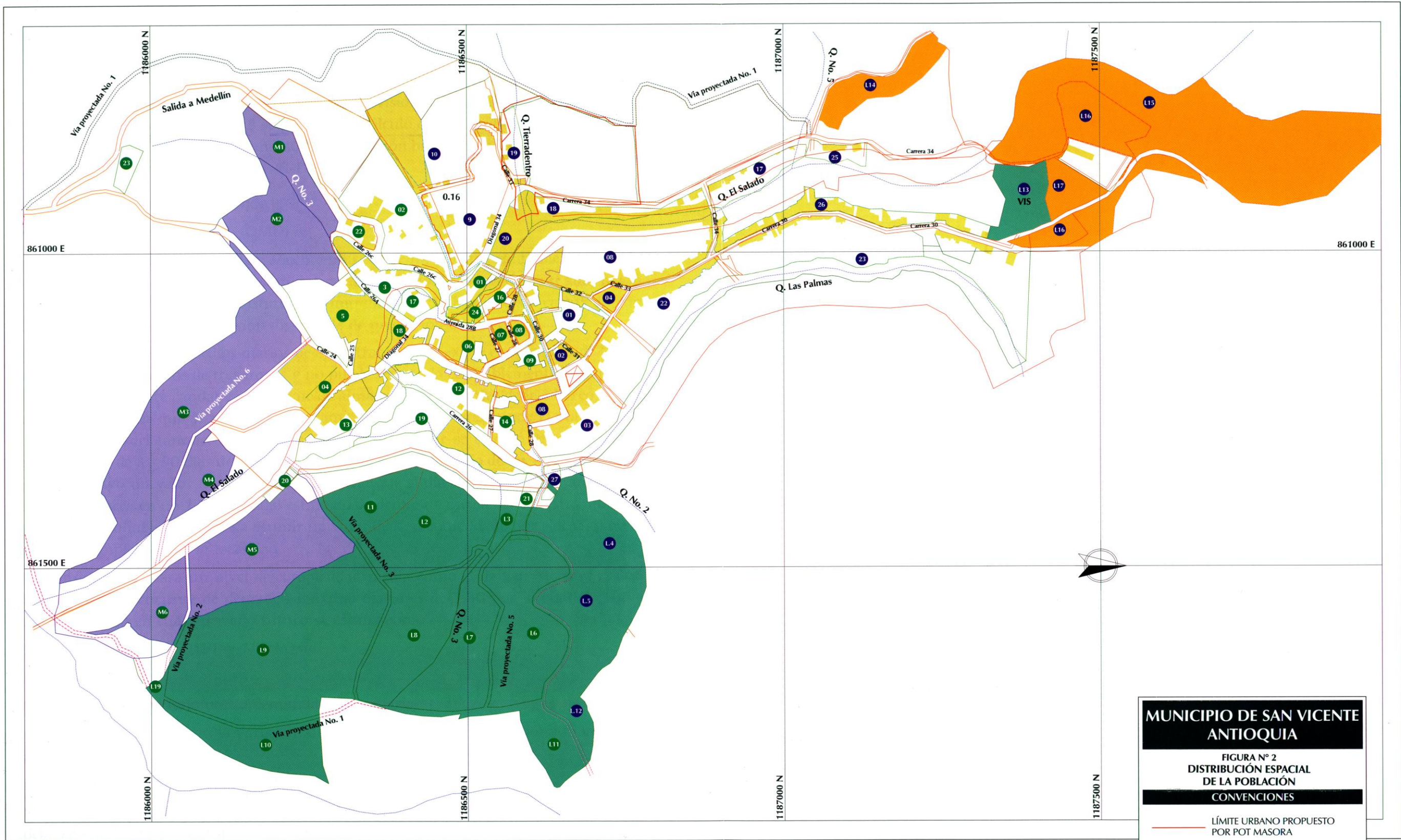


■ Distribución espacial de la demanda media futura de agua

Con la distribución espacial de la población (ver figura 2) y la definición de las dotaciones brutas integradas para cada uno de los quinquenios (ver numeral 5.5 de la Guía RAS-001), se procede a determinar la demanda media de agua para cada área o zona

TABLA 8
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA MEDIA DE AGUA AL AÑO 2020

Sector	Zona/Sección	Población hab.	Demanda l/s
Áreas actuales			
0001	01	2061	5,63
	02	2167	5,92
Subtotal		4.228	11,55
Mediano plazo (POT)			
M	M1	107	0,29
	M2	210	0,57
	M3	514	1,40
	M4	81	0,22
	M5	340	0,93
	M6	96	0,26
Subtotal		1.348	3,67
Largo plazo (POT)			
L	L1	48	0,12
	L2	110	0,29
	L3	12	0,03
	L4	68	0,18
	L5	107	0,28
	L6	126	0,34
	L7	92	0,24
	L8	106	0,28
	L9	309	0,83
	L10	70	0,18
	L11	40	0,11
	L12	18	0,05
	L13	44	0,11
Subtotal		1.150	3,04
Largo plazo adicional			
LA	L19	216	0,44
Total		6.942	19,7



**MUNICIPIO DE SAN VICENTE
ANTIOQUIA**

**FIGURA N° 2
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE LA POBLACIÓN**

CONVENCIONES

- LÍMITE URBANO PROPUESTO POR POT MASORA
- 13 MANZANA SECCIÓN 1
- 27 MANZANA SECCIÓN 2
- URBANIZADO ACTUALMENTE
- ÁREA URBANIZABLE ADICIONAL A LARGO PLAZO
- ÁREA URBANIZABLE MEDIANO PLAZO
- ÁREA URBANIZABLE LARGO PLAZO

urbanizable del municipio de acuerdo con las previsiones de expansión definidas en el POT; como ejemplo, en la tabla 8 se presenta el cálculo de la distribución espacial de la demanda media de agua para el año 2020; la dotación bruta integrada que se usó es de 236 litros por habitante por día (L-H-D).

■ Variaciones de la demanda

• Caudal Máximo Diario (QMD)

En el sistema de acueducto de San Vicente no se tiene un registro confiable (apreciable duración) de caudales diarios consumidos por la población a lo largo de un año, razón por la cual el coeficiente de consumo máximo diario (K_1) no puede ser calculado con certeza a partir de la información disponible de prestación del servicio.

El registro de caudales medios diarios de agua tratada que existe en la planta de tratamiento sólo tiene datos de tres meses y no puede ser usado confiablemente para calcular el K_1 , ya que este caudal va al tanque de almacenamiento antes de ir a la red, y por ese hecho el valor que se obtendría está amortiguado o atenuado por el volumen de compensación del tanque. De todas maneras, dicho valor se calculó relacionando el mayor valor de los 90 días de registro (12,5 l/s) con el promedio de los 90 días (10,4 l/s) y se obtuvo un valor $K_1 = 1,20$ que indicaría que el día de máxima demanda en el año sólo supera en un 20% el caudal estimado de demanda media. Como esta información no es confiable se recurre a asumir un valor de K_1 recomendado por el RAS, para el nivel de complejidad de la localidad.

En consecuencia, para un nivel de complejidad medio como el de San Vicente, el RAS indica que el coeficiente de demanda máxima diaria es de 1,30 por lo cual el caudal máximo diario en cualquier año futuro se estima como:

$$QMD = 1,30 * Qmd$$

donde:

Qmd = Caudal generado por la demanda media diaria.

En la gráfica 3 se muestra la variación del QMD (caudal máximo diario) a lo largo del periodo de diseño.

• Caudal Máximo Horario (QMH)

El Caudal Máximo Horario para el año final del periodo de diseño es el parámetro que debe ser utilizado para el dimensionamiento y diseño hidráulico de las tuberías que conforman la red de distribución de un sistema de acueducto.

De la curva de variación horaria de la demanda medida en la red de distribución (ver gráfico 1) se calcula la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio en un período de 24 horas. Para el caso de San Vicente este valor es 1,8, de donde:

$$Q_{MH} = 1,8 * Q_{md}$$

Para el cálculo del coeficiente de consumo máximo horario K_2 , se tiene:

$$K_2 = \frac{Q_{MH}}{Q_{MD}} = 1,5$$

Usando $Q_{MH} = 1,8 * Q_{md}$ y $Q_{MD} = 1,20 * Q_{md}$, que son los valores medidos.

Como en el anterior numeral se determinó ajustar el valor de K_1 a 1,30, según el RAS, el caudal máximo horario (Q_{MH}), será:

$$Q_{MH} = K_1 * K_2 * Q_{md}$$

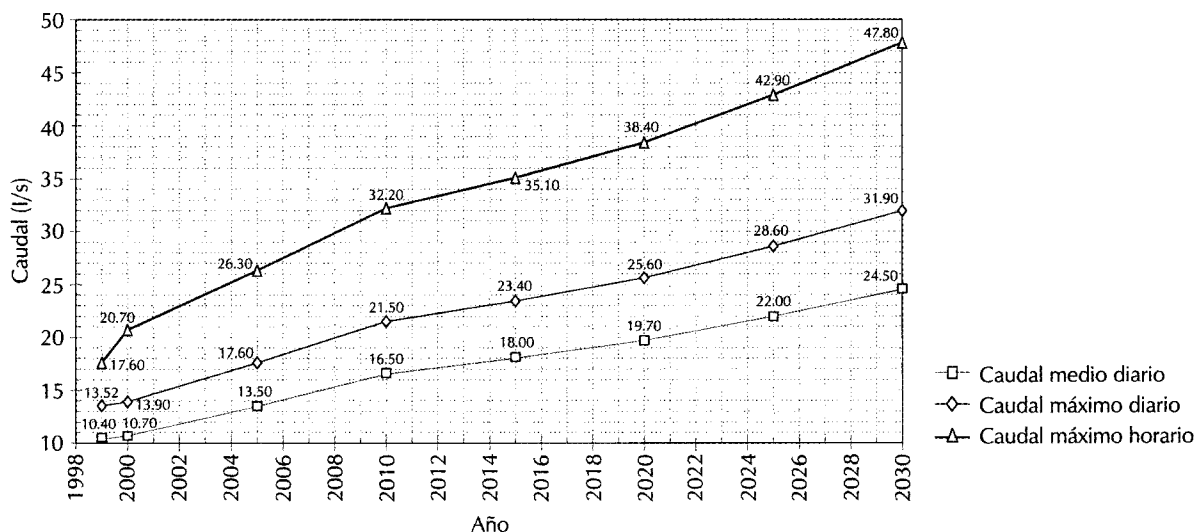
$$Q_{MH} = 1,3 * 1,5 * Q_{md} = 1,95 Q_{md}$$

Este es el valor recomendado para ser usado en la planeación y el diseño de las redes de distribución del sistema de acueducto. Este valor es mayor al registrado ($1,80 * Q_{md}$), pero como los registros de caudales máximos diarios son de corta duración (90 días) se considera que el valor propuesto de 1,95 proporciona una mayor seguridad a la vez que está dentro de los límites permitidos por el RAS para este nivel de complejidad.

En la gráfica 3 se presentan los valores de Q_{md} , Q_{MD} y Q_{MH} , quinquenio a quinquenio hasta el año 2030.

GRÁFICA 3

PROYECCIONES DEL CAUDAL MEDIO, MÁXIMO DIARIO Y MÁXIMO HORARIO



4.2 DIAGNÓSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL

■ Metodología utilizada

Para efectuar el diagnóstico de la red de distribución es necesario repartir espacialmente la demanda de agua, lo cual debe hacerse a partir de la distribución actual y futura de la población (Plan de Ordenamiento Territorial, ver figura 2) y de los estimativos de demanda de agua obtenidos de los consumos actuales (ver numerales 5.2, 5.4 y 5.5 de la Guía RAS-001).

Adicionalmente, a partir del plano de catastro de redes se procedió a esquematizar la red, conformando nodos en los puntos donde varían los diámetros o en sitios donde se concentran demandas de agua considerables.

En la figura 3-A se presenta el esquema físico y codificado de la red actual, donde se pueden observar las longitudes y los diámetros de las tuberías, así como la localización altimétrica de los puntos o nodos de demanda.

La distribución espacial de la demanda permite asociar a cada nodo de la red un valor del caudal a ser atendido en cada manzana. La demanda media diaria utilizada para realizar esta distribución es la del año 1999, que representa un caudal de 10,4 l/s (ver numeral 5.5.1, Guía RAS-001).

El análisis hidráulico de la red determina el funcionamiento y la capacidad del sistema de tuberías que conforman la red de distribución, y para esto es necesario determinar su comportamiento bajo condiciones de flujo del caudal máximo horario, medio diario y mínimo horario, siendo este último para verificar las condiciones de trabajo de la red bajo presiones máximas.

Para el cálculo y la evaluación de las características hidráulicas se usó el programa de simulación o modelo matemático KYPIPE 3 de la Universidad de Kentucky, que es uno de los recomendados por el RAS.

Dado que la red de distribución del municipio la conforman tuberías con diámetros de 150 mm ($\varnothing 6''$), 100 mm ($\varnothing 4''$), 75 mm ($\varnothing 3''$) y 50 mm ($\varnothing 2''$), en material tipo PVC, en la simulación se utiliza un coeficiente de fricción global ($C=120$) para la fórmula de Hazen-Williams, la cual también es una de las aceptadas por el RAS.

El caudal de evaluación de la red existente es el caudal máximo horario, que se determinó para esta etapa de diagnóstico con base en las mediciones efectuadas en el sitio, siendo 1,7 veces la demanda media diaria (ver numeral 4.1.2 de esta Guía); lo anterior indica que el caudal máximo horario es de 17,60 l/s. Adicionalmente se adoptó el criterio de que las presiones máximas en la red en lo posible no deben sobrepasar los 60 m.c.a. y las mínimas deben ser superiores o iguales a los 10 m.c.a. (RAS).

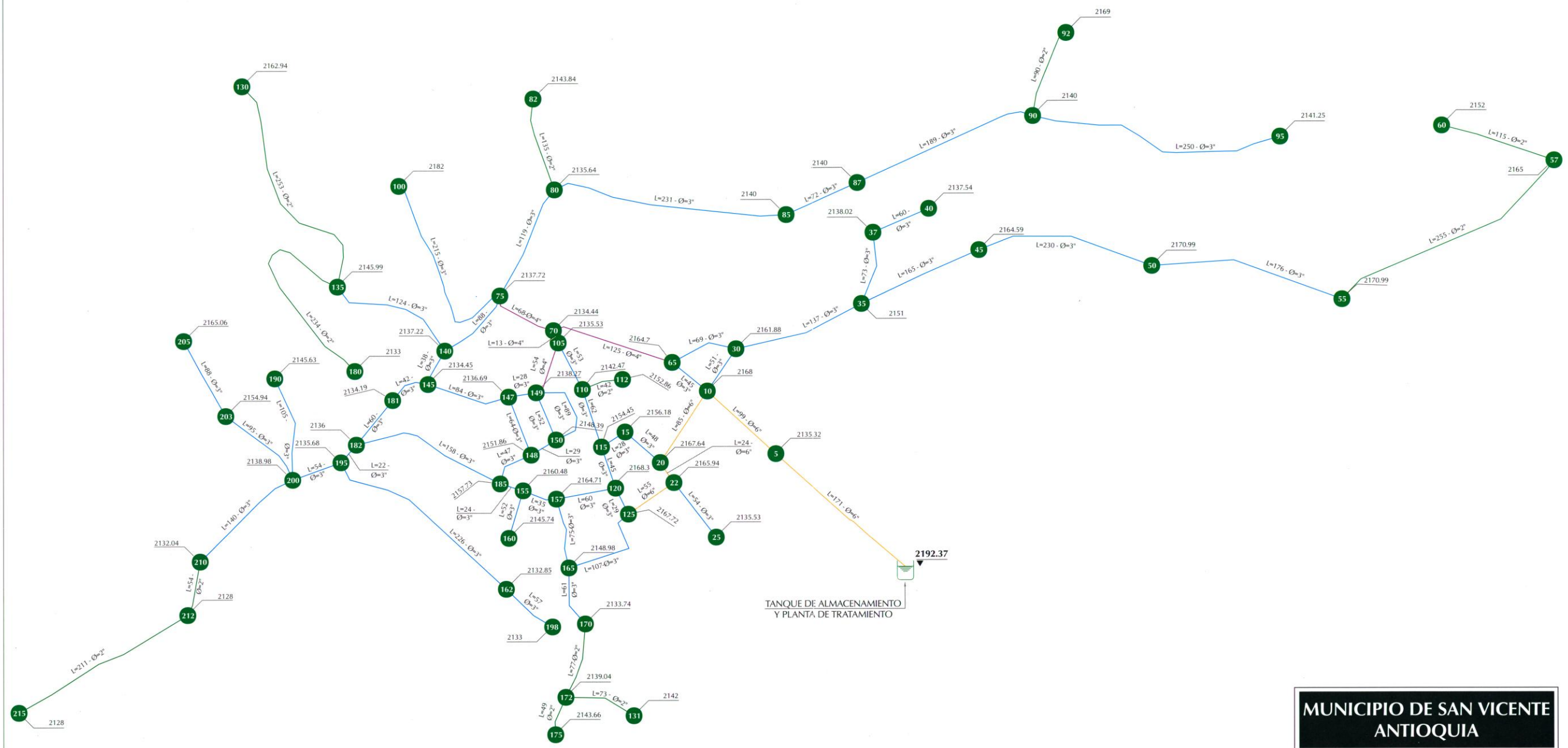
■ Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos con la simulación permiten determinar que para los requerimientos actuales la red de distribución presenta unas condiciones aceptables en cuanto a capacidad, velocidad y presiones. En la figura 3-B se presentan los resultados de la simulación hidráulica de la red bajo las condiciones de caudal máximo horario; allí se puede apreciar la distribución espacial de la demanda sobre los diferentes nudos de la red, así como los principales parámetros de comportamiento hidráulico como son el caudal circulante por cada tramo de tubería, su dirección y la presión de servicio en cada nodo, expresada en metros de columna de agua (1 m.c.a. es igual a 1 ton/m^2 y a $0,1 \text{ kg/cm}^2$). Los resultados de la simulación hidráulica que permitieron elaborar esta figura resumen de las condiciones operativas actuales se presentan en el Anexo 1 de esta Guía.

A partir de los resultados de la simulación se puede afirmar que en condiciones de demanda máxima horaria se presentan presiones de hasta 63 m.c.a., en puntos bajos localizados en cercanías a las quebradas que atraviesan el municipio; las velocidades de operación en un gran porcentaje (cerca del 75%) son inferiores a 0,30 m/s, situación que obedece a la falta de cierres o mallas, debido a la topografía abrupta que obliga a tender redes abiertas a partir de unos pocos circuitos localizados en el sector céntrico; la ubicación altimétrica del tanque de almacenamiento permite atender a todos los usuarios actuales localizados dentro del perímetro de servicios del municipio, encontrándose únicamente un punto con una presión de servicio inferior a 10 m.c.a., ubicado en inmediaciones del cementerio (nodo 100 con 7,28 m.c.a.).

En la simulación para condiciones de consumo o demanda mínima horaria se obtienen presiones hasta de 64 m.c.a. en sitios bajos localizados en cercanías a las riberas de las quebradas, presiones que pueden ser asumidas por la tubería instalada. En el Anexo 1 se presentan los resultados de las simulaciones hidráulicas efectuadas (listados de entrada y salida del modelo) para las condiciones de caudal medio, mínimo y máximo horario.

En general, el sistema de redes de distribución es aceptable hidráulicamente, aunque se debe optimizar adecuando un sistema de válvulas de corte y sectorización que permita realizar movimientos y cierres de sectores sin necesidad de suspender el servicio totalmente. Además, se recomienda construir en forma inmediata unos pequeños tramos de tuberías que tienen la función de cerrar circuitos; estos tramos están comprendidos entre los nodos 10 y 65, 37 y 87, 160 y 162, y 180 y 181. La ubicación de estos tramos de tuberías y sus características principales (longitud y diámetro interno) se presentan en forma de trazos punteados en la figura 4-A, que muestra el esquema físico previsto para la red a finales del año 2000; es decir, se considera que estos pequeños tramos de tubería deben ser construidos en forma inmediata.



TANQUE DE ALMACENAMIENTO
Y PLANTA DE TRATAMIENTO

**MUNICIPIO DE SAN VICENTE
ANTIOQUIA**

FIGURA N° 3-A
RED DE ACUEDUCTO (AÑO 1999)
ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO DE LA RED

CONVENCIONES

COTA

N = NODO

L=165.26 - Ø=3

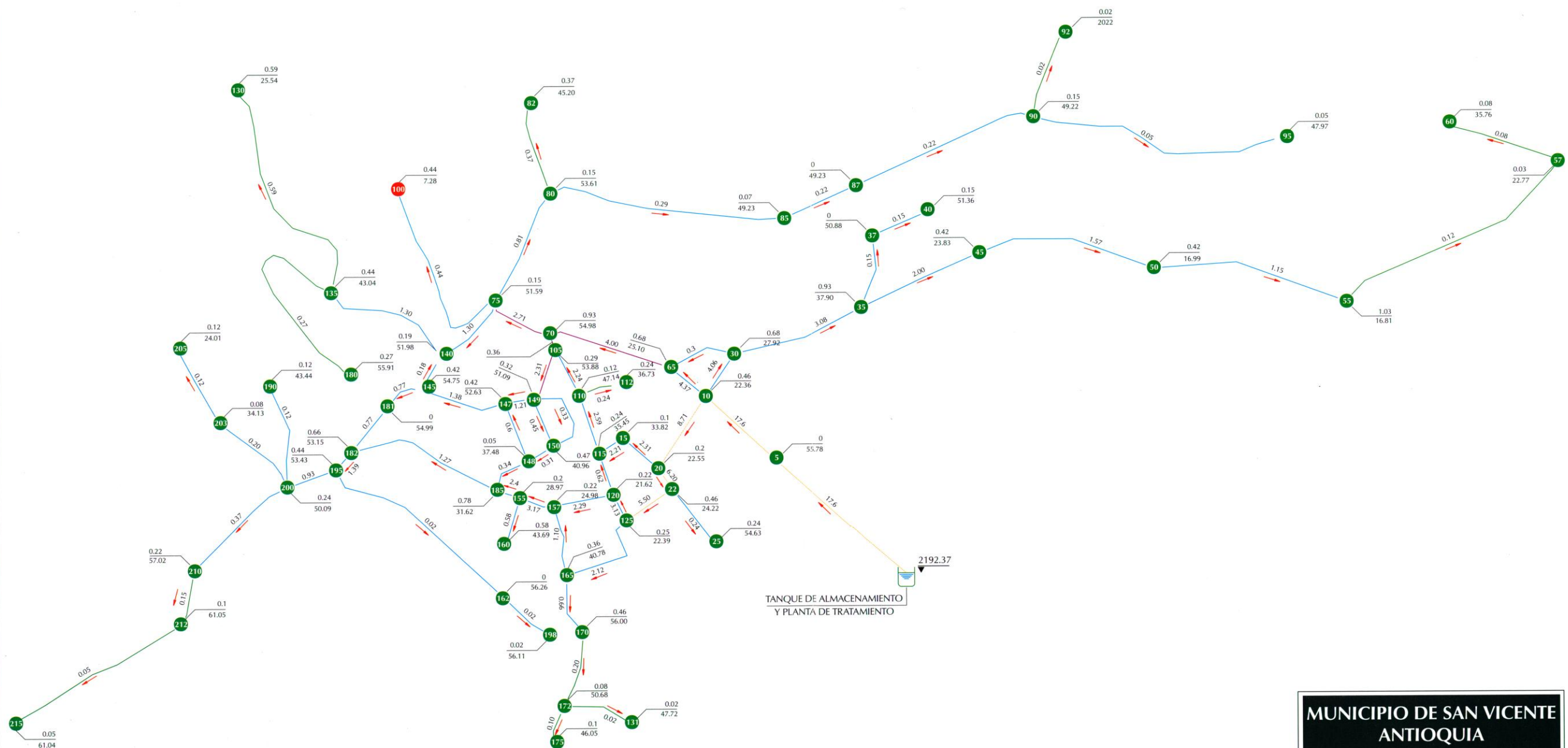
LONGITUD (m) DIÁMETRO EN PULGADAS

	TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
	TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
	TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
	TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
	TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación anexo 1.
2. Cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm)

(Nodo con presión superior a 15 m.c.a.)



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 3-B
RED DE ACUEDUCTO
AÑO (1999)
RESULTADOS-DEMANDA MÁXIMA HORARIA

CONVENCIONES

DEMANDA (L/S)
PRESIÓN (m.c.a.)
= NODO
0.26
CAUDAL (L/S)

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. El caudal que circula entre nodos es el máximo horario.
3. ● Nodo con presión inferior a 15 m.c.a.

De acuerdo con el cálculo de pérdidas de agua dentro del sistema de distribución (numeral 5.4.2, Guía RAS-001) se estima que del 40% actual de pérdidas totales un 22% corresponde a pérdidas comerciales (submedición por tener un 30% de medidores descalibrados) y el restante 18% a pérdidas físicas dentro de la red de distribución, factor que está dentro de lo normal.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN FUTURA Y DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN (DISEÑO CONCEPTUAL)

4.3.1 Parámetros para el dimensionamiento hidráulico del diseño conceptual

En general, en el municipio de San Vicente no existen redes matrices de acueducto ya que tanto la infraestructura existente como la proyectada es inferior a 300 mm (12 pulgadas), por lo cual las redes menores actúan como tuberías secundarias y menores de distribución, y sobre estas se deben garantizar las presiones máximas y mínimas para que el sistema opere adecuadamente.

La concepción del proyecto y diseño de obras por etapas incluyó, entre otras, las siguientes definiciones:

- Definición de caudales a partir de los estudios de proyecciones de población, dotación y demanda, y específicamente de la distribución espacial de la demanda, la delimitación del perímetro sanitario y el análisis del sistema de distribución existente, con el objeto de aprovechar de manera eficiente las tuberías instaladas.
- El periodo de planeamiento y diseño conceptual para la red de distribución de agua potable es función del nivel de complejidad del sistema. Para el municipio de San Vicente se fijó un periodo de 20 años, y dentro de él se propusieron obras de ejecución inmediata y en el corto, mediano y largo plazo.
- El caudal de diseño se tomó como el caudal máximo horario (QMH) proyectado, el cual contempla metas para el control de pérdidas, de acuerdo con lo establecido en la Ley 373 de 1997.
- El cálculo hidráulico de la red de distribución se efectuó a partir de la ecuación de Hazen-Williams para una tubería tipo policloruro de Vinilo, PVC ($C = 130$ para tubería nueva y $C=120$ para tubería existente, valores de rugosidad globales que incluyen pérdidas por fricción y pérdidas menores). Estos valores se obtienen a partir de la experiencia del consultor. El cálculo se realizó con ayuda del

programa de simulación hidráulica KYPIPE 3, desarrollado por la Universidad de Kentucky.

- De acuerdo con el RAS, la presión mínima de servicio se estableció en 10 m.c.a (98,1 KPa) para la simulación en condición de demanda máxima horaria, y la presión máxima o la correspondiente a los niveles estáticos se tomó como 60 m.c.a. (588,6 KPa), dada la condición topográfica del municipio, la ubicación de la planta de tratamiento, la del tanque de distribución y la delimitación de las zonas a ser atendidas en el corto, mediano y largo plazo.
- Como diámetro mínimo interno de la red de distribución se permitió el valor de 50 mm (2 pulgadas) para las etapas inmediatas. Hacia el mediano y largo plazo se proyecta el reemplazo de estas redes a un diámetro mínimo interno de 75 mm (3 pulgadas) y para los hidrantes se estableció un diámetro mínimo de 75 mm (3 pulgadas).

4.3.2 Simulaciones hidráulicas

La secuencia que se seguirá en la ejecución de las simulaciones hidráulicas en que se apoya el diseño conceptual, es la siguiente:

- Se partió del esquema actual de la red de distribución (año 1999), y por iteraciones sucesivas con el modelo hidráulico se encontró el esquema de tuberías que, con los menores diámetros posibles (costos más bajos), mostrara unas condiciones operativas que cumplieran con los requerimientos de caudal demandado y presión mínima por nodo, en condiciones de demanda máxima horaria para el año de diseño (2020). Este esquema de red final es el diseño conceptual propuesto.
- Se definieron los siguientes años o periodos de implementación de obras:
 - Obras inmediatas: Ejecución año 2000, para subsanar deficiencias en la red actual detectadas en el diagnóstico.
 - Obras de corto plazo: Ejecución en los años 2000 y 2001, con cobertura hasta el año 2005.
 - Obras de mediano plazo: Ejecución en años 2005 y 2006, con cobertura al año 2010.
 - Obras de largo plazo: Ejecución en años 2010 a 2012, con cobertura al año horizonte de diseño = 2020.
- A partir del esquema de red actual, y con ayuda del modelo de simulación, se analizan los requerimientos mínimos de nuevas tuberías (de los propuestos en el esquema conceptual final y con el dimensionamiento allí definido) para atender

los requerimientos de la demanda del último año de cobertura de cada periodo de obras (años 2000, 2005 2010). Así, por etapas se va construyendo el esquema de red que definió el diseño conceptual final (año 2020).

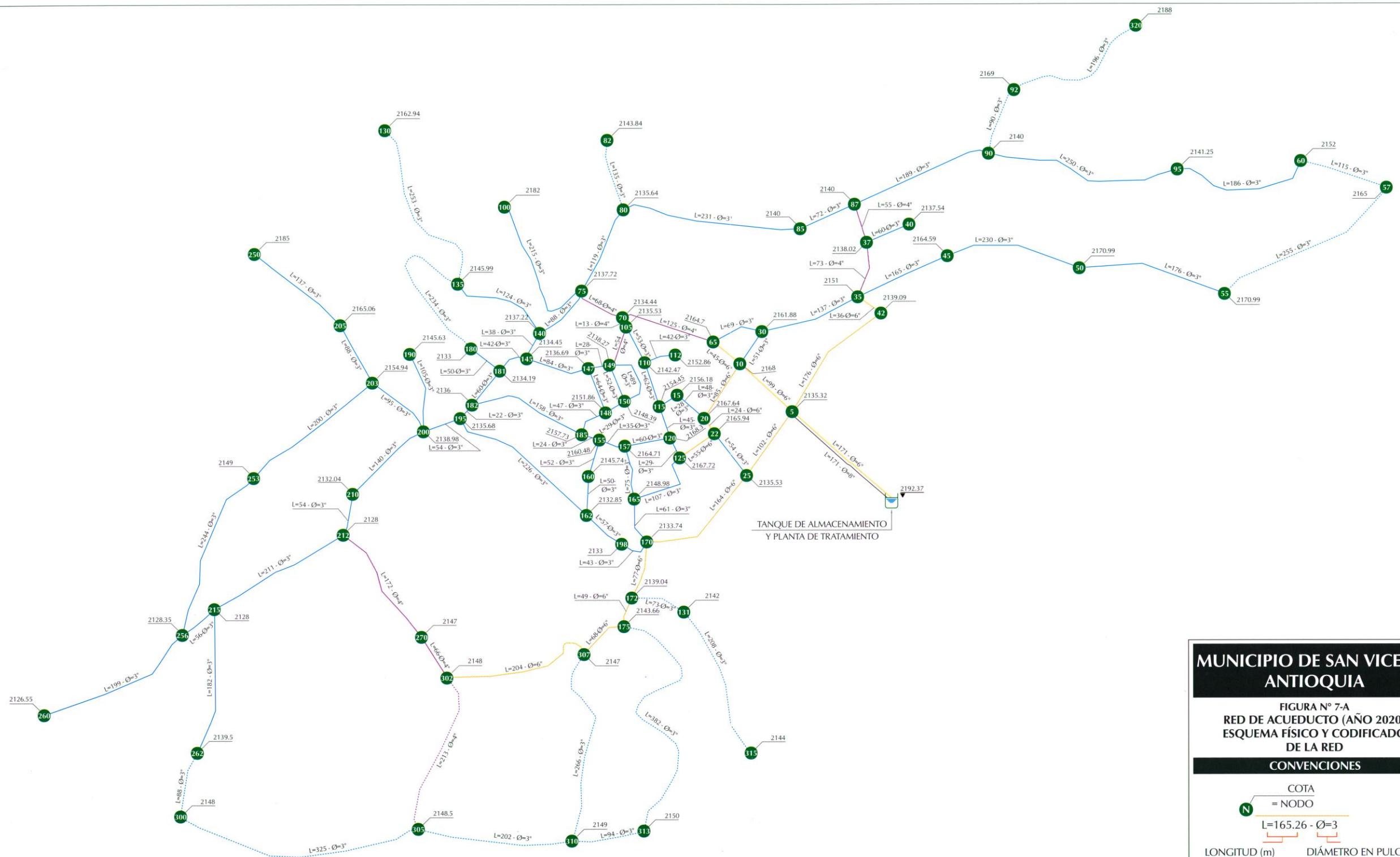
Debido a la estrechez de los corredores y a la existencia de pavimento rígido en las calles de San Vicente, que dificulta la construcción de tuberías de refuerzo en el futuro, cada nueva tubería que se instale debe tener el dimensionamiento requerido para el año de diseño (2020).

4.3.3 Resultados obtenidos

En las figuras 4-A a 7-A se presentan los esquemas físicos (diámetros y longitudes) de las tuberías que es necesario instalar para cubrir las necesidades de cobertura de los años 2000 a 2020. En las figuras 4-B a 7-B se presentan los resultados de los cálculos hidráulicos (demandas por nodo, caudales por tubería y presiones por nodo) para los mismos esquemas físicos, que muestran el cumplimiento de los requerimientos de un buen servicio de acueducto a los usuarios (garantía de caudal y presión, en condiciones de demanda máxima horaria al final de cada período de obras). De esta manera quedan definidas las obras que congruentes con el esquema horizonte de diseño (figuras 7-A y 7-B, año 2020) deben implementarse en cada etapa. Esto corresponde a planeamiento a largo plazo. Igualmente, en el Anexo 2 se presentan los listados de computador de la corrida del año de diseño (2020), donde se pueden apreciar los valores de los parámetros hidráulicos para las condiciones de demanda media y caudal máximo y mínimo horario.

En las figuras mencionadas, las nuevas tuberías que deben ser implementadas en el periodo se muestran en líneas a trazos con colores que dependen del diámetro.

Usualmente, sólo se llevan a diseño en detalle las obras a ejecutar en los próximos diez años a partir de la fecha del diseño conceptual; las obras de etapas posteriores deben ser verificadas en el futuro, con una revaluación del diseño conceptual, para corroborar si se han producido los crecimientos estimados tanto en población y demanda de agua, como en su distribución territorial, y así optimizar los recursos requeridos para la construcción de estas obras.



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 7-A
RED DE ACUEDUCTO (AÑO 2020)
ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO
DE LA RED

CONVENCIONES

COTA
= NODO
 $L=165.26 - \varnothing=3$
LONGITUD (m) DIÁMETRO EN PULGADAS

TUBERÍA EXISTENTE

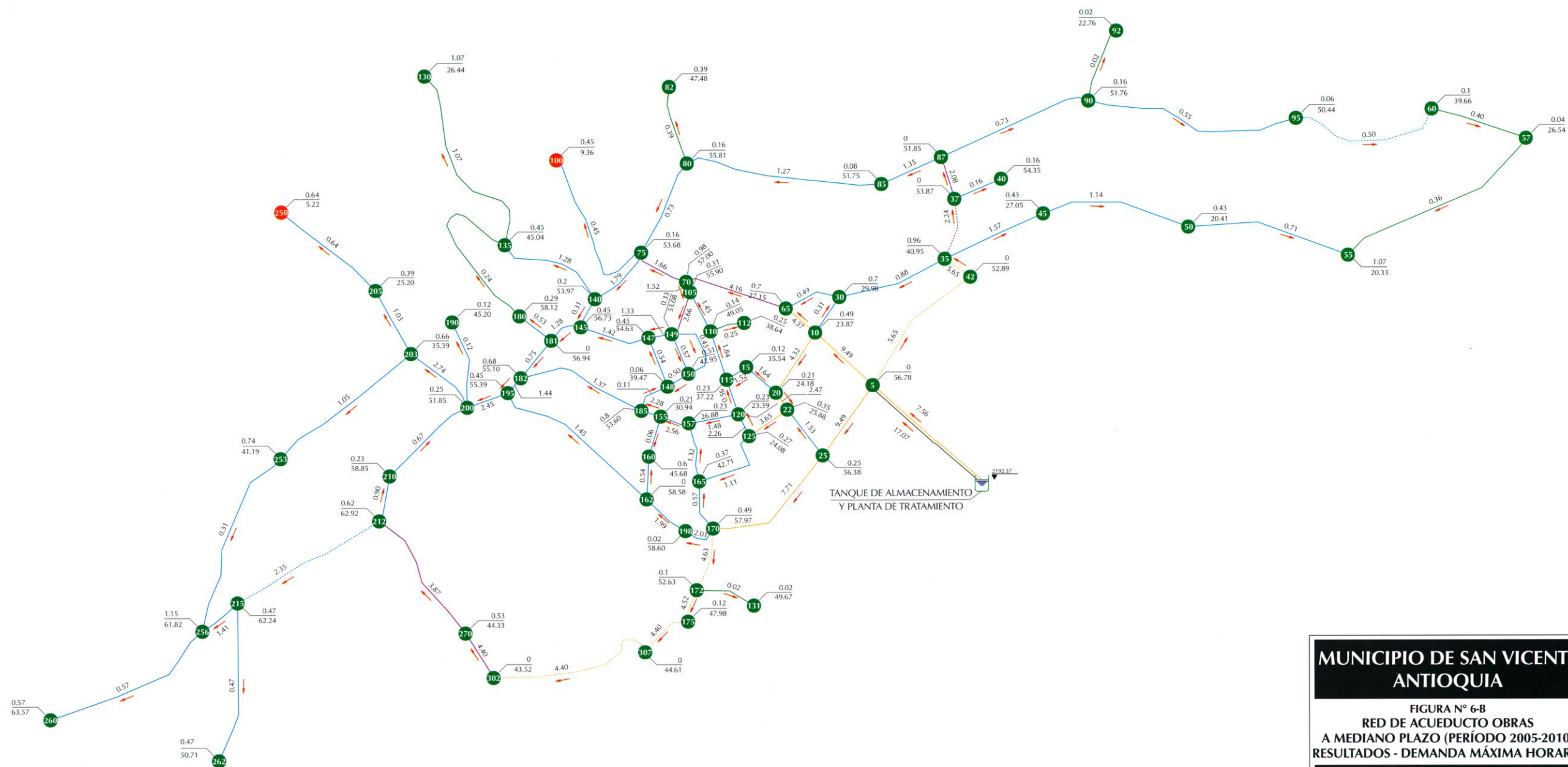
— TUBERÍA $\varnothing 8"$ (200 mm)
— TUBERÍA $\varnothing 6"$ (150 mm)
— TUBERÍA $\varnothing 4"$ (100 mm)
— TUBERÍA $\varnothing 3"$ (75 mm)
— TUBERÍA $\varnothing 2"$ (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

..... TUBERÍA $\varnothing 8"$ (200 mm)
..... TUBERÍA $\varnothing 6"$ (150 mm)
..... TUBERÍA $\varnothing 4"$ (100 mm)
..... TUBERÍA $\varnothing 3"$ (75 mm)
..... TUBERÍA $\varnothing 2"$ (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación anexo 2.
2. Cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm)



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 6-B
RED DE ACUEDUCTO OBRAS
A MEDIANO PLAZO (PERÍODO 2005-2010)
RESULTADOS - DEMANDA MÁXIMA HORARIA

CONVENCIONES

DEMANDA (L/S)
PRESIÓN (m.c.a)
N = NODO
0.26
CAUDAL (L/S)

TUBERÍA EXISTENTE

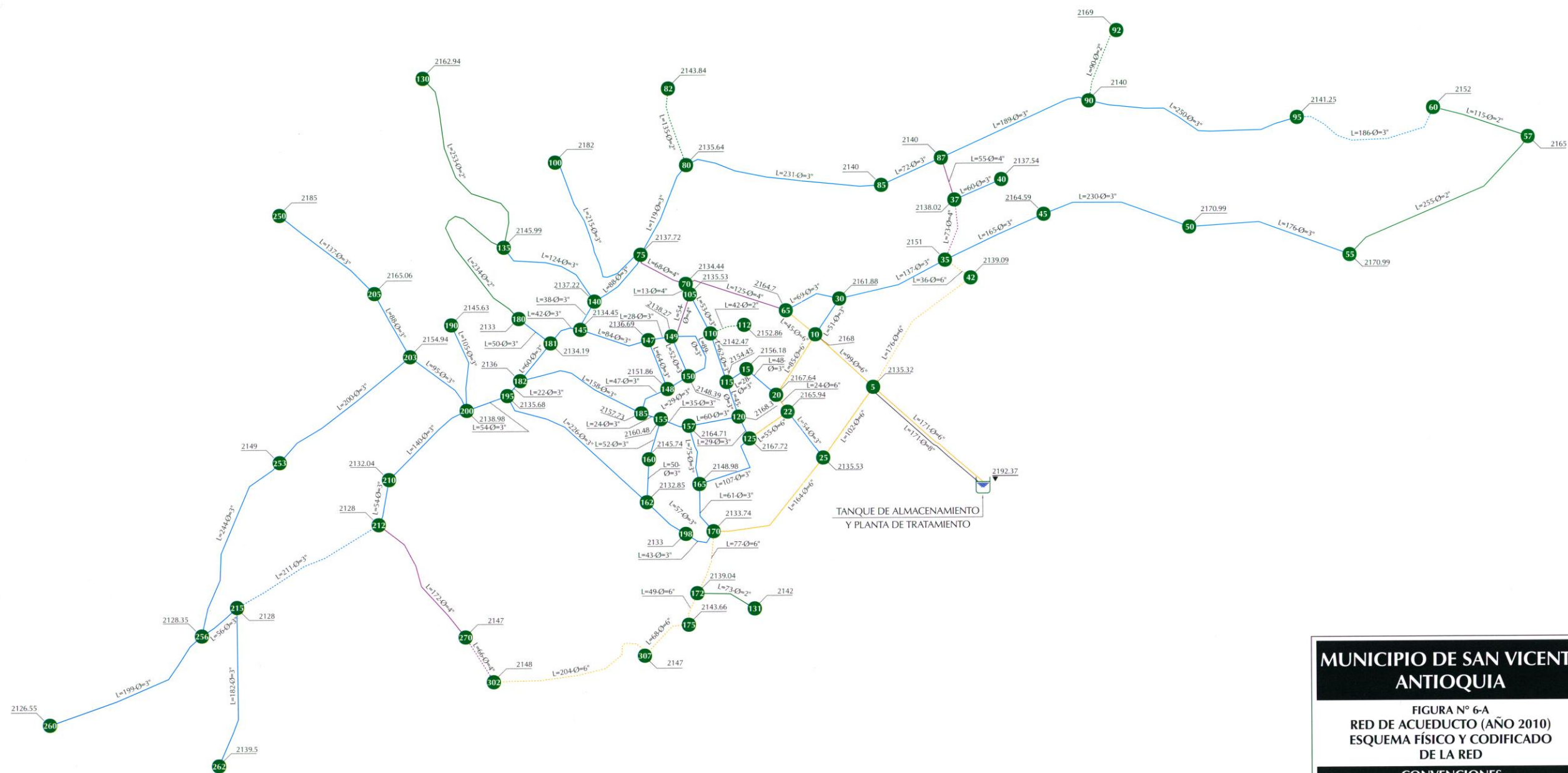
TUBERÍA ø 8" (200 mm)
TUBERÍA ø 6" (150 mm)
TUBERÍA ø 4" (100 mm)
TUBERÍA ø 3" (75 mm)
TUBERÍA ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

TUBERÍA ø 8" (200 mm)
TUBERÍA ø 6" (150 mm)
TUBERÍA ø 4" (100 mm)
TUBERÍA ø 3" (75 mm)
TUBERÍA ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. El caudal que circula entre nodos es el máximo horario.
3. ● Nodo con presión inferior a 15 m.c.a.



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 6-A
RED DE ACUEDUCTO (AÑO 2010)
ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO
DE LA RED

CONVENCIONES

COTA
= NODO
L=165.26 - Ø=3

LONGITUD (m) DIÁMETRO EN PULGADAS

TUBERÍA EXISTENTE

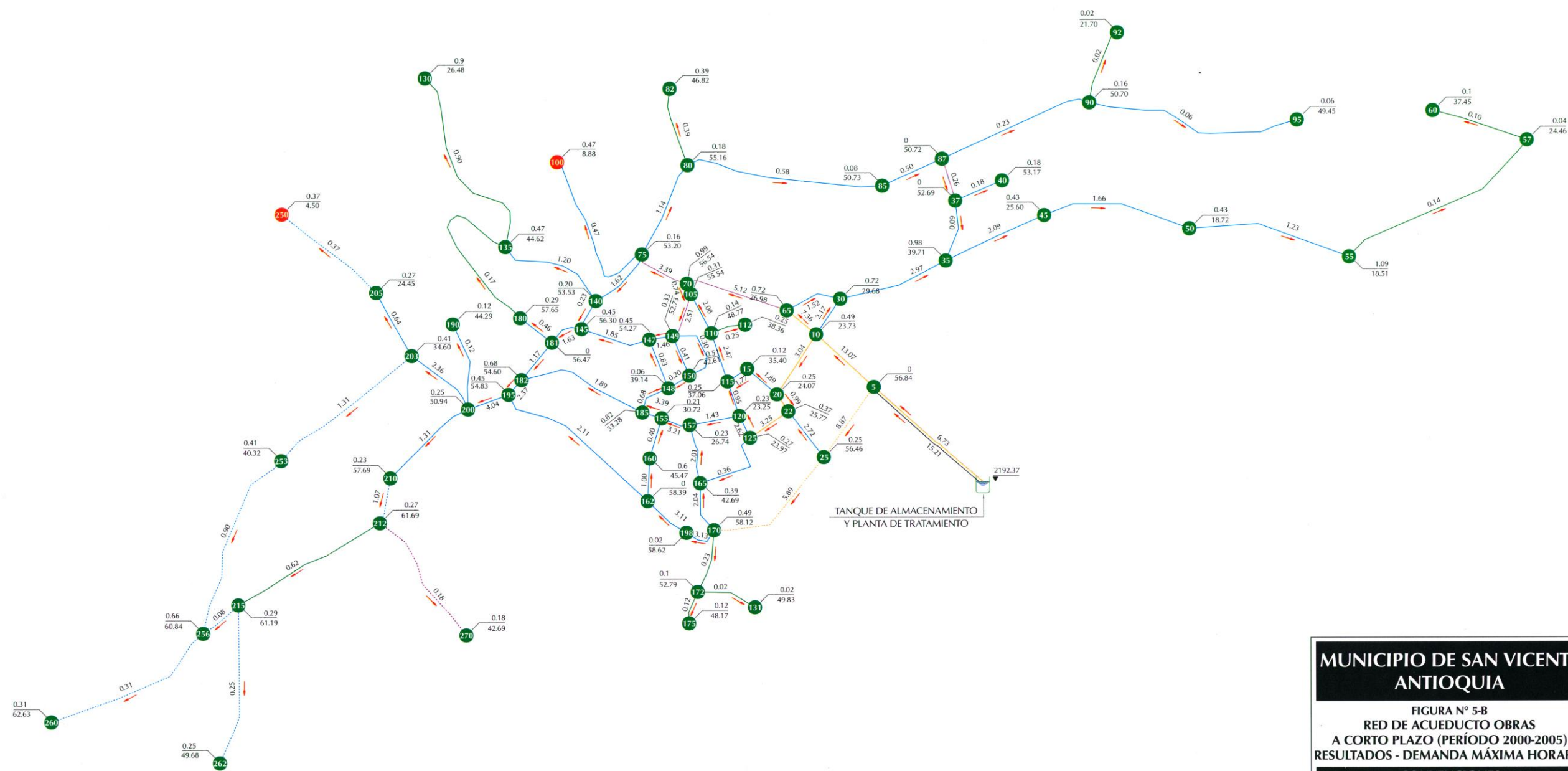
— TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
— TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
— TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
— TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
— TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

..... TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
..... TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
..... TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
..... TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
..... TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. Cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm)



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 5-B
RED DE ACUEDUCTO OBRAS
A CORTO PLAZO (PERÍODO 2000-2005)
RESULTADOS - DEMANDA MÁXIMA HORARIA

CONVENCIONES

DEMANDA (L/S)
PRESIÓN (m.c.a.)
= NODO
0.26
CAUDAL (L/S)

TUBERÍA EXISTENTE

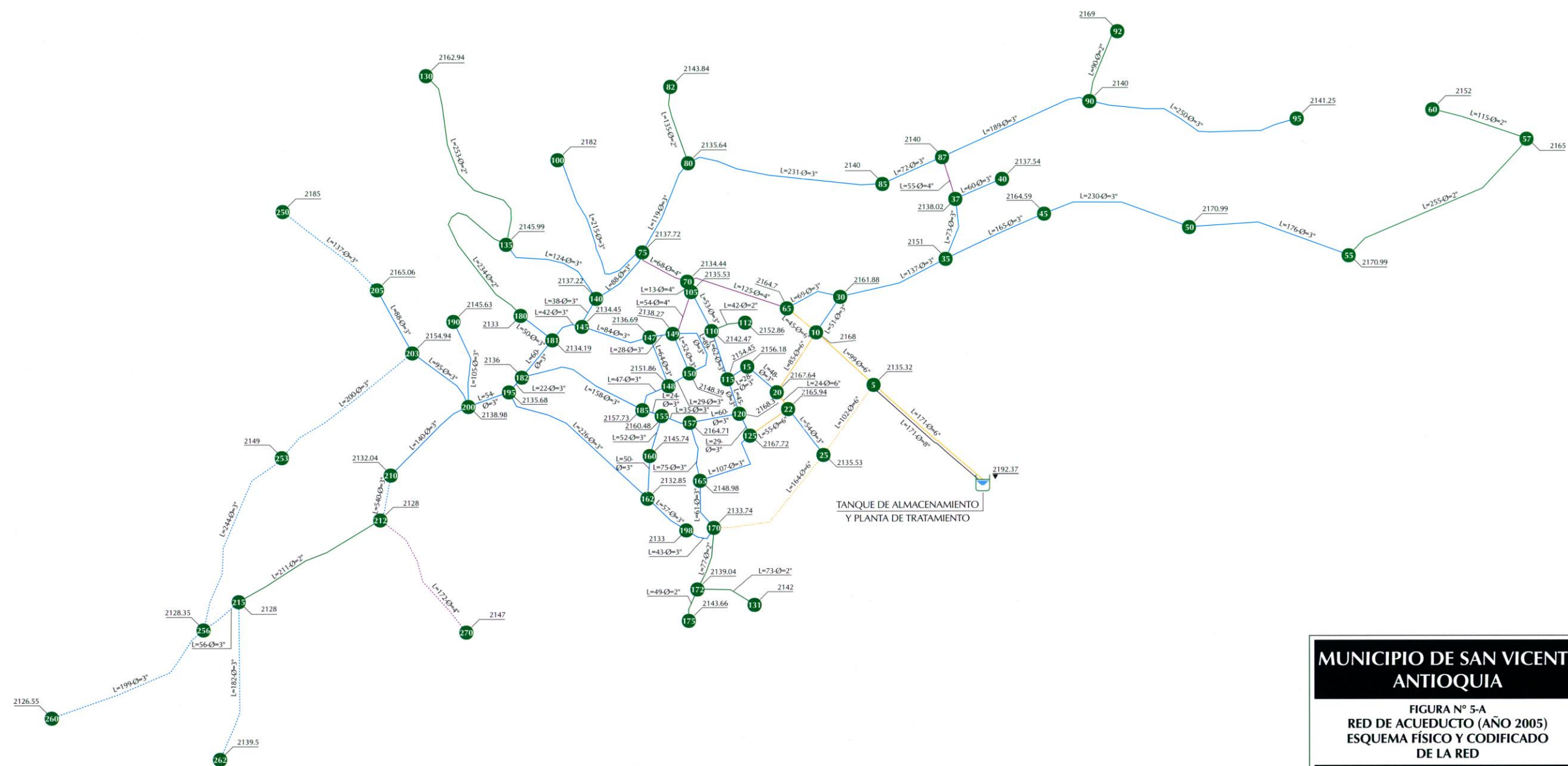
TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. El caudal que circula entre nodos es el máximo horario.
3. ● Nodo con presión inferior a 15 m.c.a.



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 5-A
RED DE ACUEDUCTO (AÑO 2005)
ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO
DE LA RED

CONVENCIONES

COTA
= NODO
L=165.26 - Ø=3
LONGITUD (m) DIÁMETRO EN PULGADAS

TUBERÍA EXISTENTE

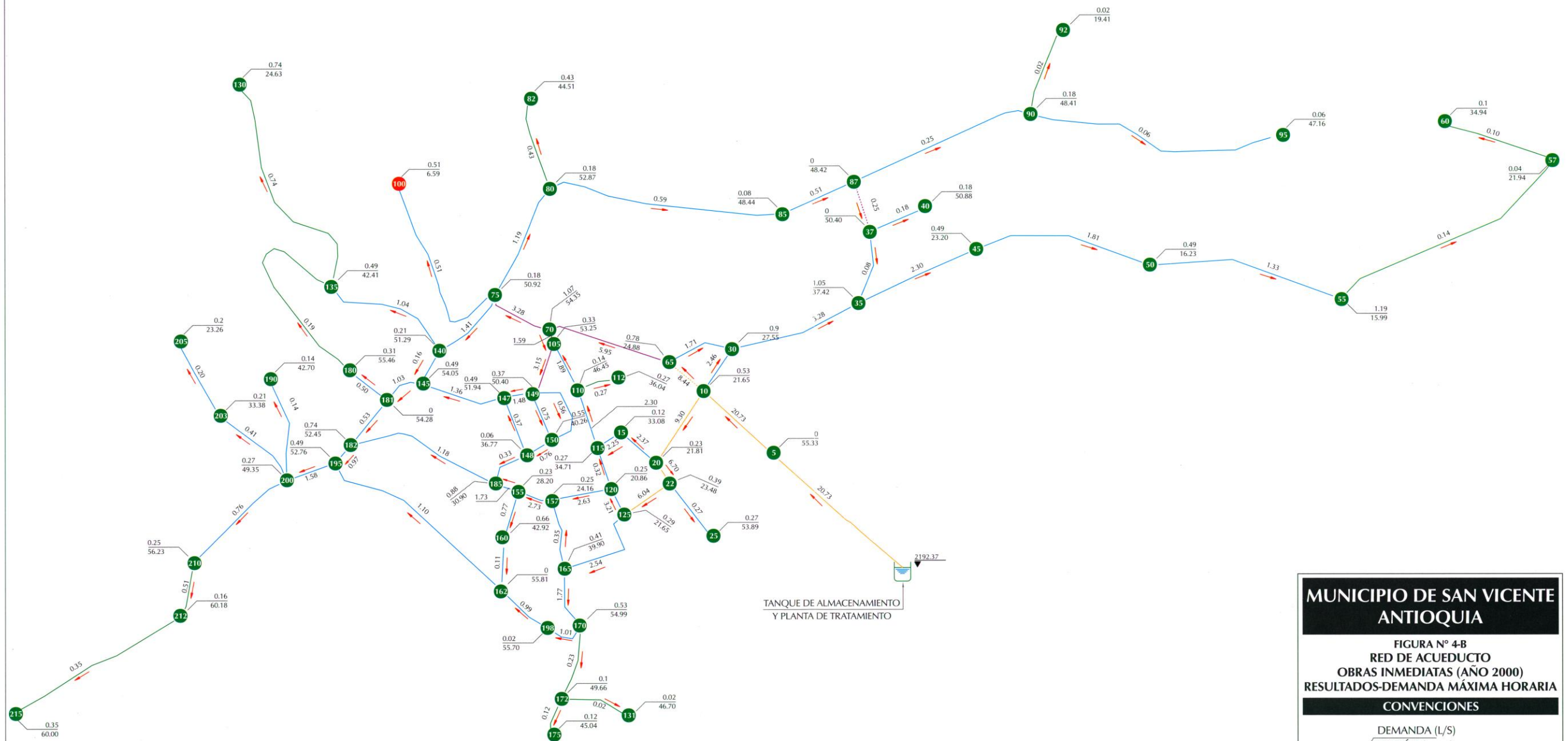
TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. Cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm)



TANQUE DE ALMACENAMIENTO
Y PLANTA DE TRATAMIENTO

MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 4-B
RED DE ACUEDUCTO
OBRAS INMEDIATAS (AÑO 2000)
RESULTADOS-DEMANDA MÁXIMA HORARIA

CONVENCIONES

DEMANDA (L/S)
PRESIÓN (m.c.a.)
N = NODO
0.26
CAUDAL (L/S)

TUBERÍA EXISTENTE

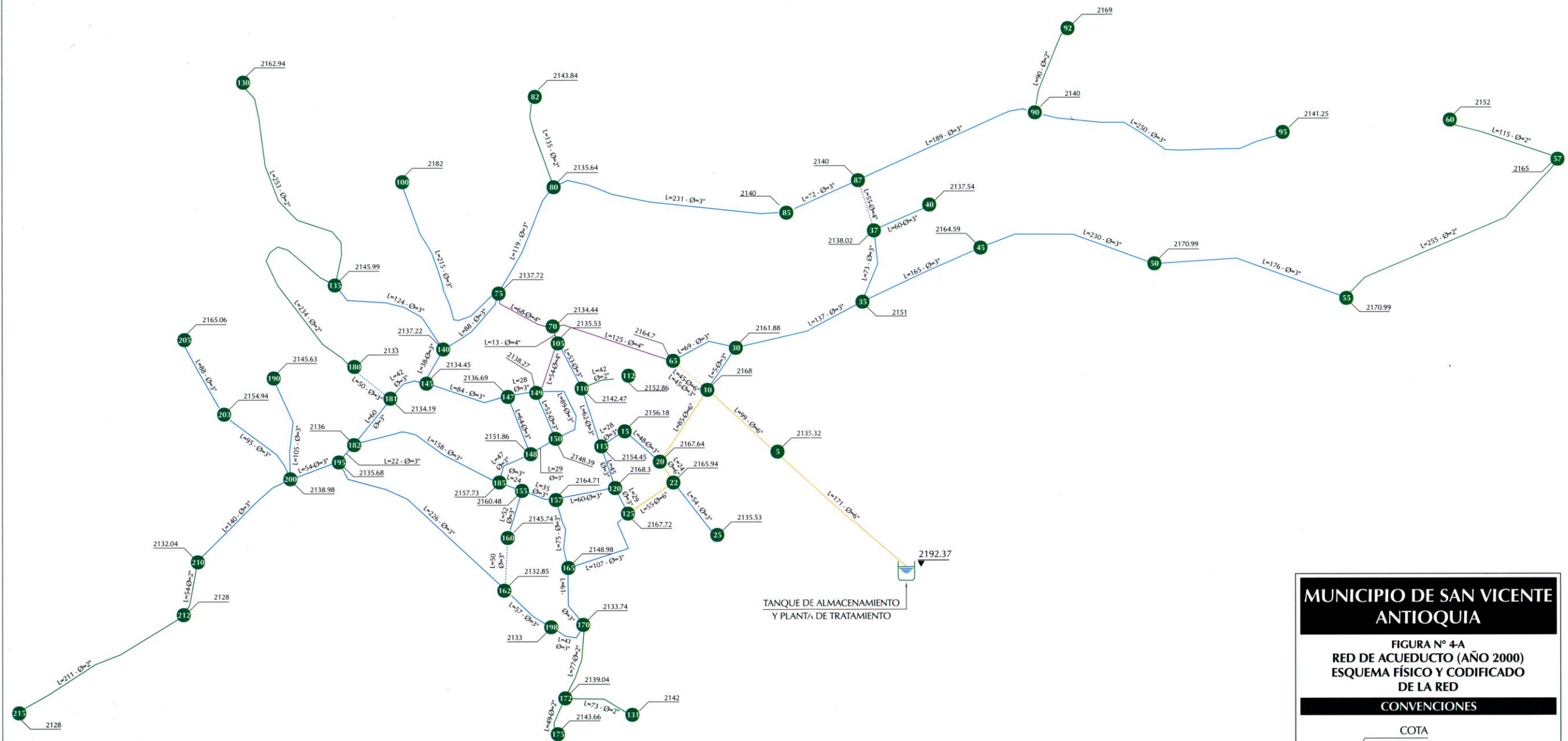
TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. El caudal que circula entre nodos es el máximo horario.
3. ● Nodo con presión inferior a 15 m.c.a.



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 4-A RED DE ACUEDUCTO (AÑO 2000) ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO DE LA RED

CONVENCIONES

COTA
= NODO

L=165.26 - Ø=3

LONGITUD (m) DIÁMETRO EN PULGADAS

TUBERÍA EXISTENTE

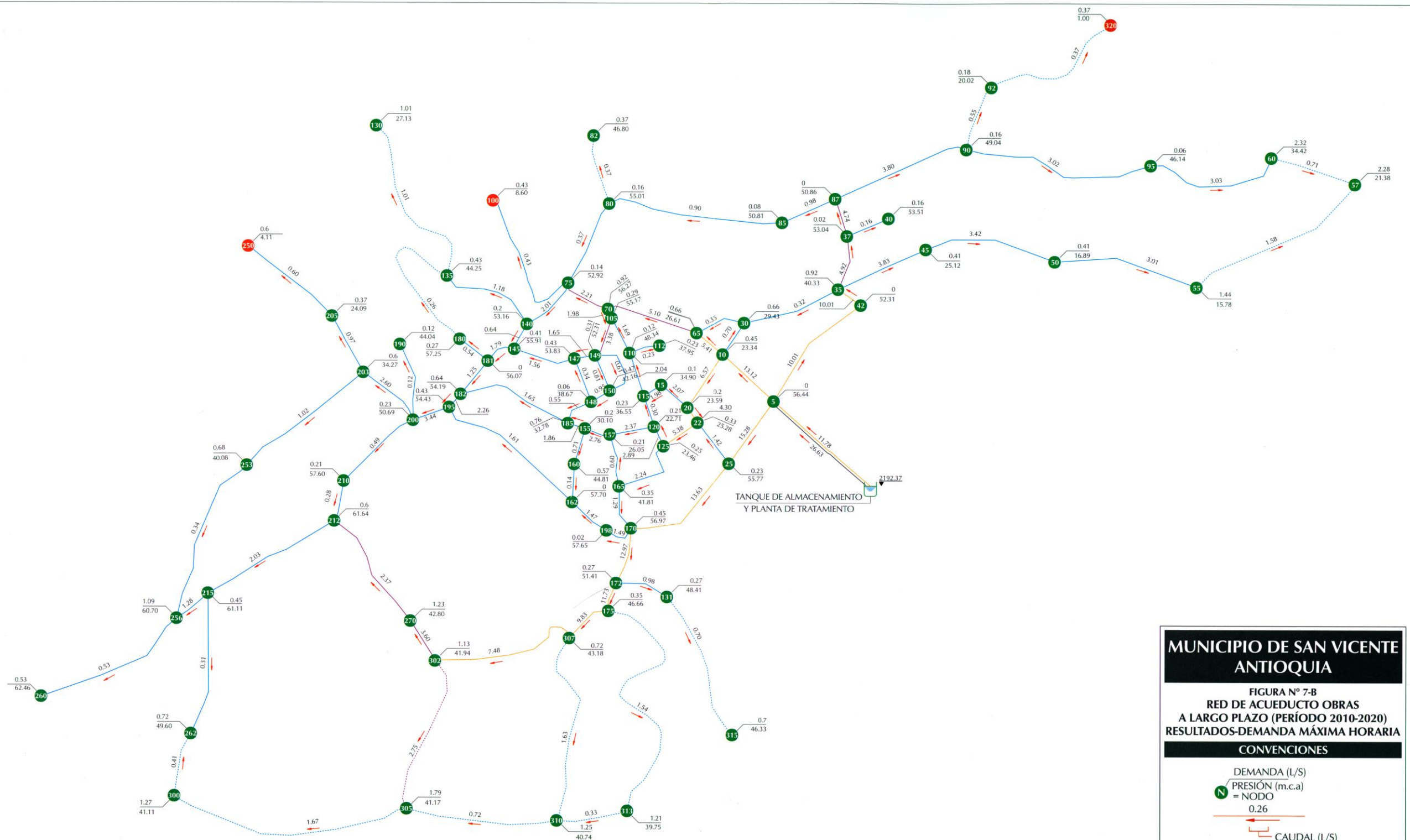
- TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
- TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
- TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
- TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
- TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

- TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
- TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
- TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
- TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
- TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación.
2. Cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm)



MUNICIPIO DE SAN VICENTE ANTIOQUIA

FIGURA N° 7-B
RED DE ACUEDUCTO OBRAS
A LARGO PLAZO (PERÍODO 2010-2020)
RESULTADOS-DEMANDA MÁXIMA HORARIA

CONVENCIONES

DEMANDA (L/S)
PRESIÓN (m.c.a.)
= NODO
0.26
CAUDAL (L/S)

TUBERÍA EXISTENTE

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

TUBERÍA PROYECTADA

TUBERÍA Ø 8" (200 mm)
TUBERÍA Ø 6" (150 mm)
TUBERÍA Ø 4" (100 mm)
TUBERÍA Ø 3" (75 mm)
TUBERÍA Ø 2" (50 mm)

NOTAS:

1. El número del nodo corresponde a los listados del modelo de simulación anexo 2.
2. El caudal que circula entre nodos es el máximo horario.
3. ● Nodo con presión inferior a 15 m.c.a.

4.4 DISEÑO DETALLADO DE TUBERÍAS, ACCESORIOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

El diseño detallado de las tuberías que conforman la optimización y ampliación de la red de distribución de agua potable de San Vicente cubre los siguientes aspectos:

■ Levantamiento topográfico y análisis de Interferencias

Se realizó un levantamiento planimétrico y altimétrico de los corredores viales proyectados en el plan vial del POT y que serán usados como corredores para las tuberías proyectadas.

Sobre estos corredores se identificaron las interferencias con otras redes de servicios, las cuales estaban conformadas por tuberías y pozos de inspección del sistema de alcantarillado sanitario, ya que las redes eléctricas y de teléfonos son aéreas y no se tienen redes de gas domiciliario.

■ Diseño geométrico

Con estos levantamientos topográficos se produjo el plano de la figura 1 sobre el cual se realizó el trazado planimétrico de las tuberías proyectadas; por no existir redes matrices no se requiere producir planos de los perfiles de las tuberías. En este plano se muestran en planta los accesorios (codos y tees) requeridos para realizar los cambios de dirección y las derivaciones de redes menores a partir de las tuberías principales de distribución.

■ Diseño hidráulico

Los principales parámetros de diseño fueron definidos así:

- Diámetros de las tuberías: Definidos y optimizados a partir de las simulaciones hidráulicas asociadas con el diseño conceptual.
- Materiales y clase de las tuberías: Las tuberías futuras serán del mismo material de las actuales, PVC, y su clase será RDE 32.5, que están diseñadas para soportar presiones de hasta de 88 m.c.a. (863 KPa), valores que son mayores a las presiones estáticas que se tendrían sobre las tuberías, pues estas no superan los 62 m.c.a. (608 KPa) en los puntos más bajos de la red.
- Válvulas: Se proyectan válvulas de corte y sectorización tipo compuerta, clase 150 psi (88 t/m²) que permitan la formación de circuitos que se pueden aislar con el cierre de cuatro válvulas y/o cierre de sectores donde existen tramos con derivaciones de importancia.

En los puntos bajos o muertos de la red se prevén válvulas de purga o drenaje de 75 mm (Ø3") que permiten desocupar la tubería en caso de requerirse. Estos dispositivos se localizaron colindantes a las quebradas para facilitar el drenaje.

- **Hidrantes:** De acuerdo con el numeral B.7.6.9 del RAS, se ha previsto la ubicación de nueve hidrantes distribuidos en la zona más densamente poblada y distantes entre sí unos 300 m. El caudal de diseño de cada uno de ellos es de 15 l/s, caudal acorde con la demanda de agua de la población; los hidrantes se instalarán en tuberías de diámetro 100 mm (4") y 75 mm (3").
- **Ventosas:** Dado que sobre la mayoría de las redes secundarias (150 mm ó Ø6" y 100 mm ó Ø4") y sobre todas las redes menores (Ø3" y menores) existen conexiones domiciliarias y que estas ayudan en la evacuación de aire, no se consideró necesario la colocación de ventosas. La tubería de 150 mm (Ø6") entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución, la cual no tiene acometidas en ruta, no requiere de ventosas adicionales.
- **Válvulas reductoras de presión:** Debido a que en condiciones estáticas las presiones máximas no exceden de 62 m.c.a., a que este valor está muy cercano a los topes previstos por el RAS, y a que la presión máxima que puede soportar la tubería es de 88 m.c.a. (863 KPa), no se requiere el uso de válvulas reductoras de presión.

■ Consideraciones geotécnicas

La red de distribución de acueducto se instalará a una profundidad promedio de 1,00 m bajo vías y 0,60 m bajo andenes. Para su ejecución se efectuarán demoliciones en pavimentos flexibles y rígidos, y excavaciones en suelos residuales limo-arcillosos consistentes y de baja plasticidad. No se efectúa un análisis geotécnico estricto debido a la instalación casi superficial de la tubería, y al bajo nivel de esfuerzos generado al nivel de cimentación. La capacidad portante admisible del suelo de fundación oscila alrededor de 10,00 t/m², valor muy superior a la carga de la tubería llena, al material de relleno y a las cargas vehiculares.

Las bajas profundidades de excavación y las propiedades de los materiales excavados, hacen que no se requiera el uso de entibados; sin embargo, en aquellos tramos próximos a vías sí se pueden necesitar, lo que se determinará durante la construcción, en cuyo caso se utilizaría un entibado en madera con perfiles hincados cada metro y entramado discontinuo.

La sección de instalación de las tuberías comprende un atraque a la tubería en arena de peña compactada al 90% del proctor modificado el cual debe tener 0,10 m bajo la cota batea de la tubería, y llegar hasta 0,10 m sobre la cota clave, seguido de un relleno de material seleccionado de la excavación compactado al 85%, que debe llegar hasta la subbase y base del pavimento, la cual debe ser restituida de acuerdo con el diseño original.

Durante la construcción se sugiere verificar las uniones entre tuberías para evitar filtraciones de agua que generen ablandamiento del material y por ende inestabilidad.

■ Consideraciones estructurales

Por el tipo de conexión que tiene la tubería de unión Z (espigo y campana), deben colocarse anclajes de concreto en todos los cambios de dirección (codos) y las derivaciones (tees) con el fin de absorber las fuerzas desbalanceadas que se producen en dichos puntos y que tratarían de desestabilizar la tubería que tiene uniones flexibles.

Para garantizar la estabilidad estructural de las tuberías ante cargas externas se requiere que la cota clave de la tubería se encuentre a una profundidad mínima de 1,0 m en aquellos corredores que sean vías sometidas a cargas vehiculares. En los corredores en que la tubería transcurra bajo andenes o bajo zonas verdes, y que no sean susceptibles de tener –así sea en el futuro– tráfico vehicular, la profundidad mínima puede ser de 0,60 m.

■ Conexiones domiciliarias

Sobre las redes menores de 100 mm a 50 mm (Ø4" a 2") se tendrán acometidas domiciliarias para la conexión de futuros usuarios; en el caso de usuarios residenciales y comerciales estas acometidas deben ser de 12,5 mm (½") de diámetro; para los usuarios oficiales e industriales se pueden tener acometidas de 25 mm a 50 mm, dependiendo de los requerimientos de agua. Toda acometida debe estar provista de un micromedidor de caudal albergado en una cajilla para su protección, lectura y mantenimiento.

■ Especificaciones para pruebas y puesta en marcha

- Una vez instalada la red, ya sea en su totalidad o por tramos, la Secretaría de Servicios Públicos del municipio debe probar todas las tuberías puestas a una presión igual a 1,3 veces la presión máxima a la que las tuberías vayan a estar sometidas de acuerdo con el diseño. La presión debe aplicarse con una bomba de émbolo provista de manómetro, instalada en la parte baja de la tubería que vaya a probarse. Si resultan daños durante la prueba de presión hidráulica, la reparación de tuberías y accesorios deberá ser realizada por el constructor, teniendo en cuenta la causa de la falla. Dicha presión debe medirse en el punto más bajo. Para realizar la prueba de presión hidráulica deben tenerse en cuenta las normas técnicas correspondientes a cada material y accesorio. La prueba de presión hidráulica debe hacerse bajo la vigilancia y aprobación de la Secretaría de Servicios Públicos del municipio de San Vicente. La prueba se debe realizar en tramos comprendidos entre válvulas siempre y cuando esta distancia no sea mayor a 500 m. La tubería debe llenarse lentamente y a baja presión para permitir la

salida de aire, el cual debe ser evacuado de la tubería completamente y por cualquier sistema, antes de aplicar la presión de prueba. La tubería debe mantenerse sometida a la presión de prueba durante un tiempo no inferior a una hora, teniendo en cuenta las recomendaciones de las casas fabricantes. En los casos en que resulte factible desde el punto de impacto urbano, estas pruebas de presión deben realizarse antes de cubrir las zanjas en las que se encuentran los tramos enterrados de las tuberías que conforman la red de distribución.

- Se deben realizar mediciones de presión en diferentes nodos de la red para las condiciones extremas de flujo, esto es, para el caudal máximo horario (QMH).
- Toda la longitud del tramo de la red de distribución que se someta a las pruebas de presión debe recorrerse y revisarse cuidadosamente, y deben recuperarse los tramos de tubería que fallen y las uniones defectuosas.
- Antes de ser instaladas en la red de distribución, todas las válvulas deben ser operadas para asegurar su perfecto funcionamiento. Todas las válvulas deben probarse al doble de presión de trabajo en la casa fabricante, siempre y cuando la prueba se encuentre certificada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec) o cualquier otra entidad reconocida de normatividad internacional.
- Se debe verificar el correcto funcionamiento de todas las purgas instaladas y debe medirse el caudal y la velocidad de salida de agua bajo diferentes condiciones de operación. Se debe verificar el correcto funcionamiento de las estructuras y conductos de desagüe de las purgas hacia las quebradas o cuerpos de agua donde se proyecta el drenaje.
- Para los sectores de distribución de agua potable, especialmente en el caso de ampliaciones, debe verificarse el aislamiento de cada uno de los sectores de la red operando las diferentes válvulas provistas para tal función. Deben cerrarse las válvulas y verificar que en la zona aislada la presión se mantenga a lo largo de un periodo de prueba no inferior a una hora.
- Una vez instalada la red de distribución de agua potable o una ampliación de esta, debe verificarse la operación de los hidrantes. A cada uno de los hidrantes instalados se debe verificar el caudal, la presión para diferentes horas del día con el hidrante cerrado y la presión a la salida del hidrante cuando se encuentre operando a caudal máximo.
- Antes de proceder a la instalación de todos los accesorios que conforman las acometidas domiciliarias de la red de distribución de agua potable, los medidores, las piezas especiales y los accesorios se deben someter a aprobación y homologación (pruebas de caudal y de presión tanto estática como dinámica) por parte de

la Secretaría de Servicios Públicos, por lo menos 30 días antes de la instalación en la red de distribución.

- El sistema de micromedición debe someterse a pruebas. Las pruebas se deben realizar con los caudales establecidos en las normas técnicas NTC-1063/3. Con el caudal máximo horario (QMH) no debe obtenerse una pérdida de cabeza superior a los 98.1 KPa (10. m.c.a.).
- Todos los micromedidores deben instalarse de tal forma que se garantice su fácil montaje y desmonte, al igual que debe ser colocado sin obstáculo para su lectura. Antes de instalar los macromedidores, la Secretaría de Servicios Públicos del municipio debe garantizar el correcto funcionamiento de ellos por lo cual deben ser probados en laboratorios certificados en su país de origen según normas ISO, AWWA, DIN o ASTM.
- Cuando se instale la red, y antes de ponerla en servicio, esta debe ser desinfectada por parte del instalador, siguiendo la norma AWWA C 600. Antes de la aplicación del desinfectante, la tubería debe lavarse haciendo circular agua a través de ella, y descargándola por las válvulas de purga con el objeto de remover todas las materias extrañas. El desinfectante se debe aplicar donde se inicia la ampliación de la red de distribución. Para secciones localizadas entre válvulas, el desinfectante se debe aplicar por medio de una llave de incorporación. Debe utilizarse cloro (concentración mínima 50 ppm) o hipoclorito de sodio como desinfectante. La tasa de entrada a la tubería de la mezcla de agua con gas de cloro debe ser proporcional a la tasa de agua que entra al tubo. El agua desinfectada dentro de la red debe ser retenida por un periodo no menor de 24 horas. Después de este periodo de retención, el contenido de cloro residual en los extremos del tubo y en los demás puntos representativos debe ser de por lo menos 5 ppm. Una vez se haya hecho la cloración y se haya dejado pasar el periodo mínimo, la tubería se debe descargar completamente. Cuando se hagan cortes en alguna de las tuberías de la red con el fin de hacer reparaciones, la tubería cortada debe someterse a la cloración a lado y lado del punto de corte. Al finalizar el proceso de desinfección se debe hacer un muestreo final para llevar a cabo un análisis bacteriológico. En caso de que la prueba bacteriológica demuestre una calidad de agua que no cumpla con el decreto 475 de 1998, la tubería debe desinfectarse nuevamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Anuario estadístico subregional – Altiplano oriente antioqueño: Proyecciones de población por municipios (1999-2010)*, Masora, 1997.
- Componente institucional del ente prestador de los servicios de acueducto y alcantarillado del casco urbano del municipio de San Vicente, Ing. Beatriz Zuluaga Ramírez, 1997.
- Estudio de estratificación urbana del municipio de San Vicente, Ing. Consuelo de la Cruz, noviembre de 1997.
- Estudios y diseños del Plan Maestro de Saneamiento, Acueducto y Alcantarillado de la zona urbana del municipio de San Vicente, Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare (Cornare), febrero de 2000.
- Estudios y diseños para la rehabilitación y optimización del acueducto del municipio de San Vicente, Ing. Rodrigo Betancur Mazorra, 1978.
- Guía 001 RAS-98. *Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua*, Ministerio de Desarrollo Económico, Universidad de los Andes, 2000.
- Guía 002 RAS-98. *Identificación, justificación y priorización de proyectos*, Ministerio de Desarrollo Económico, Universidad de los Andes, 2000.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de San Vicente*, Masora, 1999.
- Planes de gestión y resultados años 1999 y 1998, Secretaría de Servicios Públicos de San Vicente.
- Plan maestro de acueducto y alcantarillado del municipio de San Vicente, Antioquia, Cornare – Hidrotec, 1999.
- Resolución 04 de junio 9 de 1994, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), por la cual se establecen los niveles máximos de consumos básicos de agua potable en Colombia.

**Este documento es propiedad del
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Centro de Documentación**

ANEXO 1



**Resultado de simulaciones hidráulicas
de la red de distribución**

Situación actual, año 1999

```

***** K Y P I P E 3 *****
*      University of Kentucky Hydraulic Analysis Program      *
* Distribution of Pressure and Flows in Piping Networks      *
*      1000 PIPE VERSION - 1.00   (04/15/97)                *
*****

```

DATE: 06/28/00
TIME: 16:52:45.99

INPUT DATA FILENAME ————— C:\KYTMP\SV1\SVICN99.DAT
TABULATED OUTPUT FILENAME ——— C:\KYTMP\SV1\SVICN99.OUT
POSTPROCESSOR RESULTS FILENAME —C:\KYTMP\SV1\SVICN99.RES

```

*****
SUMMARY      OF ORIGINAL DATA
*****

```

UNITSSPECIFIED

FLOWRATE= liters/second
HEAD (HGL)= meters
PRESSURE = kpa

PIPELINE DATA

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	LENGTH (m)	DIAMETER (cm)	ROUGHNESS COEFF	PUMP LABEL	MINOR LOSS COEFF	FGN-HGL (m)
1-FG	TT	5	171.0	15.5	120.00		0.00	2192.37
2	5	10	99.0	15.5	120.00		0.00	
3	10	20	85.0	15.5	120.00		0.00	
4	20	22	24.0	15.5	120.00		0.00	
5	22	125	55.0	15.5	120.00		0.00	
6	10	65	45.0	8.2	120.00		0.00	
7	65	70	125.0	10.6	120.00		0.00	
8	70	75	68.0	10.6	120.00		0.00	
9	75	80	119.0	8.2	120.00		0.00	
10	80	82	135.0	5.5	120.00		0.00	
11	80	85	231.0	8.2	120.00		0.00	
12	85	87	72.0	8.2	120.00		0.00	
13	87	90	189.0	8.2	120.00		0.00	
14	90	92	90.0	5.5	120.00		0.00	
15	90	95	250.0	8.2	120.00		0.00	
16	30	65	69.0	8.2	120.00		0.00	
17	10	30	51.0	8.2	120.00		0.00	
18	30	35	137.0	8.2	120.00		0.00	
19	35	37	73.0	8.2	120.00		0.00	
20	37	40	60.0	8.2	120.00		0.00	

21	35	45	165.0	8.2	120.00	0.00
22	45	50	230.0	8.2	120.00	0.00
23	50	55	176.0	8.2	120.00	0.00
24	55	57	255.0	5.5	120.00	0.00
25	57	60	115.0	5.5	120.00	0.00
26	20	15	48.0	8.2	120.00	0.00
27	15	115	28.0	8.2	120.00	0.00
28	125	120	29.0	8.2	120.00	0.00
29	120	115	45.0	8.2	120.00	0.00
30	115	110	62.0	8.2	120.00	0.00
31	110	112	42.0	5.5	120.00	0.00
32	110	105	53.0	8.2	120.00	0.00
33	70	105	13.0	10.6	120.00	0.00
34	105	149	54.0	10.6	120.00	0.00
35	149	150	89.0	8.2	120.00	0.00
36	149	150	52.0	8.2	120.00	0.00
37	149	147	28.0	8.2	120.00	0.00
38	150	148	29.0	8.2	120.00	0.00
39	148	147	64.0	8.2	120.00	0.00
40	147	145	84.0	8.2	120.00	0.00
41	145	140	38.0	8.2	120.00	0.00
42	140	135	124.0	8.2	120.00	0.00
43	75	140	88.0	8.2	120.00	0.00
44	75	100	215.0	8.2	120.00	0.00
45	120	157	60.0	8.2	120.00	0.00
46	157	155	35.0	8.2	120.00	0.00
47	155	185	24.0	8.2	120.00	0.00
48	185	148	47.0	8.2	120.00	0.00
49	185	182	158.0	8.2	120.00	0.00
50	145	181	42.0	8.2	120.00	0.00
51	181	182	60.0	8.2	120.00	0.00
52	182	195	22.0	8.2	120.00	0.00
53	195	200	54.0	8.2	120.00	0.00
54	200	190	105.0	8.2	120.00	0.00
55	200	203	95.0	8.2	120.00	0.00
56	203	205	88.0	8.2	120.00	0.00
57	200	210	140.0	8.2	120.00	0.00
58	210	212	54.0	5.5	120.00	0.00
59	212	215	211.0	5.5	120.00	0.00
60	155	160	52.0	8.2	120.00	0.00
61	195	162	226.0	8.2	120.00	0.00
62	162	198	57.0	8.2	120.00	0.00
63	165	157	75.0	8.2	120.00	0.00
64	125	165	107.0	8.2	120.00	0.00
65	165	170	61.0	8.2	120.00	0.00
66	170	172	77.0	5.5	120.00	0.00
67	172	131	73.0	5.5	120.00	0.00
68	172	175	49.0	5.5	120.00	0.00
69	135	130	253.0	5.5	120.00	0.00
70	135	180	234.0	5.5	120.00	0.00
71	22	25	54.0	8.2	120.00	0.00

JUNCTION NODE DATA

JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	JUNCTION ELEVATION (m)	CONNECTING PIPES			
5		0.00	2135.32	1	2		
10		0.27	2168.00	2	3	6	17
15		0.06	2156.18	26	27		
20		0.12	2167.64	3	4	26	
22		0.27	2165.94	4	5	71	
25		0.14	2135.53	71			
30		0.40	2161.88	16	17	18	
35		0.55	2151.00	18	19	21	
37		0.00	2138.02	19	20		
40		0.09	2137.54	20			
45		0.25	2164.59	21	22		
50		0.25	2170.99	22	23		
55		0.61	2170.99	23	24		
57		0.02	2165.00	24	25		
60		0.05	2152.00	25			
65		0.40	2164.70	6	7	16	
70		0.55	2134.44	7	8	33	
75		0.09	2137.72	8	9	43	44
80		0.09	2135.64	9	10	11	
82		0.22	2143.84	10			
85		0.04	2140.00	11	12		
87		0.00	2140.00	12	13		
90		0.09	2140.00	13	14	15	
92		0.01	2169.00	14			
95		0.03	2141.25	15			
100		0.26	2182.00	44			
105		0.17	2135.53	32	33	34	
110		0.07	2142.47	30	31	32	
112		0.14	2152.86	31			
115		0.14	2154.45	27	29	30	
120		0.13	2168.30	28	29	45	
125		0.15	2167.72	5	28	64	
130		0.35	2162.94	69			
131		0.01	2142.00	67			
135		0.26	2145.99	42	69	70	
140		0.11	2137.22	41	42	43	
145		0.25	2134.45	40	41	50	
147		0.25	2136.69	37	39	40	
148		0.03	2151.86	38	39	48	
149		0.19	2138.27	34	35	36	37
150		0.28	2148.39	35	36	38	
155		0.12	2160.48	46	47	60	
157		0.13	2164.71	45	46	63	
160		0.34	2145.74	60			
162		0.00	2132.85	61	62		
165		0.21	2148.98	63	64	65	
170		0.27	2133.74	65	66		
172		0.05	2139.04	66	67	68	
175		0.06	2143.66	68			
180		0.16	2133.00	70			
181		0.00	2134.19	50	51		
182		0.39	2136.00	49	51	52	
185		0.46	2157.73	47	48	49	

190	0.07	2145.63	54			
195	0.26	2135.68	52	53	61	
198	0.01	2133.00	62			
200	0.14	2138.98	53	54	55	57
203	0.05	2154.94	55	56		
205	0.07	2165.06	56			
210	0.13	2132.04	57	58		
212	0.06	2128.00	58	59		
215	0.03	2128.00	59			

OUTPUT OPTION DATA

OUTPUT SELECTION: ALL RESULTS ARE INCLUDED IN THE TABULATED OUTPUT

SYSTEM CONFIGURATION

NUMBER OF PIPES	(p) =	71
NUMBER OF JUNCTION NODES	(j) =	62
NUMBER OF PRIMARY LOOPS	(l) =	9
NUMBER OF FIXED GRADE NODES ..	(f) =	1
NUMBER OF SUPPLY ZONES	(z) =	1

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 7 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00097

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA
SIMULACION HIDRAULICA - DIAGNOSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE - AÑO 1999
CAUDAL MEDIO DIARIO = 10.40 L/S

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE:		XX -CLOSED PIPE CV -CHECK VALVE	FG -FIXED GRADE NODE RV -REGULATING VALVE	PU -PUMP LINE TK -STORAGE TANK					
PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	10.40	0.48	0.00		0.00	0.55	2.81
2	5	10	10.40	0.28	0.00		0.00	0.55	2.81
3	10	20	5.15	0.06	0.00		0.00	0.27	0.76

4	20	22	3.66	0.01	0.00	0.00	0.19	0.41
5	22	125	3.25	0.02	0.00	0.00	0.17	0.33
6	10	65	2.58	0.21	0.00	0.00	0.49	4.73
7	65	70	2.36	0.14	0.00	0.00	0.27	1.15
8	70	75	1.60	0.04	0.00	0.00	0.18	0.56
9	75	80	0.48	0.02	0.00	0.00	0.09	0.21
10	80	82	0.22	0.05	0.00	0.00	0.09	0.35
11	80	85	0.17	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
12	85	87	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
13	87	90	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
14	90	92	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	90	95	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16	30	65	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
17	10	30	2.40	0.21	0.00	0.00	0.45	4.13
18	30	35	1.82	0.34	0.00	0.00	0.34	2.48
19	35	37	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
20	37	40	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
21	35	45	1.18	0.18	0.00	0.00	0.22	1.11
22	45	50	0.93	0.16	0.00	0.00	0.18	0.71
23	50	55	0.68	0.07	0.00	0.00	0.13	0.40
24	55	57	0.07	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
25	57	60	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
26	20	15	1.37	0.07	0.00	0.00	0.26	1.46
27	15	115	1.31	0.04	0.00	0.00	0.25	1.34
28	125	120	1.85	0.07	0.00	0.00	0.35	2.55
29	120	115	0.37	0.01	0.00	0.00	0.07	0.13
30	115	110	1.53	0.11	0.00	0.00	0.29	1.80
31	110	112	0.14	0.01	0.00	0.00	0.06	0.15
32	110	105	1.32	0.07	0.00	0.00	0.25	1.37
33	70	105	0.21	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
34	105	149	1.36	0.02	0.00	0.00	0.15	0.42
35	149	150	0.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
36	149	150	0.26	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07
37	149	147	0.71	0.01	0.00	0.00	0.13	0.44
38	150	148	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
39	148	147	0.35	0.01	0.00	0.00	0.07	0.12
40	147	145	0.82	0.05	0.00	0.00	0.15	0.56
41	145	140	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
42	140	135	0.77	0.06	0.00	0.00	0.15	0.50
43	75	140	0.77	0.04	0.00	0.00	0.15	0.50
44	75	100	0.26	0.01	0.00	0.00	0.05	0.07
45	120	157	1.35	0.09	0.00	0.00	0.26	1.43
46	157	155	1.88	0.09	0.00	0.00	0.36	2.62
47	155	185	1.42	0.04	0.00	0.00	0.27	1.56
48	185	148	0.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
49	185	182	0.75	0.08	0.00	0.00	0.14	0.48
50	145	181	0.46	0.01	0.00	0.00	0.09	0.19
51	181	182	0.46	0.01	0.00	0.00	0.09	0.19
52	182	195	0.82	0.01	0.00	0.00	0.16	0.57
53	195	200	0.55	0.01	0.00	0.00	0.10	0.27
54	200	190	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
55	200	203	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
56	203	205	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
57	200	210	0.22	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
58	210	212	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07
59	212	215	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
60	155	160	0.34	0.01	0.00	0.00	0.06	0.11
61	195	162	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	162	198	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

63	165	157	0.65	0.03	0.00	0.00	0.12	0.37
64	125	165	1.25	0.13	0.00	0.00	0.24	1.24
65	165	170	0.39	0.01	0.00	0.00	0.07	0.14
66	170	172	0.12	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11
67	172	131	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	172	175	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
69	135	130	0.35	0.21	0.00	0.00	0.15	0.82
70	135	180	0.16	0.04	0.00	0.00	0.07	0.19
71	22	25	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02

JUNCTION NODE RESULTS

JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (m)	PRESSURE HEAD (m)	JUNCTION PRESSURE (kpa)
5		0.00	2191.89	2135.32	56.57	554.76
10		0.27	2191.61	2168.00	23.61	231.55
15		0.06	2191.48	2156.18	35.30	346.14
20		0.12	2191.55	2167.64	23.91	234.44
22		0.27	2191.54	2165.94	25.60	251.02
25		0.14	2191.54	2135.53	56.01	549.23
30		0.40	2191.40	2161.88	29.52	289.50
35		0.55	2191.06	2151.00	40.06	392.87
37		0.00	2191.06	2138.02	53.04	520.15
40		0.09	2191.06	2137.54	53.52	524.85
45		0.25	2190.88	2164.59	26.29	257.80
50		0.25	2190.71	2170.99	19.72	193.43
55		0.61	2190.64	2170.99	19.65	192.74
57		0.02	2190.63	2165.00	25.63	251.38
60		0.05	2190.63	2152.00	38.63	378.84
65		0.40	2191.40	2164.70	26.70	261.82
70		0.55	2191.25	2134.44	56.81	557.16
75		0.09	2191.22	2137.72	53.50	524.62
80		0.09	2191.19	2135.64	55.55	544.78
82		0.22	2191.15	2143.84	47.30	463.91
85		0.04	2191.18	2140.00	51.18	501.95
87		0.00	2191.18	2140.00	51.18	501.94
90		0.09	2191.18	2140.00	51.18	501.90
92		0.01	2191.18	2169.00	22.18	217.51
95		0.03	2191.18	2141.25	49.93	489.64
100		0.26	2191.20	2182.00	9.20	90.24
105		0.17	2191.25	2135.53	55.72	546.47
110		0.07	2191.33	2142.47	48.86	479.13
112		0.14	2191.32	2152.86	38.46	377.17
115		0.14	2191.44	2154.45	36.99	362.74
120		0.13	2191.44	2168.30	23.14	226.97
125		0.15	2191.52	2167.72	23.80	233.38
130		0.35	2190.90	2162.94	27.96	274.22
131		0.01	2191.37	2142.00	49.37	484.14
135		0.26	2191.11	2145.99	45.12	442.47
140		0.11	2191.17	2137.22	53.95	529.09
145		0.25	2191.17	2134.45	56.72	556.26
147		0.25	2191.22	2136.69	54.53	534.76
148		0.03	2191.23	2151.86	39.37	386.06
149		0.19	2191.23	2138.27	52.96	519.38
150		0.28	2191.23	2148.39	42.84	420.10

155	0.12	2191.27	2160.48	30.79	301.92
157	0.13	2191.36	2164.71	26.65	261.33
160	0.34	2191.26	2145.74	45.52	446.41
162	0.00	2191.14	2132.85	58.29	571.64
165	0.21	2191.39	2148.98	42.41	415.86
170	0.27	2191.38	2133.74	57.64	565.23
172	0.05	2191.37	2139.04	52.33	513.17
175	0.06	2191.37	2143.66	47.71	467.85
180	0.16	2191.06	2133.00	58.06	569.42
181	0.00	2191.16	2134.19	56.97	558.73
182	0.39	2191.15	2136.00	55.15	540.87
185	0.46	2191.23	2157.73	33.50	328.52
190	0.07	2191.13	2145.63	45.50	446.16
195	0.26	2191.14	2135.68	55.46	543.89
198	0.01	2191.14	2133.00	58.14	570.17
200	0.14	2191.13	2138.98	52.15	511.38
203	0.05	2191.12	2154.94	36.18	354.85
205	0.07	2191.12	2165.06	26.06	255.60
210	0.13	2191.12	2132.04	59.08	579.37
212	0.06	2191.12	2128.00	63.12	618.95
215	0.03	2191.11	2128.00	63.11	618.94

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	10.40	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 10.40

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 10.40

CHANGES FOR NEXT SIMULATION

DEMAND CHANGES

DEMAND TYPE = 1 - GDF = 0.558

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 2 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00001

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA
SIMULACION HIDRAULICA - DIAGNOSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE - AÑO 1999
DEMANDA MINIMA HORARIA = DEMANDA MEDIA * 0.558

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
 CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE TK -STORAGE TANK

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	5.80	0.16	0.00		0.00	0.31	0.95
2	5	10	5.80	0.09	0.00		0.00	0.31	0.95
3	10	20	2.87	0.02	0.00		0.00	0.15	0.26
4	20	22	2.04	0.00	0.00		0.00	0.11	0.14
5	22	125	1.81	0.01	0.00		0.00	0.10	0.11
6	10	65	1.44	0.07	0.00		0.00	0.27	1.61
7	65	70	1.32	0.05	0.00		0.00	0.15	0.39
8	70	75	0.89	0.01	0.00		0.00	0.10	0.19
9	75	80	0.27	0.01	0.00		0.00	0.05	0.07
10	80	82	0.12	0.02	0.00		0.00	0.05	0.12
11	80	85	0.09	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
12	85	87	0.07	0.00	0.00		0.00	0.01	0.01
13	87	90	0.07	0.00	0.00		0.00	0.01	0.01
14	90	92	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
15	90	95	0.02	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
16	30	65	0.10	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
17	10	30	1.34	0.07	0.00		0.00	0.25	1.40
18	30	35	1.02	0.12	0.00		0.00	0.19	0.84
19	35	37	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
20	37	40	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
21	35	45	0.66	0.06	0.00		0.00	0.12	0.38
22	45	50	0.52	0.06	0.00		0.00	0.10	0.24
23	50	55	0.38	0.02	0.00		0.00	0.07	0.14
24	55	57	0.04	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
25	57	60	0.03	0.00	0.00		0.00	0.01	0.01
26	20	15	0.76	0.02	0.00		0.00	0.14	0.49
27	15	115	0.73	0.01	0.00		0.00	0.14	0.46
28	125	120	1.03	0.03	0.00		0.00	0.20	0.87
29	120	115	0.20	0.00	0.00		0.00	0.04	0.04
30	115	110	0.86	0.04	0.00		0.00	0.16	0.61
31	110	112	0.08	0.00	0.00		0.00	0.03	0.05
32	110	105	0.74	0.02	0.00		0.00	0.14	0.47
33	70	105	0.12	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
34	105	149	0.76	0.01	0.00		0.00	0.09	0.14
35	149	150	0.11	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
36	149	150	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.02
37	149	147	0.40	0.00	0.00		0.00	0.08	0.15
38	150	148	0.10	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
39	148	147	0.20	0.00	0.00		0.00	0.04	0.04
40	147	145	0.46	0.02	0.00		0.00	0.09	0.19
41	145	140	0.06	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
42	140	135	0.43	0.02	0.00		0.00	0.08	0.17
43	75	140	0.43	0.02	0.00		0.00	0.08	0.17
44	75	100	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.02
45	120	157	0.76	0.03	0.00		0.00	0.14	0.49
46	157	155	1.05	0.03	0.00		0.00	0.20	0.89
47	155	185	0.79	0.01	0.00		0.00	0.15	0.53
48	185	148	0.11	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
49	185	182	0.42	0.03	0.00		0.00	0.08	0.16
50	145	181	0.26	0.00	0.00		0.00	0.05	0.07

51	181	182	0.26	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07
52	182	195	0.46	0.00	0.00	0.00	0.09	0.19
53	195	200	0.31	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09
54	200	190	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
55	200	203	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
56	203	205	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
57	200	210	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
58	210	212	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
59	212	215	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
60	155	160	0.19	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
61	195	162	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	162	198	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	165	157	0.36	0.01	0.00	0.00	0.07	0.13
64	125	165	0.70	0.04	0.00	0.00	0.13	0.42
65	165	170	0.22	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
66	170	172	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
67	172	131	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	172	175	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
69	135	130	0.20	0.07	0.00	0.00	0.08	0.28
70	135	180	0.09	0.02	0.00	0.00	0.04	0.07
71	22	25	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

JUNCTION NODE RESULTS

JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (m)	PRESSURE HEAD (m)	JUNCTION PRESSURE (kpa)
5		0.00	2192.21	2135.32	56.89	557.87
10		0.15	2192.11	2168.00	24.11	236.46
15		0.03	2192.07	2156.18	35.89	351.93
20		0.07	2192.09	2167.64	24.45	239.78
22		0.15	2192.09	2165.94	26.15	256.42
25		0.08	2192.09	2135.53	56.56	554.63
30		0.22	2192.04	2161.88	30.16	295.78
35		0.31	2191.93	2151.00	40.93	401.35
37		0.00	2191.93	2138.02	53.91	528.64
40		0.05	2191.93	2137.54	54.39	533.34
45		0.14	2191.86	2164.59	27.27	267.46
50		0.14	2191.81	2170.99	20.82	204.15
55		0.34	2191.78	2170.99	20.79	203.92
57		0.01	2191.78	2165.00	26.78	262.63
60		0.03	2191.78	2152.00	39.78	390.10
65		0.22	2192.04	2164.70	27.34	268.12
70		0.31	2191.99	2134.44	57.55	564.39
75		0.05	2191.98	2137.72	54.26	532.10
80		0.05	2191.97	2135.64	56.33	552.41
82		0.12	2191.95	2143.84	48.11	471.84
85		0.02	2191.97	2140.00	51.97	509.63
87		0.00	2191.97	2140.00	51.97	509.63
90		0.05	2191.97	2140.00	51.97	509.61
92		0.01	2191.97	2169.00	22.97	225.22
95		0.02	2191.97	2141.25	50.72	497.35
100		0.15	2191.97	2182.00	9.97	97.81
105		0.09	2191.99	2135.53	56.46	553.70
110		0.04	2192.02	2142.47	49.55	485.89
112		0.08	2192.01	2152.86	39.15	383.97
115		0.08	2192.05	2154.45	37.60	368.77

120	0.07	2192.06	2168.30	23.76	232.97
125	0.08	2192.08	2167.72	24.36	238.90
130	0.20	2191.87	2162.94	28.93	283.73
131	0.01	2192.03	2142.00	50.03	490.63
135	0.15	2191.94	2145.99	45.95	450.64
140	0.06	2191.96	2137.22	54.74	536.85
145	0.14	2191.96	2134.45	57.51	564.02
147	0.14	2191.98	2136.69	55.29	542.21
148	0.02	2191.98	2151.86	40.12	393.47
149	0.11	2191.98	2138.27	53.71	526.76
150	0.16	2191.98	2148.39	43.59	427.50
155	0.07	2192.00	2160.48	31.52	309.06
157	0.07	2192.03	2164.71	27.32	267.89
160	0.19	2191.99	2145.74	46.25	453.60
162	0.00	2191.95	2132.85	59.10	579.60
165	0.12	2192.04	2148.98	43.06	422.24
170	0.15	2192.03	2133.74	58.29	571.66
172	0.03	2192.03	2139.04	52.99	519.66
175	0.03	2192.03	2143.66	48.37	474.35
180	0.09	2191.93	2133.00	58.93	577.88
181	0.00	2191.96	2134.19	57.77	566.54
182	0.22	2191.96	2136.00	55.96	548.75
185	0.26	2191.98	2157.73	34.25	335.91
190	0.04	2191.95	2145.63	46.32	454.23
195	0.15	2191.95	2135.68	56.27	551.85
198	0.01	2191.95	2133.00	58.95	578.13
200	0.08	2191.95	2138.98	52.97	519.44
203	0.03	2191.95	2154.94	37.01	362.92
205	0.04	2191.95	2165.06	26.89	263.67
210	0.07	2191.95	2132.04	59.91	587.48
212	0.03	2191.94	2128.00	63.94	627.08
215	0.02	2191.94	2128.00	63.94	627.08

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	5.80	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 5.80

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 5.80

CHANGES FOR NEXT SIMULATION

DEMAND CHANGES

DEMAND TYPE = 1 - GDF = 1.7

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 2 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00000

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA
SIMULACION HIDRAULICA - DIAGNOSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE - AÑO 1999
DEMANDA MAXIMA HORARIA = DEMANDA MEDIA * 1.7

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE TK -STORAGE TANK

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	17.60	1.27	0.00		0.00	0.93	7.45
2	5	10	17.60	0.74	0.00		0.00	0.93	7.45
3	10	20	8.71	0.17	0.00		0.00	0.46	2.03
4	20	22	6.20	0.03	0.00		0.00	0.33	1.08
5	22	125	5.50	0.05	0.00		0.00	0.29	0.86
6	10	65	4.37	0.56	0.00		0.00	0.83	12.53
7	65	70	4.00	0.38	0.00		0.00	0.45	3.04
8	70	75	2.71	0.10	0.00		0.00	0.31	1.48
9	75	80	0.81	0.07	0.00		0.00	0.15	0.56
10	80	82	0.37	0.12	0.00		0.00	0.16	0.92
11	80	85	0.29	0.02	0.00		0.00	0.05	0.08
12	85	87	0.22	0.00	0.00		0.00	0.04	0.05
13	87	90	0.22	0.01	0.00		0.00	0.04	0.05
14	90	92	0.02	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
15	90	95	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
16	30	65	0.30	0.01	0.00		0.00	0.06	0.09
17	10	30	4.06	0.56	0.00		0.00	0.77	10.94
18	30	35	3.08	0.90	0.00		0.00	0.58	6.56
19	35	37	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.03
20	37	40	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.03
21	35	45	2.00	0.48	0.00		0.00	0.38	2.94
22	45	50	1.57	0.43	0.00		0.00	0.30	1.89
23	50	55	1.15	0.19	0.00		0.00	0.22	1.06
24	55	57	0.12	0.03	0.00		0.00	0.05	0.11
25	57	60	0.08	0.01	0.00		0.00	0.04	0.06
26	20	15	2.31	0.19	0.00		0.00	0.44	3.86
27	15	115	2.21	0.10	0.00		0.00	0.42	3.55
28	125	120	3.13	0.20	0.00		0.00	0.59	6.76
29	120	115	0.62	0.02	0.00		0.00	0.12	0.34
30	115	110	2.59	0.30	0.00		0.00	0.49	4.77
31	110	112	0.24	0.02	0.00		0.00	0.10	0.40
32	110	105	2.24	0.19	0.00		0.00	0.42	3.63
33	70	105	0.36	0.00	0.00		0.00	0.04	0.03
34	105	149	2.31	0.06	0.00		0.00	0.26	1.10
35	149	150	0.33	0.01	0.00		0.00	0.06	0.11
36	149	150	0.45	0.01	0.00		0.00	0.08	0.18
37	149	147	1.21	0.03	0.00		0.00	0.23	1.15
38	150	148	0.31	0.00	0.00		0.00	0.06	0.09
39	148	147	0.60	0.02	0.00		0.00	0.11	0.32
40	147	145	1.38	0.12	0.00		0.00	0.26	1.49
41	145	140	0.18	0.00	0.00		0.00	0.03	0.04
42	140	135	1.30	0.17	0.00		0.00	0.25	1.33

43	75	140	1.30	0.12	0.00	0.00	0.25	1.34
44	75	100	0.44	0.04	0.00	0.00	0.08	0.18
45	120	157	2.29	0.23	0.00	0.00	0.43	3.80
46	157	155	3.17	0.24	0.00	0.00	0.60	6.94
47	155	185	2.40	0.10	0.00	0.00	0.45	4.12
48	185	148	0.34	0.01	0.00	0.00	0.07	0.11
49	185	182	1.27	0.20	0.00	0.00	0.24	1.28
50	145	181	0.77	0.02	0.00	0.00	0.15	0.51
51	181	182	0.77	0.03	0.00	0.00	0.15	0.51
52	182	195	1.39	0.03	0.00	0.00	0.26	1.50
53	195	200	0.93	0.04	0.00	0.00	0.18	0.71
54	200	190	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
55	200	203	0.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
56	203	205	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
57	200	210	0.37	0.02	0.00	0.00	0.07	0.13
58	210	212	0.15	0.01	0.00	0.00	0.06	0.17
59	212	215	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
60	155	160	0.58	0.02	0.00	0.00	0.11	0.29
61	195	162	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	162	198	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	165	157	1.10	0.07	0.00	0.00	0.21	0.98
64	125	165	2.12	0.35	0.00	0.00	0.40	3.28
65	165	170	0.66	0.02	0.00	0.00	0.12	0.38
66	170	172	0.20	0.02	0.00	0.00	0.09	0.30
67	172	131	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
68	172	175	0.10	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08
69	135	130	0.59	0.55	0.00	0.00	0.25	2.16
70	135	180	0.27	0.12	0.00	0.00	0.11	0.51
71	22	25	0.24	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06

JUNCTION NODE RESULTS

JUNCTION NUMBER (l/s)	JUNCTION TITLE (m)	EXTERNAL DEMAND (m)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (kpa)	PRESSURE HEAD	JUNCTION PRESSURE
5		0.00	2191.10	2135.32	55.78	546.98
10		0.46	2190.36	2168.00	22.36	219.27
15		0.10	2190.00	2156.18	33.82	331.68
20		0.20	2190.19	2167.64	22.55	221.12
22		0.46	2190.16	2165.94	24.22	237.53
25		0.24	2190.16	2135.53	54.63	535.72
30		0.68	2189.80	2161.88	27.92	273.82
35		0.93	2188.90	2151.00	37.90	371.70
37		0.00	2188.90	2138.02	50.88	498.98
40		0.15	2188.90	2137.54	51.36	503.67
45		0.42	2188.42	2164.59	23.83	233.68
50		0.42	2187.98	2170.99	16.99	166.65
55		1.03	2187.80	2170.99	16.81	164.82
57		0.03	2187.77	2165.00	22.77	223.29
60		0.08	2187.76	2152.00	35.76	350.71
65		0.68	2189.80	2164.70	25.10	246.10
70		0.93	2189.42	2134.44	54.98	539.12
75		0.15	2189.31	2137.72	51.59	505.97
80		0.15	2189.25	2135.64	53.61	525.72
82		0.37	2189.12	2143.84	45.28	444.09
85		0.07	2189.23	2140.00	49.23	482.78
87		0.00	2189.23	2140.00	49.23	482.74

90	0.15	2189.22	2140.00	49.22	482.65
92	0.02	2189.22	2169.00	20.22	198.25
95	0.05	2189.22	2141.25	47.97	470.38
100	0.44	2189.28	2182.00	7.28	71.35
105	0.29	2189.41	2135.53	53.88	528.43
110	0.12	2189.61	2142.47	47.14	462.26
112	0.24	2189.59	2152.86	36.73	360.20
115	0.24	2189.90	2154.45	35.45	347.67
120	0.22	2189.92	2168.30	21.62	212.00
125	0.25	2190.11	2167.72	22.39	219.61
130	0.59	2188.48	2162.94	25.54	250.50
131	0.02	2189.72	2142.00	47.72	467.95
135	0.44	2189.03	2145.99	43.04	422.09
140	0.19	2189.20	2137.22	51.98	509.72
145	0.42	2189.20	2134.45	54.75	536.90
147	0.42	2189.32	2136.69	52.63	516.16
148	0.05	2189.34	2151.86	37.48	367.58
149	0.32	2189.36	2138.27	51.09	500.98
150	0.47	2189.35	2148.39	40.96	401.64
155	0.20	2189.45	2160.48	28.97	284.07
157	0.22	2189.69	2164.71	24.98	244.97
160	0.58	2189.43	2145.74	43.69	428.48
162	0.00	2189.11	2132.85	56.26	551.76
165	0.36	2189.76	2148.98	40.78	399.95
170	0.46	2189.74	2133.74	56.00	549.18
172	0.08	2189.72	2139.04	50.68	496.98
175	0.10	2189.71	2143.66	46.05	451.63
180	0.27	2188.91	2133.00	55.91	548.32
181	0.00	2189.18	2134.19	54.99	539.24
182	0.66	2189.15	2136.00	53.15	521.19
185	0.78	2189.35	2157.73	31.62	310.07
190	0.12	2189.07	2145.63	43.44	426.03
195	0.44	2189.11	2135.68	53.43	524.00
198	0.02	2189.11	2133.00	56.11	550.29
200	0.24	2189.07	2138.98	50.09	491.26
203	0.08	2189.07	2154.94	34.13	334.71
205	0.12	2189.07	2165.06	24.01	235.45
210	0.22	2189.06	2132.04	57.02	559.14
212	0.10	2189.05	2128.00	61.05	598.67
215	0.05	2189.04	2128.00	61.04	598.62

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	17.60	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 17.60

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 17.60

**** KYPIPE SIMULATION COMPLETED ****

DATE: 06/28/00

TIME: 16:52:46.21

**Resultado de simulaciones hidráulicas
de la red de distribución
Situación futura**

Año 2020

```

***** K Y P I P E 3 *****
*University of Kentucky Hydraulic Analysis Program *
*Distribution of Pressure and Flows in Piping Networks *
*      1000 PIPE VERSION - 1.00   (04/15/97)      *
*****

```

DATE: 06/28/00
TIME: 16:57:23.75

INPUT DATA FILENAME ————— C:\KYTMP\SV1\SVICN30.DAT
TABULATED OUTPUT FILENAME ——— C:\KYTMP\SV1\SVICN30.OUT
POSTPROCESSOR RESULTS FILENAME — C:\KYTMP\SV1\SVICN30.RES

```

*****
SUMMARY      OF ORIGINAL DATA
*****

```

UNITSSPECIFIED

FLOWRATE = liters/second
HEAD (HGL) = meters
PRESSURE = kpa

PIPELINE DATA

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
 CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	LENGTH (m)	DIAMETER (cm)	ROUGHNESS COEFF.	PUMP LABEL	MINOR LOSS COEFF.	FGN-HGL (m)
1-FG	TT	5	171.0	15.5	120.00		0.00	2192.37
2	5	10	99.0	15.5	120.00		0.00	
3	10	20	85.0	15.5	120.00		0.00	
4	20	22	24.0	15.5	120.00		0.00	
5	22	125	55.0	15.5	120.00		0.00	
6-XX	10	65	45.0	8.2	120.00		0.00	
7	65	70	125.0	10.6	120.00		0.00	
8	70	75	68.0	10.6	120.00		0.00	
9	80	75	119.0	8.2	120.00		0.00	
10-XX	80	82	135.0	5.5	120.00		0.00	
11	85	80	231.0	8.2	120.00		0.00	
12	87	85	72.0	8.2	120.00		0.00	
13	87	90	189.0	8.2	120.00		0.00	
14-XX	90	92	90.0	5.5	120.00		0.00	
15	90	95	250.0	8.2	120.00		0.00	
16	30	65	69.0	8.2	120.00		0.00	
17	10	30	51.0	8.2	120.00		0.00	
18	35	30	137.0	8.2	120.00		0.00	
19-XX	35	37	73.0	8.2	120.00		0.00	
20	37	40	60.0	8.2	120.00		0.00	

21	35	45	165.0	8.2	120.00	0.00
22	45	50	230.0	8.2	120.00	0.00
23	50	55	176.0	8.2	120.00	0.00
24-XX	55	57	255.0	5.5	120.00	0.00
25-XX	57	60	115.0	5.5	120.00	0.00
26	20	15	48.0	8.2	120.00	0.00
27	15	115	28.0	8.2	120.00	0.00
28	125	120	29.0	8.2	120.00	0.00
29	120	115	45.0	8.2	120.00	0.00
30	115	110	62.0	8.2	120.00	0.00
31-XX	110	112	42.0	5.5	120.00	0.00
32	110	105	53.0	8.2	120.00	0.00
33	70	105	13.0	10.6	120.00	0.00
34	105	149	54.0	10.6	120.00	0.00
35	149	150	89.0	8.2	120.00	0.00
36	149	150	52.0	8.2	120.00	0.00
37	149	147	28.0	8.2	120.00	0.00
38	150	148	29.0	8.2	120.00	0.00
39	148	147	64.0	8.2	120.00	0.00
40	147	145	84.0	8.2	120.00	0.00
41	140	145	38.0	8.2	120.00	0.00
42	140	135	124.0	8.2	120.00	0.00
43	75	140	88.0	8.2	120.00	0.00
44	75	100	215.0	8.2	120.00	0.00
45	120	157	60.0	8.2	120.00	0.00
46	157	155	35.0	8.2	120.00	0.00
47	155	185	24.0	8.2	120.00	0.00
48	148	185	47.0	8.2	120.00	0.00
49	185	182	158.0	8.2	120.00	0.00
50	145	181	42.0	8.2	120.00	0.00
51	181	182	60.0	8.2	120.00	0.00
52	182	195	22.0	8.2	120.00	0.00
53	195	200	54.0	8.2	120.00	0.00
54	200	190	105.0	8.2	120.00	0.00
55	200	203	95.0	8.2	120.00	0.00
56	203	205	88.0	8.2	120.00	0.00
57	200	210	140.0	8.2	120.00	0.00
58-XX	210	212	54.0	5.5	120.00	0.00
59-XX	212	215	211.0	5.5	120.00	0.00
60	155	160	52.0	8.2	120.00	0.00
61	162	195	226.0	8.2	120.00	0.00
62	198	162	57.0	8.2	120.00	0.00
63	165	157	75.0	8.2	120.00	0.00
64	125	165	107.0	8.2	120.00	0.00
65	165	170	61.0	8.2	120.00	0.00
66-XX	170	172	77.0	5.5	120.00	0.00
67-XX	172	131	73.0	5.5	120.00	0.00
68-XX	172	175	49.0	5.5	120.00	0.00
69-XX	135	130	253.0	5.5	120.00	0.00
70-XX	135	180	234.0	5.5	120.00	0.00
71	25	22	54.0	8.2	120.00	0.00
72	203	253	200.0	8.3	130.00	0.00
73	253	256	244.0	8.3	130.00	0.00
74	215	256	56.0	8.3	130.00	0.00
75	256	260	199.0	8.3	130.00	0.00
76	215	262	182.0	8.3	130.00	0.00
77	270	212	172.0	10.7	130.00	0.00
78	205	250	137.0	8.3	130.00	0.00
79	305	300	325.0	8.3	130.00	0.00

80	302	270	66.0	10.7	130.00	0.00	
81	302	305	213.0	10.7	130.00	0.00	
82	307	302	204.0	15.8	130.00	0.00	
83	310	305	202.0	8.3	130.00	0.00	
84	175	307	68.0	15.8	130.00	0.00	
85	307	310	266.0	8.3	130.00	0.00	
86	175	313	382.0	8.3	130.00	0.00	
87	313	310	94.0	8.3	130.00	0.00	
88	131	315	208.0	8.3	130.00	0.00	
89	92	320	196.0	8.3	130.00	0.00	
90	95	60	186.0	8.3	130.00	0.00	
91	300	262	88.0	8.3	130.00	0.00	
92	210	212	54.0	8.3	130.00	0.00	
93	180	135	234.0	8.3	130.00	0.00	
94	135	130	253.0	8.3	130.00	0.00	
95	181	180	50.0	8.3	130.00	0.00	
96	160	162	50.0	8.3	130.00	0.00	
97	170	198	43.0	8.3	130.00	0.00	
98	170	172	77.0	15.8	130.00	0.00	
99	172	131	73.0	8.3	130.00	0.00	
100	172	175	49.0	15.8	130.00	0.00	
101	80	82	135.0	8.3	130.00	0.00	
102	110	112	42.0	8.3	130.00	0.00	
103	25	170	164.0	15.8	130.00	0.00	
104	10	65	45.0	15.8	130.00	0.00	
105	5	25	102.0	15.8	130.00	0.00	
106-FG	TT	5	171.0	20.5	130.00	0.00	2192.37
107	5	42	176.0	15.8	130.00	0.00	
108	42	35	36.0	15.8	130.00	0.00	
109	35	37	73.0	10.7	130.00	0.00	
110	37	87	55.0	10.7	130.00	0.00	
111	90	92	90.0	8.3	130.00	0.00	
112	55	57	255.0	8.3	130.00	0.00	
113	60	57	115.0	8.3	130.00	0.00	
114	212	215	211.0	8.3	130.00	0.00	

JUNCTION NODE DATA

JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	JUNCTION ELEVATION (m)	CONNECTING PIPES				
5		0.00	2135.32	1	2	105	106	107
10		0.23	2168.00	2	3	6	17	104
15		0.05	2156.18	26	27			
20		0.10	2167.64	3	4	26		
22		0.17	2165.94	4	5	71		
25		0.12	2135.53	71	103	105		
30		0.34	2161.88	16	17	18		
35		0.47	2151.00	18	19	21	108	109
37		0.01	2138.02	19	20	109	110	
40		0.08	2137.54	20				
42		0.00	2139.09	107	108			
45		0.21	2164.59	21	22			
50		0.21	2170.99	22	23			
55		0.74	2170.99	23	24	112		

57	1.17	2165.00	24	25	112	113		
60	1.19	2152.00	25	90	113			
65	0.34	2164.70	6	7	16	104		
70	0.47	2134.44	7	8	33			
75	0.07	2137.72	8	9	43	44		
80	0.08	2135.64	9	10	11	101		
82	0.19	2143.84	10	101				
85	0.04	2140.00	11	12				
87	0.00	2140.00	12	13	110			
90	0.08	2140.00	13	14	15	111		
92	0.09	2169.00	14	89	111			
95	0.03	2141.25	15	90				
100	0.22	2182.00	44					
105	0.15	2135.53	32	33	34			
110	0.06	2142.47	30	31	32	102		
112	0.12	2152.86	31	102				
115	0.12	2154.45	27	29	30			
120	0.11	2168.30	28	29	45			
125	0.13	2167.72	5	28	64			
130	0.52	2162.94	69	94				
131	0.14	2142.00	67	88	99			
135	0.22	2145.99	42	69	70	93	94	
140	0.10	2137.22	41	42	43			
145	0.21	2134.45	40	41	50			
147	0.22	2136.69	37	39	40			
148	0.03	2151.86	38	39	48			
149	0.16	2138.27	34	35	36	37		
150	0.24	2148.39	35	36	38			
155	0.10	2160.48	46	47	60			
157	0.11	2164.71	45	46	63			
160	0.29	2145.74	60	96				
162	0.00	2132.85	61	62	96			
165	0.18	2148.98	63	64	65			
170	0.23	2133.74	65	66	97	98	103	
172	0.14	2139.04	66	67	68	98	99	100
175	0.18	2143.66	68	84	86	100		
180	0.14	2133.00	70	93	95			
181	0.00	2134.19	50	51	95			
182	0.33	2136.00	49	51	52			
185	0.39	2157.73	47	48	49			
190	0.06	2145.63	54					
195	0.22	2135.68	52	53	61			
198	0.01	2133.00	62	97				
200	0.12	2138.98	53	54	55	57		
203	0.31	2154.94	55	56	72			
205	0.19	2165.06	56	78				
210	0.11	2132.04	57	58	92			
212	0.31	2128.00	58	59	77	92	114	
215	0.23	2128.00	59	74	76	114		
250	0.31	2185.00	78					
253	0.35	2149.00	72	73				
256	0.56	2128.35	73	74	75			
260	0.27	2126.55	75					
262	0.37	2139.50	76	91				
270	0.63	2147.00	77	80				
300	0.65	2148.00	79	91				
302	0.58	2148.00	80	81	82			
305	0.92	2148.50	79	81	83			
307	0.37	2147.00	82	84	85			

310	0.64	2149.00	83	85	87
313	0.62	2150.00	86	87	
315	0.36	2144.00	88		
320	0.19	2188.00	89		

OUTPUT OPTION DATA

OUTPUT SELECTION: ALL RESULTS ARE INCLUDED IN THE TABULATED OUTPUT

SYSTEM CONFIGURATION

NUMBER OF PIPES (p) = 114
 NUMBER OF JUNCTION NODES (j) = 77
 NUMBER OF PRIMARY LOOPS (l) = 36
 NUMBER OF FIXED GRADE NODES (f) = 2
 NUMBER OF SUPPLY ZONES (z) = 1

=====

 SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 7 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00151

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA
 SIMULACION HIDRAULICA - OBRAS A LARGO PLAZO - PERIODO 2010 - 2020
 CAUDAL MEDIO DIARIO = 19.70 L/S

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
 CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE TK -STORAGE TANK

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	6.04	0.18	0.00		0.00	0.32	1.03
2	5	10	6.73	0.12	0.00		0.00	0.36	1.26
3	10	20	3.37	0.03	0.00		0.00	0.18	0.35
4	20	22	2.20	0.00	0.00		0.00	0.12	0.16
5	22	125	2.76	0.01	0.00		0.00	0.15	0.24
6-XX	10	65							
7	65	70	2.62	0.17	0.00		0.00	0.30	1.39
8	70	75	1.13	0.02	0.00		0.00	0.13	0.29
9	80	75	0.19	0.00	0.00		0.00	0.04	0.04

Planeamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable

10-XX	80	82						
11	85	80	0.46	0.04	0.00	0.00	0.09	0.19
12	87	85	0.50	0.02	0.00	0.00	0.09	0.23
13	87	90	1.95	0.53	0.00	0.00	0.37	2.80
14-XX	90	92						
15	90	95	1.59	0.48	0.00	0.00	0.30	1.92
16	30	65	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
17	10	30	0.36	0.01	0.00	0.00	0.07	0.12
18	35	30	0.16	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
19-XX	35	37						
20	37	40	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
21	35	45	1.96	0.47	0.00	0.00	0.37	2.85
22	45	50	1.75	0.53	0.00	0.00	0.33	2.31
23	50	55	1.54	0.32	0.00	0.00	0.29	1.83
24-XX	55	57						
25-XX	57	60						
26	20	15	1.06	0.04	0.00	0.00	0.20	0.91
27	15	115	1.01	0.02	0.00	0.00	0.19	0.84
28	125	120	1.48	0.05	0.00	0.00	0.28	1.69
29	120	115	0.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
30	115	110	1.05	0.06	0.00	0.00	0.20	0.89
31-XX	110	112						
32	110	105	0.87	0.03	0.00	0.00	0.16	0.63
33	70	105	1.01	0.00	0.00	0.00	0.11	0.24
34	105	149	1.73	0.03	0.00	0.00	0.20	0.65
35	149	150	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.09
36	149	150	0.42	0.01	0.00	0.00	0.08	0.16
37	149	147	0.84	0.02	0.00	0.00	0.16	0.60
38	150	148	0.49	0.01	0.00	0.00	0.09	0.22
39	148	147	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
40	147	145	0.80	0.05	0.00	0.00	0.15	0.54
41	140	145	0.33	0.00	0.00	0.00	0.06	0.10
42	140	135	0.61	0.04	0.00	0.00	0.11	0.32
43	75	140	1.03	0.08	0.00	0.00	0.20	0.87
44	75	100	0.22	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
45	120	157	1.22	0.07	0.00	0.00	0.23	1.18
46	157	155	1.42	0.05	0.00	0.00	0.27	1.56
47	155	185	0.95	0.02	0.00	0.00	0.18	0.75
48	148	185	0.28	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08
49	185	182	0.85	0.09	0.00	0.00	0.16	0.60
50	145	181	0.92	0.03	0.00	0.00	0.17	0.70
51	181	182	0.64	0.02	0.00	0.00	0.12	0.36
52	182	195	1.16	0.02	0.00	0.00	0.22	1.07
53	195	200	1.77	0.13	0.00	0.00	0.33	2.34
54	200	190	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
55	200	203	1.33	0.13	0.00	0.00	0.25	1.39
56	203	205	0.50	0.02	0.00	0.00	0.09	0.23
57	200	210	0.25	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
58-XX	210	212						
59-XX	212	215						
60	155	160	0.36	0.01	0.00	0.00	0.07	0.12
61	162	195	0.83	0.13	0.00	0.00	0.16	0.57
62	198	162	0.75	0.03	0.00	0.00	0.14	0.49
63	165	157	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.09
64	125	165	1.15	0.11	0.00	0.00	0.22	1.05
65	165	170	0.66	0.02	0.00	0.00	0.12	0.38
66-XX	170	172						
67-XX	172	131						
68-XX	172	175						

10-XX	80	82						
11	85	80	0.46	0.04	0.00	0.00	0.09	0.19
12	87	85	0.50	0.02	0.00	0.00	0.09	0.23
13	87	90	1.95	0.53	0.00	0.00	0.37	2.80
14-XX	90	92						
15	90	95	1.59	0.48	0.00	0.00	0.30	1.92
16	30	65	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
17	10	30	0.36	0.01	0.00	0.00	0.07	0.12
18	35	30	0.16	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
19-XX	35	37						
20	37	40	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
21	35	45	1.96	0.47	0.00	0.00	0.37	2.85
22	45	50	1.75	0.53	0.00	0.00	0.33	2.31
23	50	55	1.54	0.32	0.00	0.00	0.29	1.83
24-XX	55	57						
25-XX	57	60						
26	20	15	1.06	0.04	0.00	0.00	0.20	0.91
27	15	115	1.01	0.02	0.00	0.00	0.19	0.84
28	125	120	1.48	0.05	0.00	0.00	0.28	1.69
29	120	115	0.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
30	115	110	1.05	0.06	0.00	0.00	0.20	0.89
31-XX	110	112						
32	110	105	0.87	0.03	0.00	0.00	0.16	0.63
33	70	105	1.01	0.00	0.00	0.00	0.11	0.24
34	105	149	1.73	0.03	0.00	0.00	0.20	0.65
35	149	150	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.09
36	149	150	0.42	0.01	0.00	0.00	0.08	0.16
37	149	147	0.84	0.02	0.00	0.00	0.16	0.60
38	150	148	0.49	0.01	0.00	0.00	0.09	0.22
39	148	147	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
40	147	145	0.80	0.05	0.00	0.00	0.15	0.54
41	140	145	0.33	0.00	0.00	0.00	0.06	0.10
42	140	135	0.61	0.04	0.00	0.00	0.11	0.32
43	75	140	1.03	0.08	0.00	0.00	0.20	0.87
44	75	100	0.22	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
45	120	157	1.22	0.07	0.00	0.00	0.23	1.18
46	157	155	1.42	0.05	0.00	0.00	0.27	1.56
47	155	185	0.95	0.02	0.00	0.00	0.18	0.75
48	148	185	0.28	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08
49	185	182	0.85	0.09	0.00	0.00	0.16	0.60
50	145	181	0.92	0.03	0.00	0.00	0.17	0.70
51	181	182	0.64	0.02	0.00	0.00	0.12	0.36
52	182	195	1.16	0.02	0.00	0.00	0.22	1.07
53	195	200	1.77	0.13	0.00	0.00	0.33	2.34
54	200	190	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
55	200	203	1.33	0.13	0.00	0.00	0.25	1.39
56	203	205	0.50	0.02	0.00	0.00	0.09	0.23
57	200	210	0.25	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
58-XX	210	212						
59-XX	212	215						
60	155	160	0.36	0.01	0.00	0.00	0.07	0.12
61	162	195	0.83	0.13	0.00	0.00	0.16	0.57
62	198	162	0.75	0.03	0.00	0.00	0.14	0.49
63	165	157	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.09
64	125	165	1.15	0.11	0.00	0.00	0.22	1.05
65	165	170	0.66	0.02	0.00	0.00	0.12	0.38
66-XX	170	172						
67-XX	172	131						
68-XX	172	175						

69-XX	135	130						
70-XX	135	180						
71	25	22	0.73	0.02	0.00	0.00	0.14	0.45
72	203	253	0.52	0.04	0.00	0.00	0.10	0.20
73	253	256	0.17	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03
74	215	256	0.66	0.02	0.00	0.00	0.12	0.30
75	256	260	0.27	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
76	215	262	0.16	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
77	270	212	1.21	0.05	0.00	0.00	0.14	0.28
78	205	250	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.08
79	305	300	0.86	0.16	0.00	0.00	0.16	0.50
80	302	270	1.84	0.04	0.00	0.00	0.21	0.60
81	302	305	1.41	0.08	0.00	0.00	0.16	0.36
82	307	302	3.83	0.07	0.00	0.00	0.20	0.35
83	310	305	0.37	0.02	0.00	0.00	0.07	0.10
84	175	307	5.04	0.04	0.00	0.00	0.26	0.58
85	307	310	0.84	0.13	0.00	0.00	0.15	0.48
86	175	313	0.79	0.16	0.00	0.00	0.15	0.43
87	313	310	0.17	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
88	131	315	0.36	0.02	0.00	0.00	0.07	0.10
89	92	320	0.19	0.01	0.00	0.00	0.04	0.03
90	95	60	1.56	0.28	0.00	0.00	0.29	1.51
91	300	262	0.21	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
92	210	212	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
93	180	135	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
94	135	130	0.52	0.05	0.00	0.00	0.10	0.20
95	181	180	0.27	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06
96	160	162	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
97	170	198	0.76	0.02	0.00	0.00	0.14	0.40
98	170	172	6.65	0.07	0.00	0.00	0.34	0.97
99	172	131	0.50	0.01	0.00	0.00	0.09	0.18
100	172	175	6.01	0.04	0.00	0.00	0.31	0.80
101	80	82	0.19	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03
102	110	112	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
103	25	170	6.99	0.17	0.00	0.00	0.36	1.06
104	10	65	2.77	0.01	0.00	0.00	0.14	0.19
105	5	25	7.84	0.13	0.00	0.00	0.40	1.31
106-FG	TT	5	13.66	0.18	0.00	0.00	0.41	1.03
107	5	42	5.13	0.11	0.00	0.00	0.26	0.60
108	42	35	5.13	0.02	0.00	0.00	0.26	0.60
109	35	37	2.54	0.08	0.00	0.00	0.28	1.08
110	37	87	2.45	0.06	0.00	0.00	0.27	1.01
111	90	92	0.28	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
112	55	57	0.80	0.11	0.00	0.00	0.15	0.44
113	60	57	0.37	0.01	0.00	0.00	0.07	0.10
114	212	215	1.05	0.15	0.00	0.00	0.19	0.72

JUNCTION	NODE	RESULTS				
JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (m)	PRESSURE HEAD (m)	JUNCTION PRESSURE (kpa)
5		0.00	2192.19	2135.32	56.87	557.75
10		0.23	2192.07	2168.00	24.07	236.05
15		0.05	2192.00	2156.18	35.82	351.24
20		0.10	2192.04	2167.64	24.40	239.29

22	0.17	2192.04	2165.94	26.10	255.92
25	0.12	2192.06	2135.53	56.53	554.38
30	0.34	2192.06	2161.88	30.18	296.00
35	0.47	2192.07	2151.00	41.07	402.74
37	0.01	2191.99	2138.02	53.97	529.25
40	0.08	2191.99	2137.54	54.45	533.96
42	0.00	2192.09	2139.09	53.00	519.74
45	0.21	2191.60	2164.59	27.01	264.85
50	0.21	2191.07	2170.99	20.08	196.87
55	0.74	2190.74	2170.99	19.75	193.72
57	1.17	2190.63	2165.00	25.63	251.36
60	1.19	2190.64	2152.00	38.64	378.96
65	0.34	2192.06	2164.70	27.36	268.32
70	0.47	2191.89	2134.44	57.45	563.37
75	0.07	2191.87	2137.72	54.15	531.01
80	0.08	2191.87	2135.64	56.23	551.45
82	0.19	2191.87	2143.84	48.03	470.99
85	0.04	2191.92	2140.00	51.92	509.13
87	0.00	2191.93	2140.00	51.93	509.29
90	0.08	2191.40	2140.00	51.40	504.09
92	0.09	2191.40	2169.00	22.40	219.65
95	0.03	2190.92	2141.25	49.67	487.13
100	0.22	2191.86	2182.00	9.86	96.66
105	0.15	2191.88	2135.53	56.35	552.65
110	0.06	2191.92	2142.47	49.45	484.92
112	0.12	2191.92	2152.86	39.06	383.02
115	0.12	2191.97	2154.45	37.52	367.98
120	0.11	2191.97	2168.30	23.67	232.16
125	0.13	2192.02	2167.72	24.30	238.33
130	0.52	2191.70	2162.94	28.76	282.05
131	0.14	2191.80	2142.00	49.80	488.37
135	0.22	2191.75	2145.99	45.76	448.76
140	0.10	2191.79	2137.22	54.57	535.16
145	0.21	2191.79	2134.45	57.34	562.29
147	0.22	2191.83	2136.69	55.14	540.77
148	0.03	2191.83	2151.86	39.97	392.02
149	0.16	2191.85	2138.27	53.58	525.44
150	0.24	2191.84	2148.39	43.45	426.11
155	0.10	2191.85	2160.48	31.37	307.63
157	0.11	2191.90	2164.71	27.19	266.68
160	0.29	2191.84	2145.74	46.10	452.11
162	0.00	2191.84	2132.85	58.99	578.52
165	0.18	2191.91	2148.98	42.93	421.00
170	0.23	2191.89	2133.74	58.15	570.23
172	0.14	2191.81	2139.04	52.77	517.53
175	0.18	2191.77	2143.66	48.11	471.83
180	0.14	2191.75	2133.00	58.75	576.19
181	0.00	2191.76	2134.19	57.57	564.55
182	0.33	2191.74	2136.00	55.74	546.59
185	0.39	2191.83	2157.73	34.10	334.42
190	0.06	2191.59	2145.63	45.96	450.67
195	0.22	2191.71	2135.68	56.03	549.50
198	0.01	2191.87	2133.00	58.87	577.32
200	0.12	2191.59	2138.98	52.61	515.89
203	0.31	2191.45	2154.94	36.51	358.08
205	0.19	2191.43	2165.06	26.37	258.64
210	0.11	2191.58	2132.04	59.54	583.86
212	0.31	2191.58	2128.00	63.58	623.47
215	0.23	2191.42	2128.00	63.42	621.98

250	0.31	2191.42	2185.00	6.42	62.99
253	0.35	2191.41	2149.00	42.41	415.93
256	0.56	2191.41	2128.35	63.06	618.38
260	0.27	2191.40	2126.55	64.85	635.92
262	0.37	2191.42	2139.50	51.92	509.16
270	0.63	2191.62	2147.00	44.62	437.61
300	0.65	2191.42	2148.00	43.42	425.83
302	0.58	2191.66	2148.00	43.66	428.19
305	0.92	2191.59	2148.50	43.09	422.53
307	0.37	2191.73	2147.00	44.73	438.69
310	0.64	2191.61	2149.00	42.61	417.83
313	0.62	2191.61	2150.00	41.61	408.05
315	0.36	2191.78	2144.00	47.78	468.55
320	0.19	2191.39	2188.00	3.39	33.26

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	6.04	TANQUE
TT	106	13.66	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 19.70

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 19.70

CHANGES FOR NEXT SIMULATION

DEMAND CHANGES

DEMAND TYPE = 1 - GDF = 0.300

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 2 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00012

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA

SIMULACION HIDRAULICA - OBRAS A LARGO PLAZO - PERIODO 2010 - 2020

DEMANDA MINIMA HORARIA = DEMANDA MEDIA * 0.30

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE:	XX -CLOSED PIPE	FG -FIXED GRADE NODE	PU -PUMP LINE
	CV -CHECK VALVE	RV -REGULATING VALVE	TK -STORAGE TANK

250	0.31	2191.42	2185.00	6.42	62.99
253	0.35	2191.41	2149.00	42.41	415.93
256	0.56	2191.41	2128.35	63.06	618.38
260	0.27	2191.40	2126.55	64.85	635.92
262	0.37	2191.42	2139.50	51.92	509.16
270	0.63	2191.62	2147.00	44.62	437.61
300	0.65	2191.42	2148.00	43.42	425.83
302	0.58	2191.66	2148.00	43.66	428.19
305	0.92	2191.59	2148.50	43.09	422.53
307	0.37	2191.73	2147.00	44.73	438.69
310	0.64	2191.61	2149.00	42.61	417.83
313	0.62	2191.61	2150.00	41.61	408.05
315	0.36	2191.78	2144.00	47.78	468.55
320	0.19	2191.39	2188.00	3.39	33.26

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	6.04	TANQUE
TT	106	13.66	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 19.70

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 19.70

CHANGES FOR NEXT SIMULATION

DEMAND CHANGES

DEMAND TYPE = 1 - GDF = 0.300

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 2 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00012

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA

SIMULACION HIDRAULICA - OBRAS A LARGO PLAZO - PERIODO 2010 - 2020

DEMANDA MINIMA HORARIA = DEMANDA MEDIA * 0.30

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE:	XX -CLOSED PIPE	FG -FIXED GRADE NODE	PU -PUMP LINE
	CV -CHECK VALVE	RV -REGULATING VALVE	TK -STORAGE TANK

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	1.81	0.02	0.00		0.00	0.10	0.11
2	5	10	2.02	0.01	0.00		0.00	0.11	0.14
3	10	20	1.01	0.00	0.00		0.00	0.05	0.04
4	20	22	0.66	0.00	0.00		0.00	0.04	0.02
5	22	125	0.83	0.00	0.00		0.00	0.04	0.03
6-XX	10	65							
7	65	70	0.79	0.02	0.00		0.00	0.09	0.15
8	70	75	0.34	0.00	0.00		0.00	0.04	0.03
9	80	75	0.06	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
10-XX	80	82							
11	85	80	0.14	0.00	0.00		0.00	0.03	0.02
12	87	85	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.02
13	87	90	0.58	0.06	0.00		0.00	0.11	0.30
14-XX	90	92							
15	90	95	0.48	0.05	0.00		0.00	0.09	0.21
16	30	65	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
17	10	30	0.11	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
18	35	30	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
19-XX	35	37							
20	37	40	0.02	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
21	35	45	0.59	0.05	0.00		0.00	0.11	0.31
22	45	50	0.53	0.06	0.00		0.00	0.10	0.25
23	50	55	0.46	0.03	0.00		0.00	0.09	0.20
24-XX	55	57							
25-XX	57	60							
26	20	15	0.32	0.00	0.00		0.00	0.06	0.10
27	15	115	0.30	0.00	0.00		0.00	0.06	0.09
28	125	120	0.44	0.01	0.00		0.00	0.08	0.18
29	120	115	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
30	115	110	0.31	0.01	0.00		0.00	0.06	0.10
31-XX	110	112							
32	110	105	0.26	0.00	0.00		0.00	0.05	0.07
33	70	105	0.30	0.00	0.00		0.00	0.03	0.03
34	105	149	0.52	0.00	0.00		0.00	0.06	0.07
35	149	150	0.09	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
36	149	150	0.12	0.00	0.00		0.00	0.02	0.02
37	149	147	0.25	0.00	0.00		0.00	0.05	0.06
38	150	148	0.15	0.00	0.00		0.00	0.03	0.02
39	148	147	0.05	0.00	0.00		0.00	0.01	0.00
40	147	145	0.24	0.00	0.00		0.00	0.05	0.06
41	140	145	0.10	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
42	140	135	0.18	0.00	0.00		0.00	0.03	0.03
43	75	140	0.31	0.01	0.00		0.00	0.06	0.09
44	75	100	0.07	0.00	0.00		0.00	0.01	0.01
45	120	157	0.37	0.01	0.00		0.00	0.07	0.13
46	157	155	0.42	0.01	0.00		0.00	0.08	0.17
47	155	185	0.29	0.00	0.00		0.00	0.05	0.08
48	148	185	0.08	0.00	0.00		0.00	0.02	0.01
49	185	182	0.25	0.01	0.00		0.00	0.05	0.06
50	145	181	0.28	0.00	0.00		0.00	0.05	0.07
51	181	182	0.19	0.00	0.00		0.00	0.04	0.04
52	182	195	0.35	0.00	0.00		0.00	0.07	0.12
53	195	200	0.53	0.01	0.00		0.00	0.10	0.25
54	200	190	0.02	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
55	200	203	0.40	0.01	0.00		0.00	0.08	0.15

56	203	205	0.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
57	200	210	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
58-XX	210	212						
59-XX	212	215						
60	155	160	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
61	162	195	0.25	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
62	198	162	0.23	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
63	165	157	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
64	125	165	0.34	0.01	0.00	0.00	0.07	0.11
65	165	170	0.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
66-XX	170	172						
67-XX	172	131						
68-XX	172	175						
69-XX	135	130						
70-XX	135	180						
71	25	22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
72	203	253	0.16	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
73	253	256	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
74	215	256	0.20	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03
75	256	260	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
76	215	262	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
77	270	212	0.36	0.01	0.00	0.00	0.04	0.03
78	205	250	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
79	305	300	0.26	0.02	0.00	0.00	0.05	0.05
80	302	270	0.55	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
81	302	305	0.42	0.01	0.00	0.00	0.05	0.04
82	307	302	1.15	0.01	0.00	0.00	0.06	0.04
83	310	305	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
84	175	307	1.51	0.00	0.00	0.00	0.08	0.06
85	307	310	0.25	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05
86	175	313	0.24	0.02	0.00	0.00	0.04	0.05
87	313	310	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
88	131	315	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
89	92	320	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
90	95	60	0.47	0.03	0.00	0.00	0.09	0.16
91	300	262	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
92	210	212	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
93	180	135	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
94	135	130	0.16	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02
95	181	180	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
96	160	162	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97	170	198	0.23	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
98	170	172	2.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.10
99	172	131	0.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
100	172	175	1.80	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09
101	80	82	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
102	110	112	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
103	25	170	2.10	0.02	0.00	0.00	0.11	0.11
104	10	65	0.83	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02
105	5	25	2.35	0.01	0.00	0.00	0.12	0.14
106-FG	TT	5	4.10	0.02	0.00	0.00	0.12	0.11
107	5	42	1.54	0.01	0.00	0.00	0.08	0.06
108	42	35	1.54	0.00	0.00	0.00	0.08	0.06
109	35	37	0.76	0.01	0.00	0.00	0.08	0.12
110	37	87	0.73	0.01	0.00	0.00	0.08	0.11
111	90	92	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
112	55	57	0.24	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
113	60	57	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
114	212	215	0.31	0.02	0.00	0.00	0.06	0.08

JUNCTION	NODE	RESULTS				
JUNCTION NUMBER (l/s)	JUNCTION TITLE (m)	EXTERNAL DEMAND (m)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (kpa)	PRESSURE HEAD	JUNCTION PRESSURE
5		0.00	2192.35	2135.32	57.03	559.29
10		0.07	2192.34	2168.00	24.34	238.67
15		0.02	2192.33	2156.18	36.15	354.51
20		0.03	2192.33	2167.64	24.69	242.17
22		0.05	2192.33	2165.94	26.39	258.84
25		0.04	2192.34	2135.53	56.81	557.09
30		0.10	2192.34	2161.88	30.46	298.68
35		0.14	2192.34	2151.00	41.34	405.39
37		0.00	2192.33	2138.02	54.31	532.59
40		0.02	2192.33	2137.54	54.79	537.30
42		0.00	2192.34	2139.09	53.25	522.20
45		0.06	2192.29	2164.59	27.70	271.62
50		0.06	2192.23	2170.99	21.24	208.29
55		0.22	2192.20	2170.99	21.21	207.95
57		0.35	2192.18	2165.00	27.18	266.58
60		0.36	2192.18	2152.00	40.18	394.08
65		0.10	2192.34	2164.70	27.64	271.02
70		0.14	2192.32	2134.44	57.88	567.59
75		0.02	2192.32	2137.72	54.60	535.40
80		0.02	2192.32	2135.64	56.68	555.81
82		0.06	2192.32	2143.84	48.48	475.39
85		0.01	2192.32	2140.00	52.32	513.10
87		0.00	2192.32	2140.00	52.32	513.12
90		0.02	2192.27	2140.00	52.27	512.56
92		0.03	2192.27	2169.00	23.27	228.16
95		0.01	2192.21	2141.25	50.96	499.80
100		0.07	2192.31	2182.00	10.31	101.15
105		0.05	2192.32	2135.53	56.79	556.90
110		0.02	2192.32	2142.47	49.85	488.88
112		0.04	2192.32	2152.86	39.46	386.99
115		0.04	2192.33	2154.45	37.88	371.45
120		0.03	2192.33	2168.30	24.03	235.63
125		0.04	2192.33	2167.72	24.61	241.37
130		0.16	2192.30	2162.94	29.36	287.90
131		0.04	2192.31	2142.00	50.31	493.36
135		0.07	2192.30	2145.99	46.31	454.18
140		0.03	2192.31	2137.22	55.09	540.23
145		0.06	2192.31	2134.45	57.86	567.39
147		0.07	2192.31	2136.69	55.62	545.47
148		0.01	2192.31	2151.86	40.45	396.70
149		0.05	2192.31	2138.27	54.04	529.99
150		0.07	2192.31	2148.39	43.92	430.74
155		0.03	2192.31	2160.48	31.83	312.19
157		0.03	2192.32	2164.71	27.61	270.76
160		0.09	2192.31	2145.74	46.57	456.73
162		0.00	2192.31	2132.85	59.46	583.14
165		0.05	2192.32	2148.98	43.34	425.03
170		0.07	2192.32	2133.74	58.58	574.46
172		0.04	2192.31	2139.04	53.27	522.40
175		0.05	2192.31	2143.66	48.65	477.06
180		0.04	2192.30	2133.00	59.30	581.57
181		0.00	2192.30	2134.19	58.11	569.90
182		0.10	2192.30	2136.00	56.30	552.13

185	0.12	2192.31	2157.73	34.58	339.14
190	0.02	2192.29	2145.63	46.66	457.54
195	0.07	2192.30	2135.68	56.62	555.25
198	0.00	2192.32	2133.00	59.32	581.70
200	0.04	2192.29	2138.98	53.31	522.75
203	0.09	2192.27	2154.94	37.33	366.10
205	0.06	2192.27	2165.06	27.21	266.83
210	0.03	2192.28	2132.04	60.24	590.80
212	0.09	2192.28	2128.00	64.28	630.42
215	0.07	2192.27	2128.00	64.27	630.26
250	0.09	2192.27	2185.00	7.27	71.28
253	0.10	2192.27	2149.00	43.27	424.31
256	0.17	2192.27	2128.35	63.92	626.81
260	0.08	2192.27	2126.55	65.72	644.45
262	0.11	2192.27	2139.50	52.77	517.48
270	0.19	2192.29	2147.00	45.29	444.15
300	0.20	2192.27	2148.00	44.27	434.13
302	0.17	2192.29	2148.00	44.29	434.38
305	0.28	2192.29	2148.50	43.79	429.40
307	0.11	2192.30	2147.00	45.30	444.26
310	0.19	2192.29	2149.00	43.29	424.51
313	0.19	2192.29	2150.00	42.29	414.71
315	0.11	2192.31	2144.00	48.31	473.73
320	0.06	2192.27	2188.00	4.27	41.83

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	1.81	TANQUE
TT	106	4.10	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 5.91

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 5.91

CHANGES FOR NEXT SIMULATION

DEMAND CHANGES

DEMAND TYPE = 1 - GDF = 1.950

SIMULATION RESULTS

THE RESULTS ARE OBTAINED AFTER 2 TRIALS WITH AN ACCURACY = 0.00000

SIMULATION DESCRIPTION (LABEL)

PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE - ANTIOQUIA

SIMULACION HIDRAULICA - OBRAS A LARGO PLAZO - PERIODO 2010 - 2020

DEMANDA MAXIMA HORARIA = DEMANDA MEDIA * 1.95

PIPELINE RESULTS

STATUS CODE: XX -CLOSED PIPE FG -FIXED GRADE NODE PU -PUMP LINE
 CV -CHECK VALVE RV -REGULATING VALVE TK -STORAGE TANK

PIPE NUMBER	NODE #1	NOS. #2	FLOWRATE (l/s)	HEAD LOSS (m)	PUMP HEAD (m)	PUMP LABEL	MINOR LOSS (m)	LINE VELO. (m/s)	HL/ 1000 (m/m)
1-FG	TT	5	11.78	0.61	0.00		0.00	0.62	3.54
2	5	10	13.12	0.43	0.00		0.00	0.70	4.33
3	10	20	6.57	0.10	0.00		0.00	0.35	1.20
4	20	22	4.30	0.01	0.00		0.00	0.23	0.55
5	22	125	5.38	0.05	0.00		0.00	0.29	0.83
6-XX	10	65							
7	65	70	5.10	0.60	0.00		0.00	0.58	4.79
8	70	75	2.21	0.07	0.00		0.00	0.25	1.01
9	80	75	0.37	0.02	0.00		0.00	0.07	0.13
10-XX	80	82							
11	85	80	0.90	0.15	0.00		0.00	0.17	0.67
12	87	85	0.98	0.06	0.00		0.00	0.18	0.78
13	87	90	3.80	1.83	0.00		0.00	0.72	9.66
14-XX	90	92							
15	90	95	3.09	1.65	0.00		0.00	0.59	6.61
16	30	65	0.35	0.01	0.00		0.00	0.07	0.12
17	10	30	0.70	0.02	0.00		0.00	0.13	0.42
18	35	30	0.32	0.01	0.00		0.00	0.06	0.10
19-XX	35	37							
20	37	40	0.16	0.00	0.00		0.00	0.03	0.03
21	35	45	3.83	1.62	0.00		0.00	0.73	9.82
22	45	50	3.42	1.83	0.00		0.00	0.65	7.96
23	50	55	3.01	1.11	0.00		0.00	0.57	6.29
24-XX	55	57							
25-XX	57	60							
26	20	15	2.07	0.15	0.00		0.00	0.39	3.15
27	15	115	1.98	0.08	0.00		0.00	0.37	2.88
28	125	120	2.89	0.17	0.00		0.00	0.55	5.83
29	120	115	0.30	0.00	0.00		0.00	0.06	0.09
30	115	110	2.04	0.19	0.00		0.00	0.39	3.07
31-XX	110	112							
32	110	105	1.69	0.11	0.00		0.00	0.32	2.16
33	70	105	1.98	0.01	0.00		0.00	0.22	0.83
34	105	149	3.38	0.12	0.00		0.00	0.38	2.23
35	149	150	0.61	0.03	0.00		0.00	0.12	0.32
36	149	150	0.81	0.03	0.00		0.00	0.15	0.56
37	149	147	1.65	0.06	0.00		0.00	0.31	2.06
38	150	148	0.95	0.02	0.00		0.00	0.18	0.74
39	148	147	0.34	0.01	0.00		0.00	0.06	0.11
40	147	145	1.56	0.16	0.00		0.00	0.30	1.86
41	140	145	0.64	0.01	0.00		0.00	0.12	0.36
42	140	135	1.18	0.14	0.00		0.00	0.22	1.11
43	75	140	2.01	0.26	0.00		0.00	0.38	2.99
44	75	100	0.43	0.04	0.00		0.00	0.08	0.17
45	120	157	2.37	0.24	0.00		0.00	0.45	4.05
46	157	155	2.76	0.19	0.00		0.00	0.52	5.36
47	155	185	1.86	0.06	0.00		0.00	0.35	2.58
48	148	185	0.55	0.01	0.00		0.00	0.10	0.27
49	185	182	1.65	0.33	0.00		0.00	0.31	2.07
50	145	181	1.79	0.10	0.00		0.00	0.34	2.40

51	181	182	1.25	0.07	0.00	0.00	0.24	1.24
52	182	195	2.26	0.08	0.00	0.00	0.43	3.70
53	195	200	3.44	0.44	0.00	0.00	0.65	8.07
54	200	190	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
55	200	203	2.60	0.46	0.00	0.00	0.49	4.80
56	203	205	0.97	0.07	0.00	0.00	0.18	0.78
57	200	210	0.49	0.03	0.00	0.00	0.09	0.22
58-XX	210	212						
59-XX	212	215						
60	155	160	0.71	0.02	0.00	0.00	0.13	0.43
61	162	195	1.61	0.45	0.00	0.00	0.31	1.98
62	198	162	1.47	0.10	0.00	0.00	0.28	1.67
63	165	157	0.60	0.02	0.00	0.00	0.11	0.32
64	125	165	2.24	0.39	0.00	0.00	0.42	3.63
65	165	170	1.29	0.08	0.00	0.00	0.24	1.30
66-XX	170	172						
67-XX	172	131						
68-XX	172	175						
69-XX	135	130						
70-XX	135	180						
71	25	22	1.42	0.08	0.00	0.00	0.27	1.56
72	203	253	1.02	0.14	0.00	0.00	0.19	0.69
73	253	256	0.34	0.02	0.00	0.00	0.06	0.09
74	215	256	1.28	0.06	0.00	0.00	0.24	1.04
75	256	260	0.53	0.04	0.00	0.00	0.10	0.20
76	215	262	0.31	0.01	0.00	0.00	0.06	0.08
77	270	212	2.37	0.16	0.00	0.00	0.26	0.95
78	205	250	0.60	0.04	0.00	0.00	0.11	0.26
79	305	300	1.67	0.56	0.00	0.00	0.31	1.73
80	302	270	3.60	0.14	0.00	0.00	0.40	2.06
81	302	305	2.75	0.27	0.00	0.00	0.31	1.25
82	307	302	7.48	0.24	0.00	0.00	0.38	1.20
83	310	305	0.72	0.07	0.00	0.00	0.13	0.36
84	175	307	9.83	0.14	0.00	0.00	0.50	1.99
85	307	310	1.63	0.44	0.00	0.00	0.30	1.65
86	175	313	1.54	0.57	0.00	0.00	0.29	1.48
87	313	310	0.33	0.01	0.00	0.00	0.06	0.09
88	131	315	0.70	0.07	0.00	0.00	0.13	0.34
89	92	320	0.37	0.02	0.00	0.00	0.07	0.11
90	95	60	3.03	0.96	0.00	0.00	0.56	5.19
91	300	262	0.41	0.01	0.00	0.00	0.08	0.13
92	210	212	0.28	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06
93	180	135	0.26	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06
94	135	130	1.01	0.17	0.00	0.00	0.19	0.68
95	181	180	0.54	0.01	0.00	0.00	0.10	0.21
96	160	162	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02
97	170	198	1.49	0.06	0.00	0.00	0.28	1.39
98	170	172	12.97	0.26	0.00	0.00	0.66	3.33
99	172	131	0.98	0.05	0.00	0.00	0.18	0.63
100	172	175	11.73	0.14	0.00	0.00	0.60	2.76
101	80	82	0.37	0.01	0.00	0.00	0.07	0.11
102	110	112	0.23	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
103	25	170	13.63	0.60	0.00	0.00	0.70	3.64
104	10	65	5.41	0.03	0.00	0.00	0.28	0.66
105	5	25	15.28	0.46	0.00	0.00	0.78	4.50
106-FG	TT	5	26.63	0.61	0.00	0.00	0.81	3.54
107	5	42	10.01	0.36	0.00	0.00	0.51	2.06
108	42	35	10.01	0.07	0.00	0.00	0.51	2.06
109	35	37	4.95	0.27	0.00	0.00	0.55	3.72

110	37	87	4.77	0.19	0.00	0.00	0.53	3.48
111	90	92	0.55	0.02	0.00	0.00	0.10	0.22
112	55	57	1.57	0.39	0.00	0.00	0.29	1.53
113	60	57	0.71	0.04	0.00	0.00	0.13	0.36
114	212	215	2.04	0.52	0.00	0.00	0.38	2.49

JUNCTION NODE RESULTS

JUNCTION NUMBER	JUNCTION TITLE	EXTERNAL DEMAND (l/s)	HYDRAULIC GRADE (m)	JUNCTION ELEVATION (m)	PRESSURE HEAD (m)	JUNCTION PRESSURE (kpa)
5		0.00	2191.76	2135.32	56.44	553.53
10		0.45	2191.34	2168.00	23.34	228.85
15		0.10	2191.08	2156.18	34.90	342.28
20		0.20	2191.23	2167.64	23.59	231.38
22		0.33	2191.22	2165.94	25.28	247.92
25		0.23	2191.30	2135.53	55.77	546.97
30		0.66	2191.31	2161.88	29.43	288.66
35		0.92	2191.33	2151.00	40.33	395.49
37		0.02	2191.06	2138.02	53.04	520.11
40		0.16	2191.05	2137.54	53.51	524.80
42		0.00	2191.40	2139.09	52.31	513.01
45		0.41	2189.71	2164.59	25.12	246.33
50		0.41	2187.88	2170.99	16.89	165.61
55		1.44	2186.77	2170.99	15.78	154.75
57		2.28	2186.38	2165.00	21.38	209.68
60		2.32	2186.42	2152.00	34.42	337.57
65		0.66	2191.31	2164.70	26.61	260.92
70		0.92	2190.71	2134.44	56.27	551.80
75		0.14	2190.64	2137.72	52.92	518.96
80		0.16	2190.65	2135.64	55.01	539.51
82		0.37	2190.64	2143.84	46.80	458.95
85		0.08	2190.81	2140.00	50.81	498.27
87		0.00	2190.86	2140.00	50.86	498.82
90		0.16	2189.04	2140.00	49.04	480.92
92		0.18	2189.02	2169.00	20.02	196.34
95		0.06	2187.39	2141.25	46.14	452.45
100		0.43	2190.60	2182.00	8.60	84.36
105		0.29	2190.70	2135.53	55.17	541.01
110		0.12	2190.81	2142.47	48.34	474.07
112		0.23	2190.81	2152.86	37.95	372.16
115		0.23	2191.00	2154.45	36.55	358.45
120		0.21	2191.01	2168.30	22.71	222.67
125		0.25	2191.18	2167.72	23.46	230.02
130		1.01	2190.07	2162.94	27.13	266.02
131		0.27	2190.41	2142.00	48.41	474.70
135		0.43	2190.24	2145.99	44.25	433.93
140		0.20	2190.38	2137.22	53.16	521.28
145		0.41	2190.36	2134.45	55.91	548.32
147		0.43	2190.52	2136.69	53.83	527.89
148		0.06	2190.53	2151.86	38.67	379.19
149		0.31	2190.58	2138.27	52.31	512.96
150		0.47	2190.55	2148.39	42.16	413.43
155		0.20	2190.58	2160.48	30.10	295.14
157		0.21	2190.76	2164.71	26.05	255.49
160		0.57	2190.55	2145.74	44.81	439.47

162	0.00	2190.55	2132.85	57.70	565.87
165	0.35	2190.79	2148.98	41.81	409.99
170	0.45	2190.71	2133.74	56.97	558.66
172	0.27	2190.45	2139.04	51.41	504.18
175	0.35	2190.32	2143.66	46.66	457.54
180	0.27	2190.25	2133.00	57.25	561.45
181	0.00	2190.26	2134.19	56.07	549.88
182	0.64	2190.19	2136.00	54.19	531.40
185	0.76	2190.51	2157.73	32.78	321.50
190	0.12	2189.67	2145.63	44.04	431.88
195	0.43	2190.11	2135.68	54.43	533.74
198	0.02	2190.65	2133.00	57.65	565.33
200	0.23	2189.67	2138.98	50.69	497.11
203	0.60	2189.21	2154.94	34.27	336.12
205	0.37	2189.15	2165.06	24.09	236.20
210	0.21	2189.64	2132.04	57.60	564.86
212	0.60	2189.64	2128.00	61.64	604.45
215	0.45	2189.11	2128.00	61.11	599.30
250	0.60	2189.11	2185.00	4.11	40.30
253	0.68	2189.08	2149.00	40.08	393.01
256	1.09	2189.05	2128.35	60.70	595.30
260	0.53	2189.01	2126.55	62.46	612.56
262	0.72	2189.10	2139.50	49.60	486.39
270	1.23	2189.80	2147.00	42.80	419.73
300	1.27	2189.11	2148.00	41.11	403.14
302	1.13	2189.94	2148.00	41.94	411.26
305	1.79	2189.67	2148.50	41.17	403.73
307	0.72	2190.18	2147.00	43.18	423.46
310	1.25	2189.74	2149.00	40.74	399.55
313	1.21	2189.75	2150.00	39.75	389.82
315	0.70	2190.33	2144.00	46.33	454.38
320	0.37	2189.00	2188.00	1.00	9.80

SUMMARY OF INFLOWS AND OUTFLOWS

(+) INFLOWS INTO THE SYSTEM FROM FIXED GRADE NODES

(-) OUTFLOWS FROM THE SYSTEM INTO FIXED GRADE NODES

NODE LABEL	PIPE NUMBER	FLOWRATE (l/s)	NODE TITLE
TT	1	11.78	TANQUE
TT	106	26.63	TANQUE

NET SYSTEM INFLOW = 38.41

NET SYSTEM OUTFLOW = 0.00

NET SYSTEM DEMAND = 38.42

**** KYPipe SIMULATION COMPLETED ****

DATE: 06/28/00

TIME: 16:57:24.02



NOTAS:

1. El sistema de coordenadas utilizado es el del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
2. Las longitudes de las tuberías están dadas en metros y los diámetros en pulgadas.
3. Los niveles o cotas del terreno están dados en metros sobre el nivel del mar.
4. Los datos de los nodos de la red obedecen a la distribución anual de la demanda años 2000 a 2020 y al planeamiento por etapas de las obras. El cálculo y dimensionamiento hidráulico fue realizado con ayuda del modelo de simulación QIPRO.
5. Los datos de entrada y los resultados se presentan en el anexo de memorias de cálculo.
6. La red de distribución se proyectó de tal manera que asegura en todo momento el suministro directo y adecuado a las áreas existentes y futuras determinadas como zonas de expansión de vivienda por el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio.

GUÍA - RAS 003