

ESTUDIO PLAN MAESTRO SISTEMA RED MATRIZ DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y EL MUNICIPIO DE SOACHA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 2-02-25400-0810-2010

PRODUCTO No. 3

Secciones

Versión Final

Plan de Expansión Sistema Red Matriz De
Acueducto



Tabla de Contenido

Producto 3

| | |
|---|------------|
| SECCIÓN 1. INTRODUCCIÓN | 1-1 |
| 1.1 CONTENIDO DEL PRODUCTO 3 | 1-5 |
| 1.2 AGRADECIMIENTOS | 1-6 |
| | |
| SECCIÓN 2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA..... | 2-1 |
| 2.1 HISTORIA DEL ACUEDUCTO DE BOGOTÁ Y SOACHA | 2-2 |
| 2.2 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DEL SISTEMA MATRIZ HOY..... | 2-4 |
| 2.3 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DEL SISTEMA MATRIZ MAÑANA..... | 2-4 |
| | |
| SECCIÓN 3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RED MATRIZ DE BOGOTÁ Y SOACHA. 3-1 | |
| 3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN | 3-2 |
| 3.2 ESCENARIOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RED MATRIZ..... | 3-4 |
| 3.3 ESCENARIOS DE DEMANDA..... | 3-7 |
| 3.4 OBRAS NUEVAS..... | 3-9 |
| | |
| SECCIÓN 4. PLAN DE INVERSIONES RED MATRIZ | 4-1 |
| 4.1. METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PLAN MAESTRO 2.011..... | 4-2 |
| 4.2. METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN -CRA | 4-5 |
| 4.3 OBRAS NUEVAS DE NECESIDAD INMEDIATA : 2012 AL 2015 | 4-6 |
| 4.4 OBRAS NUEVAS 2.017 y 2.020..... | 4-10 |
| 4.5 OBRAS NUEVAS 2.025 y 2.030..... | 4-11 |
| 4.6 RESUMEN DEL PLAN DE INVERSIONES PROPUESTO | 4-13 |
| 4.7 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE OBRAS NUEVAS..... | 4-17 |
| 4.7.1. Planos específicos para obras nuevas en municipios (Anexo J)..... | 4-17 |
| 4.7.2 Fichas de formulación..... | 4-18 |
| | |
| SECCIÓN 5. ESTIMACIÓN DE COSTO Y ANÁLISIS DE COSTO MÍNIMO | 5-1 |
| 5.1. CÁLCULO DE COSTOS DE TANQUES..... | 5-2 |
| 5.1.1. Análisis de la información de referencia | 5-2 |
| 5.1.2. Cálculo de costos de adecuación | 5-4 |
| 5.1.3. Costos de Tanques Nuevos | 5-5 |
| 5.2. CÁLCULO DE COSTOS DE LÍNEAS..... | 5-6 |
| 5.3. CÁLCULO DE COSTOS ESTACIONES DE BOMBEO..... | 5-8 |
| 5.3.1. Costos de Estaciones de Bombeo Nuevas..... | 5-10 |

Tabla de Contenido

Producto 3

| | |
|---|-------------|
| 5.4.CÁLCULO DE COSTOS CONSULTORÍA..... | 5-11 |
| 5.5.ANÁLISIS DE COSTO MÍNIMO | 5-13 |
| 5.5.1.Evaluación del costo de los componentes según el tamaño..... | 5-13 |
| 5.5.2.Análisis financiero | 5-15 |
| 5.5.3.Análisis de costo mínimo para los tanques de almacenamiento. | 5-17 |
| 5.5.3.1.Análisis de costo mínimo. | 5-18 |
| 5.5.3.2.Análisis de costo mínimo de Sistemas de bombeo..... | 5-21 |
| 5.5.3.3.Costos de las inversiones de las estaciones de bombeo | 5-22 |
| SECCIÓN 6. PROYECTOS APROBADOS, EN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | 6-1 |
| 6.1.OBRAS EN EL ÁREA DE SERVICIO DE EL DORADO Y LA LAGUNA | 6-2 |
| 6.2.SISTEMA DE ACUEDUCTO EL ZUQUE..... | 6-3 |
| 6.3.SISTEMA VOLADOR- QUIBA-ALPES II | 6-4 |
| 6.4.SISTEMA QUEBRADA LA VIEJA..... | 6-5 |
| 6.5.SISTEMA SANTO DOMINGO..... | 6-5 |
| 6.6.OPTIMIZACIÓN NORORIENTAL | 6-6 |
| 6.7.OBRAS NUEVAS EN EL ÁREA DE SUBA | 6-6 |
| 6.8.OBRAS NUEVAS EN EL AREA DE BOSA KENNEDY..... | 6-8 |
| 6.9.SISTEMA BORDE NORTE | 6-9 |
| SECCIÓN 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 7-1 |
| 7.1.PROYECCIÓN DE DEMANDAS EN EL ÁREA DE SERVICIO DE LA RED | |
| MATRIZ..... | 7-2 |
| 7.2.ABASTECIMIENTO DEL ÁREA DE COBERTURA DE LA RED MATRIZ | 7-3 |
| 7.3.SERVICIO EN SOACHA | 7-4 |
| 7.4.SERVICIO A LOS MUNICIPIOS..... | 7-4 |
| 7.5.CALIDAD DEL AGUA Y OPERACIÓN..... | 7-5 |
| 7.6.INFRAESTRUCTURA | 7-7 |
| 7.6.1.Parque Nacional..... | 7-7 |
| 7.7.MODELO HIDRÁULICO..... | 7-8 |
| 7.8.SECTORES HIDRÁULICOS..... | 7-9 |
| 7.9.MEDICIONES DE PRESIÓN ADICIONALES..... | 7-10 |
| 7.10.MEDICIONES DE CAUDAL ADICIONALES | 7-10 |
| 7.11.PERDIDAS EN LA RED..... | 7-11 |
| 7.12.PRESIÓN DISPONIBLE EN LAS PCH | 7-11 |

Lista de Tablas

Producto 3

| | |
|--|------|
| Tabla 4- 1 Escalas para la evaluación de prioridad..... | 4-3 |
| Tabla 4- 1A Evaluación de Priorización de Obras..... | 4-4 |
| Tabla 4- 2 Tablero de Control, artículo 38 de la Resolución 485 de 2009 CRA..... | 4-5 |
| Tabla 4- 3 Plan de Inversiones Propuesto por el Plan Maestro (PM) 2.011 para el 2.012..... | 4-7 |
| Tabla 4- 4 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2.012..... | 4-7 |
| Tabla 4- 5 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2.013..... | 4-8 |
| Tabla 4- 6 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2.014..... | 4-8 |
| Tabla 4- 7 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro (PM) 2.011 para el 2.015..... | 4-8 |
| Tabla 4- 8 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2.015..... | 4-10 |
| Tabla 4- 9 Plan de Inversiones Propuesto por el Plan Maestro 2.011 para el 2.017..... | 4-11 |
| Tabla 4- 10 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro 2.011 para el 2.020..... | 4-11 |
| Tabla 4- 11 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro (PM) 2.011 para el 2.025..... | 4-12 |
| Tabla 4- 12 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2.025..... | 4-12 |
| Tabla 4- 13 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro 2.011 para el 2.030..... | 4-12 |
| Tabla 4- 14 Resumen de Costo de Obras Nuevas por Año | 4-13 |
| Tabla 4- 15 Costos de Obras Nuevas por Área de Servicio | 4-15 |
| Tabla 4- 16 Obras en Bogotá, Municipio de Soacha, Municipios del Norte y Occidente. | 4-18 |
| | |
| Tabla 5- 1 Valores promedios, construcción tanque en concreto..... | 5-3 |
| Tabla 5- 2.Costo promedio de actividades por m ³ | 5-4 |
| Tabla 5- 3 Costo promedio de tubería de acuerdo al diámetro. | 5-7 |
| Tabla 5- 4 Costos estaciones de bombeo. | 5-8 |
| Tabla 5- 5 Cotización de subestaciones..... | 5-9 |
| Tabla 5- 6 Costos suministros de bombas..... | 5-10 |
| Tabla 5- 7 Costos Estaciones de Bombeo..... | 5-10 |
| Tabla 5- 8 Tarifas aprobadas para consultoría año 2.011..... | 5-11 |
| Tabla 5- 9 Factores de economía de escala a según distintas fuentes. | 5-15 |
| Tabla 5- 10 Factores de economía de escala a según distintas fuentes..... | 5-16 |
| Tabla 5- 11 Valor de las obras de tanques en millones de pesos de 2.011..... | 5-17 |
| Tabla 5- 12 Requerimientos de almacenamiento en el tiempo (m ³)..... | 5-18 |
| Tabla 5- 13 Volúmenes en m ³ a ampliar en las fechas indicadas..... | 5-19 |
| Tabla 5- 14 Volúmenes en m ³ a ampliar en las fechas indicadas..... | 5-20 |
| Tabla 5- 15 Descripción de estaciones de bombeo. | 5-22 |
| Tabla 5- 16 Resumen costos Estaciones de Bombeo Nuevas..... | 5-22 |
| Tabla 5- 17 Resumen costos sistemas que incluyen Estaciones de Bombeo..... | 5-22 |

Lista de Figuras

Producto 3

| | |
|---|------|
| Figura 3-1 Localización de estaciones de bombeo que requieren ampliación | 3-10 |
| Figura 3-2 Localización de tanques nuevos o que requieren ampliación | 3-11 |
| Figura 3-3 Localización de las líneas nuevas | 3-12 |
| | |
| Figura 5- 1. Costo por metro cúbico de Tanques nuevos..... | 5-5 |
| Figura 5- 2. Modelo Típico de cimentación para tubería..... | 5-6 |
| Figura 5- 3 Costos de infraestructura de estaciones de bombeo por HP..... | 5-9 |
| Figura 5- 4 Costo por HP de Estaciones de Bombeo nuevas..... | 5-11 |
| Figura 5- 5 Modelo de ampliación de capacidad de componentes..... | 5-14 |
| Figura 5- 6 Costo de los tanques en función de su capacidad..... | 5-18 |
| | |
| Figura 6- 1 Tanque El Mochuelo | 6-11 |
| Figura 6- 2 Estación de Bombeo El Paso, Tanque Los Soches e Impulsión El Paso- Los Soches..... | 6-12 |
| Figura 6- 3 Sistema de Acueducto El Zuque | 6-13 |
| Figura 6- 4 Sistema Red Matriz Acueducto Volador-Quiba-Alpes II..... | 6-14 |
| Figura 6- 5 Tanque Cerro Sur El Indio y Tanque Suba Nuevo | 6-15 |
| Figura 6- 6 Línea Suba-Gavilanes y Línea La Conejera I | 6-16 |
| Figura 6- 7 Línea ALO | 6-17 |
| Figura 6- 8 Línea Alsacia Oriental | 6-18 |
| Figura 6- 9 Línea Villavicencio 1..... | 6-19 |
| Figura 6- 10 Línea Villavicencio 2 | 6-20 |
| Figura 6- 11 Línea Bosa-Kennedy prolongación Tintal..... | 6-21 |
| Figura 6- 12 Línea Bosa Laureles y Línea Extensión Bosa Laureles | 6-22 |
| Figura 6- 13 Sistema Borde Norte..... | 6-23 |
| | |
| Figura 7- 1 Localización pilas propuestas | 7-6 |

Sección 1

SECCIÓN 1

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB E.S.P.) presta el servicio de acueducto en la ciudad de Bogotá D.C., el municipio de Soacha y el municipio de Gachancipá. De igual forma, presta servicio de venta de agua en bloque a nueve municipios vecinos a la capital: Sopó, Tocancipá, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota-Zona Industrial.

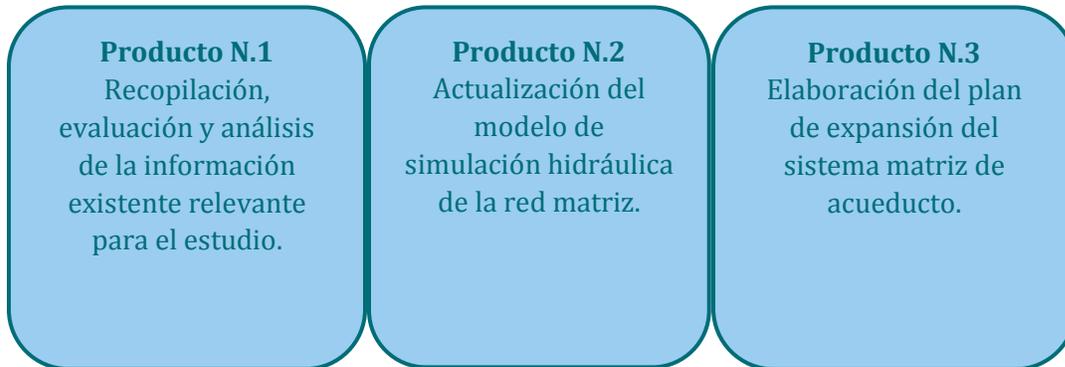
Con el fin de garantizar la excelencia en el servicio de agua potable a corto, mediano y largo plazo, la EAAB E.S.P, realizó la actualización de los estudios del Plan Maestro para la Red Matriz de Bogotá y Soacha, lo cual incluyó la actualización del modelo de simulación hidráulica de la Red Matriz y la formulación de planes quinquenales de inversión en infraestructura de expansión para el periodo 2.015-2.030; para este último año se estima que ya estará saturada la ciudad de Bogotá D.C.

De acuerdo con las condiciones de la Invitación No. ICSM-0802-2.010, la EAAB-E.S.P. contrató a Camp Dresser & McKee Inc. (CDM) para realizar el Estudio Plan Maestro Sistema Red Matriz de Acueducto de la Ciudad de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha. Se constituyó el Contrato de Consultoría No. 2-02-25400-0810-2.010, cuyos objetivos fueron:

Objetivo General: Realizar el estudio de Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto de la ciudad de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha.

Objetivo Específico: Actualizar los estudios del Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto de la ciudad de Bogotá y el Municipio de Soacha, que comprende la actualización del modelo de simulación hidráulica de la red y con base en éste, la definición y formulación del Plan de Inversiones en la Infraestructura de expansión requerida.

El estudio en curso comprendió los siguientes productos:



En el Producto 1, se describió el sistema existente de Red Matriz, se actualizó el inventario de su infraestructura, incluyendo las obras y diseños en ejecución y programados por la Dirección de Red Matriz y los resultados del procesamiento de la información hidráulica correspondiente; también se presentó un análisis de los estudios previos relevantes para este plan maestro y la información recopilada sobre los municipios vecinos abastecidos por la EAAB E.S.P. Para el municipio de Soacha se profundizó en su expansión urbana y las condiciones del servicio.

En el Producto 2, se describió la actualización y la calibración del modelo hidráulico de la Red Matriz, la evaluación y análisis de la demanda de agua, a partir del estudio de proyección de demanda de agua de la ciudad de Bogotá y los municipios vecinos realizado, en el año 2.009 por el consultor Rafael Cubillos. Además se utilizaron otras fuentes disponibles, y la metodología y resultados de los análisis de capacidad y optimización del sistema de red matriz para condiciones existentes y proyectadas. Estos resultados comprenden las recomendaciones de infraestructura complementaria las cuales son base del plan de inversiones.

En este último producto, el Producto 3, se presentan en detalle los proyectos propuestos y el plan de inversiones recomendado. Este producto incluye la metodología de la estimación de costos, las evaluaciones de costo mínimo, priorización y las evaluaciones de localización que incluyen las visitas de campo y la definición de los sitios de los nuevos proyectos. También se incluyen las conclusiones y recomendaciones finales del Plan Maestro del 2.011.

La Empresa decidió actualizar el Plan Maestro principalmente por los siguientes aspectos:

- El anterior estudio de Plan Maestro del sistema Red Matriz de acueducto fue realizado en el año 2.004. Éste comprendió la expansión, rehabilitación, optimización y reducción de la

vulnerabilidad de la Red Matriz¹ con base en los estudios de proyección de población y demanda de agua realizados con anterioridad al censo poblacional del 2.005. Desde entonces se han construido un 30% de los proyectos propuestos en éste, se han recibido nuevas demandas de servicio y gracias a los avances tecnológicos de la empresa, se ha generado información técnico - operativa valiosa que justifica la evaluación de la Red Matriz y formular el plan de inversiones de expansión de la infraestructura de dicho sistema para cubrir la demanda actual y futura. Mantener el Plan Maestro actualizado está de acuerdo con los altos estándares de calidad de la EAAB E.S.P.

- Es inminente la construcción de nuevos proyectos de vivienda en Bogotá D.C. y los municipios vecinos atendidos por la EAAB E.S.P., con los cuales se incorporarán nuevas áreas de desarrollo urbano para vivienda de interés social y altos estratos socio-económicos. Entre estos desarrollos se destacan: el borde norte de Bogotá D.C., que en el 2.011 no cuenta con autorización del Distrito Capital para construir, están diseñadas a nivel de factibilidad las redes matrices de acueducto y alcantarillado. Adicionalmente, en el Municipio de Soacha los macro-proyectos de vivienda de interés social² incrementarán la demanda considerablemente en un mediano plazo. Por el incremento esperado en las demandas, urge definir si el sistema de Red Matriz tiene capacidad suficiente para prestar el servicio. Para tal efecto, se deben establecer los requerimientos hidráulicos y definir los proyectos para un suministro oportuno y suficiente del servicio de acueducto a la ciudad de Bogotá y al Municipio de Soacha.
- Es así como ante la necesidad de orientar a los urbanizadores del Municipio de Soacha, sobre la posible infraestructura requerida para proveerles el servicio y por solicitud del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la EAAB E.S.P. en Febrero de 2.011 estimó la demanda y esbozó una opción preliminar para la Red Matriz que actualice la futura capacidad y cobertura del municipio a un 100% hasta la saturación. Sin embargo, lo anterior es una evaluación preliminar, pues para programar la ampliación del servicio la EAAB E.S.P. requiere realizar una evaluación integral de la Red Matriz de Acueducto, a través de su modelo hidráulico actualizado bajo las nuevas condiciones de demanda e infraestructura.
- La EAAB E.S.P. cuenta con un modelo de simulación hidráulica de la Red Matriz de acueducto del año 2.008, el cual requería ser complementado con las cadenas de bombeo existente, ser actualizado y ser optimizado. Estos procesos permitirán realizar una programación integral de la expansión de la Red Matriz y su uso rutinario en la planeación, desarrollo, operación, control y mantenimiento, a cargo de la Dirección Red Matriz de Acueducto de la Gerencia Sistema Maestro.

¹ Actualización del Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto y conformación de la programación de obras de los sistemas de rehabilitación, optimización y vulnerabilidad, realizado por la firma Salgado Meléndez Asociados en el año 2.004, Contrato N° 2-02-25400-351-2.004.

² Programa del Plan Nacional de Desarrollo para la Prosperidad 2.010 – 2.014

- La EAAB-E.S.P. acaba de actualizar el estudio de proyección global y espacial de la demanda de agua de Bogotá D.C. y sus municipios vecinos³. Dicho estudio se empleará en la actualización del modelo de simulación hidráulica de la Red Matriz de Acueducto y su Plan Maestro de expansión, teniendo en cuenta el caudal actual y proyectado.
- En concordancia con lo anterior, en este estudio se establece el programa de ampliación de mediano y largo plazo de la infraestructura de acueducto (tanques y tubería matriz) de la EAAB E.S.P. para asegurar la prestación oportuna de los servicios a Bogotá D.C., Municipio de Soacha y los demás municipios vecinos, que actualmente reciben el servicio de agua potable, bajo la modalidad de prestación directa por parte de la EAAB E.S.P, o de venta de agua en bloque.

Dado el objeto y alcance de esta consultoría, de acuerdo con los términos de referencia, en este estudio se resalta que:

- Se incluyeron aquellos municipios vecinos a Bogotá, D.C. que actualmente reciben el servicio de acueducto de parte de la EAAB E.S.P y los municipios del Bajo Tequendama.⁴
- El modelo se calibró con la información disponible y se desarrolló de acuerdo con los siguientes esquemas de operación del servicio: condiciones normales de operación, operación de contingencia por el mantenimiento de los túneles del Sistema Chingaza (operando Planta de tratamiento Tibitoc con tanque Alto) y operación de contingencia por el mantenimiento de los túneles del Sistema Chingaza (operando Planta de tratamiento Tibitoc con Tanque Bajo).
- Se evaluó la infraestructura de Red Matriz de Acueducto por etapas, hasta la saturación de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha.
- Los resultados de las evaluaciones desarrolladas como parte del Producto 2 se utilizaron en la formulación de las obras nuevas y el plan de inversión correspondiente a infraestructura de expansión de la Red Matriz para Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha.
- Para los otros municipios vecinos como Sopó, Tocancipá, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota (Zona Industrial), se evaluó la Red Matriz de Acueducto complementaria de suministro requerida a partir de la infraestructura de Red Matriz de la EAAB E.S.P., hasta el punto de entrega del servicio de acueducto e inicio de distribución interna en cada municipio.

Finalmente, se resalta que dentro de este estudio se desarrolló el componente de Plan Maestro de Expansión de la Infraestructura del Sistema de Red Matriz y las recomendaciones de optimización y reducción de vulnerabilidad, estudios que serán contratados posteriormente

³ Estudio de consultoría de las proyecciones de demanda de agua de la ciudad de Bogotá y municipios vecinos, consultor Rafael Cubillos mediante contrato N° 2-02-25400-0296-2.009

⁴ Se conoce que la EAAB E.S.P. ha recibido solicitudes para que preste el servicio de acueducto a otros municipios vecinos a Bogotá D.C. que aún no son servidos por la empresa; sin embargo, por el objeto, alcance y presupuesto de esta Consultoría, dichos municipios no serán incluidos. La Empresa ha manifestado que prevé realizar estudios complementarios de Plan Maestro para tal efecto.

por la EAAB E.S.P.⁵ Este estudio no incluye consideraciones de rehabilitación ni la realización de diseños detallados para construcción e implementar los proyectos de expansión.

1.1 CONTENIDO DEL PRODUCTO 3

A continuación se describen de manera general los aspectos contenidos en cada una de las secciones que hacen parte integral de este producto.

En la sección 1 se hace una descripción general del contenido de cada uno de los Productos realizados, en el estudio Plan Maestro Sistema Red Matriz de Acueducto de la Ciudad de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha, y se describen los aspectos tenidos en cuenta por la EAAB E.S.P., para la realización del estudio mencionado.

La sección 2, presenta una breve reseña histórica, en la cual se resalta el desarrollo del sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá, a través del tiempo, dicha reseña se quiere presentar como un homenaje a todos aquellos quienes fueron parte de la planeación, diseño y ejecución de este sistema de Red Matriz que hoy es uno de los más grandes de Sur América.

En la sección 3, se presenta la metodología utilizada para realizar el análisis de capacidad de las redes matrices existentes, para la operación del sistema frente a las demandas actuales y proyectadas en intervalos de 5 años hasta el 2.030, lo que permitió definir las áreas en donde el sistema necesita refuerzo en infraestructura y determinar diámetros o dimensiones de obras requeridas.

En la sección 4, de este informe se presenta el plan de inversiones por quinquenios, el cual corresponde al resultado de un análisis de priorización, y que tuvo como objetivo considerar las obras nuevas no solo desde el punto de vista de inversión, sino caracterizar las obras desde otros puntos de vista como el impacto social y la necesidad hidráulica relativa, en esta sección también se presenta la metodología para el análisis de prioridades. Este plan recomendado incluye las siguientes mejoras:

- La construcción de 3 tanques nuevos y la ampliación de 8 tanques existentes.
- La construcción de 3 estaciones de bombeo nuevas, y el reemplazo de una línea de impulsión.
- La construcción de 25 líneas nuevas o refuerzos de la red matriz existente.

La sección 5, presenta la evaluación y metodología utilizada para la estimación de costos de los proyectos recomendados para el sistema matriz, dichos costos tuvieron como base los precios actualizados del Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) de la EAAB E.S.P. y los costos

⁵ La EAAB E.S.P. ha manifestado que el Plan Maestro de Rehabilitación de la Red Matriz será contratado en forma posterior a este estudio de Plan Maestro de expansión de la Red Matriz de acueducto.

establecidos en proyectos recientemente adelantados por la EAAB E.S.P. además esta sección presenta la metodología y resultados de la evaluación de costo mínimo aplicada.

En la sección 6, se presenta la lista de proyectos aprobados en Etapa de Estudio o Factibilidad, estos son los proyectos que actualmente (2.011), se encuentran en etapa de estudio de factibilidad o diseño y forman parte de la infraestructura complementaria de la red matriz.

La sección 7, presenta las conclusiones y recomendaciones generales del Plan Maestro del 2.011. Estas conclusiones y recomendaciones son el resultado de las evaluaciones durante los esfuerzos de recolección de información, actualización del modelo hidráulico, estimación de las demandas existentes, proyección de las demandas futuras, evaluación de la capacidad del sistema existente, y generación de las recomendaciones de obras nuevas, y de la interacción de los resultados con otras áreas de la EAAB E.S.P. como lo son el área de abastecimiento, calidad de agua, gerencias de zona, centro de control y electromecánica.

Finalmente, en los Anexos A, B, C y D se presentan los informes de infraestructura complementaria: para cada obra nueva propuesta por el plan maestro se incluye una introducción, descripción y características del proyecto, y un informe que resume la información geográfica, geotécnica e hidráulica relevante, el presupuesto, cronograma de ejecución y el reporte de la visita y la recomendación del sitio final. El Anexo E resume la metodología y memoria de costos de construcción y consultoría de cada proyecto, el Anexo F contiene las fichas únicas del banco de proyectos, el Anexo G contiene el informe de levantamiento topográfico de Gachancipá, el Anexo H contiene el informe de la línea Ciudadela Sucre, el Anexo I incluye los planos generales y el Anexo J incluye los planos específicos para cada una de las obras propuestas por el plan maestro.

1.2 AGRADECIMIENTOS

Esta Consultoría aprovecha para agradecer la continua y amplia colaboración recibida de parte de los representantes de diferentes dependencias de la EAAB E.S.P., en especial de la Dirección Red Matriz Acueducto (DRMA), Gerencia Red Matriz de Acueducto, y al Ingeniero Gino González, interventor de este estudio y su grupo de trabajo: ingenieros Cristian Plazas y Marleny Cortés. Queremos destacar el apoyo continuo y el nivel profesional de este equipo durante todas las etapas de este estudio.

Entre otros, los siguientes ingenieros apoyaron de una manera particularmente valiosa en la realización de este Plan Maestro:

- Ing. Mauricio Velástegui y su grupo, DRMA - Centro de Control
- Ing. Roosevelt Apache, Jefe de División de Servicios de Electro-Mecánica
- Ing. Fabián Santa y su grupo de trabajo, DRMA - Apoyo Técnico
- Ing. Luis Eduardo Silva y su grupo de trabajo, DRMA - Operación y Mantenimiento DRMA

- División de Planeación y Control, DRMA
- Dirección de Información Técnica Geográfica
- Gerencia de Servicio al Cliente
- Personal empresas servicios públicos y alcaldías consultadas

Sección 2

SECCIÓN 2

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB E.S.P.) ha prestado el servicio de acueducto y alcantarillado por más de 123 años, abasteciendo actualmente cerca de 1 millón 700 mil conexiones de servicio en la capital del país, y prestando el servicio a 11 municipios vecinos. Durante estos años, la empresa se ha caracterizado por el alto nivel de calidad en la prestación del servicio, y los proyectos tecnológicos y científicos que la ubican a la vanguardia en el sector de agua potable y saneamiento básico, destacándolo como una compañía pionera en el país en el empleo de tecnologías de punta que disminuyen los impactos ambientales, a la vez que promueven el desarrollo y crecimiento continuo de infraestructura.

Como introducción al Producto 3 del Plan Maestro del 2.011, en el cual se indica el camino que debe trazar la Red Matriz del Acueducto en los próximos años, queremos resaltar la historia del desarrollo del sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá, a través del tiempo. Este resumen es un homenaje a todos aquellos quienes fueron parte de la planeación, diseño y ejecución de este sistema de Red Matriz que hoy es uno de los más grandes de Sur América.

2.1 HISTORIA DEL ACUEDUCTO DE BOGOTÁ Y SOACHA

Los registros históricos señalan que la primera infraestructura construida para transportar agua con el fin de abastecer la ciudad de Bogotá, entró en servicio el 2 de julio de 1.888, cuando se instaló el primer tramo de tubería de hierro ubicada en el centro de la ciudad y el servicio de acueducto se presta como empresa privada. Sin embargo, la historia del servicio de agua potable se remonta a 1.584.

En 1.914 vuelve el acueducto a mando de la ciudad, y a partir de esa fecha se comienza la construcción de algunos tanques, la cloración del agua y la construcción de las plantas de tratamiento.

A continuación se resumen los momentos históricos críticos en el desarrollo del acueducto actual de Bogotá, Soacha y los municipios aledaños:

- *Año 1.600, Acueducto de Agua Vieja.*

En 1.584 el Cabildo ordenó la construcción de la primera fuente de la Bogotá colonial, el Mono de la Pila, cuyas aguas eran conducidas hasta allí desde el río San Agustín. La cañería que transportaba el agua atravesaba una arboleda de laureles por lo que se llamó el acueducto de Los Laureles.

- *1.700, Acueducto de Agua Nueva .*

El 30 de Mayo de 1.757 se inauguró el acueducto de Agua Nueva que se constituyó en la obra más importante de este período. Conducía las aguas del río San Francisco a la ciudad y en esta época se construyeron más caños para transportar agua a toda la ciudad.

- *1.800, Acueducto Privado.*

En 1.886 el municipio concedió a Ramón B. Jimeno y a Antonio Martínez de la Cuadra la exclusividad para establecer, usar y explotar los acueductos de Bogotá y Chapinero por un período de setenta años. Dentro de este sistema se inauguró en 1.888 el primer acueducto con tubería de hierro de la ciudad.

- *1.900, Acueducto Municipal.*

Pero el sistema privado tampoco fue la respuesta a las necesidades del servicio de la ciudad, por esto en el año de 1.914 el Acueducto regresó a la municipalidad y empezaron una serie de obras para solucionar el problema de abastecimiento que venía sufriendo la ciudad. Se construyeron tanques en las zonas altas de la ciudad y se renovaron tuberías. En .1.920 se inició la desinfección del agua por medio del Cloro y a finales de esta década se constituyó una nueva empresa con el Tranvía y el Acueducto.

En 1.933 se iniciaron las obras para la construcción del embalse de La Regadera y la Planta de tratamiento de Vitelma, junto con los embalses de Chisacá y los Tunjos, y la Planta de tratamiento de San Diego.

- *1.950, Nace la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá*

En 1.955 el acueducto se desvinculó del tranvía y se unió al sistema de alcantarillado creando la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB E.S.P), mediante el acuerdo 105 del Concejo Administrativo de la ciudad.

Se empezó el desarrollo de estudios para traer más agua a Bogotá y comenzó la construcción de la planta de tratamiento de Tibitoc que terminó en 1.959. Inicialmente tenía una capacidad de 3.5 m³/s y posteriormente se amplió en dos oportunidades, para tener una capacidad de 10.4 m³/s. Esta planta se constituyó en el primer sistema de gran envergadura de la ciudad. Se surte de las aguas del río Bogotá que llegan por bombeo a la planta.

- *1.970, Construcción de los túneles de aducción y conducción del Sistema Wiesner*

La Empresa viendo el acelerado crecimiento de la ciudad, puso en marcha el proyecto Chingaza, en 1.972 se iniciaron las obras. En la primera etapa se construyó el embalse de Chuza, de donde el agua es transportada por túneles hasta la Planta de Tratamiento Francisco Wiesner (antigua Planta El Sapo), localizada en el valle del río Teusacá.

El sistema Chingaza se complementó con la construcción del Embalse de San Rafael que empezó a funcionar en 1.997 con una capacidad máxima de 75 millones de metros cúbicos.

- *1.986-2.004, Planes Maestros.*

Con el objetivo de mantener un plan de inversiones actualizado, la red matriz ha desarrollado planes maestros de manera continua, siempre utilizando las herramientas actualizadas y preocupándose por la prestación del servicio en términos de calidad. Los planes maestros inicialmente cubrieron tanto la distribución como el abastecimiento. El último plan maestro fue desarrollado en el 2.004, por Salgado, Meléndez y Asociados.

- *2.011, Plan Maestro de la Red Matriz de Bogotá y Soacha.*

El presente plan maestro busca utilizar los avances de la tecnología en cuestión de modelación hidráulica y la base de datos históricos de la EAAB E.S.P., que permiten una estimación de demandas de alta confiabilidad, para determinar la condición hidráulica de la red matriz existente y futura. Este plan maestro evalúa el sistema desde las condiciones del 2.011 hasta condiciones de saturación. El presente estudio subraya la importancia del servicio a los municipios, en especial el municipio de Soacha, el cual hace parte importante en términos de demandas e infraestructura.

2.2 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DEL SISTEMA DE RED MATRIZ

El sistema de infraestructura actual de la Red Matriz consiste en las líneas de conducción por gravedad con diámetros mayores a 12 pulgadas y líneas de impulsión que van de 6 hasta 30 pulgadas de diámetro, que suman alrededor de 571 km de longitud. De igual forma, hacen parte de la infraestructura matriz 54 tanques de almacenamiento, 7 cárcamos de succión, 29 estaciones de bombeo, 15 estructuras de control y 6 estaciones reductoras de presión. La infraestructura de almacenamiento y compensación está compuesta por 54 tanques de almacenamiento y 6 cárcamos de succión, con una capacidad total de almacenamiento de 571.000 m³.

Suministra un caudal medio de 15,1 m³/s (promedio anual medido en el 2.010), con los que abastece un poco más de ocho millones de habitantes de Bogotá D.C., Soacha y Gachancipá (mediante prestación directa) y a otros nueve municipios vecinos a Bogotá (mediante venta de agua en bloque)¹.

La mayor parte del servicio de acueducto se suministra por gravedad (un 90%). Los sectores a los cuales sólo se tiene que suministrar por medio de bombeo se ubican en la zona oriental de la ciudad, sobre los cerros que la circundan. De acuerdo con la información histórica de la División Centro de Control de la EAAB E.S.P., del caudal total suministrado, el caudal medio por bombeo es un poco menos del 10% (1.4 m³/s).

2.3 INFRAESTRUCTURA PROYECTADA DEL SISTEMA DE RED MATRIZ

El plan recomendado incluye la construcción de 3 tanques nuevos y la ampliación de 8 tanques existentes, la construcción de 3 estaciones de bombeo nuevas, y el reemplazó de una línea de impulsión, y la construcción de 25 líneas nuevas o refuerzos, para cumplir con los requisitos de presión y velocidad, garantizando el servicio en el 2.030. Se espera que el sistema de Bogotá y Soacha llegue a saturación en el 2.030. La demanda total esperada para saturación es 20,9 m³/s. Se espera enfocar el desarrollo del Sistema de Red Matriz a largo plazo en los municipios servidos.

¹ Municipios de Tocancipá, Sopó, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota (Zona Industrial).

Sección 3

SECCIÓN 3

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RED MATRIZ DE BOGOTÁ Y SOACHA

Después de haber realizado la actualización del modelo hidráulico del sistema de Red Matriz, asignando las demandas actuales, proyectadas y ajustado los parámetros hidráulicos para obtener una calibración satisfactoria en el modelo, éste se utilizó para realizar el análisis de la capacidad de las redes matrices existentes, para la operación con las demandas actuales y proyectadas en intervalos de 5 años hasta el 2030, para el sistema de red matriz en Bogotá, Soacha y los otros municipios. El año 2030 corresponde a la saturación residencial en Bogotá, proyectada por el estudio de “Actualización del estudio de proyecciones de la demanda de agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizado en el 2009 por el Ing. Cubillos. Las evaluaciones de capacidad se realizaron para condiciones de consumo diario máximo y de consumo horario máximo. Esta sección resume la metodología de evaluación general, la cual se describió en detalle en el informe del producto 2, tomo 2.

3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para determinar las necesidades de capacidad adicional en el sistema de la red matriz, la capacidad existente y el comportamiento hidráulico de los diferentes elementos de la red se compararon con los límites que señalan los criterios hidráulicos descritos en detalle en la Sección 9 del tomo 1 del Producto 2. Esta comparación permitió definir las áreas en donde el sistema necesita refuerzo en infraestructura y determinar los diámetros o dimensiones de las obras requeridas. La evaluación de capacidad se dividió en cuatro partes:

- Evaluación de capacidad de almacenamiento. Para los escenarios de crecimiento de la demanda, se estimó la capacidad requerida para cada tanque según su zona aferente, teniendo en cuenta los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Esta capacidad requerida se comparó con la capacidad existente en cada zona de aferencia y cada sector hidráulico para determinar la capacidad de almacenamiento adicional requerido y el quinquenio en el cual se requiere su entrada en servicio.
- Evaluación de capacidad de las estaciones de bombeo. Según la demanda servida y la cabeza hidráulica necesaria para servir los tanques existentes o propuestos, se determinará la capacidad necesaria y el número de unidades requeridas en cada estación. Esta capacidad necesaria se comparó con la capacidad existente construida, en cada zona de aferencia y cada sector hidráulico para determinar la capacidad de bombeo adicional requerida y el quinquenio en el cual se necesita su entrada en servicio.
- Evaluación de la capacidad hidráulica de las estaciones de control de presión y de caudal. Según la demanda servida y las condiciones de servicio requeridas para servir los tanques, se determinará la capacidad y el número de unidades en cada estación. Esta capacidad requerida se comparó con la capacidad existente construida para determinar si la estación de control requiere de reemplazo o aumento en la capacidad y el quinquenio en el cual se necesita su entrada en servicio.
- Evaluación de capacidad de las líneas de red matriz. Se utilizó el modelo hidráulico para evaluar las condiciones de consumo máximo diario y horario. Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con los límites máximos establecidos en los criterios hidráulicos presentados en el tomo 1 del informe del Producto 2. Los resultados del modelo hidráulico se utilizan para determinar las zonas en las cuales la presión disminuye por el aumento en caudales. Siguiendo la configuración existente y los corredores disponibles, se utilizó el modelo para evaluar el aumento en presión causado por tuberías de mayor tamaño. El modelo se utilizó para evaluar diferentes alternativas de diámetro o configuración en el servicio. El modelo también se utilizó para comparar alternativas y para evaluar en general el cumplimiento de los criterios hidráulicos una vez las alternativas estén en servicio.

Para los municipios vecinos alimentados a través de la red matriz, se realizaron análisis hidráulicos de la infraestructura complementaria que se requerirá para atender condiciones existentes y futuras, complementando la información suministrada en la “Actualización del

estudio de proyecciones de la demanda de agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizado en el 2009 por el Ing. Cubillos con información de crecimiento esperado actualizada disponible. Para los municipios, la evaluación de la infraestructura se realizó entre la red matriz y el punto inicial de la distribución de redes internas.

3.2 ESCENARIOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LA RED MATRIZ

La modelación hidráulica del sistema existente incluyó los siguientes escenarios:

Evaluación bajo condiciones **normales** de operación.

- *Día máximo, hora máxima.* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este estudio. Evaluación de los planos de presión en cada sector hidráulico.
- *Día máximo, condición promedio.* Las velocidades y presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este estudio.
- *Tanques.* Se calculó la capacidad necesaria para cada tanque según su zona aferente y la demanda estimada servida, según los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Se valoró los niveles de operación para plantear recomendaciones para su optimización.
- *Evaluación de Estaciones de Bombeo.* Según la demanda servida y la cabeza hidráulica requerida para servir los tanques, se determinó la capacidad requerida y el número de unidades requeridos en cada estación.
- Evaluación del Cloro Residual en el Sistema de red matriz.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Soacha.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Gachancipá.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en los otros municipios servidos por la EAAB-E.S.P.
- Estas evaluaciones permitieron obtener conclusiones y recomendar proyectos nuevos que garanticen la condición óptima de operación en el sistema.

Evaluación bajo condiciones **Especiales** de operación:

- *Mantenimiento de los Túneles de Chingaza:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas con base en los criterios hidráulicos presentados en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Disminución del suministro de la planta Tibitoc, debido a trabajos de rehabilitación y mantenimiento en las líneas con diámetros de 60" y 72":* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.

- *Salida de Operación de la Planta el Dorado:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la Sección 9 del Tomo 1 del Producto 2. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida permanente y total de la Planta Tibitoc* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida permanente y total del Sistema Dorado/Laguna:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos. Determinación de áreas afectadas.
- *Rehabilitación de los tramos N.1 y N.3 de la línea Tibitoc – Casablanca en 78”:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida de Operación del Tanque de Cazuca:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la Sección 9 del Tomo 1 del Producto 2. Determinación de áreas afectadas.

La evaluación del sistema futuro incluyó los siguientes escenarios:

Evaluación bajo condiciones **normales** de operación:

- Día máximo, hora máxima. Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la sección 9 del Tomo 1 del Producto 2. Evaluación de los planos de presión en cada sector hidráulico
- Día máximo – condición promedio. Las velocidades y presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este informe.
- Evaluación de Tanques. Se calculó la capacidad requerida para cada tanque según su zona aferente y la demanda estimada servida, según los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Se evaluaron los niveles de operación para plantear recomendaciones para su optimización.
- Evaluación de Estaciones de Bombeo. Según la demanda servida y la cabeza hidráulica requerida para servir los tanques, se determinó la capacidad requerida y el número de unidades requerido en cada estación.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Soacha.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Gachancipá.

- Evaluación del sistema de suministro y compensación en los otros municipios servidos por la EAAB E.S.P.

3.3 ESCENARIOS DE DEMANDA

La demanda promedio existente en cada sector hidráulico fue obtenida de los registros históricos de macro medición y fue distribuida en el modelo hidráulico utilizando la distribución observada en los registros de micro medición. Esta información fue corroborada mediante el proceso de calibración del modelo hidráulico, detallado en la sección 4 del Tomo 1 del Producto 2. El desarrollo de las demandas proyectadas se presenta en la sección 6 del Tomo 1 del Producto 2. El análisis de la información de crecimiento presenta dos fuentes principales:

- Estudio de crecimiento de la población y la demanda en Bogotá y los municipios vecinos, Cubillos, 2009
- Información adicional obtenida de planes parciales, desarrollos locales y Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de municipios.

El estudio del plan maestro del sistema red matriz de acueducto pretendió converger a los datos y resultados globales del estudio de proyección de la demanda de agua realizado por la EAAB-E.S.P para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos en el año 2.009, ajustando dicha proyección con base en los resultados de los datos de macro medición de la sectorización hidráulica del año 2010, y con base en la información reciente de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) que se recolectó durante la primera etapa de la actualización del plan maestro, y con base en las políticas establecidas recientemente por el gobierno nacional de incentivar macro proyectos de vivienda de interés social e interés prioritario, como es el caso de los municipios de Soacha y Mosquera. Para efectos de planeación maestra, la demanda estimada utilizando los crecimientos del estudio de crecimiento de población y demanda y las demandas existentes medidas en la macro medición se asumen ocurrirán en el 2030, año en el que se espera ocurra la saturación del área de Bogotá. La demanda máxima total esperada para el sistema de red matriz, ocurrirá cuando las condiciones de saturación se alcancen en los municipios aledaños. Las condiciones y el horizonte de planeación para esta demanda máxima dependerán eventualmente de los crecimientos y las políticas locales. Para efectos de planeación maestra se evaluó la posibilidad de estas demandas máximas determinadas en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y planes parciales locales en un escenario alternativo denominado saturación red matriz. La demanda futura de saturación se estimó bajo el siguiente marco:

- Para Bogotá: se utilizó el crecimiento estimado por Cubillos, 2009, en el escenario tendencial descrito como crecimiento bajo (T 1-3-1). Este escenario representa condiciones tendenciales de acuerdo con el Distrito Capital, crecimiento industrial bajo y representa condiciones de saturación residencial. El crecimiento determinado por Cubillos se aplicó a las demandas actuales medidas en la macro medición de cada sector.
- Para Usme y el Borde Norte las demandas de saturación se obtuvieron de los planes parciales locales.
- Para Soacha, la demanda máxima durante condiciones de saturación se considera 1.300 l/s. El incremento de consumo en la zona de Soacha se basa en los desarrollos en etapa de factibilidad o construcción en el presente y las proyecciones del Plan de Ordenamiento

Territorial (POT) del municipio. Para este plan maestro, la saturación en este municipio se asume ocurrirá en el 2020 por los desarrollos propuestos y el Plan Maestro Territorial (POT) vigente. CDM revisó la información disponible sobre el crecimiento de Soacha en enero del 2010. Los caudales de rapidez del desarrollo previsto se basó en el POT de Soacha y en los proyectos aprobados para desarrollo en ese momento. El Plan Maestro reconoce la incertidumbre en el crecimiento de Soacha y recomienda una observación cercana a los patrones de crecimiento de consumo para ajustar las obras nuevas adecuadamente en el futuro.

- Para los otros municipios las demandas de saturación fueron estimadas en base a los Planes de Ordenamientos Territoriales (POTs) vigentes y al supuesto del servicio total del municipio por parte de la EAAB-E.S.P.
- Para el servicio a los municipios se asumió una cobertura del 100% de la demanda urbana, para mediano y largo plazo.

La demanda futura del sistema de red matriz para el año 2030 se espera sea 19,2 m³/s; la demanda máxima en condiciones de saturación se estima sea 20,9 m³/s.

Para evaluar el comportamiento hidráulico durante consumo máximo, se utilizaron los factores desarrollados para cada sector en la evaluación de los registros históricos de la macro medición y los factores de máximo abastecimiento diario. La evaluación detallada y los resultados de los registros de macro medición se presenta en la Sección 4 del Tomo 1.

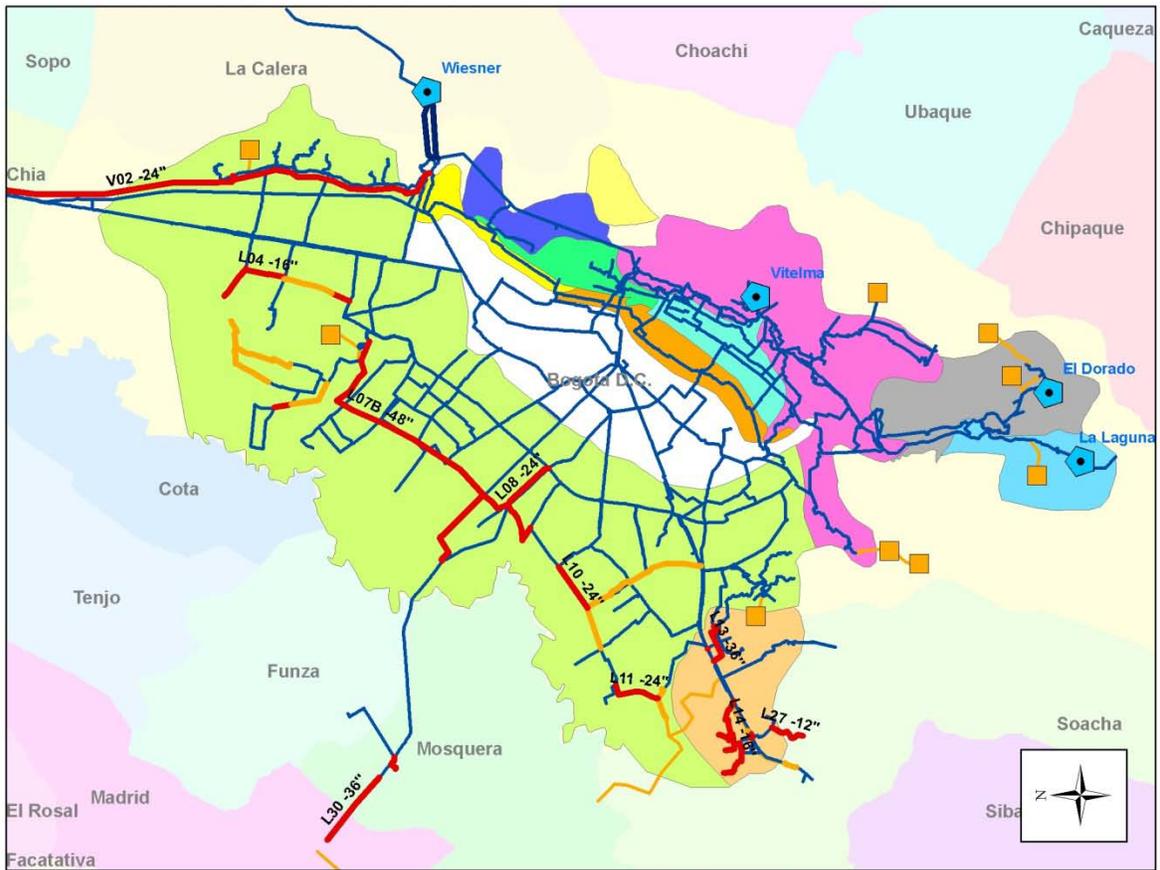
3.4 OBRAS NUEVAS

Las obras nuevas propuestas en el plan maestro se presentan en la Figura 3-1 a la Figura 3-3. La Figura 3-1 muestra la localización de las estaciones de bombeo a ampliar, Figura 3-2 muestra la localización de los tanques nuevos o que requieren ser ampliados y la Figura 3-3 muestra la localización de las líneas nuevas.

Figura 3-1 Localización de estaciones de bombeo que requieren ampliación



Figura 3-3 Localización de las líneas nuevas



Sección 4

SECCIÓN 4

PLAN DE INVERSIONES RED MATRIZ

Esta sección describe en detalle el plan de inversiones recomendado, el cual fue desarrollado en base a las obras nuevas definidas por las evaluaciones hidráulicas y a evaluaciones de priorización y de costo mínimo. El plan recomendado incluye la construcción de 3 tanques nuevos y la ampliación de 8 tanques existentes, la construcción de 4 estaciones de bombeo nuevas, y el reemplazo de una línea de impulsión, y la construcción de 25 líneas nuevas o refuerzos (en Soacha son 2 tanques nuevos y la ampliación de 1 tanque existente, 2 estaciones de bombeo nuevas y 9 líneas). Para cumplir con los requisitos de presión y velocidad, garantizando el servicio en el 2030. El plan de inversiones incluye aquellos proyectos en proceso de estudio o diseño desarrollados por la EAAB-E.S.P.; estos proyectos se describen en detalle en la Sección 6 del presente informe.

Las obras nuevas fueron desarrolladas en base a la actualización del modelo hidráulico, el desarrollo de demandas en dicho modelo basadas en la información histórica de consumo disponible en la macro medición y micro medición de la EAAB-E.S.P, y la evaluación de proyección de demandas en base al estudio de crecimiento de población y demandas de Cubillos, del 2009, y la información adicional de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de Soacha y Gachancipá y de los otros municipios. Los detalles de la evaluación del sistema de red matriz de Bogotá y Soacha se presentan en el informe de Producto 2, de este Plan Maestro.

Las obras se presentan agrupadas según el quinquenio. Durante cada quinquenio, a cada obra nueva se le asignó un nivel de prioridad dentro de las obras propuestas, este nivel de prioridad es sugerido por esta consultoría y se debe recalcar que la necesidad de cada obra en particular puede ser acelerada por condiciones locales y la posibilidad de construcción de vías u otro tipo de infraestructura en los corredores propuestos. La metodología de la asignación de prioridad se presenta al final de esta sección.

La metodología para la estimación de costos se presenta en la Sección 5 del presente informe.

4.1. METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PLAN MAESTRO 2011

El plan maestro del 2011 concluye con la determinación de las obras requeridas para asegurar que el servicio existente y futuro cumpla con los criterios hidráulicos esperados. Las obras futuras recomendadas servirán para incrementar la capacidad de la infraestructura existente, para reducir la vulnerabilidad del sistema y para mejorar la operación del sistema. Una vez definidas las obras nuevas que se requieren para el servicio de las demandas proyectadas, es necesario decidir el orden en el cual van a ser construidas, para determinar el cronograma y las inversiones requeridas en cada horizonte de planeación.

El nivel de prioridad de cada obra nueva está determinado por diferentes factores hidráulicos y urbanos. Con el fin de determinar el orden preliminar para la construcción de los proyectos, se definieron los parámetros y escalas de peso; la calificación de cada obra según cada parámetro se agrupó en una calificación de prioridad total que hizo posible la comparación entre obras y la definición del orden preliminar. Los parámetros pertinentes para evaluar la prioridad de una obra son los siguientes:

- Orden de infraestructura: este parámetro califica numéricamente si la obra nueva propuesta es de primer, segundo o tercer orden en la definición de importancia estratégica en la red matriz. El nivel de importancia está determinado por el área de afectación, el caudal manejado y la ubicación.
- Objetivo principal de la obra: este parámetro califica numéricamente si el objetivo de la obra es aumentar la capacidad del sistema o si es recomendada para aumentar la flexibilidad del sistema.
- Población afectada: este parámetro permite comparar las diferentes obras propuestas en cuanto a área de afectación. Para calificar la obra se compara la población utilizando los mismos rangos de población mencionados en los criterios hidráulicos para definir el caudal de incendio requerido. Según los reglamentos del RAS y reglamentos del código internacional de regulaciones de protección contra incendio, el caudal de incendio depende de la población servida (ver Informe de Producto 2, Tomo 1, Sección 9).
- Necesidad inmediata: este parámetro permite darle peso a aquellas obras que responden a una necesidad inmediata observada por problemas en la prestación del servicio actual.
- Necesidad dependiente: este parámetro permite darle peso a aquellos proyectos que se requieren hidráulicamente para el trabajo adecuado de otras obras propuestas.

Las escalas de peso se presentan en la Tabla 4-1 .

Tabla 4-1 Escalas para la evaluación de prioridad.

| Aumento de Capacidad, Flexibilidad o Obra Nueva | | |
|--|----------------|----|
| Flexibilidad | F | 1 |
| Capacidad | C | 10 |
| Categoría Infraestructura | | |
| Primer Orden | 1 | 15 |
| Segundo Orden | 2 | 10 |
| Tercer Orden | 3 | 5 |
| Población Afectada | | |
| Población | 12500 y 20000 | 2 |
| | 20000 y 60000 | 5 |
| | 60000 y 100000 | 10 |
| | > 100000 | 15 |
| Necesidad Inmediata | | |
| NO | 0 | |
| SI | 10 | |
| Necesaria para otras obras | | |
| NO | 0 | |
| SI | 10 | |

Los resultados de la evaluación preliminar, efectuada para cada obra propuesta incluyendo tanques, estaciones de bombeo y líneas, se presentan en la Tabla 4-1A. La sumatoria de todas las categorías representa el nivel de necesidad de la obra. Aquellas obras con puntajes más altos deben ser construidas primero. En casos donde las obras pertenecen a un grupo, la prioridad del grupo es determinada por la obra dentro de ese grupo que haya obtenido el puntaje más alto. El orden de prioridad final dentro de los grupos recomendados por año se presenta en las tablas de esta sección.

Tabla 4-1A - Evaluación de Priorización de Obras

| Año - Plan de Inversión | PROYECTO | NOMBRE | Bogotá, Soacha o Municipios | Tipo de Obra | Aumento de Capacidad o Flexibilidad | Categoría Infraestructura | Población Afectada | Necesidad Inmediata | Necesaria para otras obras | Aumento de Capacidad o Flexibilidad | Categoría Infraestructura | Población Afectada | Necesidad Inmediata | Necesaria para otras obras | PUNTAJE | NIVEL DE PRIORIDAD |
|-------------------------|----------|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|---------|--------------------|
| 2012 | L30 | LÍNEA MADRID MOSQUERA | M | línea de municipios | C | 1 | 301900 | SI | SI | 10 | 15 | 15 | 10 | 10 | 60 | 1 |
| 2012 | L07B | LÍNEA MUNICIPIOS DE OCCIDENTE | M | línea de municipios | C | 1 | 872000 | SI | SI | 10 | 15 | 15 | 10 | 10 | 60 | |
| 2015 | T06 | TANQUE CAZUCA NUEVO | S | Tanque | C | 2 | 409186.8 | NO | SI | 10 | 10 | 15 | 0 | 10 | 45 | 1 |
| 20215 | L13 | LÍNEA REFUERZO CAZUCA | S | línea en Soacha | C | 3 | 872000 | NO | NO | 10 | 5 | 15 | 0 | 0 | 30 | |
| 2015 | L10 | LÍNEA EXTENSIÓN TINTAL NORTE | B | Línea Bosa - Tintal | C | 2 | 177800 | SI | NO | 10 | 10 | 15 | 10 | 0 | 45 | 1 |
| 2015 | T04 | TANQUE SAN DIONISIO | B | tanque | C | 1 | 37061 | SI | NO | 10 | 15 | 5 | 10 | 0 | 40 | 2 |
| 2015 | L11 | LÍNEA BOSA 3 | B | líneas en Bosa/Kennedy | C | 1 | 33600 | SI | NO | 10 | 15 | 5 | 10 | 0 | 40 | 2 |
| 2015 | L09 | LÍNEA AVENIDA CENTENARIO ALSACIA | B | líneas en Bosa/Kennedy | C | 2 | 67100 | SI | NO | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 40 | 2 |
| 2015 | L05 | LÍNEA AVENIDA LAS VILLAS TRAMO 1 | B | línea en suba | C | 1 | 211300 | NO | NO | 10 | 15 | 15 | 0 | 0 | 40 | 2 |
| 2015 | EB3 | ESTACIÓN DE BOMBEO GACHANCIPÁ | M | estación de bombeo | C | 1 | 8532.6 | SI | NO | 10 | 15 | 2 | 10 | 0 | 37 | 3 |
| 2015 | L01 | LÍNEA GACHANCIPÁ I IMPULSIÓN | M | línea de municipios | C | 1 | 6800 | SI | NO | 10 | 15 | 2 | 10 | 0 | 37 | |
| 2015 | T11 | TANQUE GACHANCIPÁ II | M | tanque | C | 1 | 8532.6 | SI | NO | 10 | 15 | 2 | 10 | 0 | 37 | 4 |
| 2015 | T10 | TANQUE GACHANCIPÁ I | M | tanque | C | 3 | 34130.4 | SI | NO | 10 | 5 | 5 | 10 | 0 | 30 | |
| 2015 | L02B | LÍNEA GACHANCIPÁ TRAMO II | M | línea de municipios | C | 3 | 34900 | SI | NO | 10 | 5 | 5 | 10 | 0 | 30 | 4 |
| 2015 | L02 | LÍNEA GACHANCIPÁ TRAMO I | M | línea de municipios | C | 3 | 295200 | NO | NO | 10 | 5 | 15 | 0 | 0 | 30 | 4 |
| 2015 | T01 | TANQUE BOSQUE MEDINA NUEVO | B | tanque | C | 1 | 9452 | NO | NO | 10 | 15 | 2 | 0 | 0 | 27 | 5 |
| 2015 | T03 | TANQUE PARDO RUBIO III | B | tanque | C | 1 | 7874 | NO | NO | 10 | 15 | 2 | 0 | 0 | 27 | 5 |
| 2015 | L14 | LÍNEA MALACHI - LAS VEGAS | S | líneas en Soacha | F | 1 | 67100 | NO | NO | 1 | 15 | 10 | 0 | 0 | 26 | 6 |
| 2015 | EB4 | E.B. LA VEREDITA | S | estación de bombeo | F | 2 | 102296.7 | NO | NO | 1 | 10 | 15 | 0 | 0 | 26 | 6 |
| 2015 | L22 | LÍNEA DE IMPULSION LA VEREDITA | S | línea impulsión en Soacha | F | 2 | 174400 | NO | NO | 1 | 10 | 15 | 0 | 0 | 26 | |
| 2015 | T08 | TANQUE LA VEREDITA | S | tanque | F | 2 | 102296.7 | NO | NO | 1 | 10 | 15 | 0 | 0 | 26 | 6 |
| 2015 | L17 | LÍNEA LA VEREDITA | S | líneas en Soacha | F | 2 | 107400 | NO | NO | 1 | 10 | 15 | 0 | 0 | 26 | |
| 2015 | EB5 | ESTACIÓN DE BOMBEO VÍNCULO | S | estación de bombeo | F | 2 | 61378.02 | NO | NO | 1 | 10 | 10 | 0 | 0 | 21 | 7 |
| 2015 | L27 | LÍNEA IMPULSIÓN VÍNCULO II | S | líneas impulsión en Soacha | C | 2 | 53700 | NO | NO | 10 | 10 | 5 | 0 | 0 | 25 | |
| 2015 | T09 | TANQUE VINCULO II | S | tanque | F | 2 | 61378.02 | NO | NO | 1 | 10 | 10 | 0 | 0 | 21 | 8 |
| 2015 | L04 | LÍNEA AVENIDA LAS VILLAS TRAMO 3 | B | línea en suba | F | 3 | 124100 | NO | NO | 1 | 5 | 15 | 0 | 0 | 21 | |
| 2015 | L06 | LÍNEA PROLONGACIÓN AVENIDA EL RINCÓN | B | línea en suba | F | 3 | 375600 | NO | NO | 1 | 5 | 15 | 0 | 0 | 21 | 8 |
| 2015 | L28 | PROLONGACIÓN LÍNEA CALLE 170 (AV. LAS VILLAS - AV. BOYACÁ) | B | línea en suba | F | 3 | 100700 | NO | NO | 1 | 5 | 15 | 0 | 0 | 21 | 8 |
| 2017 | VEB4 | CASABLANCA - CAZUCA | S | estación de bombeo | C | 3 | 1000000 | NO | NO | 10 | 5 | 15 | 0 | 0 | 30 | 1 |
| 2017 | V02 | WIESNER - TIBITOC | M | líneas por flexibilidad | F | 3 | 452800 | NO | NO | 1 | 5 | 15 | 0 | 0 | 21 | 2 |
| 2020 | L03 | LÍNEA CAJICA | M | línea de municipios | C | 2 | 201300 | NO | NO | 10 | 10 | 15 | 0 | 0 | 35 | 1 |
| 2020 | L08 | LÍNEA CENTENARIO | B | línea de municipios | C | 2 | 234800 | NO | NO | 10 | 10 | 15 | 0 | 0 | 35 | 1 |
| 2020 | L12 | LÍNEA CONEXIÓN SOACHA EXPRESA | B | líneas en Bosa/Kennedy | C | 2 | 60400 | NO | NO | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 30 | 2 |
| 2020 | L15 | LÍNEA LAS VEGAS | S | líneas en Soacha | F | 1 | 33600 | NO | NO | 1 | 15 | 5 | 0 | 0 | 21 | 3 |
| 2020 | L23 | LÍNEA LAS HUERTAS SUR | S | líneas en Soacha | F | 2 | 67100 | NO | NO | 1 | 10 | 10 | 0 | 0 | 21 | 3 |
| 2020 | LI01 | LÍNEA DE IMPULSIÓN CODITO II - CODITO II | B | cambio línea de impulsión | F | 1 | 13785 | NO | NO | 1 | 15 | 2 | 0 | 0 | 18 | 4 |
| 2025 | T02 | TANQUE PARDO RUBIO II | B | tanque | C | 2 | 4233 | NO | NO | 10 | 10 | 2 | 0 | 0 | 22 | 1 |
| 2025 | T05 | TANQUE EL VOLADOR | B | tanque | F | 3 | 106958 | NO | NO | 1 | 5 | 15 | 0 | 0 | 21 | 2 |
| 2030 | L16 | LÍNEA LAS HUERTAS | S | líneas en Soacha | F | 3 | 26900 | NO | NO | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 | 11 | 1 |

Notas:

1. Aquellas obras con mayor puntaje tienen una prioridad mayor dentro de las obras a ejecutar durante un mismo año.
2. Obras requeridas dentro de un mismo grupo tendrán la prioridad de la obra con mayor puntaje dentro de ese grupo.

4.2. METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN -CRA

Los Términos de Referencia de esta consultoría, pedían establecer la calificación de los proyectos utilizando una metodología para calificar los proyectos de acuerdo con la información disponible y el estado de avance del mismo establecida por la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, (CRA) en el Artículo 38 de la Resolución 485 de 2009. En el artículo 38 de la Resolución se presenta el tablero de control, que permite calificar los proyectos, el tablero divide los proyectos en cuatro etapas: preinversión, prefactibilidad, factibilidad y riesgo (ver Tabla 4- 2). De acuerdo a la etapa, y la definición contemplada en el tablero se obtiene un valor, el cual se divide en cuatro (4) y se obtiene la calificación correspondiente. Esta calificación se realizó pero no es utilizada en la priorización de los proyectos, debido a que no indica un factor que ayude a utilizarse en el establecimiento de un orden de la realización de las obras, solamente indica el nivel de avance en el cual se encuentra el proyecto. Así mismo, esta calificación es bastante subjetiva, lo cual la descalifica como un buen factor determinante de la priorización.

Los proyectos incluidos en este PM se encuentran en su etapa de preparación, con niveles desde 1 hasta 4 basados en las definiciones incluidas en la Tabla 4- 2.

Tabla 4- 2 Tablero de Control, artículo 38 de la Resolución 485 de 2009 CRA.

| Niveles | Etapas o Categoría | Definición |
|---------|--------------------|---|
| 1 | Preparación | Está identificada la necesidad |
| 2 | | Responde a una estrategia |
| 3 | | Se conoce la duración del proyecto |
| 4 | | Están definidas las fechas de inicio y terminación |
| 5 | | Están definidas las secuencias de actividades, tareas, responsables y beneficiarios |
| 6 | Prefactibilidad | Cuenta con prefactibilidad técnica |
| 7 | | Cuenta con prefactibilidad del económica |
| 8 | | Cuenta con prefactibilidad legal |
| 9 | | Cuenta con prefactibilidad ambiental |
| 10 | | Existen un prediseño o diseño preliminar con costos estimados |
| 11 | Factibilidad | Se tiene detallados los estudios de campo (topográficos, geotécnicos, etc..) |
| 12 | | Estudio económico (Costos detallados de materiales y fases de construcción) y de financiamiento |
| 13 | | Estudio de impacto ambiental y planes de mitigación costeados |
| 14 | | Se tiene identificado el impacto social |
| 15 | | Existe un diseño definitivo con detalles constructivos (planos) |
| 16 | Riesgos | Se tienen identificados los riesgos |
| 17 | | Existe un costo estimado de contingencia |
| 18 | | Registro de riesgos a nivel cualitativo (p.e identificación e importancia relativa) |
| 19 | | Cuantificación de los riesgos en un modelo de evaluación de riesgos |
| 20 | | Modelo de riesgos que estima un costo y un nivel de confianza |

4.3. OBRAS NUEVAS DE NECESIDAD INMEDIATA : 2012 AL 2015

El Sistema de Red Matriz, en general está en buenas condiciones desde el punto de vista hidráulico en una gran porción del área de servicio. Sin embargo, los resultados del modelo hidráulico y de la evaluación de capacidad de infraestructura existente indican la necesidad de las siguientes obras nuevas para ser construidas en el primer quinquenio, para asegurar la totalidad del cumplimiento de servicio de acuerdo a los criterios hidráulicos que rigen la red matriz:

- En el área de servicio de Bogotá, se requieren de cerca de 18 kilómetros de redes para mejorar las presiones en el área de Kennedy/Bosa, 15 kilómetros adicionales a los proyectos en desarrollo en el área de Suba, la relocalización del tanque Bosque Medina ó construcción de reductora de presión, y la ampliación del tanque Pardo Rubio III.
- 8.250 metros de redes adicionales a los proyectos en desarrollo en el área de Soacha, y la construcción de dos tanques para servir las zonas que se salen por topografía del área de aferencia efectiva del tanque Cazucá: el sistema La Veredita, que incluye estación de bombeo con cárcamo de succión, línea de impulsión y tanque de regulación, y el sistema El Vínculo II, el cual incluye los mismos elementos, cárcamo de succión, línea de impulsión y tanque de distribución.

Según las proyecciones de crecimiento en Soacha, Mosquera y el Borde Norte, el año 2015 representa un incremento substancial en la demanda del sistema de la red matriz. Los resultados del modelo hidráulico y de la evaluación de capacidad para las demandas proyectadas en el 2015, y los indicadores de crecimiento en las zonas de Soacha, Mosquera y el Borde Norte, indican la necesidad de las siguientes obras nuevas de manera congruente con el crecimiento observado en estas áreas, para asegurar la totalidad del cumplimiento de servicio de acuerdo a los criterios hidráulicos que rigen la red matriz:

- En el área de servicio de Bogotá, se requieren de cerca de 15 kilómetros de redes para mejorar las presiones en el área de Suba, y 2,5 kilómetros en una línea que conecta la zona de Suba con el sector S0106, dándole flexibilidad al sistema del sector S0105.
- Para este quinquenio también se recomiendan las obras nuevas en Gachancipá, las cuales incluyen la construcción de dos tanques y estaciones de bombeo correspondientes. En el caso de Gachancipá II, la estación de bombeo requiere la construcción de la línea de impulsión.

Las obras de necesidad inmediata se agrupan por años, y se presentan en orden de prioridad estimada en las siguientes tablas. Las obras definidas en Bogotá proyectadas de necesidad inmediata se presentan en el año 2015 teniendo en cuenta los procesos de reserva presupuestal y contratación que adopte la EAAB-E.S.P. Las obras de Soacha se presentan en los años proyectados, según los resultados de evaluación de capacidad, dado que se requiere su ejecución rápida por los desarrollos habitacionales que se vienen ejecutando en el municipio.

Las Tabla 4- 3 y Tabla 4- 7 presentan el plan de inversión propuesto para los años 2012 y 2015 de acuerdo a los resultados del modelo y los crecimientos esperados en los municipios. La lista de obras nuevas se muestra en orden de prioridades según la información de campo recolectada durante las visitas a cada sitio y según la evaluación de prioridad. Los costos presentados se estimaron según la metodología descrita en la sección 5 del presente informe. Las Tabla 4-4, Tabla 4-5, Tabla 4- 6 y Tabla 4- 8 muestran las obras que están programadas para ejecución en los años 2012, 2013, 2014 y 2015 respectivamente.

Tabla 4- 3 Plan de Inversiones Propuesto por el Plan Maestro (PM) 2011 para el 2012.

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | Nivel | Longitud de la Línea | Diámetro de la Línea | Volumen del Tanque | Capacidad adicional de la bomba | Costo* |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|-----------|
| | | PM ¹ | CRA ² | M | pulg | m ³ | l/s | millones |
| LÍNEA L07B*** | Línea Municipios de Occidente** | 1 | 4 | 15.000 | 48" | | | \$154.883 |
| LÍNEA L30 | Línea Madrid Mosquera** | 1 | 4 | 4.700 | 36" | | | \$33.911 |
| Inversión Total | | | | | | | | \$188.794 |

*Costos estimados de acuerdo a precios SAI de EAAB E.S.P. para el año 2011.

**Los costos de estas líneas se calcularon utilizando el costo de tubería de hierro dúctil en vez de tubería de CCP debido a las presiones de operación requeridas.

***Existe una alternativa a la construcción de esta línea la cual incluiría la construcción de una estación de bombeo. El costo de la alternativa con bombeo es de \$ 97.884 millones (Ver Anexo D1).

Tabla 4- 4 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2012.

| Año | Obra | Longitud de la Línea (m) | Diámetro de la Línea (pulg) | Costo (millones) |
|------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| 2012 | EAAB 02 Línea Carrera 99 | 2.782 | 16" | \$ 4.919 |
| | EAAB 03 Ciudad de Cali | 1.730 | 16" | \$ 3.268 |

*Costos de información recibida por la EAAB E.S.P.

¹ Priorización establecida de acuerdo a parámetros del Plan Maestro 2011. Ver numeral METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PLAN MAESTRO 2011 4.1

² Nivel de acuerdo con el artículo 38 de la Resolución 485 de 2009 de la CRA Ver numeral 0

Tabla 4- 5 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2013.

| Año | Obra | Longitud de la Línea (m) | Diámetro de la Línea (pulg) | Volumen del Tanque (m ³) | Capacidad adicional de la bomba l/s | Costo (millones)* |
|-----------------------|--|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 2013 | Ampliación Volador Quiba Alpes | 720 | 12" | | | \$ 19.501 |
| | | 2.820 | 10" | | | |
| | | | | 2.300 | | |
| | | | | 1.000 | | |
| | | | | | 163 | |
| | | | | 42 | | |
| | Avenida Las Villas | 1.915 | 16" | | | \$ 5.121 |
| | EAAB 08 Línea Villavicencio I | 2.210 | 24" | | | \$ 5.836 |
| | EAAB 09 Línea Villavicencio II | 2.880 | 24" | | | \$ 8.887 |
| | EAAB 10 Bosa Kennedy Prolongación Tintal | 1.680 | 24" | | | \$ 4.388 |
| Sistema Los Soches | 2.650 | 12" | 2.220 | 1era Etapa: 70 2da Etapa: 104 | \$ 16.454 | |
| | 2.820 | 4" | | | | |
| Sistema Santo Domingo | 850 | 12" | 1.500 | 110 | \$ 7.697 | |
| Sistema Borde Norte | | | | | \$ 7.069 | |

*Costos de información recibida por la EAAB E.S.P.

Tabla 4- 6 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2014.

| Año | Obra | Longitud de la Línea (m) | Diámetro de la Línea (pulg) | Volumen del Tanque (m ³) | Costo (millones) |
|------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 2014 | EAAB 05 Línea Av. Rincón | 2.670 | 30" | | \$ 8.361 |
| | Suba Cerro Sur | | | 2.250 | \$ 9.718 |

*Costos de información recibida por la EAAB E.S.P.

Tabla 4- 7 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro (PM) 2011 para el 2015.

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | | Longitud de la Línea m | Diámetro de la Línea pulg | Volumen del Tanque m ³ | Capacidad adicional de la bomba l/s | Costo (en millones) |
|-----|------------------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------|
| | | CDM ¹ | CRA ² | | | | | |
| L10 | Línea Extensión Tintal Norte | 1 | 3 | 2.030 | 24" | | | \$6.057 |
| T06 | Tanque Cazuca Nuevo | 1 | 3 | | | 10.000 | | \$24.251 |
| L13 | Línea Refuerzo Tanque Cazucá | 2 | 3 | 1.700 | 36" | | | \$7.739 |
| T04 | Tanque San Dionisio | 2 | 3 | | | 500 | | \$1.529 |
| L11 | Línea Bosa 3 | 2 | 3 | 1.970 | 24" | | | \$5.915 |

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | | Longitud de la Línea | Diámetro de la Línea | Volumen del Tanque | Capacidad adicional de la bomba | Costo |
|-----------------|--|------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|---------------|
| | | CDM ¹ | CRA ² | m | pulg | m ³ | l/s | (en millones) |
| L09 | Línea Avenida Centenario Alsacia | 2 | 3 | 1.969 | 24" | | | \$5.803 |
| L05 | Línea Avenida Las Villas Tramo 1 | 2 | 3 | 740 | 16" | | | \$1.763 |
| EB3 | Estación de Bombeo Gachancipá I ** | 3 | 3 | | | | 10 | \$3.900 |
| L01 | Línea Gachancipá I Impulsión ** | 3 | 3 | 600 | 10" | | | |
| T11 | Tanque Gachancipá II ** | 3 | 3 | | | 500 | | |
| T10 | Tanque Gachancipá I | 4 | 3 | | | 1200 | | \$4.595 |
| L02B | Línea Gachancipá Tramo II | 4 | 3 | 6.000 | 20" | | | \$17.114 |
| L02 | Línea Gachancipá Tramo I | 4 | 3 | 9.500 | 36" | | | \$39.820 |
| T01 | Tanque Bosque Medina Nuevo | 5 | 3 | | | 350 | | \$1.289 |
| T03 | Tanque Pardo Rubio III | 5 | 3 | | | 250 | | \$898 |
| L14 | Línea Malachí-Las Vegas | 6 | 4 | 2.050 | 16" | | | \$4.836 |
| EB4 | Estación Bombeo La Veredita | 6 | 3 | | | | 130 | \$8.520 |
| L22 | Impulsión La Veredita | 6 | 3 | 290 | 12" | | | |
| T08 | Tanque La Veredita | 6 | 3 | | | 1.400 | | |
| L17 | Línea La Veredita | 6 | 3 | 900 | 16" | | | |
| EB5 | Estación de Bombeo Vínculo | 7 | 3 | | | | 80 | \$8.467 |
| L27 | Impulsión Vínculo | 7 | 3 | 1.400 | 12" | | | |
| T09 | Tanque Vínculo | 7 | 3 | | | 800 | | |
| L04 | Línea Avenida Las Villas Tramo 3 | 8 | 3 | 1.600 | 16" | | | \$3.747 |
| L06 | Línea Prolongación Avenida El Rincón | 8 | 3 | 720 | 30" | | | \$2.552 |
| L28 | Prolongación Línea Calle 170 (Av. Las Villas - Av. Boyacá) | 8 | 3 | 1.350 | 16" | | | \$3.192 |
| Inversión Total | | | | | | | | \$158.642 |

** El costo asociado a la Consultoría de las obras propuestas y el AIU fueron calculados para el sistema completo, razón por la cual el costo podría aumentar si se considera individualmente.

Tabla 4- 8 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2015.

| Año | Obra | Longitud de la Línea (m) | Diámetro de la Línea (pulg) | Volumen del Tanque (m ³) | Costo (millones) |
|------|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 2015 | Sistema El Zuque | Línea Quindío – El Zuque: 300 | 12" | 2.000 | \$ 6.655 |
| | | Línea de Impulsión: 400 | 12" | | |

*Costos de información recibida por la EAAB E.S.P.

4.4. OBRAS NUEVAS 2017 y 2020

Según las proyecciones de crecimiento en el año 2020, las tendencias de crecimiento son más pronunciadas en los municipios que en la red matriz de Bogotá, con un incremento significativo esperado en los municipios del norte y Mosquera principalmente. Según la información pertinente al municipio de Soacha, el crecimiento en esta zona habrá llegado a saturación. Los resultados del modelo hidráulico y de la evaluación de capacidad para las demandas proyectadas en el 2020, indican la necesidad de las siguientes obras nuevas de manera congruente con el crecimiento observado en estas áreas, para asegurar la totalidad del cumplimiento de servicio de acuerdo a los criterios hidráulicos que rigen la red matriz:

- Se recomienda la construcción de las obras de refuerzo del sistema de Cazucá antes del 2020, las cuales responden a inquietudes sobre la flexibilidad del sistema en cuanto a la respuesta a situaciones de emergencia en el abastecimiento en la zona. Estas obras incluyen la construcción de una estación de bombeo que pueda alimentar el tanque de Cazucá utilizando el carcamo de Sierra Morena I, (el cual quedó fuera de servicio por la construcción del by pass de Casablanca), y la construcción de la línea de impulsión que interconecte este bombeo nuevo con la derivación Casablanca-Cazucá en 42". Ver plano VEB4 ESTACION DE BOMBEO CASABLANCA-CAZUCÁ.
- La zona de Soacha requiere de obras de infraestructura mayor que incluyen la ampliación del tanque Cazucá con 10.000 m³ adicionales en almacenamiento, y la construcción de una línea paralela que conecta el tanque con el sistema de transmisión principal. Como respuesta a los planes parciales en Soacha, la zona necesitará de aproximadamente 3 kilómetros en redes matrices para servir los desarrollos propuestos y aprobados para el 2020.
- La línea recomendada para resolver el problema de vulnerabilidad del servicio en los municipios de Chía, Cajica, Tocancipá, Sopó y Gachancipá, que viene desde Wiesner se recomienda para este quinquenio; la necesidad de esta línea debe ser reevaluada según el desarrollo de las condiciones de calidad de agua en Tibitoc.

Las obras nuevas se muestran distribuidas en dos grupos con base en el nivel de prioridad. Para planeación se recomienda la construcción en dos grupos, los cuales se presentan en las Tabla 4- 9 y Tabla 4- 10. La lista de obras nuevas se muestra en orden de prioridades según la información de campo recolectada durante las visitas a cada sitio y según la evaluación de prioridad que se muestra al final de esta sección. Los costos presentados se estimaron según la metodología descrita en la sección 5 del presente informe.

Tabla 4- 9 Plan de Inversiones Propuesto por el Plan Maestro 2011 para el 2017.

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | | Longitud de la Línea | Diámetro de la Línea Pulg | Capacidad de la bomba l/s | Costo (en millones) |
|-----------------|---------------------|------------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| | | CDM ₁ | CRA ₂ | | | | |
| VEB4 | Casablanca-Cazuca | 1 | 2 | | | 1.300 | \$16.265 |
| V02 | Wiesner-Tibitoc | 2 | 2 | 19.600** | 30" | | \$124.962 |
| | Wiesner-Tibitoc | | | 7.520 | 24" | | \$ 22.227 |
| | Wiesner-Tibitoc | | | 8.050 | 20" | | \$22.384 |
| Inversión Total | | | | | | | \$185.838 |

*Costos estimados de acuerdo a precios SAI de EAAB E.S.P. para el año 2011.

** 9.500 metros son de hierro dúctil y 10.100 metros son de CCP.

Tabla 4- 10 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro 2011 para el 2020.

| Número de Proyecto | Nombre del Proyecto | Prioridad | | Longitud de la Línea (m) | Diámetro de la Línea (pulg) | Capacidad de la bomba (l/s) | Costo (en millones) |
|--------------------|--|------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | | CDM ¹ | CRA ² | | | | |
| L03 | Línea Cajicá | 1 | 1 | 1.750 | 16" | | \$4.490 |
| L08 | Línea Centenario | 1 | 1 | 2.140 | 24" | | \$11.182 |
| L12 | Línea Conexión Soacha Expresa | 2 | 3 | 175 | 24" | | \$555 |
| L15 | Línea Las Vegas | 3 | 3 | 770 | 12" | | \$1.719 |
| L23 | Línea Las Huertas Sur | 3 | 3 | 535 | 16" | | \$1.294 |
| LI01 | Línea de Impulsión Codito II - Codito III ** | 4 | 1 | 470 | 10" | | \$1.669 |
| Inversión Total | | | | | | | \$20.909 |

*Costos estimados de acuerdo a precios SAI de EAAB E.S.P. para el año 2011.

**La obra propuesta en Codito 2, es el cambio en la línea de impulsión de 8" a 10".

4.5. OBRAS NUEVAS 2025 y 2030

En los dos últimos quinquenios de planeación, las obras nuevas que se requieren, según las evaluaciones realizadas, son el aumento de la capacidad de almacenamiento en los tanques Pardo

Rubio II y Volador con un volumen total adicional de 550 m³, la construcción de un tanque de almacenamiento en el sector del Mochuelo con una capacidad de 2000 m³ y una línea adicional en el área de servicio de Soacha. La necesidad de las obras en estos quinquenios se debe ajustar al crecimiento observado y debe reevaluarse con información reciente cuando se entre en el periodo de estudio de factibilidad y diseño. Debido a que actualmente se ha observado muy poco crecimiento en la zona y de acuerdo con los futuros planes de desarrollo, se debe monitorear el comportamiento del crecimiento de la población y demanda en el sector del Mochuelo.

La lista de obras nuevas se muestra en orden de prioridades según la información de campo recolectada durante las visitas a cada sitio y según la evaluación de prioridad que se muestra al final de esta sección. Los costos presentados se estimaron según la metodología descrita en el Anexo E del presente informe. Las obras se presentan en la Tabla 4- 11, Tabla 4- 12 y Tabla 4- 13.

La necesidad de estas obras se debe verificar comparando los crecimientos reales observados a los proyectados en este estudio.

Tabla 4- 11 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro (PM) 2011 para el 2025.

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | Nivel | Volumen del Tanque (m3) | Costo (millones) |
|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | | PM ¹ | CRA ² | | |
| TANQUE T02 | Tanque Pardo Rubio II | 1 | 1 | 50 | \$ 205 |
| TANQUE T05 | Tanque El Volador | 2 | 1 | 500 | \$ 1.488 |
| Inversión Total | | | | | \$ 1.693 |

*Costos estimados de acuerdo a precios SAI de EAAB E.S.P. para el año 2011.

Tabla 4- 12 Plan de Inversiones en ejecución por la EAAB E.S.P para el 2025.

| Año | Obra | Volumen del Tanque (m ³) | Costo* (millones) |
|------|--------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 2025 | Tanque El Mochuelo | 2.000 | \$ 6.113 |

*Costos de información recibida por la EAAB E.S.P.

Tabla 4- 13 Plan de Inversiones propuesto por el Plan Maestro 2011 para el 2030.

| ID | Nombre del Proyecto | Prioridad | Nivel | Longitud de la Línea | Diámetro de la Línea | Costo (en millones) |
|-----|---------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | PM ¹ | CRA ² | | | |
| L16 | Línea Las Huertas | 1 | 1 | 530 | 12" | \$1.200 |

*Costos estimados de acuerdo a precios SAI de EAAB E.S.P. para el año 2011.

4.6. RESUMEN DEL PLAN DE INVERSIONES PROPUESTO

Las obras propuestas desarrolladas en base a la actualización del modelo hidráulico, el desarrollo de demandas en dicho modelo basadas en la información histórica de consumo disponible en la macro medición y micro medición de la EAAB E.S.P, y la evaluación de proyección de demandas en base al estudio de crecimiento de población y demandas de Cubillos, del 2009, y la información adicional de los Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Soacha y Gachancipá y los otros municipios son presentadas a continuación.

El plan recomendado incluye la construcción de 3 tanques nuevos y la ampliación de 8 tanques existentes, la construcción de 3 estaciones de bombeo nuevas, el reemplazo de la línea de impulsión en 1 estación existente, y la construcción de 25 líneas nuevas o refuerzos (en Soacha son 2 tanques nuevos y la ampliación de 1 tanque existente, 3 estaciones de bombeo nuevas y 9 líneas). Estas obras suman una inversión total de \$664.407 millones de pesos, en obras propuestas para ser construidas desde el 2012 al 2030. De esta inversión total el 24% (\$161.275 millones) corresponde a proyectos en el sistema de Bogotá, 11% (\$74.846 millones) a proyectos para expandir el sistema de Soacha, 36% (\$239.492 millones) a proyectos requeridos en los municipios del norte y 28% (\$188.794) a infraestructura requerida para mejorar el servicio a los municipios de occidente. La Tabla 4- 14 muestra las obras y el año en el que se requiere su implementación, mostrando así los totales de inversión por año. La Tabla 4- 15 muestra las obras nuevas por localización y la inversión total y en porcentaje para obras nuevas en Bogotá, Soacha, los municipios del norte, y los municipios de occidente.

Tabla 4- 14 Resumen de Costo de Obras Nuevas por Año

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | | | | | |
|------------|--|---------------------|----------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 |
| L07B - L30 | Municipios de Occidente | \$188.794 | | | | | | | |
| EAAB 02 | Línea Carrera 99 | \$4.919 | | | | | | | |
| EAAB 03 | Línea Ciudad de Cali | \$3.268 | | | | | | | |
| | Ampliación Volador Quiba Alpes | | \$19.501 | | | | | | |
| | Línea Avenida Las Villas | | \$5.121 | | | | | | |
| EAAB 08 | Línea Villavicencio I | | \$5.836 | | | | | | |
| EAAB 09 | Línea Villavicencio II | | \$8.887 | | | | | | |
| EAAB 10 | Línea Bosa Kennedy Prolongación Tintal | | \$4.388 | | | | | | |
| | Sistema Tanque Los Soches | | \$16.454 | | | | | | |

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | | | | | |
|------------|--|---------------------|---------|---------|----------|------|------|------|------|
| | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 |
| | Sistema Santo Domingo | | \$7.697 | | | | | | |
| | Sistema Borde Norte | | \$7.069 | | | | | | |
| EAAB 05 | Línea Av. Rincón | | | \$8.361 | | | | | |
| | Suba Cerro Sur | | | \$9.718 | | | | | |
| T06 | Tanque Cazuca Nuevo | | | | \$24.251 | | | | |
| L13 | Línea Refuerzo Tanque Cazucá | | | | \$7.739 | | | | |
| L10 | Línea Extensión Tintal Norte | | | | \$6.057 | | | | |
| T04 | Tanque San Dionisio | | | | \$1.529 | | | | |
| L11 | Línea Bosa 3 | | | | \$5.915 | | | | |
| L09 | Línea Avenida Centenario Alsacia | | | | \$5.803 | | | | |
| L05 | Línea Avenida Las Villas Tramo 1 | | | | \$1.763 | | | | |
| EB3 | Estación de Bombeo Gachancipá I | | | | \$3.900 | | | | |
| L01 | Línea Gachancipá I Impulsión | | | | | | | | |
| T11 | Tanque Gachancipá II | | | | | | | | |
| T10 | Tanque Gachancipá | | | | \$4.595 | | | | |
| L02B | Línea Gachancipá Tramo II | | | | \$17.114 | | | | |
| L02 | Línea Gachancipá Tramo I | | | | \$39.820 | | | | |
| T01 | Tanque Bosque Medina Nuevo | | | | \$1.289 | | | | |
| T03 | Tanque Pardo Rubio III | | | | \$898 | | | | |
| L14 | Malachi-Las Vegas | | | | \$4.836 | | | | |
| EB4 | Estación Bombeo La Veredita | | | | \$8.520 | | | | |
| L22 | Impulsión La Veredita | | | | | | | | |
| T08 | Tanque La Veredita | | | | | | | | |
| L17 | Línea La Veredita | | | | | | | | |
| EB5 | Estación de Bombeo Vínculo | | | | \$8.467 | | | | |
| L27 | Impulsión Vínculo | | | | | | | | |
| T09 | Tanque Vínculo | | | | | | | | |
| L04 | Línea Avenida Las Villas Tramo 3 | | | | \$3.747 | | | | |
| L06 | Línea Prolongación Avenida El Rincón | | | | \$2.552 | | | | |
| L28 | Prolongación Línea Calle 170 (Av. Las Villas - Av. Boyacá) | | | | \$3.192 | | | | |
| | Sistema El Zuque | | | | \$6.655 | | | | |

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | | | | | |
|--------------|--|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
| | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 |
| VEB4 | Casablanca-Cazuca | | | | | \$16.265 | | | |
| V02 | Wiesner-Tibitoc | | | | | \$169.573 | | | |
| L03 | Línea Cajicá | | | | | | \$4.490 | | |
| L08 | Línea Centenario | | | | | | \$11.182 | | |
| L12 | Línea Conexión Soacha Expresa | | | | | | \$555 | | |
| L15 | Línea Las Vegas | | | | | | \$1.719 | | |
| L23 | Línea Las Huertas Sur | | | | | | \$1.294 | | |
| LI01 | Línea de Impulsión Codito II - Codito III ** | | | | | | \$1.669 | | |
| | Tanque El Mochuelo | | | | | | | \$ 6.113 | |
| T05 | Tanque El Volador | | | | | | | \$1.488 | |
| T02 | Tanque Pardo Rubio II | | | | | | | \$205 | |
| L16 | Línea Las Huertas | | | | | | | | \$1.200 |
| Total | | \$196.981 | \$70.565 | \$22.467 | \$158.642 | \$185.838 | \$20.909 | \$7.805 | \$1.200 |

¹ El costo total de la línea Municipios de Occidente dependerá de la alternativa y del material seleccionado durante los Estudios de Factibilidad para la Ampliación del Sistema de Red Matriz Acueducto Suba - Municipios del Occidente (Invitación Pública No. ICSM-0919-2011).

Tabla 4- 15 Costos de Obras Nuevas por Área de Servicio

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | |
|------------|--------------------------------|---------------------|----------|-------------------------|----------------------|
| | | Bogotá | Soacha | Municipios de Occidente | Municipios del Norte |
| L14 | Malachi-Las Vegas | | \$ 4.836 | | |
| L07B - L30 | Municipios de Occidente | | | \$188.794 | |
| EAAB 02 | Línea Carrera 99 | \$ 4.919 | | | |
| EAAB 03 | Línea Ciudad de Cali | \$ 3.268 | | | |
| EB4 | Estación Bombeo La Veredita | | \$ 8.520 | | |
| L22 | Impulsión La Veredita | | | | |
| T08 | Tanque La Veredita | | | | |
| L17 | Línea La Veredita | | | | |
| | Ampliación Volador Quiba Alpes | \$ 19.501 | | | |
| | Línea Avenida Las Villas | \$ 5.121 | | | |
| EAAB 08 | Línea Villavicencio I | \$ 5.836 | | | |
| EAAB 09 | Línea Villavicencio II | \$ 8.887 | | | |
| | Sistema Tanque Los Soches | \$16.454 | | | |
| | Sistema Santo Domingo | \$7.697 | | | |
| | Sistema Borde Norte | \$7.069 | | | |

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | |
|---------|--|---------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| | | Bogotá | Soacha | Municipios de Occidente | Municipios del Norte |
| EB5 | Estación de Bombeo Vínculo I | | \$ 8.467 | | |
| L27 | Impulsión Vínculo II | | | | |
| T09 | Tanque Vínculo II | | | | |
| EAAB 05 | Línea Av. Rincón | \$ 8.361 | | | |
| EAAB 10 | Línea Bosa Kennedy Prolongación Tintal | \$ 4.388 | | | |
| | Suba Cerro Sur | \$9.718 | | | |
| T06 | Tanque Cazuca Nuevo | | \$ 24.251 | | |
| L10 | Línea Extensión Tintal Norte | \$ 6.057 | | | |
| T04 | Tanque San Dionisio | \$ 1.529 | | | |
| L11 | Línea Bosa 3 | \$ 5.915 | | | |
| L12 | Línea Conexión Soacha Expresa | | \$ 555 | | |
| L09 | Línea Avenida Centenario Alsacia | \$ 5.803 | | | |
| L05 | Línea Avenida Las Villas Tramo 1 | \$ 1.763 | | | |
| EB3 | Estación de Bombeo Gachancipá I | | | | \$3.900 |
| L01 | Línea Gachancipá I Impulsión | | | | |
| T11 | Tanque Gachancipá II | | | | |
| T10 | Tanque Gachancipá I | | | | \$ 4.595 |
| L13 | Línea Refuerzo Tanque Cazucá | | \$ 7.739 | | |
| L02B | Línea Gachancipá Tramo II | | | | \$ 17.114 |
| L02 | Línea Gachancipá Tramo I | | | | \$ 39.820 |
| T01 | Tanque Bosque Medina Nuevo | \$ 1.289 | | | |
| T03 | Tanque Pardo Rubio III | \$ 898 | | | |
| L04 | Línea Avenida Las Villas Tramo 3 | \$ 3.747 | | | |
| L06 | Línea Prolongación Avenida El Rincón | \$ 2.552 | | | |
| L23 | Línea Las Huertas Sur | | \$ 1.294 | | |
| L28 | Prolongación Línea Calle 170 (Av. Las Villas - Av. Boyacá) | \$ 3.192 | | | |
| L15 | Línea Las Vegas | | \$ 1.719 | | |
| | Sistema El Zuque | \$6.655 | | | |
| VEB4 | Casablanca-Cazuca | | \$ 16.265 | | |
| V02 | Wiesner-Tibitoc | | | | \$ 169.573 |
| L03 | Línea Cajicá | | | | \$ 4.490 |
| L08 | Línea Centenario | \$ 11.182 | | | |
| LI01 | Línea de Impulsión Codito II - Codito III | \$ 1.669 | | | |
| | Tanque El Mochuelo | \$6.113 | | | |
| T02 | Tanque Pardo Rubio II | \$ 205 | | | |

| ID | Nombre del Proyecto | Costo (en millones) | | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-------------------------|----------------------|
| | | Bogotá | Soacha | Municipios de Occidente | Municipios del Norte |
| T05 | Tanque El Volador | \$ 1.488 | | | |
| L16 | Línea Las Huertas | | \$ 1.200 | | |
| Inversion por Área | | \$ 161.275 | \$ 74.846 | \$ 188.794 | \$ 239.492 |
| Inversion Total | | \$ 664.407 | | | |
| Porcentaje de Inversion por Área | | 24% | 11% | 28% | 36% |

4.7. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE OBRAS NUEVAS

Las obras nuevas que se recomiendan como resultado del Estudio Plan de la Red Matriz de Acueducto de la Ciudad de Bogotá y el Municipio de Soacha, se describen de manera detallada en los anexos A, B, C y D del presente informe. Estos anexos contienen un informe específico para cada obra propuesta.

La descripción de cada obra incluye los siguientes puntos:

- Descripción general: descripción del tipo de obra y dimensiones recomendadas.
- Descripción del Corredor: descripción de las condiciones del corredor evaluado.
- Objetivo y justificación: descripción de las necesidades hidráulicas y de servicio que hacen necesaria la construcción de esta obra y los objetivos de servicio que se pretenden lograr.
- Población beneficiada: Numero de personas que serán beneficias por las mejoras
- Plano: se elaboró un plano tipo que muestra las condiciones básicas para el tipo de obra en particular (Anexo E).

Las obras recomendadas se muestran en los planos del sistema de Bogotá, Soacha y Municipios del Norte que se incluye en el Anexo F. En estos planos las obras recomendadas para cada quinquenio se muestran en un color diferente.

4.7.1. Planos específicos para obras nuevas en municipios (Anexo J)

A continuación, para las obras recomendadas tanto en Bogotá como para el municipio de Soacha y los municipios del norte y occidente, se detalla el correspondiente tipo de obra para tanque, estación de bombeo y líneas, con su respectivo código de plano. (Ver Tabla 4- 16)

Tabla 4- 16 Obras en Bogotá, Municipio de Soacha, Municipios del Norte y Occidente.

| Anexo | Descripción | Tanques | Estaciones de bombeo | Líneas |
|-------|---|---|---|--|
| A | Obras en Bogotá. | T01 Bosque Medina Nuevo, T02 Pardo Rubio II, T03 Pardo Rubio III, T04 San Dionisio, T05 El Volador. | EB1 Cerro Norte IV, VEB1 Cerro Norte II, VEB2 Codito II. | L04 Carrera 57 refuerzo, L05 Av. Las Villas Tramo 1, L06 Prolongación Av. El Rincón, L08 Centenario, L09 Avenida Centenario Alsacia, L10 Extensión Tintal Norte, L11 Bosa 3. |
| B | Obras en Soacha. | T06 Cazucá Nuevo, T08 La Veredita, T09 El Vinculo II. | EB4 La Veredita, EB5 El Vinculo II, VEB4 Casablanca-Cazucá. | L12 Conexión Soacha Expresa, L13 Refuerzo Cazucá, L14 Malachi-Las Vegas, L15 Las Vegas, L16 Las Huertas, L17 La Veredita, L22 Impulsión La Veredita, L23 Las Huertas Sur, L27 Impulsión Vinculo II, L28 Prolongación Línea Calle 170 Av. Villas – Av. Boyacá, VEB4 Cazucá. |
| C | Obras Municipios del Norte. | T10 Gachancipá I, T11 Gachancipá II. | EB1 Gachancipá I. | L01 Gachancipa I Impulsión, L02 Gachancipá Tramo I, L02B Gachancipá Tramo II, L03 Cajicá. |
| D | Obras Municipios de Occidente. | NR | NR | L30 Madrid-Mosquera, L07B Madrid Mosquera Alt 2, L25 Mosquera. |
| E | Para las líneas se elaboró un plano de planta-perfil, ilustrando los elementos principales (válvulas, conexiones, líneas existentes). Para los planos y estaciones de bombeo se elaboró un plano esquemático de planta que contiene las características principales de cada estructura y su localización. | | | |

NR: No requiere.

4.7.2. Fichas de formulación

Para cada una de las obras propuestas en el plan maestro se elaboraron las fichas de formulación. Estas fichas contienen los datos básicos del proyecto, la justificación, el objetivo las características geográficas del proyecto, los estudios que soportan el proyecto, los beneficiarios del proyecto, la etapa en la que se encuentra el proyecto, y las actividades del proyecto (elementos PEP). Estas fichas se presentan en medio magnético.

Sección 5

SECCIÓN 5

ESTIMACIÓN DE COSTO Y ANÁLISIS DE COSTO MÍNIMO

A continuación se hace un breve recuento de la metodología utilizada para calcular los costos de las diferentes obras que se presentan en esta consultoría. Para este proceso se utilizaron como referencia los precios del Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) de la EAAB-E.S.P. costos de proyectos desarrollados recientemente por la EAAB-E.S.P., de características similares a los propuestos, que sirvieron como base para los análisis que se presentan a continuación. Igualmente se usó información disponible del mercado en industrias pertinentes.

Esta sección presenta la metodología seguida para el análisis de estimación de costos de construcción de los tanques, líneas y estaciones de bombeo. Así mismo, se explica la metodología utilizada para estimar los costos de las labores de consultoría de los proyectos. El detalle de los cálculos, así como la información de soporte correspondiente, se presentan en el Anexo E.

Todos los precios presentados en este plan maestro están en pesos 2011.

Finalmente, se presenta la metodología y las conclusiones de las evaluaciones de costo mínimo, cuyos resultados fueron aplicados en la formulación del plan de inversión presentado en la sección 3 del presente informe.

5.1. CÁLCULO DE COSTOS DE TANQUES

Para la estimación de costos de los tanques de almacenamiento a nivel conceptual que se plantea construir para la optimización de la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C., los Municipios de Soacha y Gachancipá, se tomó como base costos de proyectos de construcción adelantados recientemente por la EAAB-E.S.P. Algunos de estos proyectos de referencia cuentan ya con los diseños detallados y se encuentran listos a iniciar la etapa de construcción.

Dichos presupuestos de referencia fueron realizados con base a los precios establecidos por la EAAB-E.S.P. en el Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI), estos precios están actualizados para el 2011. Ver Anexo E.

En los presupuestos tomados como base para el análisis de costos en el caso de tanques de almacenamiento se determinaron cantidades de todos los componentes para la construcción como obras preliminares, suministros e instalación de concretos, aceros, tuberías y accesorios, redes, equipos e instrumentación para sistema de control, entre otros.

5.1.1. Análisis de la información de referencia

El análisis realizado permitió agrupar los costos de referencia en tres actividades principales (adecuación de sitio, construcción de tanque y equipos) de la siguiente manera:

Adecuación del Sitio:

- *Excavaciones, demoliciones y traslado de estructuras.*
- *Rellenos.*
- *Retiro y disposición de materiales sobrantes.*
- *Rotura y construcción de vías, andenes y sardineles.*
- *Cerramientos.*
- *Intervención y manejo de zonas verdes.*
- *Obras de estabilización geotécnica.*
- *Acabados arquitectónicos.*
- *Ducterías.*

Construcción Tanques:

- *Instalación de concretos y suministro e instalación de acero.*
- *Instalación de tuberías.*
- *Pozos de inspección.*

- *Sumideros.*
- *Suministro de concretos.*
- *Suministros de tuberías de acueducto y alcantarillado*
- *Suministro e instalación de las tuberías, niples, válvulas y accesorios de la salida al tanque Los Soches, presión de diseño 150 psi.*

Equipos:

- *Cableado de control.*
- *Componente tanque Los Soches. suministro y montaje de equipos, sistema de control y supervisión.*
- *Sistema de comunicaciones*
- *Ingeniería y desarrollo*
- *Suministro e instalación de equipos e instalaciones eléctricas para la caja de válvulas del tanque los soches*
- *Macromedidores portátiles ultrasónicos de flujo*
- *Suministro e instalación de la válvula de control de nivel del tanque, tuberías, niples, válvulas y accesorios de la entrada al tanque Los Soches, presión de diseño 150 psi*
- *Cajas de paso y/o derivación de paso.*

A continuación se presenta el resultado del análisis de los costos directos de cada de una de las actividades agrupadas, de los proyectos tomados como referencia para la estimación del costo de proyectos futuros, en el Anexo E, se presenta los presupuestos detallados correspondientes.

Tabla 5- 1 Valores promedios, construcción tanque en concreto.

| Tanque | Volumen (M ³) | Actividades | Presupuesto Estimado (millones) |
|--|---------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Tanque Quiba (Ampliación) | 2.200 | Tanque | \$ 963 |
| | | Equipo y accesorios | \$ 101 |
| Construcción de tanque El Indio Cerro Sur, en la localidad de Suba en Bogotá D.C. | 2.000 | Tanque | \$ 1.094 |
| | | Equipo y accesorios | \$ 664 |
| Actualización de los estudios y diseños detallados para la construcción del sistema Red Matriz tanque Los Soches | 2.220 | Tanque | \$ 1.333 |
| | | Equipo y accesorios | \$ 923 |
| Tanque Alpes | 1.000 | Tanque | \$ 698 |
| | | Equipo y accesorios | \$ 926 |

Con base en el análisis de la información presentada en la Tabla 5- 1 se pudo establecer lo siguiente:

Para las actividades de adecuación del sitio, no es posible establecer un valor unitario típico que permita estimar otros proyectos, por lo cual fue necesario calcular las cantidades básicas de esta actividad. Ver numeral 5.1.2.

El análisis permitió establecer que para la construcción de tanques de concreto, se pudo establecer un costo promedio por m³ equivalente a \$690.893.

Para el caso de los equipos, se pudo establecer que un costo promedio por m³ equivalente a \$520.474. En la Tabla 5- 2, se presenta los costos promedios analizados.

Tabla 5- 2. Costo promedio de actividades por m³.

| Actividades | Tanque | Valor Actividades/M3 | Valor Actividades/M3 (Con Factores de Seguridad) | Valor Promedio |
|-------------------------------------|------------|----------------------|---|----------------|
| Tanque ^{1,2} | Quiba | \$ 473.876 | \$ 529.830 | \$ 690.893 |
| | El Indio | \$ 547.063 | \$ 661.946 | |
| | Los Soches | \$ 600.484 | \$ 726.585 | |
| | Alpes | \$ 698.521 | \$ 845.210 | |
| Equipos y accesorios ^{1,2} | Quiba | \$ 45.836 | \$ 55.462 | \$ 520.474 |
| | El Indio | \$ 332.167 | \$ 401.922 | |
| | Los Soches | \$ 416.032 | \$ 503.399 | |
| | Alpes | \$ 926.541 | \$ 1.121.114 | |

Notas:

- Debido a los cambios y gran variabilidad del mercado en los costos de acero, hierro dúctil, acero inoxidable, y otros materiales incluidos en tanques, equipos y accesorios, se incluyen un factor de seguridad de un 10%.
- Debido a potenciales demoras, cambio y/o reclamos durante la construcción, se ha incluido un factor de seguridad adicional del 10% al costo de la oferta de licitación de los tanques que se utilizó como base para determinar los valores promedio de los tanques. Esto debido a que son costos de licitación, y se considera apropiado tener un factor de seguridad alto a nivel de planeación.

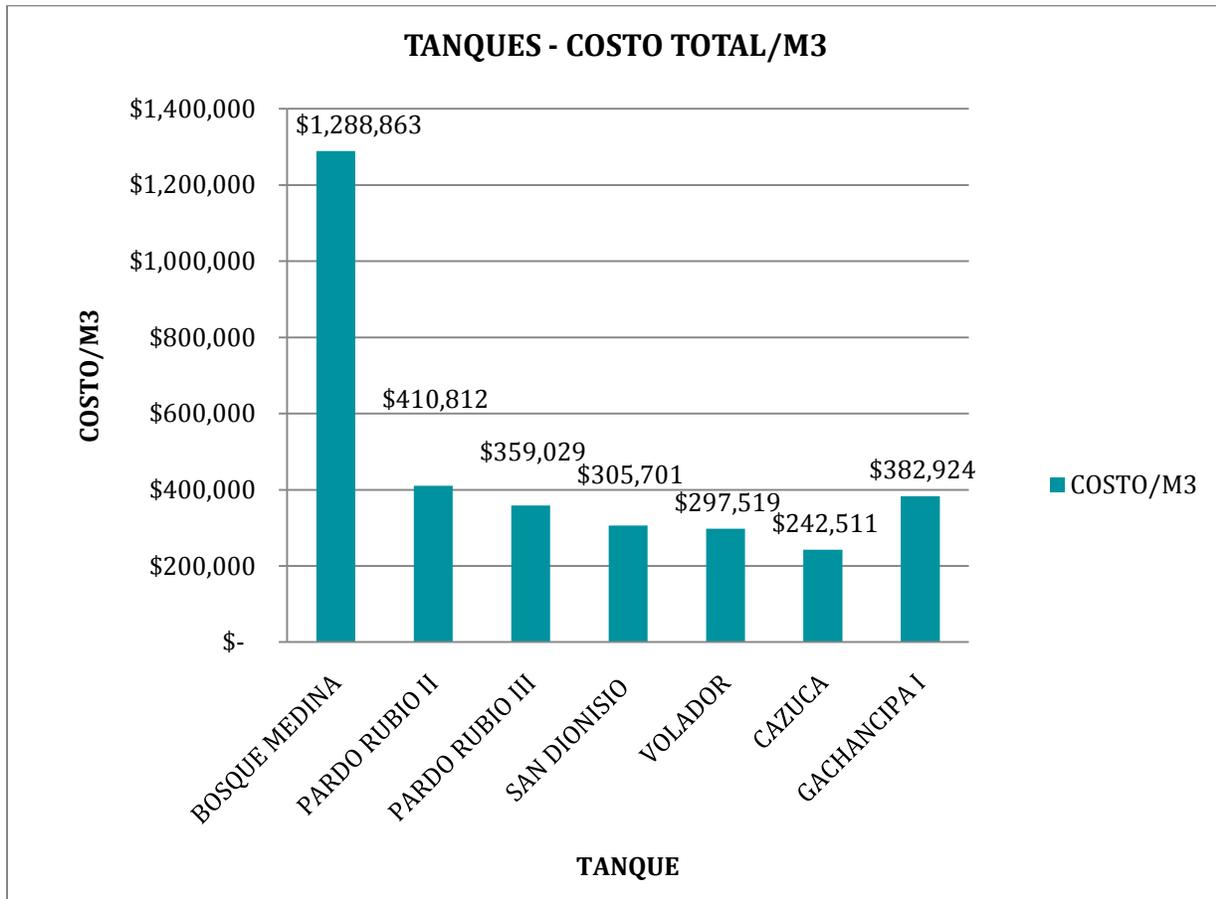
5.1.2. Cálculo de costos de adecuación

Para determinar las cantidades de obra de la adecuación se estimaron las obras necesarias en cada caso de acuerdo a las características topográficas de cada sitio y las necesidades de la obra a construir. Se utilizó como referencia los precios establecidos por la EAAB E.SP. En el Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI), actualizados para el año 2.011. Ver Anexo E.

5.1.3. Costos de Tanques Nuevos

Los componentes de los costos de los tanques nuevos se presentan en los Anexos A al C. El resumen del costo total y el volumen de cada tanque recomendado se presentan en la Sección 5.5.3 de este informe. La Figura 5- 1 presenta el resumen de costo por volumen de los tanques nuevos recomendados.

Figura 5- 1. Costo por metro cúbico de Tanques nuevos.

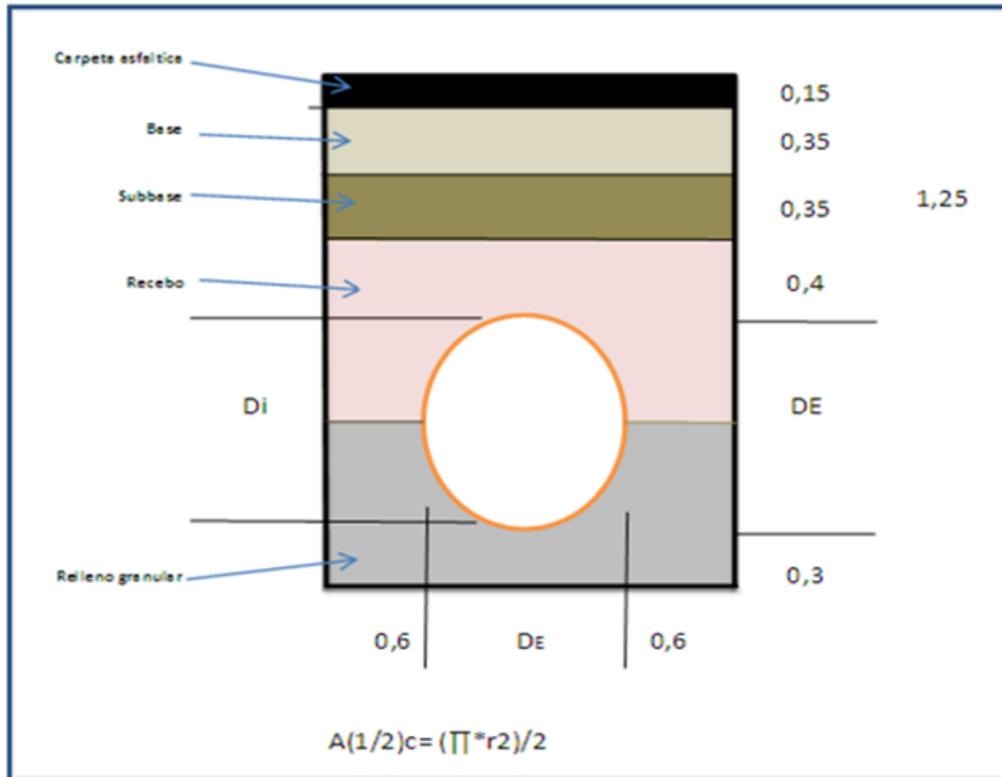


5.2. CÁLCULO DE COSTOS DE LÍNEAS

Para la estimación de costos de las líneas de Red Matriz que se plantean construir para el mejoramiento del servicio en las zonas de Bogotá Soacha, municipios de occidente (Madrid, Mosquera, Funza, Anapoima, La Mesa y Bojacá) y Norte (Cajicá, Gachancipá y Tocancipá) se establecieron dos componentes principales que son: costos de construcción y costos de consultoría.

La Figura 5- 2 muestra las dimensiones y la estructura típica de cimentación para tuberías.

Figura 5- 2. Modelo Típico de cimentación para tubería.



Para establecer los costos de las tuberías se usaron los costos establecidos por la EAAB-E.S.P. en el Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI), actualizados para el año 2011.

Para el análisis de costos, en el caso de líneas de Red Matriz, se determinaron las cantidades de todos los componentes para la construcción como excavación, relleno granular, relleno común, corte, demolición y construcción de pavimento asfáltico, base y subbase granular, suministro e

instalación de tubería para acueducto CCP. Se utilizó CCP ya que este material es el más usado por la EAAB-E.S.P. en las tuberías de red matriz. Adicionalmente, algunas líneas requieren la construcción de túneles Liner para poder atravesar los corredores por donde se han construido troncales de Transmilenio. El valor de metro construido para los túneles Liner fue obtenido del Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) establecido por la EAAB E.S.P para el año 2011.

Adicionalmente para cada línea se contempló un costo adicional por suministro e instalación de accesorios, suministro e instalación de válvulas, otros ítems (estructuras adicionales como cajas de válvulas) y costos de Seguridad Integral, Salud Ocupacional y Manejo Ambiental (SISOMA). Sin embargo, dadas las condiciones de este estudio y que toda su estimación se ha hecho en un nivel conceptual, no es posible conocer a nivel detallado valores exactos del costo de estos componentes.

Experiencias acumuladas, tanto de este consultor como de otros proyectos presentados en ocasiones anteriores a la EAAB-E.S.P., indican que en proyectos de Red Matriz el suministro de accesorios fácilmente puede llegar a ser entre el 10% y el 20% del costo de suministro e instalación de la tubería en redes de 16". Para efectos de este estudio se determinó que el costo de los accesorios sería del 15% del subtotal del costo de construcción por kilómetro de tubería. Para el suministro e instalación de válvulas, otros ítems y SISOMA, se determinó que los costos corresponden al 20%, 35% y 5% del subtotal del costo de construcción de la línea respectivamente. El resultado obtenido del costo de cada línea por km se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5- 3 Costo promedio de tubería de acuerdo al diámetro.

| Diámetro | Costo por Km* (millones) |
|----------|-----------------------------|
| 8" | \$ 1.345 |
| 10" | \$ 1.363 |
| 12" | \$ 1.438 |
| 14" | \$ 1.482 |
| 16" | \$ 1.532 |
| 18" | \$ 1.627 |
| 20" | \$ 1.848 |
| 24" | \$ 1.939 |
| 30" | \$ 2.300 |
| 36" | \$ 2.712 |
| 42" | \$ 3.308 |
| 48" | \$ 3.600 |

*No incluye AIU.

En el Anexo E, se presentan los cuadros detalle indicando la memoria de cálculo para llegar al costo por km de cada diámetro.

5.3. CÁLCULO DE COSTOS ESTACIONES DE BOMBEO

Para la estimación de los costos de las estaciones de bombeo sin diseños detallados, que de acuerdo con la evaluación realizada a la Red Matriz requieren aumento de capacidad, tanto en equipos de bombeo existentes o cambio en el diámetro de las líneas de impulsión, se tomaron como base los costos de proyectos ya construidos y/o en proceso de construcción por parte de la EAAB-E.S.P. Estos costos tuvieron como base los precios establecidos por la EAAB-E.S.P. en el Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) y actualizados para el 2011.

Para los cálculos se tomaron como base los proyectos descritos en la

Tabla 5- 4, algunos de estos proyectos incluían obras civiles, instalaciones eléctricas, equipos, accesorios menores y válvulas. Sobre estos costos se estimó un promedio, de acuerdo con la capacidad de cada proyecto, el cual se utilizó para estimar el costo de la infraestructura requerida para las estaciones de bombeo. Los costos por HP se encuentran ilustrados en la Además se adicionó el costo de subestaciones eléctricas y suministro e instalación de bombas, en los casos que se requiera. Los costos de subestaciones eléctricas y el suministro e instalación de bombas se estimaron de la siguiente manera:

Subestaciones: De acuerdo con cotización de una empresa especializada en el diseño, construcción de subestaciones eléctricas, tal como lo muestra la Tabla 5- 5.

Suministro e instalación de bombas: se estimó un costo promedio de l/s de acuerdo con el costo de un equipo de bombeo tomado como referencia, además de costos y cotizaciones de equipos de bombeo obtenidos por la División de Electromecánica de la EAAB-E.S.P. El costo del suministro e instalación de bombas para cada estación de bombeo se presenta en la Tabla 5- 6 y la Figura 5- 3.

Tabla 5- 4 Costos estaciones de bombeo.

| Proyecto | Características | Costo Total | Costo por HP |
|--|---|-------------|--------------|
| | | (millones) | (millones) |
| Ampliación bombeo Quiba Alpes | Construcción de estación, cámara de válvulas, componentes mecánicos y eléctricos de operación y control (3 unidades de 100 HP C/U) | \$ 2.969 | \$ 9,90 |
| Estación de bombeo Cerro Sur | Circuito de red de media tensión subterránea a nivel de 11. 4 kv. Transformador 500 kva. Subestación de media tensión. Centro de control motor y celda de servicios auxiliares. Tres unidades de bombeo de 125 HP C/U. Planta de emergencia | \$ 3.004 | \$ 8,01 |
| Construcción estación de bombeo el Paso | Instalación de tres bombas centrifugas de 70 lt/s, Potencia de 150 HP, HDT=116 m | \$ 3.183 | \$ 7,08 |
| | Instalación de tres bombas centrifugas de 6 lt/s, Potencia 10 HP y una HDT=52 m | \$ 213 | \$7,12 |
| Promedio costo de infraestructura de estaciones de bombeo/HP | | | \$8,03 |

Figura 5- 3. Costos de infraestructura de estaciones de bombeo por HP

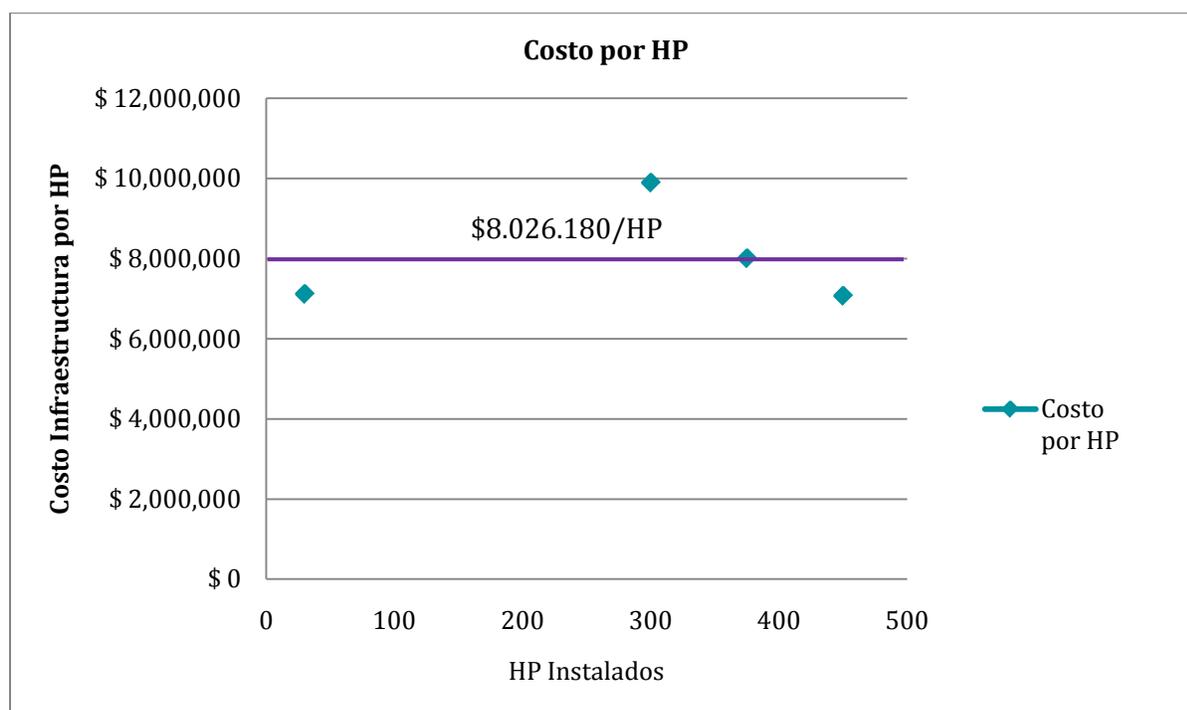


Tabla 5- 5 Cotización de subestaciones.

| Subestación 2.000 Kva | Costo USD ¹ | Costo Pesos | Subtotal |
|---|------------------------|----------------|----------------|
| Transformador de 2.000 kva, 11,4/4, 16 kv | \$ 55.000 | \$ 104.500.000 | \$ 214.700.000 |
| Celda de 12 kv para transformador | \$ 35.000 | \$ 66.500.000 | |
| Celda de 5 kv para su distribución | \$ 15.000 | \$ 28.500.000 | |
| Celda de 5 kv para medida | \$ 8.000 | \$ 15.200.000 | |
| Subestación 75 Kva De 11.4 Kv/440 V | Costo USD ¹ | Costo Pesos | Subtotal |
| Transformador de 75 kva, 11,4/4, 16 kv | \$ 10.000 | \$ 19.000.000 | \$ 99.750.000 |
| Celda de 12 kv para transformador | \$ 35.000 | \$ 66.500.000 | |
| Tablero de distribución 440 V, incluye medida | \$ 7.500 | \$ 14.250.000 | |
| Subestación de 50 kva de 11.4 kv a 440 v | Costo USD ¹ | Costo Pesos | Subtotal |
| Transformador de 50 kva, 11,4/4, 16 kv | \$ 6.500 | \$ 12.350.000 | \$ 93.100.000 |
| Celda de 12 kv para transformador | \$ 35.000 | \$ 66.500.000 | |
| Tablero de distribución 440 v | \$ 7.500 | \$ 14.250.000 | |

Nota:
1. USD – Costo en dólares de Estados Unidos

Tabla 5- 6 Costos suministros de bombas.

| ESTACIÓN DE BOMBEO | SUMINISTRO E INSTALACIÓN BOMBAS |
|--------------------|---------------------------------|
| GACHANCIPA | \$ 97.146.633 |
| LA VEREDITA | \$ 165.304.413 |
| EL VINCULO II | \$ 152.593.181 |
| CASABLANCA-CAZUCA | \$ 802.256.000 |
| SIERRA MORENA I | \$ 174.777.200 |

Nota:

A excepción de Sierra Morena I que incluye la expansión de una estación de bombeo existente, todas las estaciones son nuevas.

5.3.1. Costos de Estaciones de Bombeo Nuevas

Los componentes de los costos de las estaciones de bombeo nuevas se presentan en los Anexos A al C. El resumen del costo total y capacidad en términos de potencia (caudal y cabeza de bombeo) de cada estación de bombeo recomendada se presentan en la Tabla 5- 7. La Tabla 5- 7 presenta el resumen de costo por potencia (en caballos de fuerza - HP) de las estaciones nuevas recomendadas. En la figura se puede observar que el costo por HP se reduce cuando se incrementa la capacidad de la estación, esto debido al factor de economías de escala. Es de notar que la estación Sierra Morena es existente, y sus costos representan la adición de una bomba nueva en una infraestructura ya existente, por esa razón su costo/HP es mucho mas bajo que los otros casos presentados y no se incluye en la figura por no ser una estación de bombeo nueva.

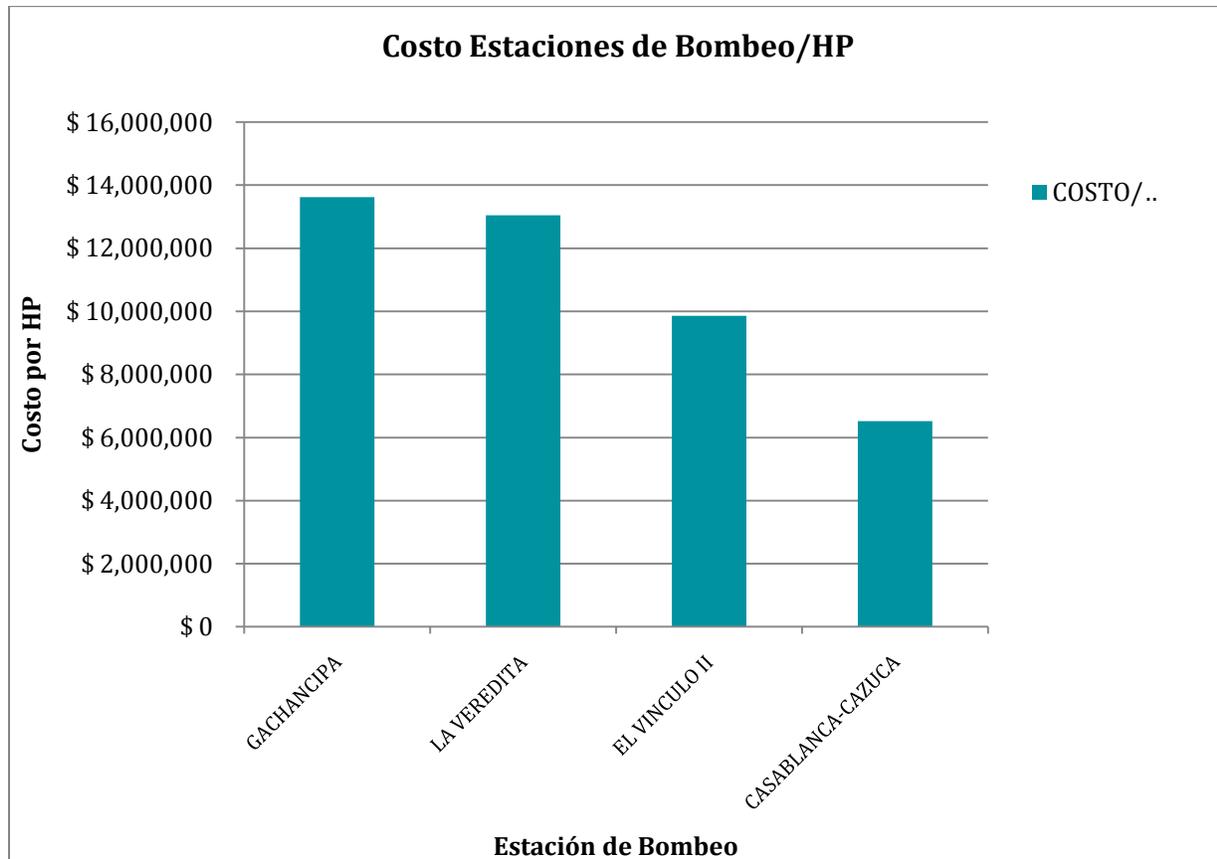
Tabla 5- 7 Costos Estaciones de Bombeo.

| ESTACIÓN | CAPACIDAD ESTACIÓN - LT/S | ALTURA BOMBEO NOMINAL - M | POTENCIA A INSTALAR - HP | COSTO OBRA ² - MILLONES | COSTO/HP |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------|
| GACHANCIPA | 10 | 77 | 40 HP | \$ 545 | \$13.620.246 |
| LA VEREDITA | 130 | 12 | 60 HP | \$ 783 | \$13.042.253 |
| EL VINCULO II | 80 | 70 | 180 HP | \$ 1.773 | \$9.853.686 |
| CASABLANCA-CAZUCA | 1300 | 29 | 1600 HP | \$ 10.434 | \$6.521.045 |
| SIERRA MORENA ¹ | 285 | 110 | 700 HP | \$ 378 | \$540.382 |

Notas:

1. La estación de Sierra Morena es una estación existente. La obra consiste en instalar una bomba nueva, no incluye una estación de bombeo nueva como las otras obras presentadas en esta Tabla.
2. Costos de las obras no incluyen adecuación del sitio, imprevistos y AIUs debido a que Gachancipá, La Veredita y El Vinculo II son todas partes de un sistema integral que también incluye tanques y tuberías. Los costos de adecuación son muy diferentes para cada caso y no serian representativos para establecer los promedios.

Figura 5- 4. Costo por HP de Estaciones de Bombeo nuevas.



5.4. CÁLCULO DE COSTOS CONSULTORÍA

Los costos de consultoría asociadas a los proyectos (factibilidad, diseño, interventoría de diseños), se calcularon con base en la utilización de recursos teniendo en cuenta la necesidad de personal especializado, personal de apoyo y costos directos,

A continuación, en la Tabla 5- 8 Se presentan las tarifas de personal aprobada por la EAAB-E.S.P. para el año 2011. Para la estimación de costos de cada proyecto se utilizó un factor multiplicador de 2,3 para el personal especializado y de soporte.

Tabla 5- 8 Tarifas aprobadas para consultoría año 2.011.

| No. | Actividad | Experiencia General | Experiencia | EAAB 2.011 |
|-----|--------------------|---------------------|-------------|--------------|
| | | | E.S.P.ec. | |
| 1 | Categoría 1-Asesor | 15 | 12 | \$ 8.493.000 |

| No. | Actividad | Experiencia General | Experiencia | EAAB 2.011 |
|-----|---|---------------------|-------------|--------------|
| | | | E.S.P.ec. | |
| 2 | Categoría 2-Asesor director o especialista de proyectos | 12 | 10 | \$ 7.588.000 |
| 3 | Categoría 3-Asesor director o especialista de proyectos | 10 | 8 | \$ 6.335.000 |
| 4 | Categoría 4-Asesor director o especialista de proyectos | 8 | 5 | \$ 4.556.000 |
| 5 | Categoría 5-Asesor director o especialista de proyectos | 6 | 4 | \$ 3.573.000 |
| 6 | Categoría 6-Asesor director o especialista de proyectos | 4 | 3 | \$ 3.050.000 |
| 7 | Categoría 7-Profesional | 3 | 2 | \$ 2.788.000 |
| 8 | Categoría 8-Profesional | >2 | 0 | \$ 2.160.000 |
| 9 | Categoría 9-Profesional | 0 | 0 | \$ 1.917.000 |
| 10 | Tecnólogo | | | \$ 1.580.000 |
| 11 | Auxiliar de ingeniería | | | \$ 1.422.000 |
| 12 | Dibujante 1 | | | \$ 1.422.000 |
| 13 | Dibujante 2 | | | \$ 1.074.000 |
| 14 | Topógrafo inspector | | | \$ 1.580.000 |
| 15 | Topógrafo auxiliar | | | \$ 1.264.000 |
| 16 | Batimetría Inspector | | | \$ 1.580.000 |
| 17 | Batimetría Auxiliar | | | \$ 1.264.000 |
| 18 | Laboratorista Inspector | | | \$ 1.422.000 |
| 19 | Laboratorista Auxiliar | | | \$ 1.074.000 |
| 20 | Operador Equipo de perforación | | | \$ 1.264.000 |
| 21 | Operador auxiliar de equipo | | | \$ 859.000 |
| 22 | Inspector 1 | | | \$ 1.074.000 |
| 23 | Inspector 2 | | | \$ 1.074.000 |
| 24 | Administrador | | | \$ 1.580.000 |
| 25 | Auxiliar Administrativo | | | \$ 1.074.000 |
| 26 | Cadenero 1 | | | \$ 967.000 |
| 27 | Cadenero 2 | | | \$ 859.000 |
| 28 | Conductor o Motorista | | | \$ 859.000 |

En el Anexo E, se presentan los cuadros con los cálculos correspondientes a la consultoría de cada proyecto.

5.5. ANÁLISIS DE COSTO MÍNIMO

Los análisis de optimización de los proyectos buscan maximizar la relación beneficio/costo atendiendo la simple ecuación que se muestra a continuación:

$$\text{Relación} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costos}} \quad (1)$$

En esta ecuación es difícil evaluar el numerador ya que representa la totalidad de los beneficios del proyecto que estén en consideración: además de los beneficios financieros (ingresos por la venta del agua), se deben considerar los otros beneficios económicos que resultan, como por ejemplo, disminución de costos en salud, aumento de productividad por el acceso a un servicio público, generación de empleo a través de obra pública, etc.

Los costos son más fáciles de determinar ya que la mayor parte de los mismos corresponden a los costos de construcción y eventualmente a los costos de operación; de esta manera, si se minimizan los costos de construcción de una obra determinada, se obtendría la mayor relación beneficio-costo posible, sin tener que analizar los beneficios.

El análisis de costo mínimo, se centra entonces en plantear las obras que resulten en costos mínimos desde un punto de vista financiero, como se describe a continuación (en general, los costos de operación no requieren un análisis particular, ya que los mismos son bastante independientes del tamaño que resulte de la obra seleccionada, como se describe a continuación).

El objetivo primordial del análisis es establecer el tamaño ideal de cada una de las obras que componen, en este caso, un sistema de acueducto; por ejemplo, si se está analizando una nueva conducción, existe la posibilidad de hacerla de distintos tamaños, dependiendo del año horizonte de diseño. Si se escoge un período pequeño, el tubo será pequeño y la inversión inicial será pequeña, pero deberá reforzarse la capacidad con una nueva obra al finalizar ese período pequeño con una nueva inversión en ese entonces; por el contrario, si el período de diseño es grande, la obra será grande, la inversión inicial será mayor que en el caso anterior y la tubería se deberá reforzar en un tiempo mayor.

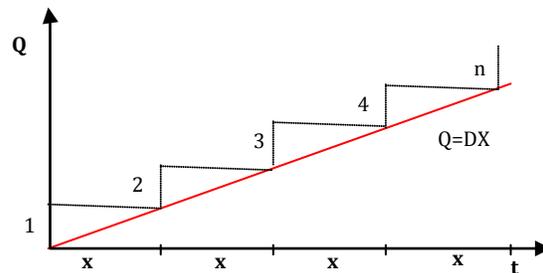
Al hacer un análisis financiero de estas posibilidades se determinan los períodos óptimos de expansión de los distintos componentes, análisis que se conoce con el término de “costo mínimo”.

5.5.1. Evaluación del costo de los componentes según el tamaño

En la siguiente figura se muestra el aumento de la demanda en función del tiempo: puede ser el aumento del caudal requerido en una conducción, en una planta de tratamiento, en una bocatoma, en un tanque de almacenamiento (donde lo que aumenta es el volumen, que está directamente relacionado con un caudal): se ha dibujado una línea recta con una pendiente D , constante en el tiempo (en la realidad, este supuesto es diferente, ya que los crecimientos de demanda están

asociados a crecimientos de población, demandas individuales que pueden cambiar, variación en los factores de pérdidas, etc., pero para exponer la teoría general el supuesto es válido y se ha verificado que el orden de magnitud de los resultados que se obtienen no dependen demasiado de esta simplificación).

Figura 5- 5 Modelo de ampliación de capacidad de componentes.



Así mismo se muestra en la figura anterior una posibilidad de ir satisfaciendo el aumento de la demanda; cada X años se construye el componente con una capacidad DX , que representa una capacidad en caudal

Para determinar el costo de cada una de las ampliaciones $DX = Q$, se ajustan los costos de construcción del componente a una curva de la siguiente forma:

$$C = KQ^a \quad (2)$$

En esta ecuación, C es el costo total de construcción del componente con una capacidad Q y a se conoce como el factor de economía de escala:

- Si a es menor de 1, se obtienen economías de escala positivas: por ejemplo, si se evalúa el costo de construcción de un componente con capacidad $2Q$, el costo C es inferior a la suma simple de los costos si se hicieran dos obras con capacidad Q
- Si a es cero no se obtienen economías de escala, ya que el costo es directamente proporcional (en el factor K) a la capacidad instalada.
- Si a es mayor que 1, se obtendrían des-economías de escala; el valor de la obra es por unidad instalada, más grande entre más grande sea la obra.

En el siguiente cuadro se muestran los valores de economías de escala típicamente obtenidos para las obras de acueducto de acuerdo a la definición de la fórmula (2).

Tabla 5- 9 Factores de economía de escala a según distintas fuentes.

| Componente | Fuente | Fuente |
|------------------------|--------|----------|
| | BIRF | Findeter |
| Bocatoma | 0.10 | |
| Desarenador | ND | 0.60 |
| Plantas de tratamiento | 0.70 | 0.65 |
| Conducciones | 0.60 | ND |
| Tanques superficiales | 0.60 | 0.80 |
| Tanques elevados | ND | 0.85 |

Tomado de RAS 1998, Título A, Anexo A1

5.5.2. Análisis financiero

En la figura del numeral anterior se muestra una alternativa de expandir la capacidad de un componente de acueducto; en el año cero se haría una obra con una capacidad $DX = Q$; al cabo de X años se deberá hacer una ampliación con la misma capacidad Q , al cabo de $2X$ años se deberá ampliar nuevamente y así sucesivamente. El valor presente neto (VPN) de cada una de esas ampliaciones está dado por la siguiente ecuación:

$$VPN = \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (3)$$

En esta ecuación VPN es el valor presente (año cero, en el cual se está haciendo el análisis), C_i es el costo de la ampliación que se hace en el año i y r es la tasa interna de retorno, es decir, la tasa a la que hay que descontar el valor de la inversión futura para poder calcular su valor en el año cero.

El valor presente del total de inversiones se puede entonces evaluar de la siguiente manera, donde se incluyen la obra en su primera etapa y todas las demás requeridas para ir satisfaciendo el crecimiento de la demanda:

$$VPC = K \times (DX)^a + \frac{K \times (DX)^a}{(1+r)^x} + \frac{K \times (DX)^a}{(1+r)^{2x}} + \dots + \frac{K \times (DX)^a}{(1+r)^{nx}} \quad (4)$$

Ecuación que se puede simplificar

$$VPC = K \times (DX)^a \times \frac{1}{(1-e)^{-rx}} \quad (5)$$

Derivando la ecuación anterior respecto de X , e igualándola a cero se obtiene el valor óptimo de X (que se llamará X^*) y la capacidad óptima Q^* , pues se obtiene un mínimo para el valor de VPC.

$$X^* = \frac{a}{r} \times (e^{(rx^*)} - 1) \quad (6)$$

$$Q^* = D \times X^* \quad (7)$$

En la ecuación 6 se observa que el período y capacidad óptima de diseño dependen solamente de la tasa de descuento y el factor de economía de escala. En el siguiente cuadro se muestran los períodos óptimos de expansión de las obras en función de estos dos factores.

Tabla 5- 10 Factores de economía de escala a según distintas fuentes.

| Capacidad óptima de ampliación en años | | | | |
|--|---------------------------|-----|-----|-----|
| Factor de economía de escala (a) | Tasa de descuento (r) | | | |
| | 8% | 10% | 12% | 15% |
| 0,3 | 22 | 17 | 15 | 12 |
| 0,5 | 15 | 12 | 10 | 8 |
| 0,7 | 8 | 7 | 6 | 5 |

Las obras de producción (plantas, conducciones y tanques) tienen valores a de economía de escala del orden de 0,6 a 0,8 y las tasas internas de retorno o de descuento válidas son del orden del 10%; el cuadro anterior sugiere entonces que los períodos óptimos de expansión son del orden de 10 años, para obtener un valor financiero presente mínimo del costo total de una obra de expansión.

El análisis de costo mínimo debe ser tomado como un indicativo de los períodos óptimos de expansión de las obras y su valor principal, radica en que sugiere que es mejor hacer obras con períodos de expansión relativamente cortos; además tiene la gran ventaja de que si se aplica el concepto, es difícil sobredimensionar las obras de tal manera que se tengan lucros cesantes que representen cargas financieras importantes en las empresas. Sin embargo, deben considerarse algunos factores adicionales a los expuestos en la conveniencia del análisis:

- En la ecuación utilizada para determinar el costo en función de la capacidad (2), es difícil tener en cuenta costos sociales y algunos costos de oportunidad, lo que sugiere en algunos casos no aplicar la teoría: por ejemplo, en el caso de analizar redes de distribución, si el impacto social por el hecho de hacer obras en zonas habitadas es muy grande, es preferible usar períodos de diseño más largos.

- Si se tienen déficits acumulados en el momento de hacer las inversiones (en el año cero ya hay un déficit de capacidad del componente), los períodos de diseño se debe alargar (la teoría analiza también esta situación).
- Hay que verificar la validez del crecimiento indefinido de la capacidad y la construcción indefinida de obras en el mismo sitio.
- Si las obras son pequeñas es posible que la economía obtenida no valga la pena (construir las obras implica un esfuerzo en recursos de las empresas que las ejecutan).
- Hay que usar un plazo razonable para estar haciendo obras; si la teoría llegase a justificar que se requiere ampliar la capacidad cada X años muy cortos (por ejemplo 3 a 5 años), debe analizarse y muy probablemente utilizar períodos más largos.

5.5.3. Análisis de costo mínimo para los tanques de almacenamiento.

Se hicieron análisis de los costos de construcción para los tanques y en la siguiente Tabla 5- 10 se muestran los valores obtenidos para las obras respectivas (para el análisis se han eliminado los tanques de El Vínculo II, La Veredita y Gachancipá II, pues en los precios se incluyen obras adicionales a los tanques).

Tabla 5- 11 Valor de las obras de tanques en millones de pesos de 2.011.

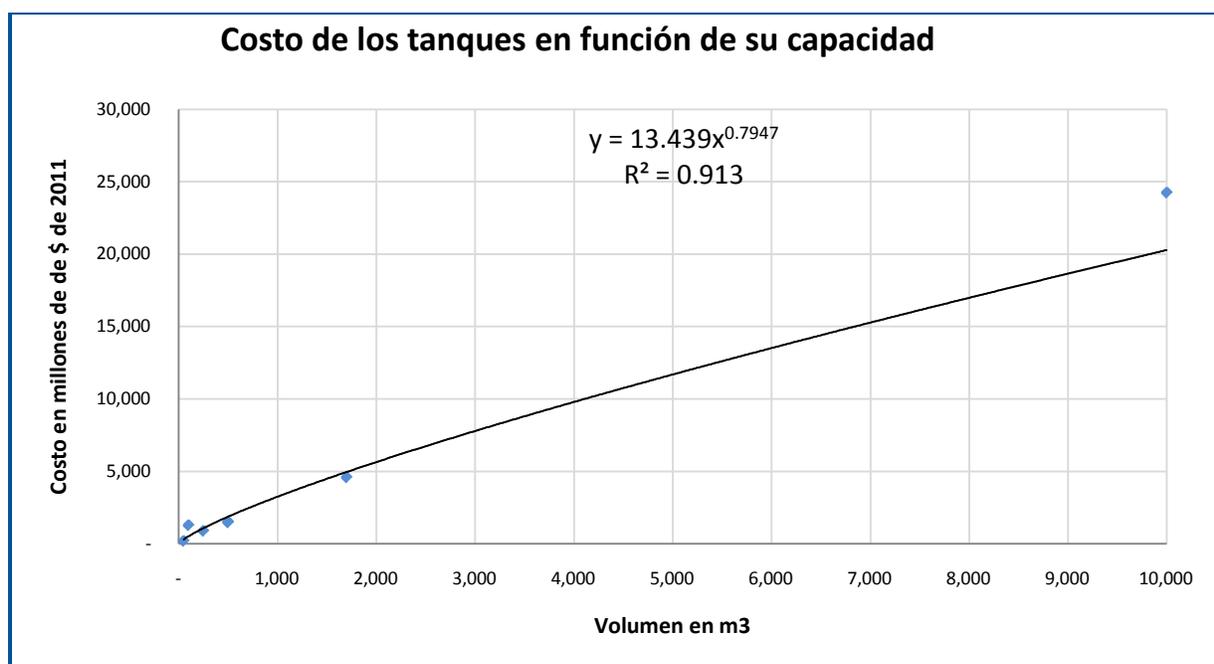
| Tanque | Capacidad (m ³) | Costo (millones) |
|-----------------|-----------------------------|------------------|
| San Dionisio | 500 | \$ 1.529 |
| Cazucá | 10.000 | \$ 24.521 |
| Pardo Rubio III | 250 | \$ 898 |
| Bosque medina | 100 | \$ 1.289 |
| Gachancipá | 1.700 | \$ 4.595 |
| Volador | 500 | \$ 1.488 |
| Pardo Rubio II | 50 | \$ 205 |

En la siguiente gráfica se han dibujado los valores y se han ajustado a una curva de la forma

$$C = KQ^a$$

Se observa en este caso que el factor de economía de escala es de 0,87; aplicando la ecuación (6) del capítulo anterior para una tasa de retorno del 8% se obtendría un período de diseño óptimo inferior a 8 años.

Figura 5- 6 Costo de los tanques en función de su capacidad.



5.5.3.1. Análisis de costo mínimo.

El análisis hecho a la red de distribución permitió establecer que se requerían tanques de almacenamientos adicionales; en el siguiente cuadro se muestran los sitios y el almacenamiento requerido a lo largo del tiempo:

Tabla 5- 12 Requerimientos de almacenamiento en el tiempo (m³).

| Tanque | Volumen existente | Almacenamiento adicional total requerido al año | | | | | Volumen nuevo total sugerido |
|-----------------------|-------------------|---|-------|-------|-------|------------|------------------------------|
| | | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | Saturación | |
| San Dionisio | 1.000 | 93 | 135 | 158 | 177 | 350 | 500 |
| Cazucá | 10.780 | 7.481 | 7.481 | 7.481 | 7.481 | 10.284 | 10.000 |
| Pardo Rubio III | 91 | 167 | 176 | 219 | 230 | 252 | 250 |
| Bosque Medina | 250 | 50 | 85 | 72 | 76 | 92 | 100 |
| Sistema Vinculo II | - | 561 | 561 | 561 | 561 | 771 | 800 |
| Gachancipa | 500 | 535 | 638 | 753 | 1.169 | 2.175 | 1.700 |
| Sistema La Veredita | - | 973 | 973 | 973 | 973 | 1.337 | 1.400 |
| Sistema Gachancipa II | - | 107 | 128 | 151 | 234 | 435 | 500 |
| Volador | 3.780 | - | - | 85 | 381 | 512 | 500 |
| Pardo Rubio II | 145 | 10 | 15 | 38 | 44 | 56 | 50 |

Teniendo en cuenta las sugerencias de la teoría del costo mínimo se hará un análisis para los tanques utilizando la ecuación obtenida del costo y comparando dos alternativas: o se hacen obras periódicas o se hacen de una vez con la capacidad total requerida en el año 2.012

Los criterios para las obras periódicas serán los siguientes: se hace un primer tanque en el 2.012 con la capacidad requerida al 2.020; en el 2.019 se hace un tanque con la capacidad requerida al 2.030 y en el 2.029 se hace un tanque con la capacidad requerida a saturación. Esta hipótesis daría unos períodos de 8, 10 e indefinido, pues no se conoce el momento de la saturación con exactitud, sin embargo se considera que se adaptan a la teoría de costo mínimo ya que lo que se busca es fraccionar las inversiones de manera lógica para analizar el valor presente del costo de inversión. El análisis expuesto en el capítulo anterior no es estrictamente aplicable por las siguientes razones:

- El crecimiento no es indefinido, es decir, no se tiene que hacer una cantidad indefinida de ampliaciones ya que buena parte de las zonas están cercanas a la saturación.
- Los períodos de obras de 8 a 10 años es razonable; estar haciendo intervenciones con períodos inferiores implica un esfuerzo administrativo y operativo muy importante.
- Algunos sistemas (Vínculo II, La Veredita y Gachancipá) comienzan con un “rezago” que al aplicar la teoría de costo mínimo sugiere períodos de diseño mayores (por el efecto de que el lucro cesante en un principio no es muy importante, ya que desde ese principio se usa una buena parte de la capacidad instalada).

En el siguiente cuadro se muestran las capacidades que se deben construir de acuerdo al cronograma establecido para la construcción por etapas y para satisfacer las demandas indicadas en el cuadro anterior.

Tabla 5- 13 Volúmenes en m3 a ampliar en las fechas indicadas.

| TANQUE | Capacidad a construir en el año | | | Total |
|-----------------------|---------------------------------|------|-------|--------|
| | 2012 | 2019 | 2029 | |
| San Dionisio | 135 | 42 | 173 | 350 |
| Cazuca | 7.481 | - | 2,802 | 10.284 |
| Pardo Rubio III | 176 | 54 | 21 | 252 |
| Bosque Medina | 85 | - | 7 | 92 |
| Sistema Vínculo II | 561 | - | 210 | 771 |
| Gachancipá | 638 | 531 | 1.006 | 2.175 |
| Sistema La Veredita | 973 | - | 364 | 1.337 |
| Sistema Gachancipá II | 128 | 106 | 201 | 435 |
| Volador | - | 381 | 131 | 512 |
| Pardo Rubio II | 15 | 29 | 12 | 56 |

Utilizando la ecuación del costo de los tanques establecida se obtienen los costos de inversión requeridos en las fechas indicadas en el cuadro anterior.

- En la columna de VPN se ha calculado el valor presente neto de las inversiones al 2.012, 2.019 y 2.029, que se muestran en las tres siguientes columnas, a precios de 2.011. Se ha utilizado una tasa de descuento del 12%. Se ha utilizado una tasa de descuento del 12%. Para aclarar cómo se obtiene el VPN se muestra a manera de ejemplo el cálculo hecho para el tanque San Dionisio.

$$VPN = 390 + \frac{140}{1.12^7} + \frac{485}{1.12^{17}} = 524$$

- En columna “Costo de construir el total en 2.012, una sola etapa”, se muestra el valor de hacer el volumen total teórico en el año 2.012 (para el tanque El Volador se muestra el valor de hacerlo en el 2.019).
- En la última columna se muestra la diferencia en costos al hacer una sola inversión o varias etapas.

Tabla 5- 14 Volúmenes en m³ a ampliar en las fechas indicadas.

| Comparación de costos de construcción por etapas y una sola etapa | | | | | | |
|---|--------------------------|--|-------|-------|--|------------|
| Tanque | VPN (12%), por etapas | Costo de la ampliación en el año (por etapas) | | | Costo de construir el total en 2012, una sola etapa | Diferencia |
| | | 2012 | 2019 | 2029 | | |
| San Dionisio | 900 | 664 | 261 | 809 | 1.414 | 57% |
| Cazucá | 17.182 | 16.107 | - | 7.381 | 20.741 | 21% |
| Pardo Rubio III | 986 | 819 | 320 | 154 | 1.087 | 10% |
| Bosque Medina | 466 | 457 | - | 64 | 488 | 5% |
| Sistema Vínculo II | 2.193 | 2.056 | - | 942 | 2.648 | 21% |
| Gachancipá | 3.644 | 2.277 | 1.969 | 3.269 | 6.035 | 66% |
| Sistema La Veredita | 3.396 | 3.183 | - | 1.459 | 4.099 | 21% |
| Sistema Gachancipá II | 1.014 | 634 | 548 | 910 | 1.680 | 66% |
| Volador | 1.719 | - | 1.512 | 646 | 1.911 | 11% |
| Pardo Rubio II | 220 | 117 | 196 | 94 | 329 | 50% |

Al analizar la última columna se observa que hay tanques en los que hacerlos por etapas tiene un valor presente bastante menor que al hacer el volumen total de una sola vez.

- Si la diferencia en costos es inferior al 20% se sugiere hacer el volumen completo de una vez; en esta manera, se sugiere hacer en el año 2.012 los siguientes tanques:
 - *Pardo Rubio III con 250 m³.*
 - *Bosque Medina con 350 m³.*
 - *Volador con 400 m³, se espera que se requiera a partir del año 2.012; este volumen es suficiente hasta el 2.030, por lo que se deberá esperar para verificar la necesidad de la ampliación.*
 - *Pardo Rubio II con 50 m³ (el análisis sugiere las ventajas del costo mínimo, pero es pequeño y se debe hacer de una sola vez)*
- La evaluación de los siguientes tanques arroja posibilidad de optimización desde el punto de vista volumétrico, pero por razones del tipo de tanque recomendado y espacio en el predio existente se recomienda la construcción en una sola etapa:
 - *San Dionisio, de 200 m³ en 2.012, suficiente hasta el 2.030; se sugiere analizar el crecimiento posteriormente para verificar el exceso a saturación.*
 - *Cazucá, de 7.500 m³ en 2.012, suficientes hasta el 2.030; posteriormente se verificaría si se requiere ampliar por incremento en saturación.*
- La evaluación de los siguientes tanques arroja posibilidad de optimización desde el punto de vista volumétrico, pero por razones del crecimiento esperado en el corto plazo en la zona de Soacha se recomienda se construyan en una sola etapa:
 - *Sistema Vínculo II, 800 m³ en 2.012, suficientes hasta el 2.030.*
 - *La Veredita, 1.400 m³ en 2.012, suficientes hasta el 2.030*
- Para siguientes tanques se sugiere el siguiente plan de inversiones:
 - *Gachancipá, es el caso más claro de las ventajas del costo mínimo; se sugiere una primera etapa en el 2.012 de 600 m³, ampliar en el 2.019 en 600 m³ adicionales y reanalizar el crecimiento.*
 - *Gachancipá II, se sugiere un tanque de 150 m³ en el 2.012, otro similar en el 2.019 y verificar en ese entonces.*

5.5.3.2. Análisis de costo mínimo de Sistemas de bombeo

En el siguiente cuadro se muestra los requerimientos en estaciones de bombeo, donde se identifican cuatro estaciones completamente nuevas y ampliación en una de ellas; así mismo, se muestran los requerimientos de caudal a lo largo de los años; se observa que en “Gachancipá” y

“Sierra Morena I” se tienen aumentos de caudal; sin embargo, en la primera, la estación es muy pequeña, y en la segunda solamente se debe instalar una bomba adicional, por lo que se concluye que para las estaciones de bombeo no se requiere hacer análisis de costo mínimo; se deben instalar de una vez las capacidades requeridas al 2030.

Tabla 5- 15 Descripción de estaciones de bombeo.

| Estación | Tipo de obra | Caudales requeridos en l/s | | | |
|----------------------------|--|----------------------------|-------|-------|-------|
| | | 2.015 | 2.020 | 2.025 | 2.030 |
| Gachancipá ¹ | Estación nueva con subestación | 4 | 5 | 6 | 9 |
| La Veredita ¹ | Estación nueva con subestación | 130 | 130 | 130 | 130 |
| El Vínculo II ¹ | Estación nueva con subestación | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sierra Morena I | Agregar bomba de 285 l/s y aumentar capacidad de subestación | 98 | 73 | 114 | 135 |
| Casablanca-Cazuca | Estación nueva con subestación | 1.124 | 1.124 | 1.124 | 1.124 |

Notas:

1. Estas estaciones de bombeo hacen parte de sistemas completos que incluyen también líneas y tanques.

5.5.3.3. Costos de las inversiones de las estaciones de bombeo

En los dos siguientes cuadros se muestran los costos de las estaciones de bombeo nuevas y el costo total de los sistemas que incluyen estaciones de bombeo, respectivamente. Como se mencionó anteriormente, la inversión debe ser hecha en su totalidad desde el principio.

Tabla 5- 16 Resumen costos Estaciones de Bombeo nuevas.

| ESTACIONES NUEVAS | |
|-------------------|-------------------|
| Nombre | Costo |
| SIERRA MORENA I | \$ 1.645.678.459 |
| CASABLANCA-CAZUCA | \$ 16.265.393.200 |

Tabla 5- 17 Resumen costos sistemas que incluyen Estaciones de Bombeo.

| COSTO TOTALES DE LOS SISTEMAS | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----------|---------------|
| Ítem | Valor (Millones de pesos) | | |
| | Vínculo | Veredita | Gachancipá II |
| Obra tanque | | | |
| Adecuación de sitio | \$ 95 | \$ 86 | \$ 72 |
| Construcción tanque | \$ 553 | \$ 967 | \$ 345 |
| Suministro e instalación de Equipos | \$ 416 | \$ 729 | \$ 260 |

| COSTO TOTALES DE LOS SISTEMAS | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------------|
| Ítem | Valor (Millones de pesos) | | |
| | Vínculo | Veredita | Gachancipá II |
| Sub total sin Imprevistos | \$ 1,064 | \$ 1,782 | \$ 678 |
| Sub total con Imprevistos (35%) | \$ 1,436 | \$ 2,406 | \$ 915 |
| Obra de Estación de Bombeo | | | |
| Adecuación de sitio | \$ 55 | \$ 76 | NO SE REQUIERE |
| Estación de Bombeo | \$ 1.445 | \$ 482 | \$ 321 |
| Sub Estación Eléctrica | \$ 176 | \$ 136 | \$ 127 |
| Equipo de Bombeo | \$ 153 | \$ 165 | \$ 97 |
| Sub total sin Imprevistos | \$ 1.828 | \$ 859 | \$ 545 |
| Sub total con Imprevistos (35%) | \$ 2.468 | \$ 1.160 | \$ 735 |
| Obra Línea | | | |
| Línea | \$ 1.677 | \$ 2.034 | \$ 818 |
| AIU (25%) | \$ 1.584 | \$ 1.730 | \$ 735 |
| Subtotal obra | \$ 7.919 | \$ 8.650 | \$ 3.675 |
| Consultoría | | | |
| Estudio de factibilidad | \$ 93 | \$ 93 | \$ 81 |
| Diseño para construcción | \$ 202 | \$ 227 | \$ 182 |
| Interventoría de diseños | \$ 80 | \$ 80 | \$ 59 |
| Subtotal Consultoría | \$ 375 | \$ 400 | \$ 322 |
| Interventoría de obra | | | |
| Interventoría de obra | \$ 1,116 | \$ 1,120 | \$ 494 |
| TOTAL | \$ 8,467 | \$ 8,520 | \$ 3,900 |

Sección 6

SECCIÓN 6

PROYECTOS APROBADOS, EN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Como parte de la evolución esperada del sistema de Red Matriz, al momento de realizarse la actualización del Plan Maestro del 2.011, existe un número de proyectos en diferentes etapas de evaluación, diseño o construcción. Estos proyectos corresponden a recomendaciones del Plan Maestro del 2.004, a proyectos que responden a condiciones locales, o son el resultado de la interacción de la Red Matriz del Acueducto con otras entidades que tienen que ver con el servicio del agua en Bogotá y los municipios. Para efectos de evaluación del sistema futuro, los análisis de capacidad realizados como parte del producto 2, tuvieron en cuenta estos proyectos según su etapa de estudio y fueron incluidos en el modelo hidráulico para validar las dimensiones y los resultados en cuanto a mejoras en el servicio. Esta sección resume los proyectos en estudio de factibilidad o diseño en el 2.011, los cuales forman parte de la Red Matriz futura.

Las obras en etapa de estudio de factibilidad o diseño se presentan en esta sección:

1. Obras en el área de servicio del Dorado y la Laguna.
2. Sistema de Acueducto el Zuque.
3. Sistema Volador- Quiba-Alpes II.
4. Sistema Quebrada La Vieja.
5. Sistema Santo Domingo
6. Optimización Nororiental.
7. Obras nuevas en el área de Suba.
8. Obras nuevas en el área de Bosa-Kennedy.
9. Sistema Borde Norte.

6.1. OBRAS EN EL ÁREA DE SERVICIO DE EL DORADO Y LA LAGUNA

Las proyecciones realizadas para el Plan de Expansión de la Red Matriz en el 2.004 determinaron que el área servicio del tanque El Dorado y La Laguna iba a tener un crecimiento mayor al encontrado en las proyecciones realizadas en esta actualización del Plan Maestro. Los resultados de la actualización de la evaluación del modelo hidráulico mostraron que no hay deficiencia en el abastecimiento de esta área de servicio. Las obras que están en proceso de estudio de factibilidad y/o diseño actualmente (2011) en el área de servicio de las plantas el Dorado y la Laguna (sector hidráulico S0426) se describen a continuación. Estas obras se incluyeron en los análisis y evaluaciones de capacidad de la red matriz en el área mencionada. Los resultados del plan maestro de la red actual de este sistema en particular no muestran la necesidad de tanques adicionales y se recomienda el seguimiento cercano del comportamiento hidráulico y de la calidad de agua alrededor de estos proyectos:

- Tanque el Mochuelo.
- Dentro de la proyección a futuro de la ampliación de la cobertura de la Planta El Dorado a la margen occidental del Río Tunjuelito, se construirá el Tanque el Mochuelo. El volumen estimado para este tanque es de 2.000 m³, el año que se requiere 2.025.
- Conducción tanque Piedra Herrada - Tanque el Mochuelo.
- El diseño y construcción de esta red, permitirá abastecer por gravedad el Tanque el Mochuelo desde El Tanque Piedra Herrada. En la etapa de Factibilidad se obtiene que su longitud aproximada es de 2.415 m y un diámetro de 12". En la Figura 6-1 se presenta a nivel esquemático la ubicación de este proyecto. La ubicación puede cambiar a medida de que el proyecto avance a la etapa de diseño. La ubicación exacta podrá ser encontrada en los planos de los diseños detallados.
- Sistema Red Matriz Tanque los Soches. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para el año 2.012 se tiene programado la compra de predios y para los años 2.013-2.014 el proceso de construcción.. Este sistema incluye la construcción del Tanque Los Soches, la Estación de Bombeo El Paso y la línea de Impulsión El Paso – Los Soches. En la Figura 6-2 se presenta a nivel esquemático la ubicación de este proyecto. La ubicación puede cambiar a medida de que el proyecto avance a la etapa de diseño. La ubicación exacta podrá ser encontrada en los planos de los diseños detallados.
- El tanque Los Soches será alimentado por bombeo desde la estación de bombeo el Paso, con agua proveniente de la Planta El Dorado; a su vez éste alimentará por gravedad los asentamientos ubicados aguas abajo, tales como: el sector La Flora, Los Soches, Arrayanes, Compostela, Tocaimita y Yomasita, entre otros.
- El tanque Los Soches servirá como almacenamiento para mejorar ostensiblemente el suministro por gravedad a estas áreas señaladas, y que actualmente se alimentan del sistema del Tanque Juan Rey y de la Planta Yomasa.

- Esta estructura se localizará a 466 metros al oriente de la antigua carretera a la ciudad de Villavicencio, al costado nor-oriental de la antigua Cervecería Alemana, hoy de propiedad de la EAAB E.S.P.
- De acuerdo al diseño detallado del Tanque Los Soches, se tiene previsto construir cuatro (4) módulos de 500 m³ cada uno para un volumen total de 2.000 m³. Con esta obra se consolida el servicio de Acueducto para la parte oriental alta de Juan Rey desde la Planta El Dorado, aprovechando la capacidad total de esta planta. Es necesario la adquisición de un predio de aproximadamente 1 Ha.
- El diseño detallado efectuado por Hidrotec-2.004 para la Estación de Bombeo El Paso define que esta obra consiste en dos etapas. La primera etapa es un bombeo de 70 l/s al tanque los Soches a una altura de bombeo nominal de 115.64 m. Para este bombeo se usarán usando dos bombas que tienen una potencia de 150 H.P y una capacidad de bombeo de 70 l/s. Para el tanque Portal del Divino Caudal se requiere un bombeo de 61 l/s a una altura de bombeo nominal de 51.8 5m. Para este bombeo se usarán dos bombas que tienen una potencia de 10 H.P. y una capacidad de bombeo de 6 l/s. En la segunda etapa el bombeo al tanque los Soches será de 104 l/s a una altura de bombeo nominal de 127.8 m. Para este bombeo se tendrán 3 bombas en funcionamiento y 1 de repuesto.
- La línea de impulsión bombeará agua desde el Tanque El Paso al Tanque de Los Soches. Esta línea tendrá una longitud de 2.650 m, un diámetro de 12", una presión de diseño de 150 a 250 psi y será fabricada en CCP.

6.2. SISTEMA DE ACUEDUCTO EL ZUQUE

Este sistema hace parte de la cadena de bombeo Alpes – Juan Rey, en el sector hidráulico S0424. El diseño para este sistema incluye una estación de bombeo, línea de impulsión, tanque de almacenamiento y red de distribución. El volumen aproximado del tanque de almacenamiento es de 2.000 m³ y la línea Quindío - El Zuque con una longitud de 0.3 Km. El tanque estará ubicado aproximadamente sobre las cotas 3.080 y 3.090 msnm, con el cual se reforzará el servicio de los Cerros Orientales, localidad de San Cristóbal. Con la operación de la nueva estación proyectada, se bombeara el agua desde el tanque El Quindío para llevarla a través de la línea de impulsión nueva de aproximadamente 400 m de longitud entre el tanque El Quindío y la zona de ubicación del nuevo tanque El Zuque corredor paralelo a la vía existente. El nuevo tanque El Zuque tiene la salida a distribución sobre el mismo corredor del tramo final de la línea de impulsión, y luego se divide en dos tramos de distribución, la primera Línea de distribución sector sur y la segunda Línea de distribución sector norte.

En la Figura 6-3 se presenta a nivel esquemático la ubicación de este proyecto. La ubicación puede cambiar a medida de que el proyecto avance a la etapa de diseño. La ubicación exacta podrá ser encontrada en los planos de los diseños detallados.

Las evaluaciones del plan maestro incluyeron la capacidad de almacenamiento en las evaluaciones de capacidad futura, pero la información de la evaluación no confirma el tamaño o la necesidad del sistema de acueducto propuesto, el cual responde a necesidades locales.

6.3. SISTEMA VOLADOR- QUIBA-ALPES II

Las obras nuevas en estado de estudio de factibilidad o diseño en la cadena de bombeo Volador – Alpes II se presentan en la Figura 6-4. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para el año 2.012 se tiene programado la compra total de predios, sin embargo a la fecha se ha adquirido el 50% de dichos predios y para los años 2.013-2.014 el proceso de construcción,.

- **AMPLIACIÓN TANQUE DE QUIBA**
- Se trata de una estructura en concreto con doble cámara.
- **ALMACENAMIENTO PARA TANQUE DE ALPES**
- Construcción del tanque de almacenamiento, cámara de válvulas y de cada uno de los componentes del tanque.
- **CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN QUIBA-ALPES**
- Todas las actividades relacionadas con la línea de impulsión desde la Estación de Quiba II hasta el tanque de Alpes II, en una longitud de 1.325 m, diámetro de 10” y en material de CCP. A lo largo de la impulsión se han considerado accesorios especiales como son tres (3) ventosas y tres (3) purgas con sus respectivas cajas en concreto y accesorios para su instalación.
- **ADECUACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO VOLADOR-QUIBA**
- Reemplazo de los equipos de bombeo existentes y sus correspondientes accesorios complementarios. Incluye las obras asociadas al sistema eléctrico de potencia, sistema de instrumentación, control y comunicaciones. Cambio de los tres (3) equipos de bombeo existentes en la estación de bombeo de Volador. Cambio del múltiple de succión, el cambio de las válvulas de compuerta de cierre y niples de las reducciones que conforman cada ramal de succión de la unidades de bombeo con su motor, reducciones y niples que conforman los ramales de descarga, instalación de las nuevas válvulas de control de bombeo y el cambio de la válvula mariposa de cierre de cada ramal de descarga.
- **AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO QUIBA-ALPES II**
- Construcción de la Estación, la cámara de válvulas y todos los componentes de índole mecánico y eléctrico.
- La Estación consta de dos (2) equipos de bombeo (1 de ellos en stand by) con sus respectivas válvulas de control y protección contra golpe de ariete. Como dispositivo a destacar se encuentra la válvula reguladora de caudal dispuesta en la cámara de válvulas.
- **LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN ALPES II**
- Obras para el suministro e instalación de la tubería que se encarga de distribuir el agua a la zona de cobertura de dicha estructura.

6.4. SISTEMA QUEBRADA LA VIEJA

La EAAB E.S.P. adelantó en el año 2.004, mediante contrato suscrito con la Firma Salgado Meléndez y Asociados, la consultoría para la Ejecución de los Diseños Detallados para Construcción del Sistema Complementario Tanque El Chico y en particular los diseños detallados para la construcción del Sistema La Vieja, cuyo objetivo era complementar la atención que tenía el tanque El Chico, ya que con la evaluación hecha a este tanque, se pudo observar que la capacidad del sistema El Chico presentaba dificultades para abastecer la totalidad de la zona, por las condiciones de su infraestructura. Además aprovechando la existencia de una salida de diámetro de 12" que durante el desarrollo de la construcción del túnel Los Rosales se previó dejar en la ventana que da acceso al túnel, se planteó la construcción de un tanque localizado a la altura de la calle 70 al oriente de la avenida Circunvalar sobre una cota IGAC de 2754 m.s.n.m. Esta alternativa seleccionada involucra la construcción de un tanque con una capacidad de 2.000 m³ localizado en el área anexa al acceso de la ventana del túnel Rosales y alimentado por la tubería de 12" que se deriva del túnel y una línea de distribución de 12" que se desplaza paralela a la Quebrada La Vieja y continuar en sentido norte sur a través de la cabecera del colegio Nueva Granada y de los barrios Bosque Calderón I y II y empatar, sobre el costado sur de la quebrada Las Delicias, con la tubería denominada Paraíso-San Martín de Ø 12" y de esta manera alimentar el tanque Pardo Rubio II, con lo cual se permitiría reducir el volumen de bombeo correspondiente al sector de Pardo Rubio, Politécnico, Castillo y bosque Calderón I y II desde Paraíso I.

6.5. SISTEMA SANTO DOMINGO

Teniendo en cuenta los crecimientos poblacionales que se han presentado en sectores como Altos de la Estancia, parte alta de Ciudad Bolívar, y en general en el municipio de Soacha, así como la normalización y legalización de los barrios de la zona, se vio la necesidad de ampliar el Sistema de Red Matriz de Acueducto para el suministro de agua, por lo cual se concibió el Sistema Santo Domingo fue diseñado para servir la parte alta de Ciudad Bolívar de Altos de Cazucá en el Municipio de Soacha debido a que el Sistema de Sierra Morena no alcanza a abastecer a este sector por gravedad. En estudios previos se determinó que la mejor opción sería la construcción de una estación de bombeo que abastecería los tanques de la zona alta

El suministro para el Sistema de Santo Domingo se hace desde el tanque existente de Sierra Morena III, a continuación se describen los componentes de este sistema:

- Estación de bombeo en Sierra Morena III que conduce el agua desde la salida del tanque existente y la eleva hasta el nuevo Tanque Santo Domingo. El bombeo se realiza mediante unidades centrifugas, una en operación y la otra en suplencia. Las bombas están diseñadas para elevar un caudal de 110 lt/s a una altura de 34 metros. Diseñado para que trabaje 12 horas del día, lo que implica que cada bomba trabaje durante 6 horas diarias.

- Tanques Santo Domingo I y Santo Domingo II. Tanque de compensación Santo Domingo, con una capacidad de 1.500 m³ en dos cámaras y ubicado sobre una cota de 2.815 msnm. Sobre una cota mayor a este tanque se ubica el tanque Santo Domingo II de capacidad 45 m³, localizado sobre los 2.830 msnm y alimentado por el tanque Santo Domingo I por medio de la estación de bombeo.
- Tubería de impulsión Sierra Morena III-Santo Domingo, de diámetro de 12" con presión de 150 psi (105 mca), transportará un caudal de 110 lt/s y tendrá una longitud aproximada de 850 m.
- Red de distribución. En diámetro de 10" sale una primera línea de distribución desde el tanque superficial, que alimentará los sectores occidental y oriental de Bogotá, así como al municipio de Soacha. Del tanque Santo Domingo II sale la segunda tubería de 3" que alimentará las zonas aledañas al tanque ubicadas por encima de la cota 2.815.

6.6. OPTIMIZACIÓN NORORIENTAL

Las proyecciones realizadas para el Plan de Expansión de la Red Matriz en el 2.004 determinaron que el área de servicio del Sistema Nororiental iba a tener un crecimiento mayor al encontrado en las proyecciones realizadas en esta actualización del Plan Maestro. Los resultados de la actualización de la evaluación del modelo hidráulico mostraron que no hay deficiencia en el abastecimiento de esta área de servicio.

6.7. OBRAS NUEVAS EN EL ÁREA DE SUBA

Estas obras nuevas se detallan a continuación:

- Obras nuevas en el área de Suba Cerro Sur. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para los años 2.012-2.013 se tiene programado la compra de predios y para los años 2.014-2.015 el proceso de construcción.
- El área de estudio se encuentra localizada en la zona noroccidental de la ciudad de Bogotá, y corresponde a la zona en donde se encuentran localizados los Cerros de Suba, Cerro Sur y Norte.
- El objetivo de las obras es ampliar el Sistema de Red Matriz de acueducto para el suministro de aguas de las nuevas zonas de expansión de los Cerros Norte y Sur de Suba. Adicionalmente, se busca mejorar la calidad del servicio en todos los sectores alto y medio de los Cerros, con la nueva disposición de los servicios de los tanques existentes en el Cerro Norte y el Nuevo Cerro Sur, denominado Tanque el Indio en la localidad de Suba.
- La estación contará con tres (3) bombas centrifugas horizontales, dos (2) operando y una (1) de suplencia, con un caudal de 67.175 l/s cada una, originando así un caudal total de 134,35 l/s. La tercera bomba de reserva se usará en eventos de emergencias o de mantenimiento por daños en una de las bombas.

- Para el suministro del agua al sistema propuesto se utilizará el Tanque de Suba Nuevo que tiene una capacidad nominal de 90.000 m³. La succión del sistema se conectará a partir de la salida del Tanque de Suba. La conexión se realizará dentro de la actual cámara de válvulas del tanque y se utilizará la tubería de salida del tanque occidental, la cual actualmente no está en servicio, y que tiene un diámetro de 1,80 m (80"). (Ver Figura 6-5).
- El Tanque de Almacenamiento diseñado para complementar la demanda de agua de la zona de servicio denominada Suba Medio del Cerro Sur, cuenta con una capacidad nominal de almacenamiento de dos mil metros cúbicos (2.000 m³) distribuida en dos compartimientos o celdas.
- Líneas de refuerzo en Suba. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para los años 2.012-2.013 se tiene programado la compra de predios y para los años 2.014-2.015 el proceso de construcción.
- Estas líneas incluyen la construcción de las LINEAS SUBA-GAVILANES, PROLONGACIÓN CALLE 170 (AV. LAS VILLAS - AV. BOYACÁ) Y SUBA ALO (Ver Figura 6-6 y Figura 6-7). El área de estudio se encuentra localizado en la zona noroccidental de la ciudad de Bogotá, y corresponde a la zona en donde se encuentra localizado el humedal Juan Amarillo.
- ¹La línea Calle 170 o Avenida San José hace parte del conjunto de obras que tiene previstas el IDU sobre la Calle 170, y pretende empatar las líneas proyectadas y diseñadas por la EAAB E.S.P. denominadas, línea Avenida Ciudad de Cali con la línea Carrera 99. La línea de la Calle 170 o Avenida San José, se proyectaría en un diámetro de 16", y su construcción se hace en conjunto con el desarrollo de este corredor a cargo del IDU.

El objetivo de estas obras nuevas es ampliar el Sistema de Red Matriz de Acueducto para el suministro de agua de las nuevas zonas de expansión del área cercana al humedal Juan Amarillo. Las evaluaciones del Plan Maestro muestran la necesidad de las líneas de refuerzo, y la capacidad adicional en el sector hidráulico S0105 en cuanto a flexibilidad del sistema que se gana en la línea de la conejera.

La línea Suba-Gavilanes contará con tres (3) tramos. El primer tramo de la línea Suba-Gavilanes (EAAB 02) es de 16" y está proyectada por la Calle 132, para el año 2.011 se contrató la construcción y para el 2.012 iniciaran el proceso de construcción. El segundo tramo de la línea (EAAB 03) es de 16" y está proyectada por la Avenida Ciudad de Cali, en el año 2.011 se contrató la construcción y para el 2.012 iniciaran el proceso de construcción. El tercer tramo de esta línea (EAAB 04) es de 16" y conectará el tramo 1 con el tramo 2 de la línea Suba-Gavilanes y está proyectada sobre la Carrera 104. La línea la Conejera I (EAAB 04) es de 16" y está proyectada sobre la Carrera 104 entre la Calle 132 y la Calle 139 para el año 2.012 se tiene programada los diseños y para el 2.013 iniciaran el proceso de construcción.. La línea Avenida el Rincón (EAAB 05) de 30" se proyectó sobre el corredor de la Avenida Longitudinal de Occidente, como se muestra en la Figura 6-7. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para los años 2.012 se tiene contemplado los diseños, 2.013 compra de predios y para los años 2.014-2.015 el proceso de construcción.

¹ Información recibida de la División de Red Matriz EAAB E.S.P.

6.8. OBRAS NUEVAS EN EL AREA DE BOSA KENNEDY

- Las obras en el área de servicio correspondiente al sector hidráulico S0502 incluyen la CONSTRUCCIÓN DE LAS LINEAS ALSACIA ORIENTAL, VILLAVICENCIO 1, VILLAVICENCIO 2, BOSA-KENNEDY PROLONGACIÓN TINTAL, BOSA LAURELES Y EXTENSIÓN BOSA LAURELES EN LAS LOCALIDADES DE BOSA Y KENNEDY EN BOGOTA D.C. (Ver Figura 6-8, Figura 6-9, Figura 6-10, Figura 6-11 y Figura 6-12).

El área de estudio se encuentra localizada en la zona suroccidental de la ciudad de Bogotá, y corresponde a una zona de las localidades de Bosa y Kennedy. El objetivo de estas obras es el refuerzo del Sistema de Red Matriz de acueducto para el aumento de las presiones de servicio. Las evaluaciones de capacidad del Sistema de Red Matriz mostraron resultados consistentes con las líneas propuestas como parte de este grupo de obras nuevas.

Las líneas propuestas son las siguientes:

- La línea Alsacia Oriental (EAAB 07) de 24", se proyectada por la Avenida Alsacia entre la Avenida Ciudad de Cali y la Avenida El Tintal. Luego esta línea continuaba su proyección por la Avenida El Tintal. Sin embargo, durante el desarrollo de esta consultoría se construyó esta línea.
- La línea Alsacia Occidental se localiza entre la Calle 12 (Avenida Alsacia) con Avenida Cali y la Avenida Manuel Cepeda Vargas con Carrera 89, tal como se observa en la Figura 1.

Esta línea tiene como objetivo fortalecer el sistema de acueducto de los barrios Vergel Oriental, Vereda El Tintal, Osorio y de los desarrollos urbanísticos del sector sur del canal Cundinamarca, la línea se construirá en un diámetro de 16" en material CCP y tendrá una longitud aproximada de 2.364,7 metros, presión máxima de diseño 150 psi, la construcción de esta línea tiene dos cruces especiales sin zanja a la altura del Canal Magdalena y Canal Castilla de 22 y 30 m respectivamente.

El trazado seleccionado para la ubicación de la línea Alsacia Occidental, se ubica siguiendo la calle 12 paralelo al canal Alsacia para desviarse por la carrera 88 D hasta la Avenida Manuel Cepeda Vargas, todo este trazado por el corredor de vías existentes o en proyección, la ubicación del alineamiento de la conducción proyectada de Alsacia occidental dentro de la franja de las vías, permite instalar la mayor parte de la tubería en espacio público.

- La línea Villavicencio 1 (EAAB 09) de 24", está proyectada por la Avenida Ciudad de Villavicencio entre la Avenida Ciudad de Cali y la Avenida El Tintal. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para el año 2.012 se tiene programado los diseños y para los años 2.013-2.014 el proceso de construcción.
- La línea Villavicencio 2 (EAAB 08) de 24", está proyectada por la Avenida Ciudad de Villavicencio entre la Autopista Sur y la Avenida Ciudad de Cali. De acuerdo con la información suministrada por la EAAB E.S.P para el año 2.012 se tiene programado los diseños y para los años 2.013-2.014 el proceso de construcción.
- La línea Bosa-Kennedy prolongación Tintal (EAAB 10) de 24", está proyectada por la Avenida El Tintal entre la Avenida Ciudad de Villavicencio y la Calle 55 sur. De acuerdo con

la información suministrada por la EAAB E.S.P para el año 2.012 se tiene programado los diseños.

- La línea Bosa Laureles (EAAB 11) de 16", estaba proyectada por la Transversal 79D. Sin embargo, durante el desarrollo de esta consultoría se construyó esta línea.
- La línea Extensión Bosa Laureles (EAAB 12) de 16" estaba proyectada como una conexión que alimentaba el desarrollo propuesto en Soacha Ciudad Verde, de manera temporal, y a largo plazo se convierte en una alimentación por contingencia hacia Soacha o hacia Bosa/Kennedy según se requiera hidráulicamente. Sin embargo, durante el desarrollo de esta consultoría se construyó esta línea.

6.9. SISTEMA BORDE NORTE

El estudio de proyección de población y urbanismo del Plan de Ordenamiento Zonal (POZ) Norte, elaborado por el Consorcio Borde Norte, presenta el desarrollo y metodología para estimar las demandas en la zona del Borde Norte, correspondiente a los sectores hidráulicos S0132 y S0134.

La modelación hidráulica de las redes de acueducto del POZ Norte se desarrolló en varias etapas. Inicialmente se desarrolló un modelo hidráulico preliminar con el fin de realizar un análisis global del sistema proyectado que considera escenarios de alimentación y alternativas de servicio. Para la inclusión de las redes matrices existentes se empleó la información de redes de acueducto con que se cuenta en el sistema de información geográfica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, así como también información de planos físicos de redes de acueducto, e información suministrada por el personal operativo de la Dirección de Red Matriz de la EAAB E.S.P. Las principales redes son:

- Línea Tibitoc-Casablanca (Ø 72")
- Línea Tibitoc-Usaquén (Ø60")
- Línea Guaymaral (Ø16")
- Línea Escuela Colombiana de Ingeniería (Ø12")
- Línea Autopista Norte (Ø12")
- Línea Av. San José (Ø16")

Teniendo en cuenta que actualmente el Borde Norte aún cuenta con gran parte de los predios sin desarrollar y que igualmente su desarrollo vial es mínimo, y que un gran porcentaje de las vías existentes están sin pavimentar, la consultoría del Borde Norte empleo los corredores viales definidos en el POZ Norte para proyectar el trazado inicial de la red matriz que alimentará el sector definido en el Borde Norte.

Las obras propuestas para servir la demanda futura incluyen cerca de 6.8 kilómetros de redes matrices de 16" y 24" de diámetro. Sin embargo para la planificación del sistema de acueducto de Borde Norte de Bogotá, se realizó un cambio en la población proyectada, solicitado por la

Secretaría Distrital de Planeación, y cuyos resultados se presentan en la Cuarta Etapa del Estudio de Modelación Hidráulica de Borde Norte.

Los cambios más relevantes en cuanto a los parámetros de diseño en esta cuarta evaluación de la modelación, fueron:

- Población de Diseño: Se previó un aumento en el número de habitantes, adicionalmente se tuvo en cuenta una población flotante distribuida en diferentes tipos de uso.
- Dotación Bruta: se determinó en acuerdo con la EAAB E.S.P. e interventoría las dotaciones brutas con pérdidas de agua incluidas.

Con base en estos y otros parámetros definidos previamente, se revisaron en la modelación varios ²escenarios de operación, con el fin de llegar a la mejor condición de operación del sistema de red matriz. El sistema de Borde Norte se conectará a las líneas de 60" y 72" Tibitoc-Usaquén y Tibitoc-Casablanca respectivamente, que alimentan el sistema de Bogotá desde Tibitoc, y el escenario seleccionado presenta el siguiente esquema de operación:

- El sector oriental de la Autopista Norte se abastecerá a partir de la red Tibitoc-Usaquén desde las salidas "Calle 200" (Ø12") y "Puentepiedra" (Ø16").
- El sector occidental de la Autopista Norte queda abastecido desde la línea Tibitoc-Casablanca a partir de las salidas "Guaymaral2 (Ø16") y "Escuela Colombiana de Ingeniería" (Ø16").
- El sector de San José de Bavaria quedó alimentado desde la línea Tibitoc-Casablanca a partir de la salida "Marantá" (Ø24").
- Se dejaron interconexiones entre los sectores oriental y occidental de la Autopista Norte en diámetro de (Ø16"), a la altura de la Calle 200 (Av. El Polo) y la entrada a Guaymaral. En este escenario, estas interconexiones quedan cerradas.

Entre los resultados más importantes de este escenario, es que se presentaron velocidades máximas y mínimas dentro de los rangos establecidos por la EAAB E.S.P. y la presión mínima obtenida en puntos críticos fue de 22 mca y las presiones máximas en el sistema están entre los 60 y los 65 mca. La configuración propuesta por el Consorcio Borde Norte se presenta en la Figura 6-13.

² Véase documento de Factibilidad Técnica, Ambiental, Económica y Financiera para el Desarrollo de la Infraestructura de Acueducto y Alcantarillado Sanitario y Sistema de drenaje pluvial del Borde Norte de la Ciudad de Bogotá. Cuarta Etapa del Estudio de Modelación Hidráulica. Versión Final marzo de 2011.

Figura 6-1 Tanque El Mochuelo

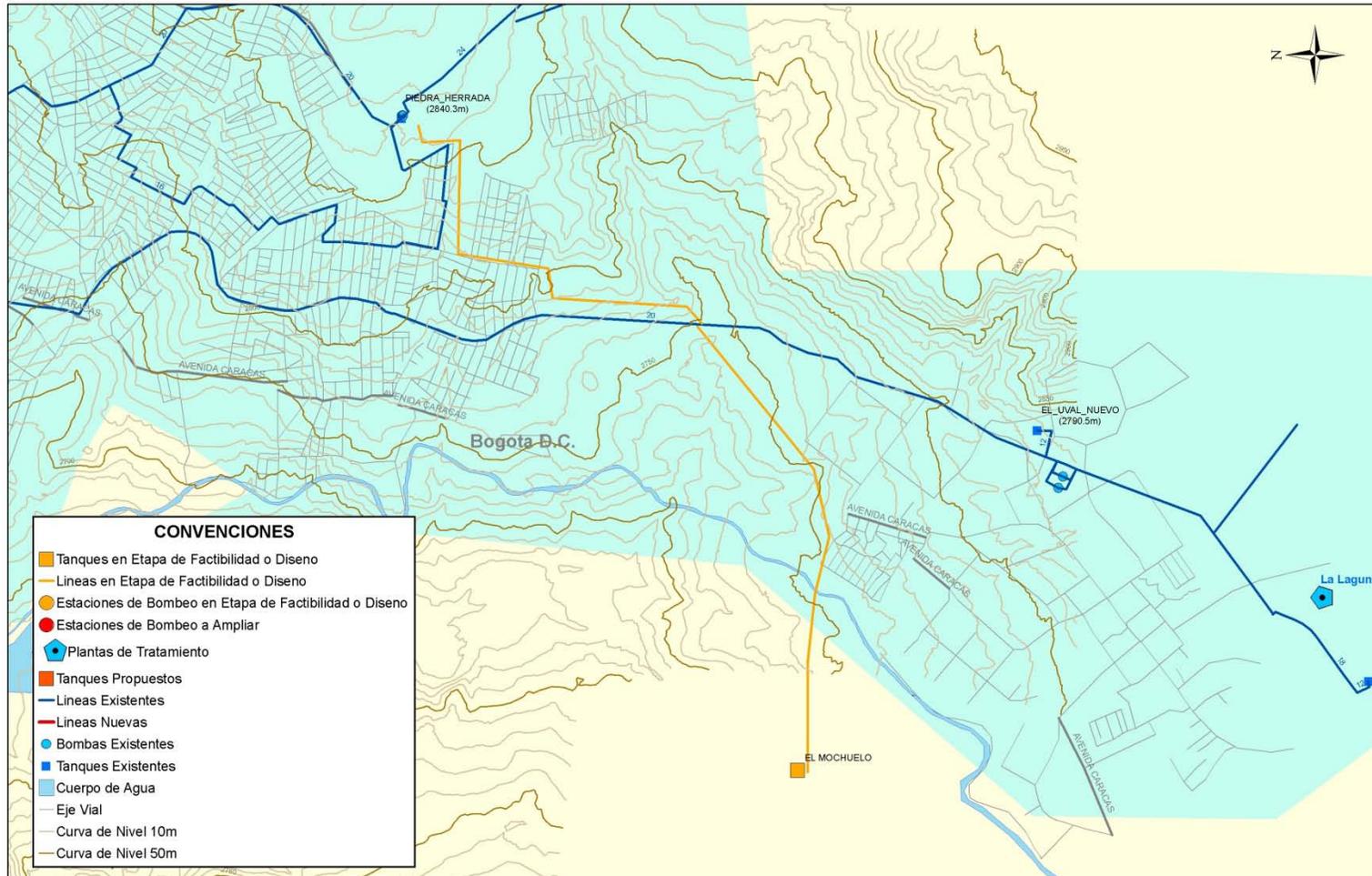


Figura 6-2 Estación de Bombeo El Paso, Tanque Los Soches e Impulsión El Paso-Los Soches

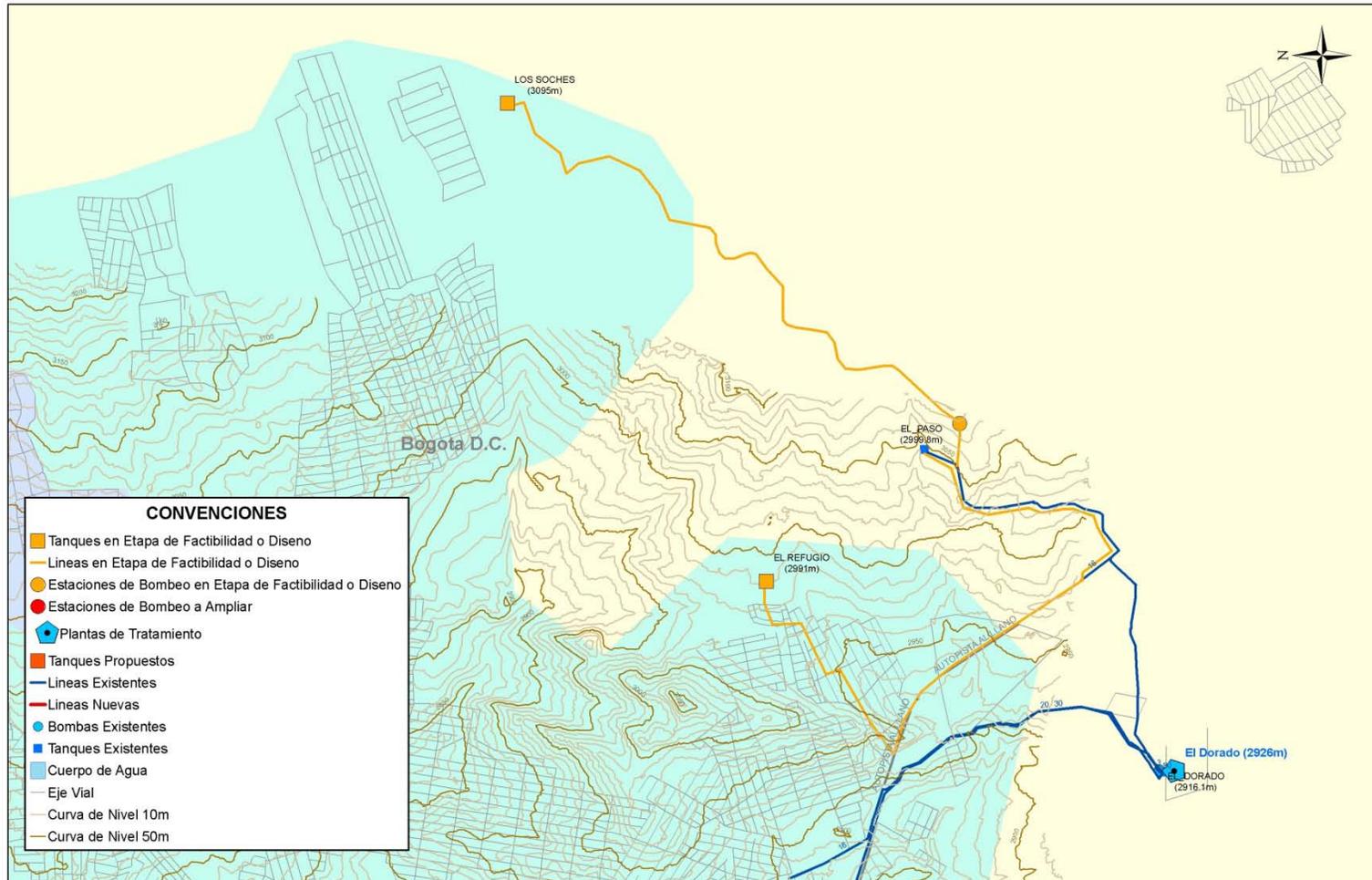


Figura 6-3 Sistema de Acueducto El Zuque

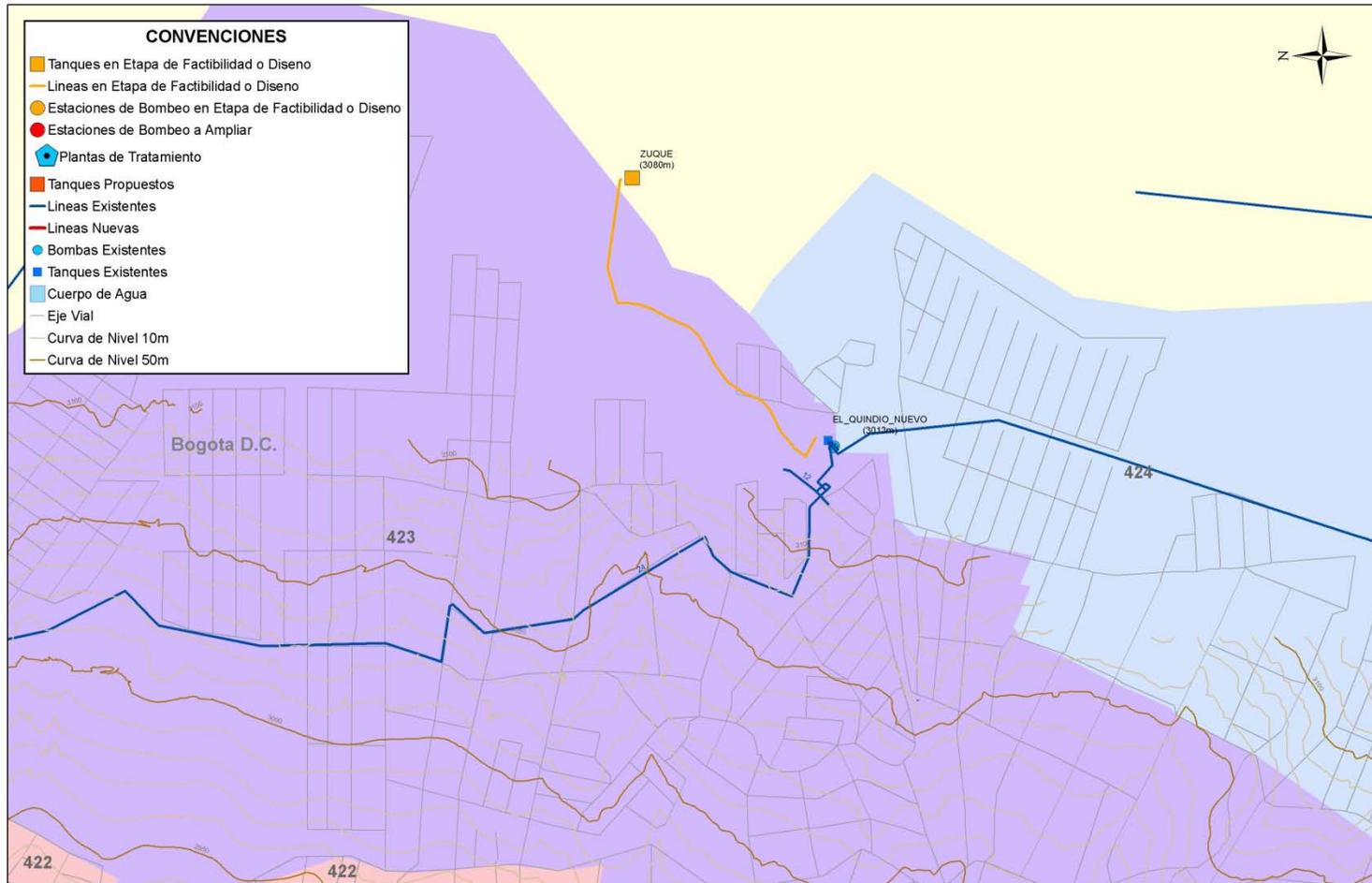


Figura 6-4 Sistema Red Matriz Acueducto Volador-Quiba-Alpes II

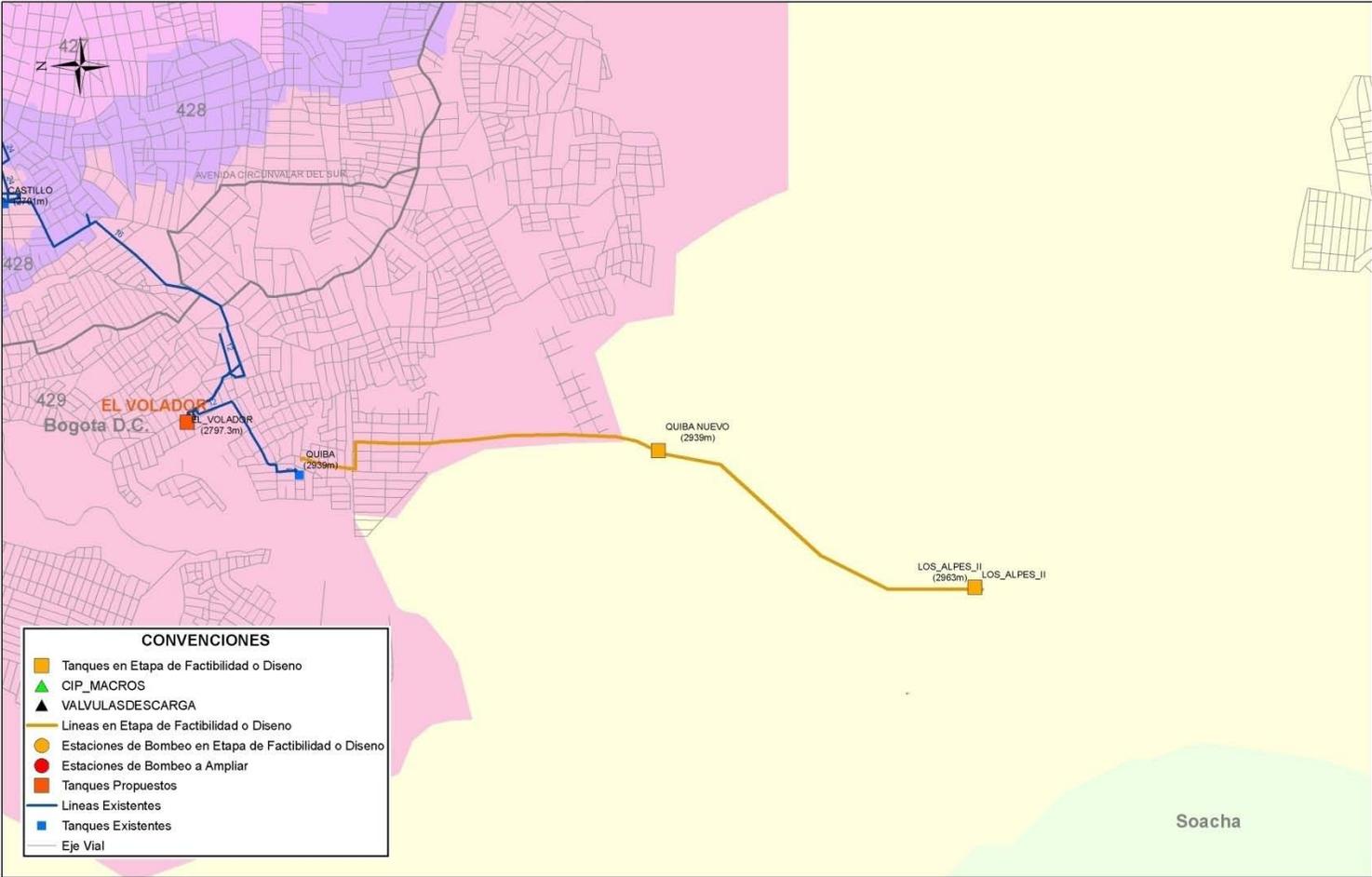


Figura 6-6 Línea Suba-Gavilanes y Línea La Conejera I

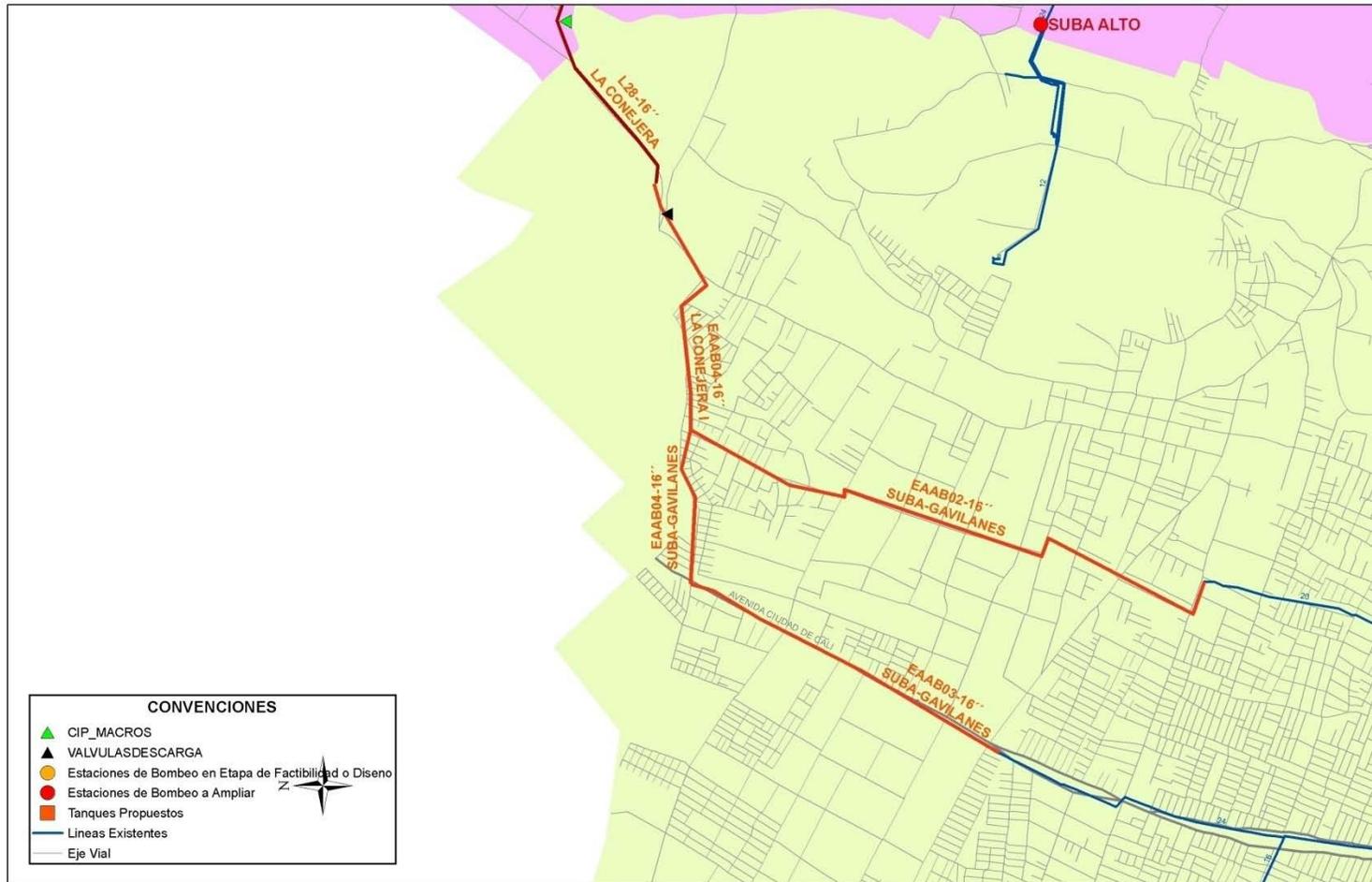


Figura 6-7 Línea ALO

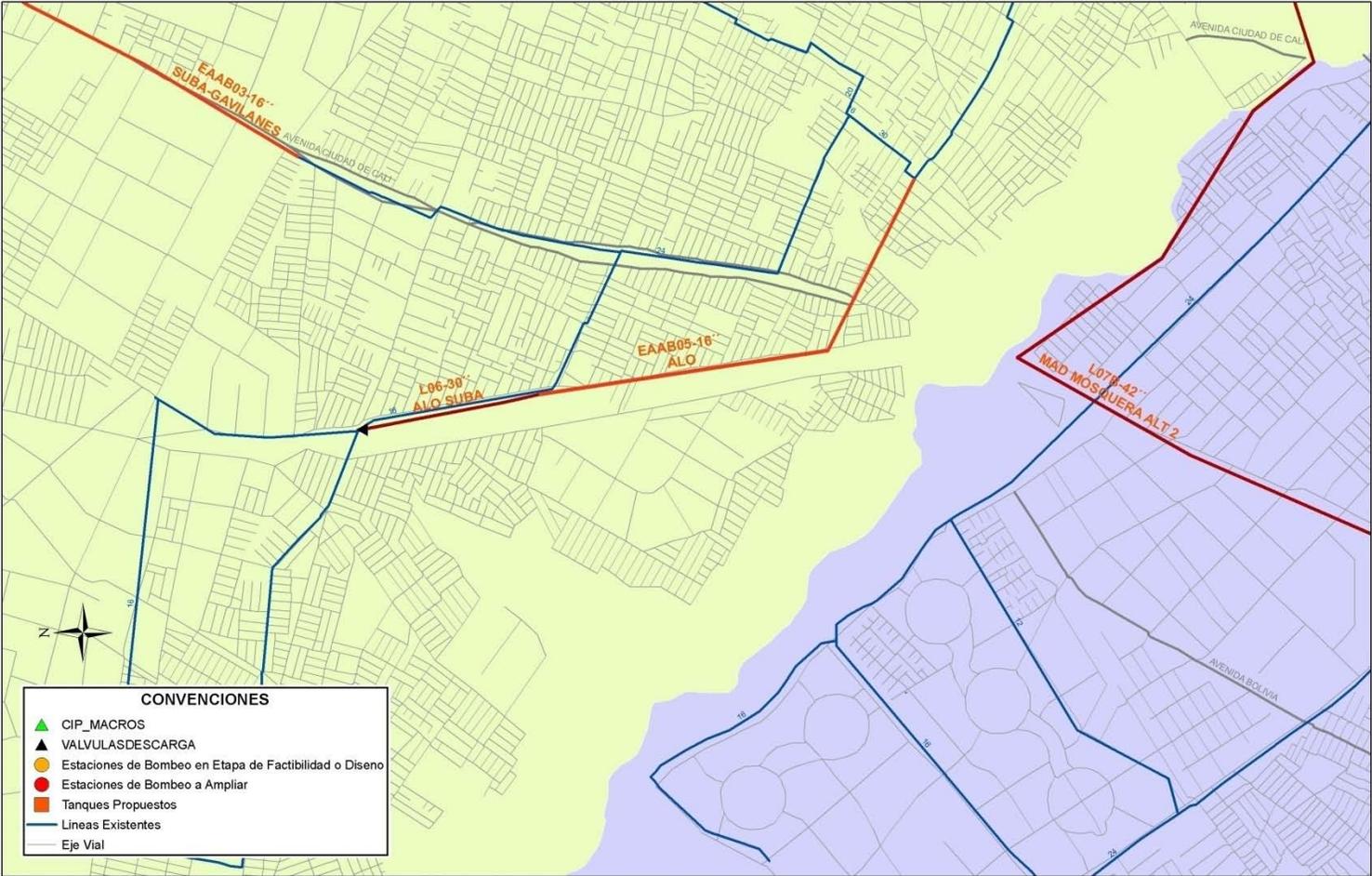


Figura 6-8 Línea Alsacia Oriental

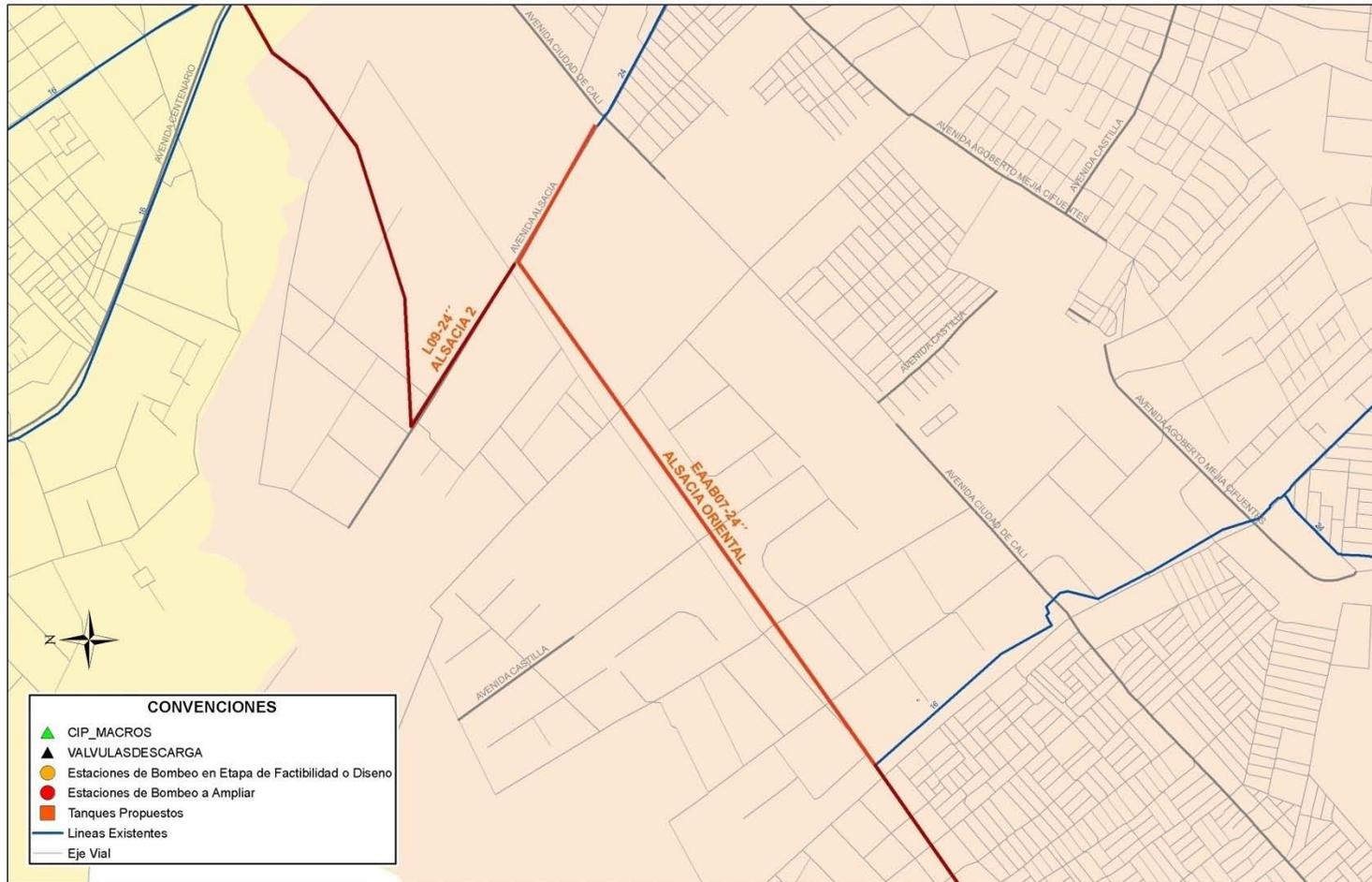


Figura 6-9 Línea Villavicencio 1

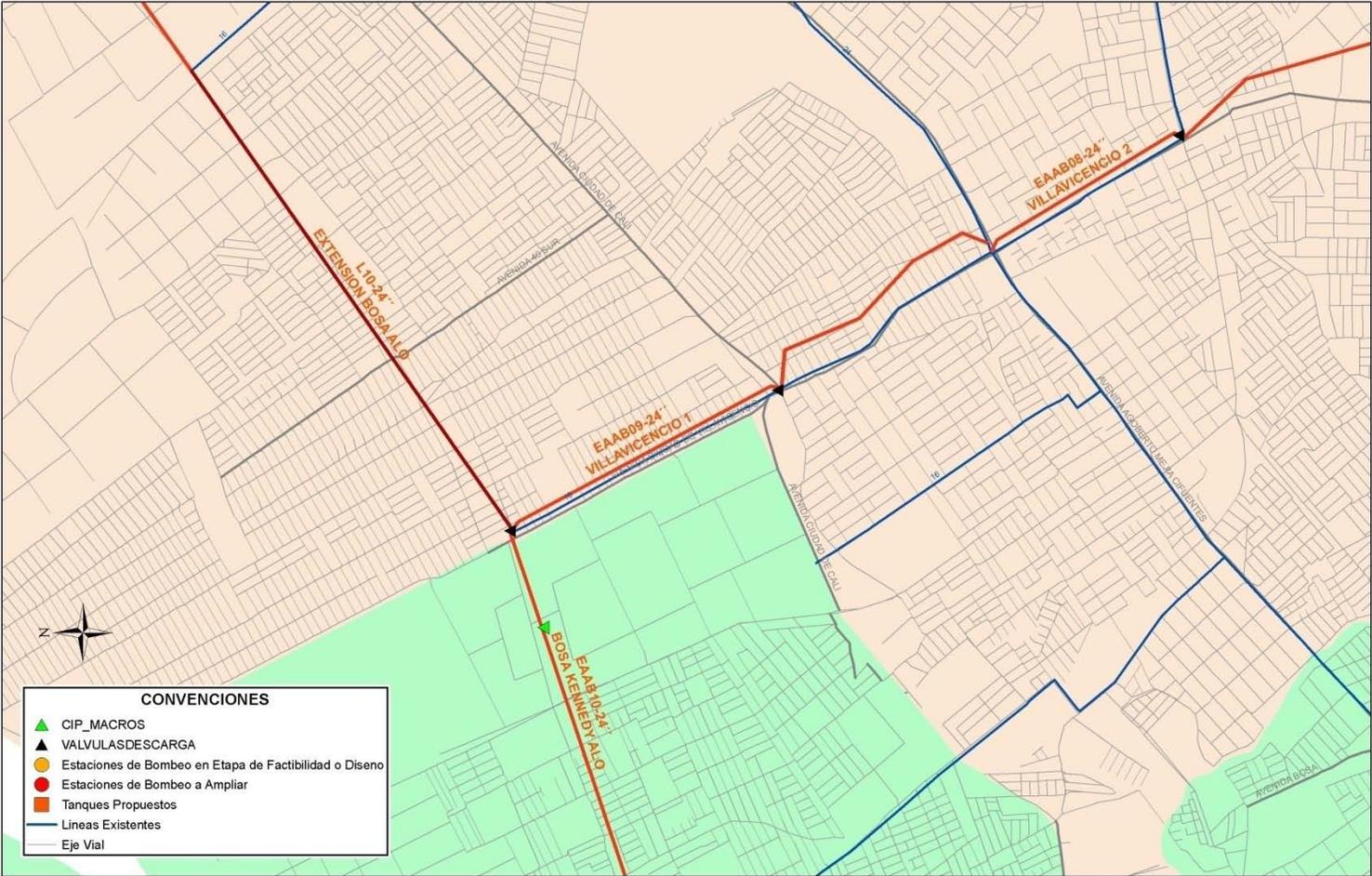


Figura 6-10 Línea Villavicencio 2

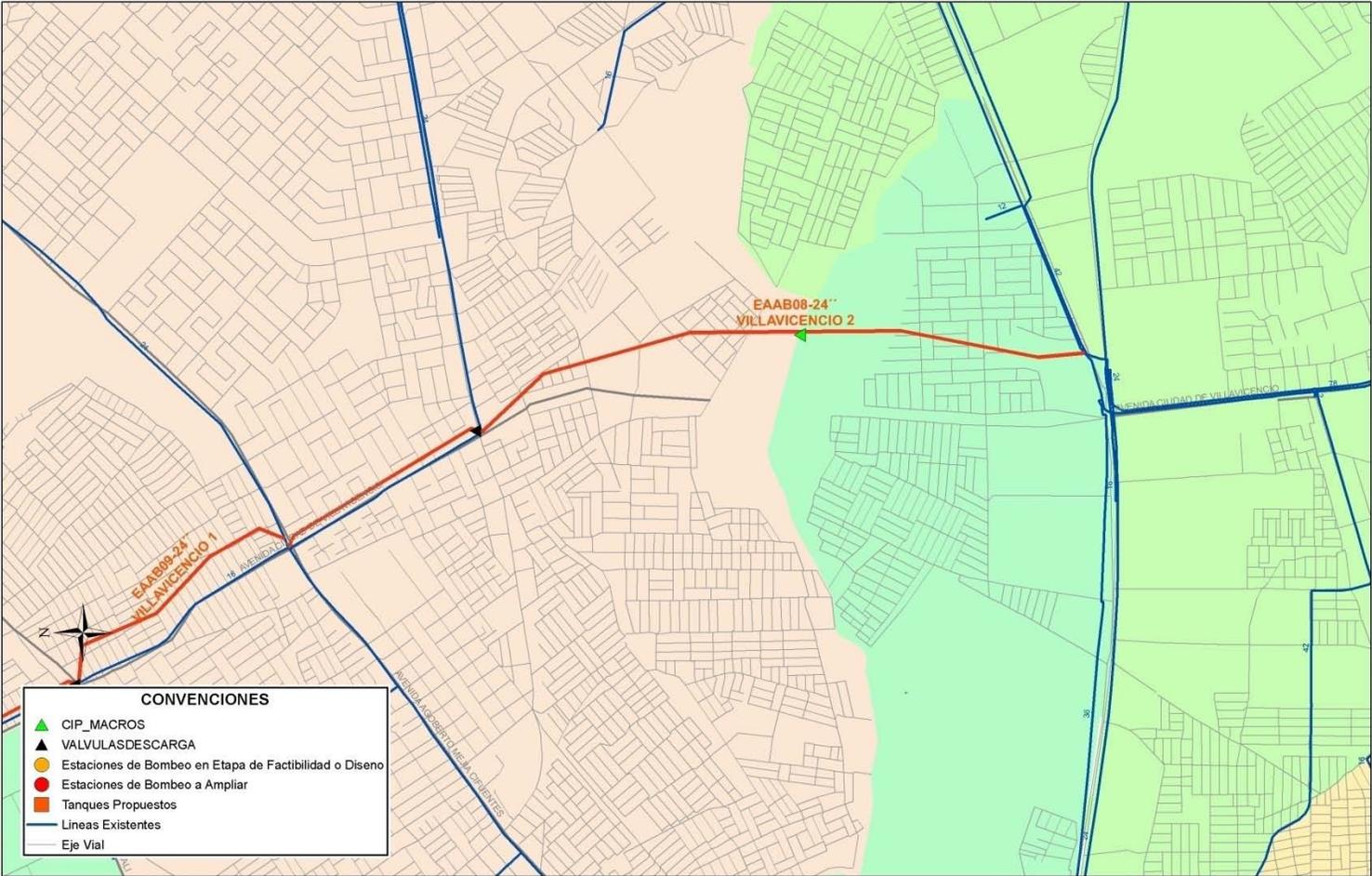


Figura 6-11 Línea Bosa-Kennedy prolongación Tintal

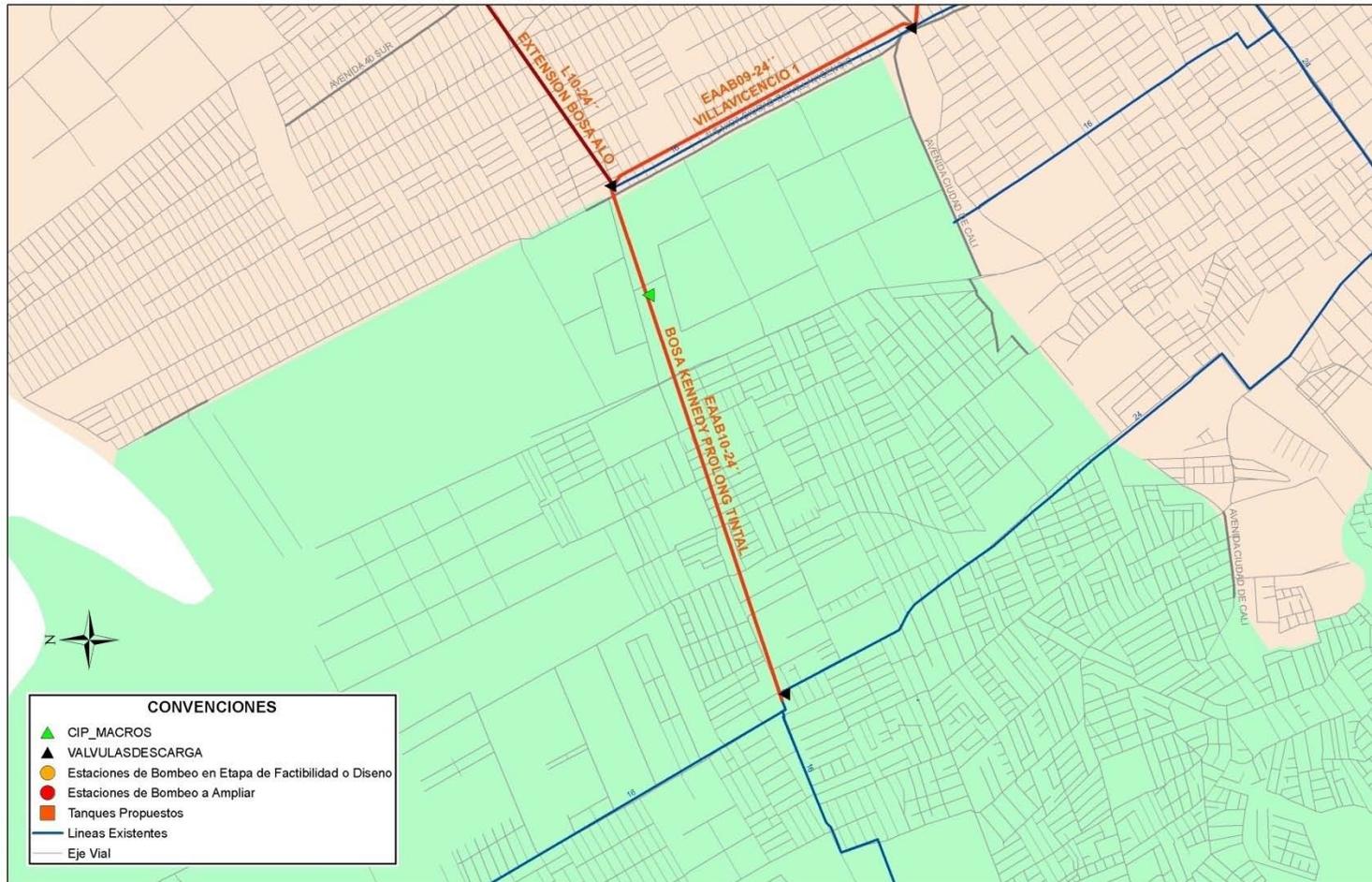
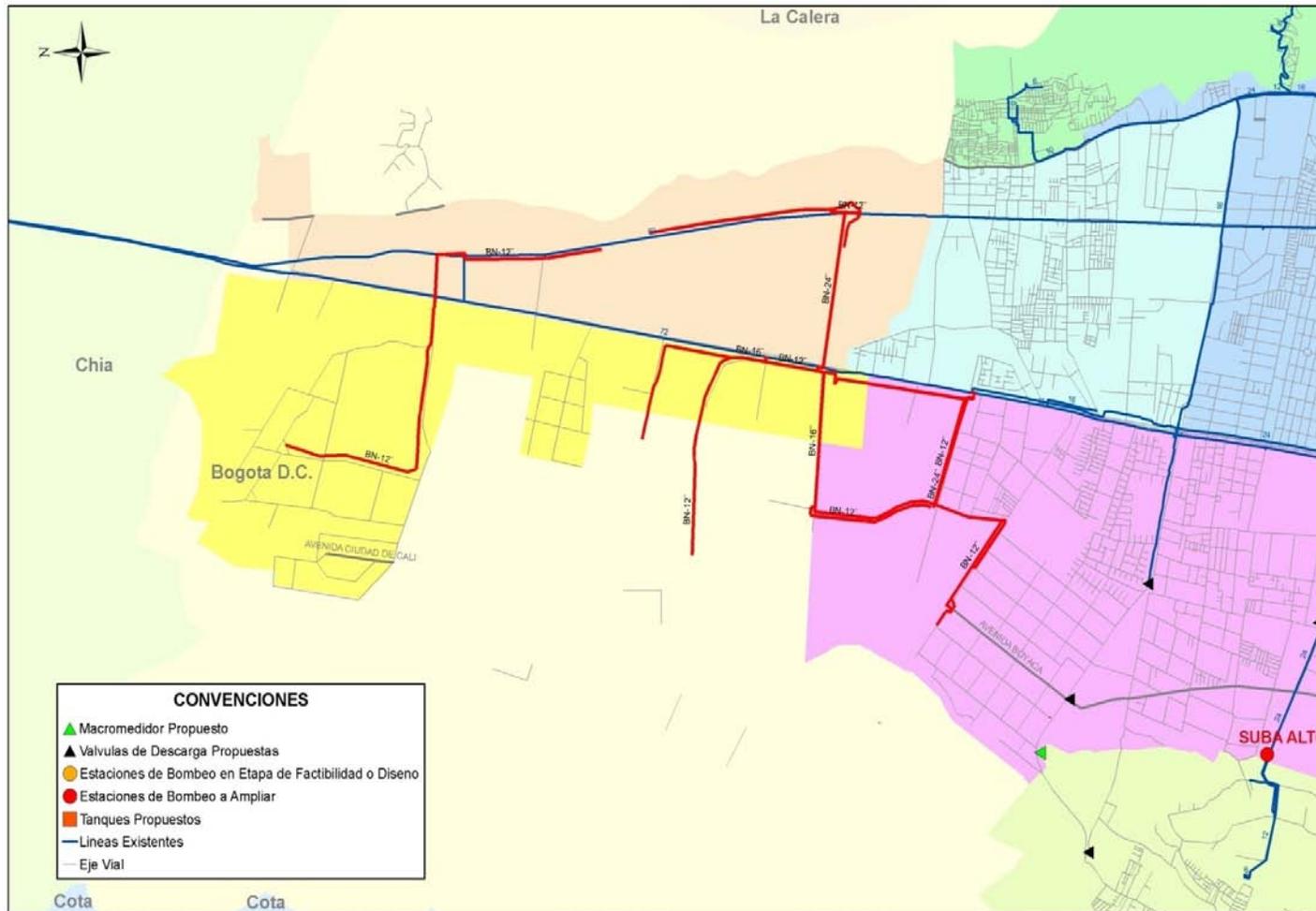


Figura 6-12 Línea Bosa Laureles y Línea Extensión Bosa Laureles



Figura 6-13 Sistema Borde Norte



Sección 7

SECCIÓN 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante la ejecución de este estudio, esta consultoría ha tenido la oportunidad de observar las condiciones hidráulicas generales de funcionamiento de la Red Matriz, las condiciones de operación en diferentes esquemas, y el invaluable esfuerzo que se realiza en la medición de información constante, la cual facilita no solo las decisiones de operación diaria sino crea un banco de información que contiene las respuestas de cada pregunta hidráulica sobre el sistema. Toda esta información organizada se traduce en la respuesta al reto que se plantea diariamente la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P, en la Red Matriz, y es la calidad del servicio. Esta sección resume las observaciones generales que se obtuvieron de los procesos de recolección de información, interacción con entidades de infraestructura primaria o secundaria, calibración del modelo hidráulico, proyección de demandas futuras, escenarios de evaluación, condiciones de operación y supuestos generales.

7.1. PROYECCIÓN DE DEMANDAS EN EL ÁREA DE SERVICIO DE LA RED MATRIZ

Las conclusiones del Plan Maestro del 2.011 sobre las demandas se resumen a continuación:

- La demanda esperada para el año 2.030 según el estudio de crecimiento de población y demanda es 19,2 m³/s. Teniendo en cuenta la información adicional reciente y las expectativas de saturación de los municipios, la demanda promedio total de saturación se estima en 20,9 m³/s; esta demanda total promedio se utiliza en este Plan Maestro para la evaluación del sistema de red matriz y la determinación de obras futuras, cumpliendo en el objetivo de horizonte de planeación equivalente a saturación. Desde el punto de vista de abastecimiento, se considera que para el año 2.030 la Red Matriz requerirá 19,2 m³/s y requerirá 1,7 m³/s adicionales cuando alcance condiciones saturadas en los municipios, si estos requieren un cubrimiento total del servicio por parte de la EAAB E.S.P.
- El Plan Maestro concluye que las proyecciones realizadas por el estudio de Proyección de la Población y de la Demanda de Agua en Bogotá y Municipios Vecinos, realizado por el consultor Rafael Cubillos en el 2.009, estima adecuadamente los valores observados en la macro medición de la Red Matriz en el 2.010, pero las proyecciones realizadas en los municipios no se ajustan a los valores observados ni al crecimiento esperado por los Planes de Ordenamiento Territorial de cada municipio. Para efectos de planeación maestra, el presente estudio adoptó los resultados obtenidos para la ciudad de Bogotá y ajustó los resultados de los municipios, con especial énfasis en aquellos en los cuales se cuenta con información de los proyectos de expansión, como es el caso particular de Soacha y Mosquera. En el área de Bogotá, se observó una discrepancia en las proyecciones del área del Borde Norte y Usme, las cuales se incluyeron en el escenario de saturación.

Se recomienda seguimiento continuo de la demanda y el llenado del suelo en las siguientes áreas de servicio:

- Usme.
- Borde Norte.
- Mosquera.
- Soacha.
- Tocancipá.

Se recomienda la comparación anual del caudal total promedio medido en el centro de control, con los caudales proyectados en el Plan Maestro para la determinación de la necesidad ajuste de los horizontes de planeación y las obras propuestas en el plan de inversión presentado en este informe.

7.2. ABASTECIMIENTO DEL ÁREA DE COBERTURA DE LA RED MATRIZ

La revisión de los estudios de abastecimiento recalcan la importancia del análisis del comportamiento de la Red Matriz en relación con las diferentes alternativas de abastecimiento, tanto presentes y futuras. La vulnerabilidad que presenta el sistema de abastecimiento existente, frente al riesgo de falla como al deterioro de la calidad de agua, hacen necesario recalcar la flexibilidad del sistema de Red Matriz, en cuanto a esquemas de operación que permiten diversos modos de abastecimiento, para responder a condiciones consideradas “especiales” o diferentes a las normales de operación. Las conclusiones sobre abastecimiento se resumen a continuación:

Para efectos de planeación maestra se considera que el esquema de abastecimiento futuro en Bogotá, continuara con un esquema de operación similar al existente durante condiciones normales, utilizando la transmisión entre Wiesner y Suba como la espina principal del sistema, y el sistema de almacenamiento conformado por el tanque de Suba Nuevo y el Tanque Casablanca, como el sistema principal de regulación diaria de caudales.

Se asume que la planta de Tibitoc continuará en operación hasta las condiciones de producción máximas establecidas por la capacidad de la planta.

Bajo las dos alternativas de demanda planteadas, el Plan Maestro de Abastecimiento proyectó que el caudal requerido por el sistema de Red Matriz, para alimentar a la Ciudad de Bogotá, el municipio de Soacha y los otros municipios servidos, en el 2.020, año final del análisis para el despacho óptimo, corresponde a 18,40 m³/s. Este valor tiene en cuenta la siguiente distribución: caudal máximo requerido por la planta de Tibitoc de 4,5 m³/s, planta Wiesner de 13,1 m³/s, plantas del sur de 0,8 m³/s; con lo cual se atendería la demanda total para ese año. Las proyecciones evaluadas como parte del Plan Maestro de la Red Matriz, desde el punto de vista de proyección de demandas y el desarrollo previsto en los municipios, estima la demanda requerida en el año 2.020 en 17,2 m³/s para el escenario bajo y en 18,6 m³/s para el escenario alto.

Según las demandas proyectadas en este Plan Maestro, para el año 2.030 se requiere que la Planta Tibitoc esté funcionando a capacidad total, con la opción operativa de prestar el servicio del tanque Bajo y del Alto.

Según las demandas proyectadas en este Plan Maestro, se requiere de un incremento en la capacidad operacional de la planta de Wiesner para el año 2.025.

7.3. SERVICIO EN SOACHA

En el municipio de Soacha, las conclusiones del plan maestro son:

Se requiere la observación continua del aumento en las demandas, los desarrollos de vivienda construidos y aprobados, para determinar si el crecimiento en la demanda se ajusta al proyectado y como se deben ajustar las obras propuestas en el plan de inversiones.

El crecimiento proyectado por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Soacha, es un punto de preocupación para la evaluación acertada del sistema futuro. El crecimiento presentado en estos estudios es alto y a corto plazo. Para efectos de planeación y evaluación de la Red Matriz, diseñar obras nuevas con estos crecimientos agresivos, mas aun cuando históricamente se han visto situaciones similares de estudios que proyectan un crecimiento alto desde el punto de vista de construcción de vivienda, y los cuales no se llevan a cabo, plantea un riesgo alto de sobredimensionamiento e inversión equivocada en el crecimiento de la red. Para efectos de planeación maestra, las demandas promedio futuras en el área de Soacha se limitarán a 1.300 l/s. Este límite corresponde a las proyecciones de crecimiento bajo del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y es consistente con las condiciones hidráulicas del Sistema de Red Matriz que alimenta Soacha desde Tibitoc o Wiesner.

Se recomienda la subdivisión del sector hidráulico debido al crecimiento esperado, al área de servicio y a los problemas existentes en la presión de servicio.

Se recomienda el monitoreo de la presión de servicio en las entregas finales de la red matriz en Soacha, para asegurar el servicio adecuado en este municipio.

7.4. SERVICIO A LOS MUNICIPIOS

Las conclusiones generales principales sobre el servicio a los municipios de este plan maestro se resumen a continuación:

La EAAB E.S.P. actualmente (2.011) no suministra agua para los municipios Bojacá, La Mesa y Anapoima; sin embargo, debido a la falta de fuentes cercanas para el abastecimiento de estos municipios, se está adelantando un proyecto de conexión de los sistemas de acueducto de estas poblaciones con la Red Matriz de la EAAB-E.S.P. El estudio “Consultoría para estudios y Asesorías Hidráulicas y Sanitarias – Acueducto Regional del Bajo Tequendama – Línea de Conducción de Agua Potable Madrid – La Mesa – Anapoima”, realizada por Fabio Castrellón en el 2.006, desarrolló proyecciones de población y demanda para los municipios de Madrid, Bojacá, La Mesa y Anapoima con miras hacia el abastecimiento desde Bogotá D.C. Para efectos de este Plan Maestro, la demanda de estos municipios se considera parte de la demanda futura total de la Red Matriz.

Bavaria ha solicitado que la EAAB E.S.P. le suministre alrededor de 200 l/s adicionales para la operación de sus plantas cerca de Tocancipá. Este caudal se podría entregar a través de una línea expresa desde la planta Tibitoc, en cambio de una conexión con la línea que alimenta el municipio; sin embargo, se considerará para los efectos de este Plan Maestro, que esta demanda se origina en Tocancipá y que se sumará al caudal proyectado por el estudio de Rafael Cubillos. Al igual que los caudales para los parques industriales, se asumió que el valor de 200 l/s corresponde al año 2.030 con un crecimiento lineal desde 2.010.

Se observa que algunos municipios que proyectan expansiones urbanas significativas, a los cuales la EAAB E.S.P. les vende agua en bloque, buscan reducir la dependencia de la EAAB E.S.P. La disminución se debe a aspectos tarifarios (tarifa de venta de agua en bloque) y por la calidad del agua (niveles de cloro y turbiedad). Además, algunos alcaldes, en sus programas de gobierno, se han comprometido con la construcción de sistemas propios de abastecimiento; sin embargo, dichos sistemas no garantizan una confiabilidad del servicio como la que puede brindar la EAAB E.S.P. dada su capacidad instalada y proyectada. A pesar de estas condiciones de desacuerdo actual, la División Red Matriz para efectos de planeación asume que en el futuro deberá prestar el servicio total a los municipios parcialmente servidos actualmente, incluyendo los municipios de nuevo servicio (Bojacá, la Mesa y Anapoima).

7.5. CALIDAD DEL AGUA Y OPERACIÓN

Durante la evaluación de la información disponible de calidad de agua de la red matriz, se observó que no existe un programa de medición constante de la calidad del agua en la red matriz. Con el esquema actual de servicio muchos de los problemas en cuanto a calidad del agua suministrada son observados por los usuarios o en los centros de distribución, sin un registro constante que permita localizar los problemas puntuales, o que permita ubicar las zonas más propensas a problemas de calidad. Con base en estas observaciones, las conclusiones del plan maestro se resumen a continuación:

Se recomienda la implementación de un programa de medición de calidad de agua, en donde se mida el nivel de cloro y la turbidez, en forma continua en los tanques del sistema y en las colas de Red Matriz. La Figura 7- 1 presenta la localización de las pilas propuestas. Con esta medición, se recomienda el desarrollo y calibración de los módulos de calidad de agua en el modelo hidráulico de la Red matriz.

Para mantener alta la calidad del agua en el sistema, se recomienda un programa de mantenimiento que permita dejar correr el agua del sistema, estos programas alrededor de los tanques permiten mantener el sistema de agua limpia y libre de sedimentos y eliminar el agua estancada.

Se recomienda la evaluación del estado actual del tratamiento de las fuentes de agua y sus objetivos de calidad del agua tratada. Esta evaluación incluye el estudio de las condiciones del agua de la fuente, comparada con las condiciones de diseño originales. El aumento en la

7.6. INFRAESTRUCTURA

El constante cambio y evolución de la Red Matriz de Acueducto, dificulta mantener un inventario exacto de la infraestructura y su capacidad hidráulica. Durante este Plan Maestro se realizaron esfuerzos que contribuyeron a la actualización y centralización de la información de la infraestructura, con el fin de formar la base del modelo hidráulico y futuros proyectos relacionados. Esta consultoría también desarrolló un perfil hidráulico que representa las conexiones entre los diferentes elementos de la Red Matriz. Con base en las observaciones del plan maestro, las conclusiones son las siguientes:

Se recomienda la creación de un inventario maestro centralizado y actualizado constantemente en forma tabular y gráfica, que contenga la información hidráulica pertinente de cada elemento de la Red Matriz, que incluya la información resumida en la descripción de la red hecha en el Informe de Producto 1.

Se recomienda la actualización constante del perfil hidráulico, para ser usado como referencia de operación y herramienta de información.

Se recomienda la investigación sobre las curvas de las bombas que conforman las diferentes estaciones de bombeo de la Red Matriz. Sobre las capacidades de las estaciones de bombeo se encontró información de diferentes fuentes, pero no se encontró información sobre el motor instalado que permitiera la definición de la curva de operación específica en cada elemento.

Una vez la información de la capacidad instalada del motor de cada bomba en cada estación de bombeo sea establecida, se recomienda la evaluación de la curva de trabajo del sistema, lo cual determinará si la línea de impulsión es adecuada para la estación de bombeo.

7.6.1. Parque Nacional

Para la evaluación de la zona de Santa Ana, se asume que el tanque Parque Nacional, el cual tiene un volumen de almacenamiento de 50.000 m³, sirve como almacenamiento activo. En la actualidad (2.011) este tanque no está en servicio. El tanque Parque Nacional tiene una cota de carga más alta que la del tanque Santa Lucia, es decir, no pueden trabajar en la misma zona de presión, pues el tanque más alto (Parque Nacional) permanecería vacío y el tanque más bajo (Santa Lucia) permanecería lleno. Este plan maestro recomienda una evaluación local y específica de la situación de este tanque, para lograr la reintegración del tanque Parque Nacional al sistema de Red Matriz y el aprovechamiento del almacenamiento para regulación del sistema futuro.

7.7. MODELO HIDRÁULICO

La Dirección Red Matriz Acueducto se ha caracterizado por darle siempre especial énfasis al desarrollo de un modelo de simulación hidráulica del Sistema de Red Matriz de acueducto, cuyos modelos matemáticos puedan representar la operación del sistema y sirvan como herramienta estratégica para la operación y la planeación del plan de inversiones correspondiente.

El alto grado de confiabilidad de la información recolectada, los insumos al modelo hidráulico, y los datos históricos en el sistema hicieron posible una calibración distribuida, lo que produce un modelo hidráulico confiable que se utilizará, no solo para evaluaciones del Plan Maestro, sino para evaluaciones localizadas cuando las condiciones de desarrollo cambien en el mediano plazo.

El modelo actualizado tiene 3.900 segmentos que representan aproximadamente 750 kilómetros de redes matrices existentes y propuestas. Las conclusiones del plan maestro en cuanto al modelo hidráulico son las siguientes:

- La distribución de las demandas existentes en el modelo hidráulico se realizó utilizando la información de micro medición correspondiente a enero y febrero del 2.011. No se utilizó más información debido al tamaño de las bases de datos generadas en cada periodo de medición (dos meses). Se recomienda la utilización de la información de micro medición procesada con datos anuales para verificar la distribución utilizada en el modelo actualizado.
- Para la distribución de las demandas fue necesario determinar el área aferente de todos los tanques en el sistema, especialmente aquellos localizados en sectores hidráulicos con más de un tanque en servicio. La determinación de la zona aferente se realizó utilizando la topografía disponible y la configuración de las redes menores. Se recomienda la evaluación en campo y determinación definitiva del área aferente de cada tanque de la red matriz. Esta recomendación es especialmente importante para los tanques de Casablanca y Suba Nuevo.

Como parte de la actualización de infraestructura, se generó un identificador nuevo para cada tubería del modelo. La nomenclatura asignada a cada tubería está basada en la identificación que tiene asignada la EAAB E.S.P. a cada activo del sistema acueducto en el sistema SAP R3. Esta identificación se conoce como “Ubicación técnica del elemento” y fue concebida inicialmente como un identificador que permite asignarle a un elemento una serie de atributos mediante el sistema de producción SAP R3, como son los costos de reparación y mantenimiento, el número de daños, el tipo de daño, el número de reparaciones, las actividades de mantenimiento, entre otras actividades.

En general, el modelo predice la fluctuación de los niveles de los tanques para los diez días evaluados como periodo de calibración dinámica de una manera acertada, comprobando que

las demandas y controles modelados representan la realidad del sistema. El modelo representa también las condiciones estáticas con menos del 10% de error.

Se recomienda que la dirección de red matriz considere la unificación de los sistemas SCADA, SIG y el modelo hidráulico, mediante conexión directa a tiempo real o mediante el desarrollo de herramientas de computación que permitan la extracción y proceso de información para convertirla a formatos y intervalos que puedan ser utilizado por el modelo de WaterGems o por la herramienta para actualizar las demandas y las curvas de consumo. Los avances en la tecnología de modelación hidráulica permiten la utilización de la información de SCADA como punto inicial de evaluaciones dinámicas permitiendo la modelación de la situación real conformando una herramienta adicional para el soporte en la toma de decisiones de operación y planeación del sistema. Con referencia a la conexión dinámica entre el modelo y el sistema de SIG, el primer paso es lograr la utilización del mismo identificador único para cada elemento de la red modelada en el sistema de SIG, y la utilización de un software que utilice ArcGis como plataforma.

7.8. SECTORES HIDRÁULICOS

Como conclusión de esta evaluación, se recomienda dividir los sectores hidráulicos existentes que están midiendo áreas mayores a 2.000 hectáreas. Los sectores recomendados para subdivisión están generalmente en las colas de servicio, en donde el desarrollo es principalmente residencial y en los cuales se espera un crecimiento medio o alto. Por consideraciones de área se recomienda la subdivisión de los sectores:

- S0105.
- S0204.
- S0217.
- S0311
- S0303
- S0426.
- S0501.
- S0502.
- S0530.

El segundo grupo recomendado para división, son aquellos sectores en los cuales hay más de un tanque operando en diferentes áreas aferentes. Se recomienda que la zona aferente de cada tanque sea un sector hidráulico separado, en donde se mida la entrada al nuevo sector en la línea de distribución del tanque. Los sectores recomendados para división son:

- S0105.
- S0131
- S0214.
- S0216.
- S0219.
- S0233.
- S0316.
- S0319.
- S0423.
- S0424.
- S0426.
- S0429.

- S0436.

El reporte de Producto 2, Tomo 2 incluye recomendaciones en la subdivisión de los sectores mencionados, sin embargo, se recomienda consultar con las gerencias de zona para definir los nuevos límites para determinar los óptimos en base a la experiencia hidráulica de las gerencias.

7.9. MEDICIONES DE PRESIÓN ADICIONALES

El centro de control y los programas de macro medición de la Red Matriz y de los sistemas secundarios en cada zona, cuentan actualmente con una cobertura significativa que permite obtener una visión de la red, en condiciones semi-instantáneas en términos de las condiciones hidráulicas generales. No obstante, para refinar los ejercicios de calibración futura y para completar la visión del servicio, se recomienda la localización de medidores de presión en puntos adicionales como sigue:

Se recomienda la medición de presión continua antes y después de cada estación de bombeo.

Se recomienda la medición de presión continua en al menos dos puntos en cada sector hidráulico.

Se recomienda la medición de presión continua en los puntos más alejados de las entregas, en especial en aquellos sectores hidráulicos en donde se sospecha o se tiene conocimiento de bajas presiones en el servicio de Red Matriz.

Se recomienda la medición de presión continua en las entregas a los municipios, sea el servicio en bloque o directo.

7.10. MEDICIONES DE CAUDAL ADICIONALES

La recomendación principal del Plan Maestro en cuanto a medición de caudales, es la de medir el caudal en la entrada y la salida a distribución de cada tanque y en la línea de entrada a cada estación de bombeo. Estas medidas permitirán una estimación acertada del balance de masa y curva de consumo en cada sector hidráulico.

A estos sectores también se recomienda la adición de macro medidores en los puntos en los cuales los sectores pueden ser conectados en caso de cambio en el esquema de operación, siendo los puntos de más evidencia durante la calibración del modelo hidráulico los siguientes:

- La línea de 36" que es una conexión entre los sectores S0216 y S0218, la cual permanece cerrada durante esquema normal de operación pero se abre cuando el tanque de Santa Ana sale de operación.

- La línea de 24" que llega a la fiscalía comunicando los sectores S0415 y S0426 y en la línea de 24" sobre la carrera 1C E, esta línea que comunica los mismos sectores, hacia el Tanque Monte Blanco.
- Alimentación del sector S0319 que viene del tanque Egipto, en la Carrera 2da con calle 12, sobre la línea de 16".
- En las entradas y las distribuciones de los tanques Santa Lucía y el Chico.

7.11. PERDIDAS EN LA RED

Durante las evaluaciones de la distribución de demanda, se compararon las demandas medidas en los macromedidores en cada sector hidráulico, con los registros históricos en las plantas de tratamiento, observándose pérdidas de menos del 3%. Para efectos de planeación maestra, se proyectaron las demandas actuales medidas, utilizando los patrones de crecimiento dictados por el estudio de Cubillos 2.009, bajo los escenarios que mantenían las pérdidas de las redes menores en 36%. El porcentaje de pérdidas se corroboró comparando la información de macromedición con la de micromedición, en una evaluación general por sectores hidráulicos. Las evaluaciones de planeación maestra no se efectuaron bajo alternativas de reducción de pérdidas, puesto que se considera que las pérdidas mencionadas son causadas en su mayoría por problemas de facturación, submedición, y error en los micromedidores. Las demandas desarrolladas en este estudio corresponden a mediciones de caudal realizadas en la Red Matriz, no fueron desarrolladas con base a consumo facturado.

7.12. PRESIÓN DISPONIBLE EN LAS PCH

Los resultados del modelo hidráulico indican que para saturación se contara con un rango de 80 - 70 metros de cabeza hidráulica aguas arriba de la estación de control del tanque Suba Nuevo. Para condiciones de crecimiento esperado en el 2030, la cabeza disponible estará entre 80 y 85 m. En Usaquén, la cabeza disponible aguas arriba de la PCH existente para condiciones de saturación total del sistema son 80 y 125m.