

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE BUCARAMANGA A PARTIR DEL ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA INDICATIVA DE BUCARAMANGA-COLOMBIA

Ing. Wilson Almeyda Remolina

Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

RESUMEN

El área metropolitana de Bucaramanga, tiene una población aproximada de 900 mil habitantes y está ubicada a 300 Km al NE de Bogotá en la cordillera oriental del macizo andino colombiano dentro de un ambiente sismotectónico de reconocida actividad histórica como las fallas regionales y el llamado nido sísmico de Bucaramanga, constituyendo las fuentes sismogénicas de mayor efecto potencial, está construida sobre un gran abanico aluvial, originado principalmente por el arrastre y depositación de materiales de los ríos Suratá y Frío, se enmarca dentro de tres bloques tectónicos definidos por dos principales sistemas de fallamiento: Suárez y B/manga.-Sta. Marta, bloque occidental, conformado por rocas sedimentarias del jurásico, allí se ubica el aeropuerto de la ciudad, bloque central relacionado con el abanico aluvial reciente de edad cuaternaria, con espesor de 300 mts. donde se asienta gran parte de la ciudad y el bloque oriental constituido por rocas ígneo-metamórficas del precámbrico y paleozoico, conformando el macizo regional de Santander.

En el año 2002, fue presentado el estudio de microzonificación sismogeotécnica indicativa de Bucaramanga, cuyo alcance definió los parámetros iniciales para el diseño y evaluación sismorresistente, de acuerdo con la respuesta local del subsuelo, los resultados determinaron para el área de estudio tres zonas de respuesta dinámica: zona de roca, suelo rígido y zona de llenos, ello nos ha permitido identificar en forma específica el grado de amenaza sísmica, su potencial y su recurrencia para cada uno de los componentes del sistema de acueducto de la ciudad.

El acueducto local tiene una antigüedad de 85 años, se surte de tres fuentes principales, las cuales abastecen el agua a la ciudad por gravedad el 70 por ciento y el restante es suministrado por un bombeo de 380 metros de cabeza dinámica, las estructuras del sistema tales como tanques, edificaciones, canales, puentes y tuberías matrices se construyeron casi en su totalidad antes que se expidieran en Colombia los códigos sismo-resistentes de los años 1984 y 1998, circunstancia que nos anticipa un alto grado de vulnerabilidad, especialmente en las estructuras de mayor antigüedad como algunas plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y conducciones principales de agua.

La zonificación sísmica permitió ubicar tres de las plantas de tratamiento en el bloque rocoso oriental, y la otra en el bloque central del abanico aluvial, todas adyacentes al corredor de la falla activa B/manga-Sta. Marta y los tanques de almacenamiento principales se localizaron en su mayoría en el bloque central de depósito aluvial, quedando algunos muy cerca del corredor de falla y finalmente las conducciones provenientes de tres plantas de potabilización cruzan las zonas de falla. Con el fin de evaluar el riesgo sísmico, partiendo de los parámetros establecidos en la zonificación, se realizó un análisis preliminar de vulnerabilidad del sistema, identificando los elementos críticos, componentes de los sistemas de captación, tratamiento y distribución. El estudio dio como resultado la generación de una matriz de desastres que contiene el grado de riesgo en términos probabilísticos cada uno de los elementos de nuestro sistema, a partir de la solución de la ecuación de amenaza por vulnerabilidad, lo que nos permitirá orientar planes y programas tendientes a mitigar los efectos de un desastre tales como, la afectación de la calidad del agua, disminución de la cantidad de agua, daño en estructuras, fallas en equipos de telecontrol y comunicaciones por un evento crítico.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la naturaleza de la amenaza sísmica frente a los sistemas de acueducto y sus grandes implicaciones en los aspectos físicos, operativos y financieros de la empresa y al alto impacto sobre la población, se ha pretendido actualizar el análisis de vulnerabilidad del acueducto de Bucaramanga, utilizando los resultados del estudio de microzonificación sismogeotécnica indicativa de la Ciudad, elaborado por la entidad estatal INGEOMINAS, a partir del análisis preliminar de cada componente de los sistemas de captación, tratamiento y distribución.

El análisis comprendió la integración de la información cartográfica de la microzonificación con la del sistema de acueducto de Bucaramanga y la determinación del grado de amenaza de cada uno de los componentes, en términos respuesta sísmica local, con parámetros de aceleración y período, posteriormente se realizó la investigación de campo y revisión de planos para determinar los aspectos tales como: configuración espacial, distribución de masas, grado de deterioro, tipo y estado del refuerzo, normas de diseño, y fundaciones en el caso de las estructuras y tipo de material, grado de deterioro y entorno geotécnico para las tuberías. Con estos parámetros se analizaron las estructuras estimando su capacidad de disipación, ductilidad y derivas para conocer el grado de daño y se determinaron la cantidad de fallas esperadas para el caso de las redes y conducciones, el objetivo final es la obtención de la matriz de vulnerabilidad y riesgos del sistema de acueducto en términos de probabilidad de ocurrencia del sismo de diseño, que permitirá tomar las medidas de intervención inmediatas y detectar los riesgos más representativos, para recomendar estudios específicos de vulnerabilidad y mitigación de los componentes críticos.

Las medidas para intervenir la vulnerabilidad pueden ser estructurales, aumentando la capacidad y resistencia de los elementos frente al sismo y/o de ordenamiento de los recursos para atender el desastre, tales como planes de contingencias para rehabilitación inmediata y atención de emergencias, constitución de reservas y seguros, y otros.

1. MARCO GENERAL

1.1 Generalidades

El área metropolitana de Bucaramanga, esta ubicada a 300 km. al N-NE de la ciudad de Bogotá, sobre una terraza inclinada del flanco oeste de la Cordillera Oriental Andina Colombiana, con una altura promedio de 960 msm, su clima templado, con temperatura media 23°C y una precipitación anual de 1041 mm/año, la comprenden los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, que reúnen una población de cerca de 900 mil de habitantes, la topografía de Bucaramanga es en promedio un 15% plana, 30% ondulada y el restante 55% es quebrada. Tres grandes cerros se destacan a lo largo del territorio: Morrorico, Alto de San José y El Cacique, los ríos principales son: El Río de Oro y el Suratá y las quebradas: La flora, Tona, La Iglesia, Quebrada Seca, Cacique, El Homo, San Isidro, Las Navas, La Rosita. Bucaramanga es una ciudad netamente comercial; aunque existen otros renglones representativos tales como la industria del calzado, la confección, la prestación de servicios de salud, finanzas y educación.

Cabe decir que la ciudad se perfila para el siglo XXI como la Tecnópolis de Los Andes; prueba de ello es el creciente número de centros de investigación tecnológica en diversos tópicos, como la energía, el gas, el petróleo, la corrosión, los asfaltos, el cuero y las herramientas de desarrollo agroindustrial, igualmente aquí se concentran cerca de diez universidades y numerosos centros tecnológicos que constituyen el principal polo de estudios superiores del oriente Colombiano.

Un sector significativo de la economía bumanguesa es el agropecuario, cuyas principales actividades son la agricultura, la ganadería y la avicultura, que se llevan a cabo en zonas aledañas de los

departamentos de Santander y Cesar, pero su administración y comercialización se desarrollan aquí en la ciudad. Sus suelos, desde el punto de vista agrológico, se pueden dividir en dos grupos: los primeros, al no tener peligro de erosión, son propicios para el cultivo de gran variedad de productos y el uso para la ganadería. La otra clase de suelos tiene una alta potencialidad erosiva; por esta razón, presenta baja fertilidad y una capa de fertilidad superficial, en algunas situaciones casi nula.

1.2 Desarrollo Urbanístico

El sector de la meseta donde se ubica el área de Bucaramanga, esta divide en una zona central donde se ubica la parte antigua de la Ciudad, con predominio de comercio y pequeña industria, el sector occidental en los bordes de la meseta, zona residencial-comercial de desarrollo limitado por la erosión de la meseta, el sector norte escarpado con zonas inestabilidad, residencial originado por asentamientos subnormales, la zona oriental y sur-oriental donde se ubican los recientes desarrollos urbanísticos, con edificaciones altas, principalmente residenciales y la zona sur predominantemente residencial, la ciudad se caracteriza por tener abundancia de parques y zonas verdes de esparcimiento, razón por la cual es denominada la "Ciudad de los Parques". Hacia el sur adyacente se encuentra el Municipio de Floridablanca, con extensos sectores residenciales de rehabilitación y con algunos asentamientos subnormales hacia el oriente, mas hacia el sur esta la parte antigua residencial-comercial de la ciudad y la zona occidental de reciente desarrollo urbanístico de uso residencial y comercial. Finalmente el Municipio de Girón ubicado al costado occidental de los dos primeros para completar el triangulo, sobre una cota 300 metros mas baja, se desarrolla a lo largo del Valle del Río de Oro, desde la zona norte de Bucaramanga , conformando la zona industrial metropolitana y mas hacia el sur se concentra la zona residencial desarrollada alrededor de un monumento histórico colonial de importancia nacional, con amplia predominio comercial y turístico, en general sus edificaciones son de baja altura.

1.3 Servicios Públicos

El área metropolitana de Bucaramanga, cuenta con cobertura de agua potable del 100 %, de alcantarillado del 98%, de aseo del 100 %, de gas natural del 95%, cuyo servicio es prestado por entidades diferentes e independientes, de recursos del estado las tres primeras y privada la última. La Calidad de las fuentes de agua, todas captadas a filo de agua, unidos al optimo tratamiento de potabilización, ha permitido que las entidades de control, la cataloguen hoy día como la mejor agua potable y con mejores estandares de calidad de Colombia.

2. GEOTECTÓNICA

2.1 Geología

Las Unidades Litoestratigráficas más antiguas, de origen metamorfo-ígneo, tipo neis, esquisto, migmatita y pequeños intrusivos de granodiorita, han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrico. Esta unidad, junto con Stocks de composición ácida de edad Jurásico y Triásico (JRcg, TRt) afloran en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta conformando un gran volumen rocoso conocido con el nombre de Macizo de Santander.

Afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico inferior, que conforman la formación Silgará (PDs), aparecen en pequeñas franjas al oriente y suroriente del casco urbano de Piedecuesta, y nororiente de Bucaramanga, asociadas al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Al extremo norte del Area Metropolitana de Bucaramanga afloran también rocas sedimentarias de la formación Floresta (PDf), abarcando una delgada franja de dirección norte sur.



Rodeando el perímetro del Area Metropolitana de Bucaramanga, se presentan extensiones notables de rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, conformando la formación Jordán (Jj) ubicada al noroccidente de Bucaramanga, norte de Floridablanca y alrededores de Piedecuesta. La formación Girón (Jg) se ubica principalmente al occidente del Area Metropolitana de Bucaramanga, noroccidente de Piedecuesta y Norte de Floridablanca constituyendo en su mayor parte, el basamento que subyace los depósitos aluviales sobre los cuales está construida la ciudad de Bucaramanga.

Otras rocas sedimentarias de edad Triásico hacen parte de la formación Bocas (TRb) que se presenta al norte de Bucaramanga.

Rocas sedimentarias Cretácicas de la formación Tambor (Kita) se encuentran al sur y suroccidente del Area Metropolitana de Bucaramanga.

Al norte de Bucaramanga han sido reconocidas dos unidades litológicas, de extensión relativamente pequeña, denominadas formación Diamante (PCd) y formación Tiburón (TRPt). Se trata de rocas calcáreas, de edad Carbonífero y Pérmico respectivamente, utilizadas como materia prima por la industria cementera.

Suprayaciendo las rocas anteriores se presentan depósitos detríticos de edad Cuaternaria. Estos son los materiales geológicos más importantes en el estudio de Microzonificación Sísmica, ya que cubren más del 60% del área y sobre estos se encuentra construida gran parte de la ciudad de Bucaramanga y las poblaciones de Girón, Floridablanca y Piedecuesta. Los depósitos Cuaternarios están formados por bloques, cantos, gravas, arenas, limos y arcillas, mezclados en proporciones variables, provenientes en su mayor parte de la acción denudatoria sobre las rocas del Macizo de Santander. Entre estos materiales se destaca el gran depósito de la formación Bucaramanga conformada de base a techo por el miembro Organos (Qbo), miembro Finos (Qbf), miembro Gravoso (Qbg) y miembro Limos Rojos (Qbr). Morfológicamente se observan conos de deyección producidos por flujos de escombros y detritos (Qfe) provenientes del Macizo de Santander, que bajaron a lo largo de los valles de algunos ríos y quebradas, sobre los cuales se encuentran las localidades de Floridablanca y Piedecuesta.

Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2), distribuidos de acuerdo a su posición en los valles de los principales ríos, donde se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos coluviales de ladera (Ql), la mayoría de pequeña extensión, provenientes en gran parte de fenómenos de remoción en masa o por efectos de la gravedad los cuales se acumulan en las laderas o pié de éstas. Dentro de los fenómenos de remoción en masa se separó la unidad de Deslizamientos (Qd) ubicada en el escarpe norte de Bucaramanga, y de acuerdo a su actividad se dividió en Deslizamientos Activos (Qda) y Deslizamientos Inactivos (Qdi) y por último se separaron las zonas de Llenos Mecánicos (Qlm) y Sanitarios (Qls), correspondiendo a este último el relleno de basuras del Carrasco.

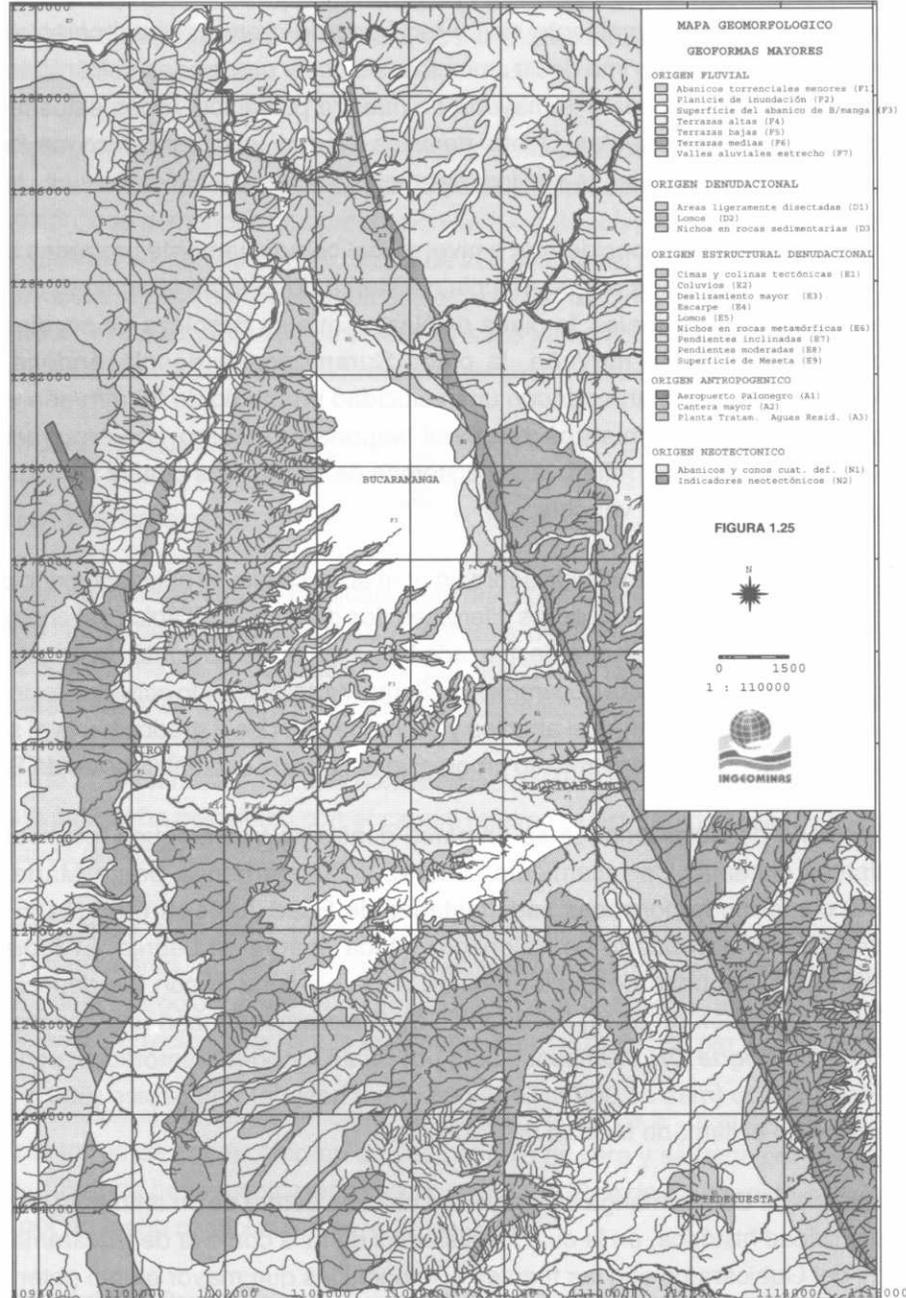
2.2 Geomorfología

La génesis de las formas del terreno en el área de estudio es esencialmente el resultado de los procesos tectónicos relacionados al fallamiento en cuña de los sistemas de fallas del Suárez y Bucaramanga-Santa Marta. Como se mencionó, la geoforma más relevante en el área de estudio es el gran abanico aluvial mayor que cubre diferentes niveles de terrazas formadas por los ríos Frío y de Oro, donde la ciudad fue construida.

Un abanico aluvial es el punto final de un sistema erosivo deposicional en el cual los sedimentos erodados de una montaña original son transportados al frente de ésta. Este es un depósito similar a

un cono o a un cuerpo en forma de abanico, formado por depósitos de flujos de escombros y materiales de aluvión. La corriente es la conexión entre las partes erosionales y deposicionales del sistema, y por consiguiente el río Suratá tiene una gran influencia significativa sobre la morfología del abanico aluvial de Bucaramanga.

Plano 2.1 Plano Geomorfológico del área metropolitana y sectores adyacentes.



La morfología del abanico aluvial de Bucaramanga está indicando una importante actividad tectónica durante el Pleistoceno debido a que su forma refleja tazas de variación de procesos tectónicos tales como levantamiento de la montaña original o inclinación de la superficie del abanico a lo largo de un amplio rango limitando la falla. Cuando la tasa de levantamiento del frente de la montaña es relativamente alta comparada con la tasa de disección de la corriente dentro de ésta y la deposición del abanico, entonces la depositación tiende a ocurrir en la cabeza del abanico y el segmento de abanico más joven está próximo al ápice.

Los perfiles radiales para la mayoría de abanicos están compuestos de varios segmentos, los cuales son ligeramente cóncavos. Los quiebres en pendiente marcan el límite entre segmentos y los segmentos más jóvenes pueden ser identificados a partir de los antiguos, basándose en el relativo desarrollo de perfiles de suelo, meteorización de clastos aluviales y disección de la superficie por pequeñas corrientes.

2.3 Tectónica

Colombia está localizada en un ambiente sismo tectónico de gran actividad caracterizado por la ocurrencia de eventos naturales como deslizamientos, sismos y erupciones volcánicas. Debido a la vulnerabilidad a la cual está expuesta la mayoría de nuestra población, todos estos fenómenos se constituyen en amenazas permanentes. Dentro de estos eventos, el que produce mayores pérdidas de vidas humanas y daños a los bienes son los terremotos.

La zona Andina Colombiana es considerada a nivel global como altamente propensa a la actividad sísmica, por cuanto está afectada por un complejo sistema de fuerzas tectónicas derivadas de la interacción de tres placas principales: la placa de Nazca, que se desplaza de occidente a oriente con una velocidad de 60 a 80 mm/año, la placa Suramericana desplazándose en sentido aproximadamente contrario a la anterior con una velocidad promedio de 30 mm/año y la placa del Caribe con menores desplazamientos relativos regionales. Como consecuencia de estos movimientos, en la zona se desarrollan varios sistemas de falla en los cuales se acumula y libera energía potencial con recurrencia variable.

La ciudad de Bucaramanga está construida sobre un gran abanico aluvial originado principalmente por el arrastre y depositación de materiales de los diferentes ríos de la zona. El ápice del abanico aluvial de Bucaramanga actualmente se encuentra desplazado hacia el sur de su punto de origen (río Suratá), debido a la acción del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta indicando actividad tectónica reciente (100 mil a 1 millón de años). La forma del abanico y su inclinación (2 a 3 grados hacia el suroccidente) refleja procesos erosivos por el levantamiento progresivo del bloque oriental (Macizo de Santander).

El Área Metropolitana de Bucaramanga se enmarca dentro de tres bloques tectónicos definidos por dos principales sistemas de fallamiento: Suárez y Bucaramanga-Santa Marta. El **bloque Occidental** está conformado por rocas sedimentarias de Edad Jurásica (180 a 135 millones de años) donde se ubica el Aeropuerto de Palonegro y toda el área de Lebrija. El **bloque Central**, sector donde se ubica la ciudad de Bucaramanga, está relacionado con los depósitos aluviales recientes (730.000 a 1 millón de años) del abanico de Bucaramanga, con un espesor aproximado es de 290 metros; El **bloque Oriental** constituido por rocas ígneo-metamórficas, con Edades que van desde el Precámbrico (más de 600 millones de años) hasta el Paleozoico (500 a 225 millones de años) conformando el llamado Macizo de Santander.

El área metropolitana de Bucaramanga se encuentra ubicada dentro de un ambiente sismo tectónico de reconocida actividad histórica, en la cual los sistemas de falla como la de Bucaramanga – Santa Marta, Suárez y del Guaicaramo son las fuentes sismogénicas que mayor efecto potencial tendrían sobre el área de estudio. Lo anterior sin destacar la acción de otras fallas de carácter menos regional que presentan evidencias de actividad reciente.

En el área metropolitana de Bucaramanga se han sentido eventos de importancia con intensidades epicentrales entre V y VIII (Escala de Mercalli Modificada).

El Código de Construcciones sísmo resistentes (Decreto 1400 de 1984) y su actualización NSR 98, no contempla especificaciones de respuesta local a las ondas sísmicas. Sin embargo, en el Decreto Ley 400

de 1997 se exige la realización de los estudios de microzonificación sísmica para poblaciones de más de 100.000 habitantes, con el fin de definir para cada una de ellas los parámetros de diseño sismo resistente.

3. DESCRIPCIÓN SISTEMA DE ACUEDUCTO

La ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana cuentan en la actualidad con un sistema de abastecimiento de acueducto, calificado como de gran calidad a nivel nacional. La cobertura de sus redes llega al 100% de la población, sirviendo a los municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca, que representan 175.000 usuarios.

El sistema general, comprende tres fuentes de abastecimiento principales, cuatro plantas de potabilización, 38 tanques de almacenamiento, dos bombeo principales, cuatro rebombes menores que abastecen 24 distritos de presión, que demandan una producción de 2.4 m³/s, con un índice de agua no contabilizada del 28%, que equivale a una dotación facturada de 200 lit/hab/día, Las fuentes de los ríos Tona y Frío aportan por gravedad el 80% de la demanda actual y el 20% restante lo aporta el sistema río Suratá, a través de bombeo. Sin embargo, en tiempo de fuerte verano y fenómenos del niño, las fuentes de gravedad disminuyen su producción al 50%, debiendo compensar el otro 50% el río Suratá.

3.1 CAPTACIONES Y ADUCCIONES

3.1.1 Captación Río Tona

De la cuenca del río Tona se captan las quebradas principales de Golondrinas, Armania y Tona a una elevación aproximada de 1400 msnm y 10 quebradas menores, además de pequeñas corrientes aprovechadas solamente en el período seco, por debajo de la cota 1350 msnm a lo largo de la conducción a las plantas de la Flora y Morrórico, su capacidad instalada es de 1400 l/s.

El caudal mínimo aprovechable, con una confiabilidad del 95%, del sistema del río Tona, se estima en 700 l/s. Este caudal ha coincidido con el caudal mínimo registrado durante los últimos fenómeno del niño y veranos recientes.

El aprovechamiento del sistema Tona se hace mediante una conducción a gravedad de 24 km de longitud aproximadamente, que se inicia en las captaciones y desarenadores de las tres fuentes principales : la quebrada golondrinas, el río Tona y la quebrada Armania, y continuando con un canal de concreto de sección rectangular, doble en algunos tramos, cubierto por losas de concreto.

La pendiente longitudinal promedia del canal es 0,35%. El flujo es a superficie libre y de naturaleza subcrítica. En el tramo de conducción en el túnel, el flujo es libre y se hace por una sección simple rectangular de 1,8 m de base, con paredes verticales de 1,30 m de altura, esta sección rectangular está cubierta por un techo semicircular de radio de 0,9 m.

3.1.2 Captación del Río Suratá

La captación del río Suratá, tiene una capacidad instalada de 2200 l/s, se encuentra localizada a unos 50 m aguas abajo de las descargas de las turbinas de la planta hidroeléctrica de Zaragoza y a unos 700 m de distancia aguas arriba de la Planta de Tratamiento Bosconia. Se trata de una estructura en concreto reforzado, construida a todo lo ancho del río. Es una bocatoma de tipo lateral con los niveles de agua controlados mediante tres compuertas radiales de acero de cinco metros de ancho por 1,80 m de altura cada una. Las compuertas están separadas mediante pilas de perfil hidrodinámico de 0,90 m de espesor.

Este tramo de la línea de aducción se encuentra localizado entre la cámara de aducción en la captación y las estructuras de llegada a los desarenadores. Se trata de una tubería de diámetro 48" de tipo American pipe, en acero con recubrimiento interior y exterior en mortero de cemento, y con una longitud aproximada de 344 m, un segundo tramo de la línea de aducción de agua a la planta y se localiza entre la cámara de confluencia de caudales de agua presedimentada y la cámara de llegada a la planta, situada antes del canal de aforo y mezcla rápida. Se trata de una tubería de diámetro 42" de American pipe, y de aproximadamente 300 m de longitud.

3.1.3 Captación Río Frío (florida)

El agua se capta en la cámara de carga de la hidroeléctrica de la antigua Cervecería Clausen, a esa cámara llega el agua, desde la bocatoma de fondo y lateral de captación del Río Frío, por un canal de concreto y de piedra, que se conserva en buenas condiciones y tiene capacidad suficiente para conducir más de 700 l/s.

La conducción se compone de dos líneas de tubería de AC, de 14" de diámetro cada una y una AC de 16", con una longitud de 965 m, desde la cámara de carga hasta la planta.

Las dos líneas de tubería están colocadas una al lado de la otra, extendidas en un terreno de fuerte pendiente transversal. Estas tuberías fueron construidas a partir de 1968, el flujo a presión tiene velocidades del orden de dos metros por segundo que se estiman razonables para las condiciones de presión existentes y para asegurar la vida útil de las mismas, en total las tres captaciones suman una capacidad de 700 l/s y se encuentran operando satisfactoriamente.

3.2 PLANTAS DE TRATAMIENTO

El sistema de producción lo componen las plantas de Bosconia, Morrónico, La Flora, Floridablanca. La descripción de cada planta de tratamiento es la siguiente:

3.2.1 Planta de Bosconia

Esta planta de tratamiento hace parte del Sistema Surata, se proyectó en el año 1980 e inició operaciones en agosto de 1984 tiene una capacidad nominal de 2000 l/s. Comprende dos tanques desarenadores y presedimentadores, y cuatro módulos independientes, con floculadores mecánicos de eje vertical, sedimentadores acelerados y filtros convencionales. Tiene un edificio de operaciones de una altura de tres pisos, de estructura aporticada, con entresijos en placa aligerada, configuración irregular en planta y elevación y rigideces, se encuentra en buen estado y no presenta signos de afectación sísmica. La planta de Bosconia está localizada en la vía que conduce de Bucaramanga, al municipio de Matanza, al Nororiente de la ciudad, entre las cotas topográficas 685 y 675 msnm.

3.2.2 Planta La Flora

La Planta la Flora está localizada en la parte alta Oriental de Bucaramanga en la zona de Morrónico, sobre la margen izquierda de la carretera que conduce a Pamplona, a la altura del kilómetro dos entre las cotas topográficas 1170 y 1195 msnm, fue puesta en servicio en el año 1966 y fue optimizada en el año de 1980, está destinada a tratar aguas provenientes de las fuentes de la hoya del río Tona, para abastecer principalmente el sector oriental con apoyo parcial de un sector del sur del sistema de distribución, funciona conjuntamente con las otras plantas, constituyendo entre todas el sistema de tratamiento del área del triángulo Bucaramanga, Floridablanca, y Girón, con lo que se atiende toda el Área Metropolitana de Bucaramanga.

La planta es del tipo convencional y tiene una capacidad nominal de tratamiento de 1,240 l/s. Consta de los siguientes elementos componentes del sistema de tratamiento en dos módulos: presedimentadores, Floculadores mecánicos de eje horizontal, sedimentadores acelerados, filtros rápidos, edificios de Control de calidad y de operaciones.

El edificio de operaciones y bodega, consta de una estructura de dos pisos aporticada, regular en planta y elevación e irregular en rigideces, muestra algunos signos de desplazamiento atribuibles a problemas de fundaciones y efecto sísmico. El edificio de Control de Calidad tiene características similares, pero no evidencia ningún tipo de daño.

3.2.3 Planta de Morrórico

La planta de Morrórico está localizada al Oriente de la carrera 33A entre la avenida Quebrada Seca y Calle 32 de Bucaramanga, entre las cotas topográficas 1050 y 1081 msnm. La planta es del tipo convencional, con unidades de medición de caudal, mezcla rápida, floculación hidráulica, sedimentación y filtración; su capacidad es 400 l/s. Y no tiene redundancia. El agua llega a través de una conducción mixta de presión y flujo libre, en tubería de concreto y acero de 2 km de longitud, que parte de una derivación de la entrada a la planta la Flora.

La floculación es hidráulica de flujo horizontal, entrega a un canal de flujo horizontal con vertederos laterales que distribuyen a las dos unidades de sedimentación antiguas, conformadas con muros de taludes en tierra revestidos en concreto.

Se tienen siete unidades de filtración, el efluente de los filtros se conduce a través de una tubería de diez pulgadas de diámetro, cubriendo los filtros se encuentra el edificio donde se disponen las oficinas, el sistema de control Scada, laboratorio, equipos dosificadores de alumbre, cal, cloro, amoníaco, depósitos para cilindros de cloro, tableros controladores y demás elementos que tienen que ver con el funcionamiento de la planta, esta estructura es una edificación de dos niveles, de mas de 50 años de antigüedad, que tiene la siguiente configuración: pórticos de concreto, con columnas esbeltas, entrepiso en placa maciza, regular en planta e irregular en elevación, no evidencia signos de daño sísmico.

3.2.4 Planta de Floridablanca

La Planta Floridablanca está localizada en la zona Sur-oriental del Área Metropolitana de Bucaramanga, en la parte alta de los barrios Bucarica y Caracolés del municipio de Floridablanca, a una altura media de 1042 msnm.

Su construcción inicial se hizo el año 1971; fue optimizada para darle mayor capacidad, en los años 1977 y 1983 respectivamente.

La Planta Floridablanca está destinada a tratar aguas provenientes de las fuentes de la hoya del Río Frío, para abastecer la zona Sur del Área Metropolitana y apoyar los sistemas del Tona y Suratá para constituir entre todas el sistema de tratamiento de agua del triángulo Bucaramanga-Florida-Girón. El sistema de tratamiento se compone de dos secciones: la sección antigua optimizada, de tipo convencional, con capacidad nominal de tratamiento de 400 l/s y la sección ampliada en el año 1983 de tipo convencional pero con sedimentación de alta rata, con capacidad nominal de tratamiento de 220 l/s, dependiendo de las turbiedades de agua cruda, los dos módulos han tratado hasta 700 l/s. La planta consta de los siguientes elementos componentes del sistema de tratamiento: estructuras de admisión de agua cruda, mezcladores rápidos, floculadores, sedimentadores de alta rata, filtros rápidos,

dosificadores, edificio de operación, tanque de distribución, controles de salida a las redes. El edificio de operación tiene la siguiente configuración. Estructura aporricada, entresijos en placa aligerada, presenta irregularidad en planta, elevación y rigidez, no evidencia signos de daño por efectos sísmicos.

3.2.5 Capacidad de producción

A continuación se presenta un resumen de las capacidades de tratamiento instaladas en cada planta y también los caudales que con una confiabilidad de 95% pueden suministrar las respectivas fuentes.

PLANTA DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO	FUENTE	CAUDAL MÍNIMO CONFIABLE (l/s)	CAUDAL MÍNIMO REGISTRADO l/s 95% CONFIABLE
BOSCONIA	2000	Río Suratá	1980	2000
FLORA	1240	Río Tona	700	670
MORRORICO	400	Río Tona	–	–
FLORIDABLANCA	620	Río Frío	560	397
TOTAL	4810		3900	

3.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

El sistema actual cuenta con 38 tanques de almacenamiento, siendo el sistema la Flora con 18 tanques y 55217 m³ el que presenta el mayor almacenamiento. El único tanque con capacidad de 10000 m³ es el de la Planta de Tratamiento de Bosconia, otros tanques como San Juan, Estadio y Morro Bajo alcanzan los 8250 m³.

El sistema Bosconia, que abastece el distrito Estadio y la zona Norte de Bucaramanga almacena el 27,9% del triángulo BFG y el 25,9% de toda el Área Metropolitana.

En el sistema Flora-Morrórico se encuentran seis tanques considerados críticos, estos son: Morro Alto, Puerta del Sol, Malpaso, San Juan y Girón Mayor; situación que indica la vulnerabilidad de este sistema. El volumen total existente de almacenamiento para el triángulo BFG es de 97 093 m³. El índice de almacenamiento para el Área Metropolitana es de 120 lit/hab, considerado como razonable si se tiene en cuenta que la demanda global del área metropolitana es de 213 lit/hab/día, y en relación con la demanda es del 36,6% considerado como un valor alto en relación con los valores sugeridos por INSFOPAL.

La localización y capacidad de los tanques fue realizada con base en los estudios de demanda y presiones del sistema, sin embargo debido a inconvenientes que se han registrado últimamente y a la expansión del distrito sanitario bajo condiciones topográficas abruptas (servicio entre las cotas 650 msnm y 1260 msnm) la CAMB se ha visto obligada a programar nuevos tanques.

Para un mejor conocimiento del sistema de tanques de la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga se presenta en el plano 1, la localización general de estos, se incluye además el registro fotográfico de los principales tanques.