



**FELIPE ANDRÉS CRUZ MOJICA**

Estudiante de 8º semestre de Ingeniería Civil  
USTA – TUNJA

saxon700@gmail.com

**VICTOR MANUEL PEÑARANDA VÉLEZ**

Docente de la Facultad de Ingeniería Civil USTA – TUNJA  
vpenaranda@ustatunja.edu.co

Fuente Fotográfica: <http://csanchezreyes.wordpress.com/2010/09/27/bangkok-y-alguno-de-sus-alrededores/>

# Sistemas Hídricos

Un Paso en Dirección al Manejo Eficiente de los Sistemas Hídricos. Caso de estudio: Municipio de Samacá (Boyacá).

## RESUMEN

Al observar la evolución demográfica mundial y aún más, la del departamento de Boyacá, la disponibilidad hídrica actual ha venido disminuyendo significativamente, debido principalmente a los fenómenos macroclimáticos persistentes y también por efecto de la acción antrópica que ha causado los mayores niveles de contaminación en la historia. A través de estos efectos, se induce en un futuro próximo, condiciones de escasez del recurso hídrico y por tal razón, los planeadores y gestores ambientales deben establecer los mecanismos de acción para enfrentar esta problemática. El presente estudio de diagnóstico, desarrollado sobre el sistema de acueducto del municipio de Samacá, propone un plan de desarrollo sostenible, maximizando los recursos y estableciendo algunas directrices para la operación efectiva y eficaz de los sistemas de abastecimiento. Los alcances que se presentarán son la formulación, el desarrollo y la expectativa sobre un programa de uso racional del agua.

Palabras Clave: uso racional del agua, sistemas de abastecimiento, diagnóstico de acueducto.

## ABSTRACT

Observing worldwide demographic evolution, and even more, in Boyacá state, actual water stress availability has been decreasing significantly, due principally to macroclimatic phenomena in persistence, and also by anthropic action, which has been caused highest levels of contamination in the history. Through of these effects, induces to a future, in conditions of hydric water stress availability scarcity, and for that reason, planners and environmental managers must establish mechanisms of action for this problem. The present diagnostic, developed in the municipality of Samacá, proposes a sustainable development plan, maximizing resources, and establishing some guidelines, for an effective and efficient operation of supplying water systems. Scopes to be presented are the design, development and the expectation of a program on rational use of water.

Keywords: rational use of water, supplying systems, water supplying system diagnosis.

## I. INTRODUCCIÓN

Entre las principales prioridades de las poblaciones está el desarrollo eficiente y eficaz de los sistemas de abastecimiento de agua, entendiéndose esto último como el adecuado servicio tanto en cantidad como en calidad. En vista de la importancia de un adecuado sistema de abastecimiento de agua, grandes esfuerzos se han venido desarrollando desde los entes gubernamentales, aumentando las inversiones en ampliaciones y mejoramientos de los sistemas, de tal forma que hoy por hoy se cuenta con una mayor cobertura y menores indicadores de morbilidad (Tomoyuki, 2005). A pesar de la evolución mundial en los sistemas de distribución y recolección, el recurso hídrico se enfrenta a un problema de deterioro, debido a los manejos deficientes de su oferta (Jiménez, 2003). Hoy se observa un crecimiento poblacional desbordado que supera la oferta hídrica, que enlazado con los potenciales efectos negativos de cambio climático, darán lugar a una época de decadencia social y de guerras por el agua. Muchas acciones loables se vienen desarrollando por mejorar los niveles de vida, subsanar las necesidades básicas, entre otros aspectos. Aún así, se observa la gran deficiencia por cobertura de agua potable y saneamiento básico, especialmente, en los países en vía de desarrollo (Jiménez, 2003). Se cree que el problema subyace en las prácticas ancestrales de desarrollo, que no toman en cuenta la dinámica macroambiental y la sostenibilidad de los recursos hídricos (ver Línea de conducción del municipio de Samacá (Boyacá), la cual se dispone sobre una zona de alta inestabilidad geotécnica, dando lugar a la incidencia de altas pérdidas técnicas en el momento de falla del terreno.).

Por otra parte, resulta importante destacar algunos apartes de una nota especial publicada por el periódico Boyacá 7 Días, el viernes 26 de febrero de 2010, en la cual se expresa que a pesar de la coyuntura en materia de agua, que se desarrolla en Boyacá, más de cien (100) municipios presentan dificultades en la prestación eficiente del servicio, dando lugar a la posición número uno (01), a nivel departamental, por desabastecimiento. Otra publicación expuesta el 5 de febrero de 2010, reconoce los efectos de agua en la zona rural del municipio de Tunja, en donde 13 veredas sufren de racionamiento, perjudicando a cerca de ocho mil (8.000) personas en El Porvenir, Chorro Blanco, Pirgua, La Colorada, Tras del Alto y La Esperanza. Bajo estos antecedentes, es clara la necesidad de mejorar los procedimientos en la concepción de los sistemas de abastecimiento, aún más, en la interiorización de las políticas públicas hacia una consciencia de uso racional del recurso hídrico.



Figura 1. Línea de conducción del municipio de Samacá (Boyacá), la cual se dispone sobre una zona de alta inestabilidad geotécnica, dando lugar a la incidencia de altas pérdidas técnicas en el momento de falla del terreno.

Ante la problemática anterior, resultan diversos interrogantes sobre cómo aprovechar los recursos disponibles (cada día más escasos), cuáles deben ser las estrategias para la concepción de la infraestructura física de los proyectos de abastecimiento y cómo orientar a los usuarios hacia la racionalización del recurso hídrico. A primera vista las respuestas abundan, sin embargo, la materialización de las posibles respuestas es aún una utopía.

En primera instancia, este artículo, discute los elementos que componen una propuesta para el manejo eficiente del recurso agua, la cual está basada en una moderada revisión bibliográfica y en el análisis de un caso de estudio. La investigación aún no está finalizada, sin embargo, guarda la intención de proveer al lector interesado, una composición conceptual sobre el manejo eficiente del recurso agua y una visión sobre las dificultades encontradas para entender los problemas de desabastecimiento en la región Boyacense.

## II. USO RACIONAL DEL AGUA

Una de las razones agravantes de la situación ambiental relacionada con el abastecimiento de agua de la población, es la distribución desigual y vertiginosa de la población sobre un área de asentamiento, como también al desarrollo económico desigual de las ciudades. Tales circunstancias contribuyen de forma determinante a la disminución de la disponibilidad del agua. En vista de lo anterior, los entes gubernamentales han promovido programas de con-



servación del agua, ejemplo de ello se observa en la Ley 373 de 1997, en donde se establece el Programa de Uso Eficiente del Agua Potable. Bajo esta ley se propone que todos los municipios colombianos deben incorporar obligatoriamente, en los sistemas de prestación de servicio de agua potable, un programa de ahorro del agua y uso eficiente del mismo, el cual deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, así mismo, deberá contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, entre otros aspectos. En apoyo a la Ley 373 de 1997, el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MINAMBIENTE) y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), expide el pasado 25 de febrero de 2010, la resolución CRA 493 de 2010, en la que se adoptan las medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.

La resolución 493 de 2010, ha dado lugar a un aumento en las tarifas del servicio de agua potable y alcantarillado, castigando en primera instancia a aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo fijado. Así mismo, trata aspectos tan importantes como la orientación en los programas de ahorro del agua en sectores que se han visto afectados por los efectos del cambio climático. En esto último, centra una especial atención en la destinación de los recursos económicos para las zonas afectadas por el cambio climático (i.e. zonas que describen un decrecimiento de los niveles pluviométricos), concediendo a éstas, un mayor capital de inversión para protección, reforestación, y conservación de las cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos municipales, como también para incentivar programas de uso eficiente y ahorro del agua.

La aplicación de la resolución CRA 493 de 2010, aún está en desarrollo y se espera que los efectos consecuentes traigan buenos resultados. No obstante, otra causa importante de las condiciones sanitarias desfavorables, se asocia con el bajo nivel de ingeniería de las instalaciones para el suministro de agua del territorio colombiano (ver descripción de un punto hidráulico en el sistema de abastecimiento del municipio de Samacá, en el cual se observa el desperdicio y desuso eficiente del agua). No basta con considerar el racionamiento del recurso agua a los usuarios dentro de un programa de uso y ahorro eficiente del agua, sino también en el desarrollo de programas de reducción de pérdidas, de rehabilitación de redes, reducción de consumos de energía, el aprovechamiento del agua lluvia y en establecer los instrumentos para una gestión sostenible que contribuya a la preservación de la humanidad.

Cabe anotar que las sequías que se han presentado por el calentamiento global en Colombia, han afectado de forma ineludible al pueblo colombiano, causando racionamientos y suspensiones en el surtido eléctrico, como se ha visto en tiempos anteriores (e.g., en los años de 1976 y 1977 (Mesa et al., 1997)). Los niveles de los embalses siguen disminuyendo considerablemente, generando restricciones en el uso libre del recurso energético disponible y elevando las tarifas en el cobro de estos servicios públicos.

Por lo anterior, es claro que el cambio necesario de cultura referente al manejo del agua, las normativas legales y los nuevos estatutos de uso del recurso hídrico, el entendimiento de los patrones climáticos y el uso de nuevas tecnologías, deben ser acompañadas de una metodología clara para la implementación de nuevas estrategias holísticas que complementen un programa de uso eficiente y ahorrativo del agua; con un fin que parte desde la preservación natural de las especies (e.g. flora y fauna) hasta la subsistencia misma del hombre.

A pesar de los problemas que son causados por la disminución del recurso hídrico (i.e., desabastecimiento de agua potable, racionamientos de energía, entre otros), el uso racional del agua se extiende desde una consciencia por el aprovechamiento eficiente hasta la conservación del mismo; esto último,



Figura 2. Descripción de un punto hidráulico en el sistema de abastecimiento del municipio de Samacá, en el cual se observa el desperdicio y desuso eficiente del agua.

entendido por el efecto que es causado por la acción antrópica cuando deposita residuos en las fuentes hídricas y por el consumo excesivo del agua que reside en los manantiales (Tomoyuki, 2005). Un artículo publicado en Bakanika en septiembre de 2009, expresa: “Muy pronto el oro azul será más valioso que

el oro negro; muy pronto será el oro azul el culpable del derramamiento de sangre en el planeta. Porque el oro negro era sinónimo de riqueza, pero el oro azul será sinónimo de supervivencia y en esa medida, de tremendo poder". De no existir pronto un cambio de consciencia por parte de todos nosotros en dirección al aprovechamiento del recurso agua, la naturaleza violenta del hombre por la subsistencia y la supremacía será lo que quedará durante los prolongados periodos de estiaje.

### A. ¿QUÉ SE PUEDE HACER?

Brasil, uno de los países más enfocados en América latina frente al consumo, cuidado y racionalización del uso del agua, ha generado métodos muy interesantes de ahorro y concientización ciudadana, posee un proyecto bandera llamado "Programa Nacional de Combate Contra el Desperdicio del Agua", que se enfocó en promover el uso racional del agua, en beneficio de la salud pública, el saneamiento ambiental y la eficiencia de los servicios, proporcionando la mejor productividad de activos existentes, y consiguiente postergación de inversión para expansión de sistema de saneamiento. Compañías de relevancia trascendental para este país, pertenecientes al sector industrial, ya han adoptado diversas medidas de control, difundiendo la concientización sobre la conservación de los recursos naturales y el uso racional y correcto del agua sobre la población brasilera (Tomoyuki, 2005). La región metropolitana de Sao Paulo, que es la cuarta mayor concentración urbana del planeta, apenas superada por Tokio, Nueva York y Bombay, solamente contiene una disponibilidad de 201 m<sup>3</sup>/Hab/año, para usos directos e indirectos, cuando la Organización de Naciones Unidas (ONU), indica un consumo de 2000 m<sup>3</sup>/Hab/año. Preocupados por estas cifras, la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de Sao Paulo, adoptó una política de incentivos al uso racional del agua, que exigía marchas culturales para la concientización de la población en cuanto al desperdicio del agua, reconocida oficialmente en Río de Janeiro en 1996. Así, se creó entonces, un programa de racionalización de agua potable, que era un programa para combatir los desperdicio de agua, debido a los procesos acumulativos por usos predatorios del agua, tales como: la intensificación de usos individuales y excesivos, mal uso del agua, desperdicio de sistemas públicos y pérdidas del sistema hidráulico de la red de distribución del acueducto. Este programa fue desarrollado conjuntamente a través del convenio con la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, el Instituto de Investigación Tecnológica y con la Asociación Brasileira de Fabricantes de Equipos Hidráulicos para Saneamiento, donde su enfoque principal fue el de desenvolver y desarrollar una base tecnológica para reducción de consumo de agua en diversas categorías de uso por tipología de edificios (Tomoyuki, 2005).

Para combatir el desperdicio y promover la concientización de los recursos naturales en cuanto a cuidado de los mismos, se desarrolló un gran programa de campañas educativas, haciendo uso de marchas culturales, empleando los medios de comunicación masiva, así como también, se desarrolló un proyecto específico para la red de educación escolar de primer grado de básica primaria para todo el estado de Sao Paulo. Las acciones futuras prevén estudios en cuanto a proponer desarrollos en proyectos de regulación y legislación para instalaciones hidráulicas, mejorando la distribución y racionalizando la misma, para optimizar el consumo y generar ahorros significativos en torno a estos ambientes.

Colombia no se ha quedado atrás en términos de programas de uso racional y eficiente del agua. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá definió un programa de control de pérdidas para alcanzar un valor del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) igual al 30% en el mediano plazo, el cual se conformó por un conjunto de obras físicas de reducción de pérdidas operativas y comerciales, y la generación de herramientas que les permitiera controlar la efectividad de la inversión y el aseguramiento de la sostenibilidad en el tiempo (Jiménez, 2003). Algunos de los alcances obtenidos ha sido la incorporación real de usuarios, la asignación de códigos de sectorización a nuevos usuarios, el desarrollo de un programa de control de pérdidas en tanques, la investigación y detección de fugas no visibles y la implementación de una metodología del IANC por zonas. Otros lugares en Colombia también han mostrado su interés por mejorar la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico, sin embargo, el proceso ha sido muy lento y no actúa con la misma celeridad con que se está degradando el recurso hídrico. Mayores esfuerzos deberán ser conducidos en los próximos años en relación con esta temática.

### B. ¿CÓMO LO PUEDO HACER?

Con el desarrollo de los programas de uso racional de agua, resultado de la asociación entre Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo y el Instituto de Investigación Tecnológica, se produjo una metodología básica con algunas intervenciones, de acuerdo con las actividades de uso del agua y la tipología de las edificaciones. La metodología parte de la caracterización de las instalaciones hidráulicas; esto se refiere a: la identificación de los puntos de consumo (i.e., baños, cocinas, lavanderías, etc), la identificación de los componentes (i.e., cisternas (con caja acoplada o válvula), grifos (de fregadero o lavabo), orinales (colectivos o individuales), duchas (eléctricas, a

gas o simples), bebederos, filtros), la verificación de las condiciones de funcionamiento de los componentes (i.e., fugas en grifos, duchas, bebederos, filtros, en las cajas de inspección), la observación de los puntos de infiltración en paredes, techos y pisos (i.e., indagar a los usuarios sobre eventuales puntos de fugas) y la verificación de fugas (i.e., detección de fugas en tuberías incrustadas, en tuberías externas, en tanques de almacenamiento y en cajas de inspección).

Posteriormente a la caracterización general de los componentes hidráulicos, es necesario definir claramente los sectores hidráulicos de acuerdo con el uso del agua. Estos estudios se podrán desarrollar mediante observaciones directas, entrevistas con los usuarios y el monitoreo continuo de sectores aislados (i.e. esto sugiere la instalación 24 horas de traductores de presión en grifos y tuberías, monitorear los consumos diariamente mediante lecturas manuales o telemétricas, y la revisión de las redes internas y externas). Entendiendo el funcionamiento del sistema hidráulico y las cuantías de los consumos, se deben estudiar las alternativas tecnológicas que deberán implementarse para la reducción de pérdidas, ponderando aspectos costo – beneficio. Ya establecida la alternativa, se deberán realizar las obras civiles para la instalación de la tecnología seleccionada, teniendo en consideración que deberá efectuarse un monitoreo periódico de las obras realizadas. Los programas de uso racional del agua podrían sugerir otras acciones alternativas, diferentes a las ya mencionadas, para la reducción de consumos; algunas de ellas son indicadas en las Acciones alternativas para la reducción de consumo de agua (Tomoyuki, 2005).

### III. CASO DE ESTUDIO

#### A. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El municipio de Samacá (ver identificación del casco urbano del municipio de Samacá y algunos componentes geográficos.) tiene una extensión de 170 Km<sup>2</sup>, pertenece a la provincia centro del departamento de Boyacá. Dista 32 Km de Tunja y 159 Km de Bogotá. Geográficamente está situada a los 5°29' Latitud Norte y 73°30' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Fuera de la zona centro, el municipio se compone por las siguientes veredas: Tibaquirá, Guatoque, Páramo Centro, Gacal, Quite, Pataguy, Salamanca, Chorrera, Loma Redonda, Ruchical y Churuvita. La temperatura presente en el municipio de Samacá fluctúa de 12,4 °C (temperatura mínima mensual) a 15.9 °C (temperatura máxima mensual).

El municipio de Samacá se localiza en la cordillera oriental, la cual es predominantemente sedimenta-

ria y la secuencia geológica que constituye el municipio hace parte del Sinclinal de Checua – Lenguazaque. La principal estructura regional en la zona está constituida por rocas en edades que van desde el Cretáceo Superior hasta el Cuaternario. Las rocas aflorantes de tipo sedimentario, están dispuestas en franjas más o menos paralelas con una dirección predominante SW – NE. La zona que conforma el municipio es estructuralmente muy compleja, se destacan varios plegamientos y fallamientos de continuidad regional y otros menores que afectan localmente la secuencia sedimentaria.

Alternativa Tecnológica	Acciones de Intervención
Reparaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Lista de piezas y guías de los componentes a ser reparados.</li> <li>✦ Reparación o reemplazo (usando los componentes dañados, tales como los sellos de los grifos, acoplamientos flexibles, registros).</li> <li>✦ Calibración de todos los componentes (e.g., calibración de válvulas de descarga, calibración de grifos, calibración de flotadores).</li> </ul>
Adición de dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Lista de dispositivos de ahorro que serán adicionados (cortadores, duchas, válvulas reductoras de presión, registros reguladores de flujo, etc.).</li> <li>✦ Instalación de dispositivos compatible las dimensiones con adaptadores, verificar la presión de trabajo).</li> <li>✦ Regulación de todos los componentes.</li> </ul>
Sustitución por nuevos componentes economizadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Lista de componentes que serán sustituidos (dar atención para la compatibilidad de dimensiones y presiones de trabajo).</li> </ul>
Campañas educacionales y entrenamiento de usuarios (consejos de procedimientos, con economía de agua, a través de presentaciones, videos, folletos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Identificación y caracterización del público – objetivo.</li> <li>✦ Definición de objetivos que serán alcanzados.</li> <li>✦ Planeamiento y montaje de la campaña educativa para la concientización y búsqueda de cambios en los hábitos y costumbres.</li> </ul>
Desarrollo operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Análisis global de las operaciones realizadas en las instalaciones.</li> <li>✦ Creación de alternativas operacionales que ahorren agua (tratamiento de sectores siguiendo una programación horaria).</li> <li>✦ Implementación de procedimientos operacionales sub-contratados.</li> <li>✦ Formación de mantenimiento operativo.</li> </ul>

Según las cifras presentadas por el DANE para el censo de 2005, el municipio de Samacá cuenta con una población total de 17.352 habitantes, localizados en el área urbana: 4.809 habitantes (27.7%) y en el sector rural: 12.543 habitantes (72.3%). La población actualmente está conformada por un total de 8.812 hombres (50.7%) y 8.540 mujeres (49.3%). Dada la estructura poblacional del municipio se espera que la mayoría de adultos (52.83%) puedan sostener a los grupos de primera infancia (14.23 %), segunda infancia (12.44 %), adolescencia (15.77%) y tercera edad (4.93%).

Por otra parte, las cifras expuestas por el DANE para censo efectuado en el año de 2005 en Samacá, existen 3.995 hogares, 1.205 en el sector urbano y 2.790 en el sector rural. 872 hogares del sector urbano no presentan déficit en el sector vivienda, pero 333 hogares sí lo presentan. En el sector rural 1.155 no presentan déficit de vivienda, pero los 1.635 hogares restantes sí lo presentan. La estratificación de la vivienda se describe en proporción, de la siguiente forma: Estrato I: 73.8%; Estrato II: 14.1%; Estrato III: 7.58%; Estrato IV: 2.1%; Estrato V: 1.34% y Estrato VI: 0.8%.

#### B. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EXISTENTE

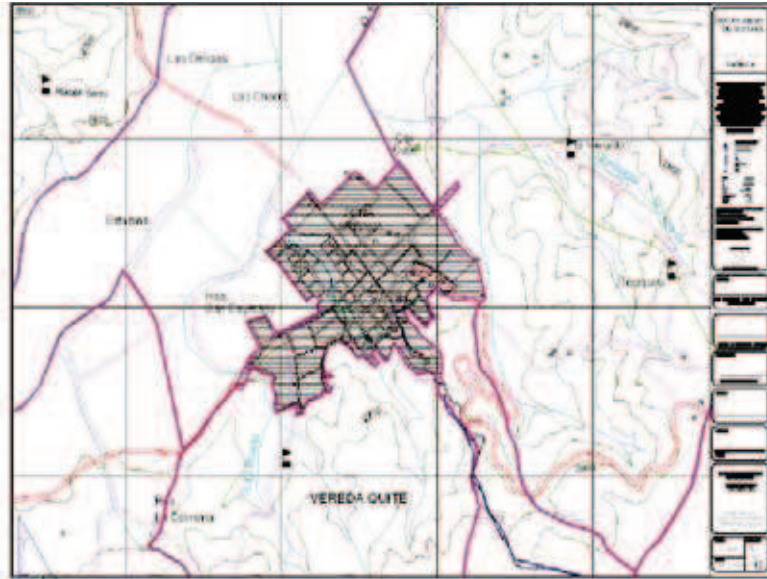
**Fuente de abastecimiento:** El municipio de Samacá cuenta con cuatro captaciones para abastecer la población, las primeras dos localizadas sobre el



río Teatinos, la tercera fuente aprovecha las aguas de un reservorio natural localizado en la margen izquierda del río Teatinos y la cuarta fuente resulta del aprovechamiento de un pozo profundo que se localiza sobre la cabecera municipal, al margen derecho del canal San José

**Desarenador:** La fuente que se localiza sobre el río Teatinos (en Cortaderal), cuenta con un desarenador convencional, construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad; construido en concreto, enterrado y cubierto con poli-sombra para evitar la mezcla con hojas de los árboles cercanos o cualquier otro tipo de material o sedimento. Adyacente a la segunda fuente sobre el río Teatinos se encuentra el desarenado denominado “principal”, cuyas dimensiones son de 10.50 m de largo y 2.70 m de ancho (ver Identificación de componentes y/o unidades del sistema de distribución del municipio de Samacá).

**Línea de aducción:** La línea de aducción está integrada por una doble conducción (en manguera), para la primera fuente (en Cortaderal), cada línea construida en tubería de diámetro de 4 pulgadas y conforma una longitud de 1038.80 m de distancia medida hasta el desarenador principal. La conducción de la segunda



captación es construida en tubería de asbesto cemento de 10 pulgadas diámetro y conforma una longitud de 39.55 m. La conducción de la tercera captación es construida en tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro y conforma una longitud de 46 Km.

Saliendo del desarenador principal, el agua es conducida a través de una tubería de asbesto ce-



a) Desarenador principal



b) Conducción



c) Cámara de quiebre



d) PTAP





1800 a 2200 m<sup>3</sup>/día (en verano 1600 m<sup>3</sup>/día). La continuidad no es regular, por efecto del agotamiento de agua en las fuentes de abastecimiento. Esta situación ha conducido a la intermitencia del servicio durante los periodos de estiaje.

Según las apreciaciones de los usuarios, en épocas de invierno, la calidad del agua es afectada por alta turbiedad y la presencia de un color café, situación que no genera satisfacción por parte del usuario. Así mismo, durante las épocas de invierno, es necesario hacer mantenimiento continuo a los filtros, en razón a las altas tasas de sedimentos que se depositan en ellos. Finalmente, es de destacar que las pérdidas técnicas que son estimadas por la oficina de SERVITEATINOS, alcanza un valor de 30%.

#### E. PROPUESTA INICIAL DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE USO RACIONAL DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE SAMACÁ.

Teniendo en cuenta los parámetros empleados para el análisis del caso de estudio y al haber observado los factores que influyen en los problemas de eficiencia del sistema de abastecimiento, se sugiere, por parte de los autores, implementar un plan de uso racional del agua, que tenga en consideración los siguientes aspectos:

- Adecuación y diagnóstico final del sistema de acueducto existente, revisando los datos técnicos proporcionados por las entidades encargadas del manejo del sistema de abastecimiento.
- Medición de caudales en los tramos de conducción y verificación del estado de los accesorios, identificando las posibles fuentes de pérdidas por fugas y de conexiones erradas.
- Propender por la desconexión de acometidas ilegales existentes a la fecha y vinculación al sistema tarifario de la empresa de servicios públicos.
- Proponer un programa de educación del agua a los habitantes de las áreas rural y urbana, para enseñarles los procedimientos de conservación del agua y de un adecuado uso de la misma. Es necesario hacer una concientización, empleando material didáctico y dinámico, que permita sensibilizar a la población de forma trascendental, a cerca las consecuencias que acarrea el mal uso y el deterioro del recurso hídrico.
- Se deben crear campañas continuas sobre el cuidado del recurso hídrico, así como también el cuidado del espacio físico circundante, bien sean lotes dentro del casco urbano de la ciudad o fuera de ella, que visto anteriormente es el punto más álgido por atacar en este plan de mejoramiento del uso del agua.
- Dado que las fugas representan un importante factor agravante de las pérdidas debido a su naturaleza y a su gran participación porcentual en las mismas. Se debe generar un programa de control de fugas, donde se presenten los procedimientos, metodologías e indicadores de gestión de la empresa de abastecimiento de agua. Proponiendo metas factibles que busquen reducir en un tiempo mínimo el afloramiento de fugas. Esto deberá estar anidado a un programa de sistematización y control automático del sistema de acueducto.
- Establecer un proyecto de mejora de las acometidas domiciliarias. Este proyecto está destinado a desarrollar un sistema racional de diseño, dimensionamiento, patronización, construcción, fiscalización, recepción y control de calidad de las conexiones domiciliarias. Debido al hecho de que la gran mayoría de las fugas del sistema de distribución ocurre en las conexiones domiciliarias, este proyecto debe ser desarrollado con marcada prioridad.
- Establecer un proyecto de operación del sistema de abastecimiento de agua. Dado que la operación eficiente y eficaz de un sistema de abastecimiento de agua depende del conocimiento que el personal de operación tiene sobre las variables que intervienen en la regularidad, confiabilidad y cantidad de agua suministrada a la población, es importante mejorar las técnicas de operación y vincularlas a las nuevas tecnologías para uso racional del agua. Por otra parte, el planeamiento de operación consiste en la definición de criterios de operación ante determinadas configuraciones esperadas del sistema de abastecimiento de agua. Estos criterios son definidos con base en el análisis de los reflejos de determinadas acciones de operación, en la configuración hidráulica del sistema de abastecimiento de agua y en función a estudios de casos simulados de operación. Es usual la utilización de modelos matemáticos para ese fin.
- Establecer un proyecto de mantenimiento y rehabilitación de unidades operacionales. Este proyecto tiene por objetivo implementar una metodología racional y ordenada para la realización de acciones, que conduzcan a la recuperación de determinadas partes del sistema de abastecimiento de agua, teniendo en cuenta problemas de obsolescencia por el mal estado de conservación o por deficiencia del diseño, construcción, calidad de materiales y operaciones inadecuadas.
- Establecer un proyecto de revisión de criterios de diseño y construcción. Los sistemas de distribución en su concepción, diseño y construcción deben contemplar facilidades para la realización de programas de control de fugas, mediciones de consumos, operación de la red y mantenimiento de tuberías y acce-



sorios. El proyecto de revisión de criterios de diseño y construcción, propone introducir alteraciones en procedimientos clásicos para minimizar los costos globales de implantación y control de sistemas de distribución.

#### IV. CONCLUSIONES

Como anteriormente se mencionó, la investigación está en su fase inicial, por lo cual sólo el reconocimiento del sistema de abastecimiento ha dado lugar a la identificación de problemas y requerimientos para establecer un programa completo de uso racional del agua. Por lo anterior, se observa que el municipio de Samacá cuenta un sistema de distribución adecuado, pese a los problemas particulares que se han denotado en las inspecciones de campo. No obstante, pueden establecerse algunos planes de control que mejoren el funcionamiento total del sistema, los cuales estarán vinculados a diversas propuestas de control que propenden por el uso racional y eficiente del agua. Se espera que durante el desarrollo de la investigación se logre obtener una metodología funcional y compatible con el estado socioeconómico del municipio.

#### V. REFERENCIAS

1. Á. G. Sótelo. Hidráulica general, Vol. I, Fundamentos, México Limusa, 1977.
2. R. H. Corcho. Acueductos, teoría y diseño. Universidad de Medellín. 1993.
3. L. H. Arturo. Diseño Básico de Acueductos y Alcantarillados. Universidad Nacional. Bogotá. 1977.
4. R. A. López. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. 2da edición. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 2003.
5. M. Jiménez. La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2003.
6. M. Tomoyuki. Abastecimiento de agua. Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo. S. P. 2005.
7. O. Mesa, G. Poveda y L. F. Carvajal. Introducción al clima de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Minas. Medellín. 1997.
8. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico – RAS-2000. Dirección General de Saneamiento y Agua Potable. Bogotá D.C
9. MINISTERIO DE AMBIENTE. Ley 373 de 1997, programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Bogotá D.C. 6 de junio de 1997.
10. BOYACA 7 DIAS. Artículos publicado el 5 de febrero de 2010 y viernes 26 de febrero de 2010.
11. BAKANIKI. Revista, publicación de septiembre de 2009.

