

**PLAN DE MEJORAMIENTO EN LA EMPRESA ACUEDUCTO
METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. PARA EL CONTROL Y
DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES EN EL SECTOR HIDRÁULICO
CAFÉ MADRID.**



ROCIO GONZÁLEZ SUÁREZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2015

**PLAN DE MEJORAMIENTO EN LA EMPRESA ACUEDUCTO
METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. PARA EL CONTROL Y
DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES EN EL SECTOR HIDRÁULICO
CAFÉ MADRID.**

ROCIO GONZÁLEZ SUÁREZ

Proyecto Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniera Industrial

DIRECTOR:

JAVIER ARIAS OSORIO
Magister en Administración

TUTOR:

JOLMAN LOZANO PICO
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A mi Madre Querida

A ella que hizo esto posible, por sacar a todos sus hijos adelante y complacerlos en sus caprichos, a ella que se merece solo lo mejor.

A mi padre

Que Siempre estuvo protegiendo y guiando a su familia aún en su ausencia física.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Javier Arias por su colaboración y apoyo para la realización de este trabajo, por cada una de sus orientaciones, disponibilidad y buena vibra durante el desarrollo de este.

Al ingeniero Jolman Lozano por la confianza y apoyo dado para la realización del proyecto de reducción de pérdidas comerciales.

A la familia amb S.A. y en especial al grupo de ATD y Medidores por su apoyo y disponibilidad durante el desarrollo del proyecto.

A mi familia, Madre y Hermanos, por su apoyo y ayuda durante este proceso.

A mis amigos, compañeros y docentes, por su apoyo y colaboración, durante este proceso de crecimiento y aprendizaje.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	18
1.1 TÍTULO.....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	20
2 MARCO DE REFERENCIA	21
2.1 MARCO GEOGRÁFICO.....	21
2.2 ASPECTO AMBIENTAL.....	22
2.3 MARCO LEGAL	24
2.4 MARCO DE ANTECEDENTES	25
2.5 MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.6 MARCO TEÓRICO.....	33
2.6.1 Origen.....	33
2.6.2 Sistema de Agua Potable (SAP)	34
2.6.3 Índice de Agua No Contabilizada	35
2.6.4 Indicadores y Metas de la Gestión de Pérdidas en el Nuevo Marco Regulatorio.....	37
2.6.5 Curva Característica Medidores.....	39

3	CARACTERIZACIÓN DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA.....	43
3.1	RESEÑA HISTÓRICA	43
3.2	NATURALEZA DEL NEGOCIO	45
3.3	MISIÓN.....	46
3.4	VISIÓN	46
3.5	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	46
3.6	DIAGRAMA DE PROCESOS	47
4	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA amb S.A.	48
4.1	GENERALIDADES	48
4.2	ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA	50
4.3	CATASTRO DE SUSCRIPTORES.....	51
4.4	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES.....	52
5	CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA.....	55
5.1	MICROMEDICIÓN	55
5.1.1	Pérdidas por errores de medición	55
5.1.2	Pérdidas por ausencia de medición	56
5.2	POR DERIVACIONES FRAUDULENTAS.....	56
5.2.1	Medidores Manipulados	56
5.2.2	Suplantar Medidor	57
5.2.3	Medidor Invertido.....	57
5.2.4	Desconectar el medidor y Generar Paso Directo	57
6	METODOLOGÍA.....	58
7	ÁNALISIS DEL SECTOR HIDRÁULICO CAFÉ MADRID.....	62
7.1	DETERMINACIÓN ZONA DE ESTUDIO.....	62
7.2	CARACTERIZACIÓN DE SUSCRIPTORES	62

7.3	CATASTRO DE REDES.....	64
7.4	DIAGNÓSTICO INICIAL.....	69
7.5	GESTIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES	75
7.5.1	Acciones orientadas a la recuperación de pérdidas comerciales por micromedición.....	75
7.5.2	Acciones orientadas a la recuperación de pérdidas por acciones fraudulentas.	89
8	CONCLUSIONES.....	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	102
	ANEXOS.....	104

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019	23
Tabla 2. Indicadores y Metas de la Gestión de Pérdidas en el Nuevo Marco Regulatorio.....	38
Tabla 3. Error Máximo permisible para medidores nuevos y en servicio	41
Tabla 4. Porcentaje de participación de los sistemas en el 2014.....	48
Tabla 5. Distribución de consumos de los suscriptores amb S.A 2014.....	49
Tabla 6. Clasificación según el uso contemplado en el amb S.A.....	52
Tabla 7. Distribución de suscriptores según su tipo.....	63
Tabla 8. Distribución porcentual de material y longitud de la tubería del Sector hidráulico Café Madrid	67
Tabla 9. Distribución porcentual de la cantidad de medidores según su diámetro de Medidores	67
Tabla 10. Número de Medidores Detenidos en el sector estudio.....	67
Tabla 11. Distribución porcentual de fechas de instalación de medidores.....	68
Tabla 12. Parámetros de corrección	72
Tabla 13. Macromedición Sector Café Madrid	73
Tabla 14. Resultado estudio de Volumen de Agua No Contabilizada Sector Hidráulico Café Madrid	73
Tabla 15. Valor del índice de Agua No Contabilizada tomando los valores facturados de 4 periodos	74
Tabla 16. Muestra aleatoria para prueba de medidores en Laboratorio de Calibración.....	77
Tabla 17. Resultado Muestra de Medidores para pruebas en LCM.....	77
Tabla 18. Resultados prueba de Laboratorio de Calibración de medidores	78
Tabla 19. Datos Resultados LCM	80

Tabla 20. Patrón de consumo residencial.....	81
Tabla 21. Porcentaje de error de medición	82
Tabla 22. Listado Medidores No Calibrados	83
Tabla 23. Error y mal estado por Marca del medidor	85
Tabla 24. Resultado Diagnóstico realizado en Diciembre de 2013 a una muestra del sector Café Madrid de 145 medidores	87
Tabla 25. Distribución de medidores con registro de consumo por encima del consumo básico	90
Tabla 26. Distribución con consumo facturado promedio igual a cero en los meses de noviembre a febrero	91
Tabla 27. Listado posibles irregularidades durante visitas a suscriptores con bajo consumo	93

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Relación entre los intereses del regulador, los operadores y los usuarios	17
Figura 2. Mapa geográfico de las ciudades de Bucaramanga, Floridablanca y Girón	21
Figura 3. Balance Hídrico propuesto por IWA.....	37
Figura 4. Curva característica de un medidor de agua potable.....	40
Figura 5. Organigrama de la empresa amb S.A.....	47
Figura 6. Mapa de Procesos del amb S.A	47
Figura 7. Índice de Agua No Contabilizada Anual (2003-2014)	51
Figura 8. Caracterización del Laboratorio de Medidores	53
Figura 9. Flujo de Proceso Laboratorio de Calibración de Medidores	54
Figura 10. Geo-codificación sector hidráulico café Madrid	64
Figura 11. Catastro Sector Hidráulico Café Madrid.....	65
Figura 12. Esquema del tanque Ferrovías.....	66
Figura 13. Válvulas reguladoras de presión existentes en el sector	69
Figura 14. Error de la prueba en LCM	79
Figura 15. Datos de Presión Válvula reguladora Café Madrid	84
Figura 16. Datos de Presión Válvula Reguladora Café Madrid.....	84
Figura 17. Formato FMED 706-001. Diagnóstico de Acometidas.....	86
Figura 18. Distribución de Frecuencias de los Consumos menores de 10 m ³	92
Figura 19. Graficas de comportamiento de presión durante un día en diferentes puntos del sector Café Madrid	96
Figura 20. Presiones Puntos Café Madrid después del mantenimiento a la válvula reguladora.....	97

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Listado de Medidores detenidos sector hidráulico.....	104
Anexo B. Muestras de Medidores para pruebas	106

RESUMEN

TITULO: “PLAN DE MEJORAMIENTO EN LA EMPRESA ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. PARA EL CONTROL Y DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES EN EL SECTOR HIDRÁULICO CAFÉ MADRID.”*

AUTOR: GONZÁLEZ SUÁREZ, Rocio**

PALABRAS CLAVES: Servicios, Pérdidas Comerciales, Análisis, Mejoramiento, Control y Disminución.

DESCRIPCIÓN: El mundo globalizado de hoy tiene efectos muy perjudiciales sobre el medio ambiente, en especial sobre el recurso hídrico que es cada vez más escaso, por esta razón es indispensable proponer estrategias enfocadas en un uso racional.

La empresa Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. es una empresa dedicada a la prestación de servicios domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, asegurando la sostenibilidad ambiental, económica y social. El siguiente trabajo se realizó con el objetivo de mejorar en la identificación y control de las pérdidas comerciales que se presentan en el amb S.A. El proyecto inicialmente describe el proceso que realiza el amb S.A para el desarrollo de su actividad social y seguidamente se centra en las causas de las pérdidas comerciales de agua no contabilizada, definiendo si su origen es por micromedición o por acciones fraudulentas. Para la realización del proyecto se tomó como base de estudio el sector hidráulico Café Madrid de la ciudad de Bucaramanga, realizando un diagnóstico del sector y proponiendo un plan de acción para minimizar estas pérdidas comerciales. Por otra parte, con la información y resultados encontrados se propone una metodología a realizar para la disminución de pérdidas comerciales en sectores hidráulicos.

* Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniería Industrial. Director. Ing. Javier Arias Osorio. Tutor. Ing. Jolman Lozano Pico

ABSTRACT

TITLE: "IMPROVEMENT PLAN IN THE COMPANY ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. FOR THE CONTROL AND REDUCTION OF TRADING LOSSES ON HYDRAULIC SECTOR CAFÉ MADRID”*

AUTHOR: GONZÁLEZ SUÁREZ, Rocio**.

KEYWORDS: Services, Commercial Losses, Analysis, Improvement, Control and Reduction.

DESCRIPCIÓN:

The today's globalized world have more harmful effects on the environment, particularly on water resources that are increasingly scarce, for this reason it is essential to propose strategies whit the objective of a rational use.

The Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P's company is dedicated to providing residential services for water and sanitation, ensuring environmental sustainability, economic and social. The following work was carried out with the objective of improve the identification and control of commercial losses presenting in the amb S.A. Initially, this project describes the process that amb S.A develops for their social activity and then it focuses on the main reasons of commercial water losses which actually are unaccounted, defining if their origin is due to micro-measuring or fraudulent actions. To carry out this project, the hydraulic system study of Café Madrid-Bucaramanga was taken as background, doing a diagnostic of this sector and proposing an action plan to minimize the losses which was found. Moreover, using the information and results obtained in this study, a methodology is proposed to reduce commercial losses in hydraulic sectors.

* Degree Project

** Physical-mechanical. Engineering's Faculty. School of Industrial and Enterprise Studies. Industrial Engineering. Director. Ma. Javier Eduardo Arias Osorio. Tutor. Ing. Jolman Lozano Pico.

INTRODUCCIÓN

Las empresas se han enfocado en entregar a sus clientes un mejor servicio a un precio acorde al beneficio de este, por lo tanto han ido desarrollando estrategias para la mejora continua, que contribuyan a destacarse de los demás competidores por su precio y calidad. Estas estrategias deben estar enfocadas en la satisfacción del cliente y en la rentabilidad económica para cualquier empresa.

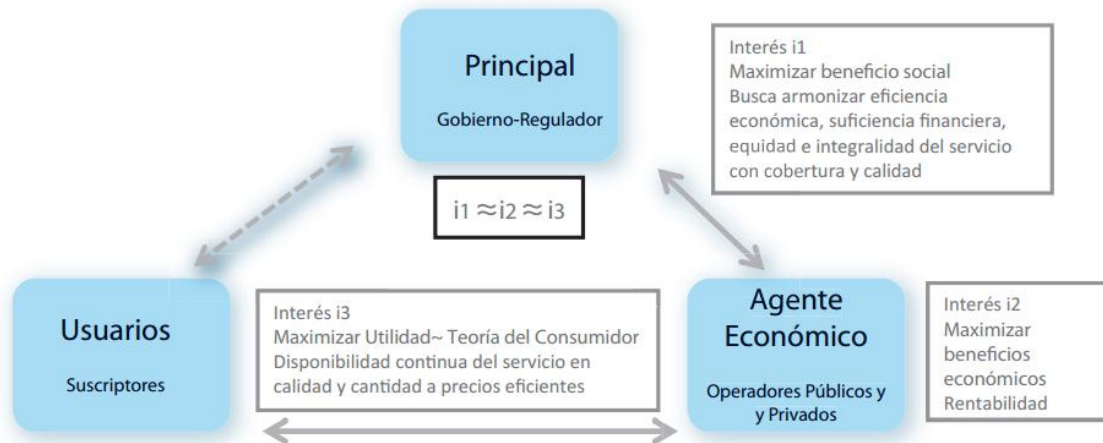
El amb S.A no es indiferente a esta realidad, por lo tanto está abierto al cambio, a la mejora continua en sus procesos y servicios.

El propósito de este trabajo, es proporcionar al amb S.A herramientas para la detección, control y disminución de las pérdidas comerciales en el sector hidráulico y su importancia radica básicamente en tres aspectos, que son, medio ambiente, conservación de recursos y costos económicos para prestadores y consumidores.

Para el manejo óptimo del recurso hídrico y cumplir con los aspectos anteriormente mencionados debe existir una relación entre los intereses de los involucrados, los cuales son, Gobierno (principal agente regulador), Operadores públicos y privados (agente económico) y suscriptores (los usuarios), y así organizar actividades de mejoramiento por parte de todos los involucrados. En la figura 1 se observa cómo se relacionan los intereses entre el gobierno, operadores públicos y privados y los suscriptores.

Para cumplir con el propósito del trabajo se pretende diseñar un programa de reducción de Agua No Contabilizada, mediante la identificación y búsqueda de soluciones a los eventos generadores de pérdidas comerciales y dar inicio a su implementación mediante el análisis en el sector hidráulico Café Madrid.

Figura 1. Relación entre los intereses del regulador, los operadores y los usuarios



Fuente: SALAMANCA LEÓN, Jaime. Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico Revista N° 17. 2012.

Este proyecto inicia con un diagnóstico de la situación actual del consumo de los usuarios del servicio de amb S.A, realizando un análisis entre el consumo promedio de los usuarios y el consumo registrado en el medidor control del sector. Seguidamente se realiza una identificación y un análisis de las causas generadoras y los posibles lugares donde se producen las pérdidas comerciales más significativas del sector. Una vez esto, se procede a la formulación de propuestas enfocadas al mejoramiento del proceso en procura de lograr una mejor prestación del servicio y la satisfacción de los usuarios, contemplados en los objetivos de calidad de la entidad.

Finamente, se propondrá una metodología que se adapte a los diferentes sectores hidráulicos, que permita evaluar y controlar el volumen de agua potable suministrado.

1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO

Plan de mejoramiento en la empresa Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. para el control y disminución de pérdidas comerciales en el sector hidráulico Café Madrid.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector Café Madrid, es un sector con importancia para su mejoramiento y control por presentar altos volúmenes de pérdidas comerciales. Algunas variables que influyen en las pérdidas en el sector son, ser un sector con antigüedad en el servicio del amb S.A, por estar en una zona apartada de Bucaramanga, por inconvenientes en la aceptación del servicio por parte de la comunidad de sector, entre otros.

Un aspecto particular que se presenta en el sector de estudio y da razones para su estudio es que el sector en el pasado se abastecía de agua con un acueducto veredal, el cual tomaba el líquido de la quebrada la Pajuila, en el momento que se instaló el servicio del amb S.A al sector, algunas viviendas conservaron las dos acometidas y otras no aceptaron el servicio ofrecido por el amb S.A permaneciendo solo con el servicio del acueducto veredal. Actualmente la captación de agua de la quebrada la Pajuila no está en funcionamiento, sin embargo algunos usuarios que estaban conectados a la antigua red de la Pajuila aún tienen el servicio.

Por lo anterior se requiere estudiar el sector hidráulico para establecer una metodología que determine tanto los volúmenes de agua que no están siendo

facturados como los que corresponden a incertidumbre en la medición y así lograr la disminución de las pérdidas comerciales de agua en el sector.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Establecer una metodología que permita un adecuado control de los volúmenes de agua que se dirigen a los diferentes sectores hidráulicos, donde se pueda determinar y establecer planes de acción que permitan mitigar el porcentaje de pérdidas comerciales.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Recopilar la información histórica de consumo de los subscriptores de acueducto en el sector hidráulico Café Madrid, teniendo en cuenta la información que dispone la empresa a través de sus sistemas de información.
- Analizar el comportamiento histórico con base en la información recopilada.
- Validar información mediante aforos y ensayos metrológicos a medidores.
- Evaluar las causas que generan pérdidas comerciales de agua del sector Hidráulico café Madrid.
- Proponer estrategias que permitan mitigar las variables que afectan en las pérdidas comerciales de agua en el sector.
- Proponer una alternativa metodológica para el control de las pérdidas comerciales de agua en un sector hidráulico.

- Validar la metodología propuesta.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El amb S.A como organización líder en la prestación de servicios públicos domiciliarios requiere mejorar continuamente, estableciendo metodologías para la reducción de pérdidas.

La reducción de pérdidas de agua es de gran importancia para los acueductos, especialmente para el amb S.A para mantenerse como empresa líder en el mercado. El índice de Agua No Contabilizada, IANC, es un indicador que mide la eficiencia en la gestión de pérdidas en las empresas de acueducto², por esta razón y por su influencia en la tarifa autorizada por la Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA), se hace necesario por el amb S.A. realizar un análisis donde se evalúe las variables que provocan las pérdidas.

La realización de este proyecto permitirá identificar factores asociadas a las pérdidas comerciales e implementar planes de acción que permitan a su mitigación, que a la postre repercutan en un incremento de los ingresos.

Finalmente permitirá analizar nuevas formas de mejoramiento del sector que aporten a mejorar condiciones de vida a la ciudadanía.

²CRA. Resolución CRA 151 de 2001. Artículo 2.4.3.14

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO GEOGRÁFICO

La empresa amb S.A., presta el servicio público de acueducto en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, donde cuenta con 239.866 suscriptores registrados en la base de datos de la entidad totalmente legalizados en el sistema a Diciembre de 2014.

Figura 2. Mapa geográfico de las ciudades de Bucaramanga, Floridablanca y Girón



Fuente: Foto de satélite de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Consulta: 10 Mayo 2015, <http://earth.google.com>

En la figura 2 se observa las ciudades donde el amb S. A. presta sus servicios de acueducto y además se señala la zona Norte de la ciudad de Bucaramanga donde se encuentra el sector hidráulico Café Madrid.

El presente proyecto es realizado en el sector hidráulico Café Madrid el cual pertenece al Distrito Ferrovías, este sector hidráulico cuenta con 1016 suscriptores, a octubre 2014, en el servicio de acueducto en la empresa amb S.A, entre esos se encuentran 8 que a la vez tienen registrado 32 medidores cada uno, es decir, medidores de conjuntos residenciales. La selección del sector utilizado para el estudio surgió de la necesidad requerida por el amb S.A, por alta vulnerabilidad encontrada por la Unidad Antifraudes.

2.2 ASPECTO AMBIENTAL

Colombia cuenta con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el IDEAM entre sus funciones está la de generar conocimiento, producir y suministrar datos e información ambiental. En el 2010 el IDEAM presentó un estudio Nacional del Agua 2010 (ENA 2010), en el que muestra los resultados de la evaluación del agua en Colombia, la dinámica, la situación actual del recurso hídrico, y el índice de escasez para grandes cuencas, municipios y áreas hidrográficas que abastecen las cabeceras urbanas de Colombia.

El IDEAM informa en el ENA 2010 que en Colombia, de acuerdo a la regulación económica, el consumo básico es del orden de 20 m³/suscriptor-mes (CRA, 1994), equivalente a 110 l/hab-día (SSPD, 2007), además establece las formas de demanda hídrica, la cual la definen como una extracción del sistema hídrico destinada a suplir necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

Además, según el ENA 2010 la demanda hídrica en el 2008 fue cercana a los 35877 Mm³ y se proyecta para el año 2019 alcanzar un orden de magnitud de 70551 Mm³ a nivel de Colombia en los sectores: pecuario, agricultura, industrial, servicios, domésticos, energía y agrícola, observándose un aumento significativo en cada uno de los sectores estudiados, distribuidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Demanda hídrica agregada total nacional proyectada a 2019

Cobertura ENA agrícola	Demanda hídrica sectorial 2008 Mm ³ /año	Proyección demanda hídrica sectorial a 2019	Participación sectorial demanda hídrica 2008 Mm ³ /año	Participación sectorial demanda hídrica proyectada 2019	Incremento porcentual demanda hídrica de 2008 a 2019
Pecuario	2.220	6.885	6,19%	9,76%	210%
Acuicultura	2.584	8.316	7,20%	11,79%	222%
Industria	1.557	2.584	4,34%	3,66%	42%
Servicios	528	797	1,47%	1,13%	51%
Doméstico	2.626	2.961	7,32%	4,20%	13%
Energía	6.976	10.893	19,44%	15,44%	56%
Agrícola	19.386	38.115	54,03%	54,02%	97%
Total	35.877	70.551	100,00%	100,00%	

Fuente: IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio Nacional del Agua 2010, Capítulo 8 Estado y dinámica del agua en áreas hidrográficas de Colombia. 2010.

En la tabla 1 se observa una proyección de aumento bastante significativo en la demanda para el año 2019, por esta razón es importante la gestión de acciones encaminadas en el mejoramiento y reducción de pérdidas de agua.

El amb S.A para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y el crecimiento de la empresa de una manera sostenible, dentro del Objetivo Estratégico “Sostenibilidad Ambiental” tiene contemplado desarrollar todas las actividades que permitan cumplir el compromiso establecido, involucrando de manera directa todas las partes interesadas. “El compromiso ambiental del amb S.A se fundamenta en la sostenibilidad a través de la implementación de medidas de prevención,

mitigación, corrección, compensación y manejo de los diferentes impactos ambientales originados por las actividades desempeñadas para prestación de un servicio de alta calidad en la zona de influencia directa y de los proyectos de protección y conservación de fuentes en áreas productoras de agua, generando una cultura de protección y conservación del medio ambiente.”³

Las razones principales para reducción de pérdidas de agua son evidentes, entre esas se encuentran, para suministrar agua potable segura a más gente, mitigar problemas ambientales, aliviar presión sobre fuentes de agua escasas, ahorrar energía para el tratamiento del agua, y por último para incrementar los ingresos generados por los servicio público de agua, y así mejorar la prosperidad de los clientes comerciales y domésticos.

2.3 MARCO LEGAL

El amb S.A es una empresa de servicios públicos domiciliarios de carácter mixto, estructurado bajo un esquema de una sociedad anónima. Está regulada por la Ley 142 de 1994 (por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones) y por la ley 489 de 1998 (que regula el ejercicio de la función administrativa, determina la estructura y define los principios y reglas básicas de la organización y funcionamiento de la administración pública). La entidad está vigilada y controlada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA.

El estado interviene en los servicios públicos en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución política de Colombia. Además, La Constitución Política Colombiana de 1991 establece el manejo, aprovechamiento y conservación o restauración de los recursos naturales y el

³ Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. Gestión de sustentabilidad 2013.

ambiente, mediante la promulgación del Derecho a un ambiente sano, íntegro y al desarrollo sostenible: Artículos 79 y 80.

2.4 MARCO DE ANTECEDENTES

A continuación se presentan algunos proyectos relacionados con las pérdidas de agua:

Sergio Blanco⁴, en el 2008 desarrolló el proyecto con un análisis general de los temas relacionados a las pérdidas comerciales que se presentan en el amb S.A. bajo el título: “Propuesta de un plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales derivadas del agua no contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP. “amb””. Durante el desarrollo de este proyecto se propuso acciones enfocadas a la reducción de pérdidas comerciales. En el desarrollo del trabajo se mencionó dos causas generadoras de las pérdidas comerciales: por micromedición y por acciones fraudulentas. Con el análisis de cada una de las causas detectadas en el trabajo, se establece propuestas de desarrollo de acciones para el mejoramiento, adaptadas a las necesidades del amb S.A. Finalmente propone una serie de indicadores para su control.

El informe “Proyecto de Reducción de pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulatorio”⁵ el cual es un proyecto asignado por el gobierno Colombiano a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA como organismo ejecutor. Los objetivos principales de este proyecto son: “Dotar al sector de un marco lógico de análisis de herramientas de apoyo para la toma de

⁴ BLANCO PEREZ, Sergio Javier. Monografía como requisito para optar el título de Especialista en alta Gerencia. Propuesta de un plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales derivadas del agua no contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP. “amb”. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2008.

⁵CRA. Proyecto de Reducción de pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulatorio. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Disponible en: <http://www.cra.gov.co/>

decisiones eficientes respecto al control de agua no contabilizada; Proponer medidas para reducir las pérdidas técnicas y comerciales de los sistemas de agua potable en Colombia; y Recomendar reformas al marco vigente que faciliten la aplicación de las medidas recomendadas”. Finalmente se realiza un plan de inversión y financiación del sector seleccionado, mostrando la factibilidad financiera de los planes de expansión definidos y cuáles son los impactos ambientales de los proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario.

Por otro lado. Leidy Duran Guevara desarrollo el proyecto, bajo el título, “Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de Agua No Contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.”⁶ el cual surge de la “necesidad de evaluar y gestionar las pérdidas comerciales del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P., como un complemento a la actual gestión de pérdidas técnicas y como reparación a las nuevas exigencias normativas que prepara el regulador en relación con el nuevo marco tarifario para Acueducto y Alcantarillado”. Luego de establecer las causas de pérdidas comerciales el autor realiza la determinación de la zona de estudio a partir de diferentes variables, los datos fueron analizados por distritos, y por conveniencia del amb se realiza el estudio de gestión de pérdidas en el Distrito Bucarica. Finalmente se realiza un diagnóstico, planificación de actividades de campo y de acciones relacionadas con la actualización de catastro de medidores, verificación y reposición de medidores así como verificación y gestión de fraudulentos.

2.5 MARCO CONCEPTUAL

En el presente proyecto se establece una serie de terminología técnica que es importante involucrar al lector y que está relacionada directamente con este documento y su asociación con el amb S.A. Estas definiciones en su gran

⁶ DURAN GUEVARA, Leidy Andrea. Proyecto de grado. “Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de Agua no Contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P”. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander.2014.

mayoría, se obtuvieron del Decreto 229/2000 y de la Resolución CRA151/2000; otras se tomaron del Contrato de Condiciones Uniformes del amb S.A.

- **Acometida de Acueducto:** Derivación de la red de distribución que se conecta al registro de corte en el inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios la acometida llega hasta el registro de corte general, incluido éste.
- **Acometida clandestina o fraudulenta:** Acometida o derivación de acueducto o alcantarillado no autorizada por la entidad prestadora del servicio.
- **Aforo:** Es el procedimiento por medio del cual se mide o estima la cantidad de agua que normalmente utiliza un usuario.
- **Agua No Contabilizada:** Corresponde a la diferencia entre el volumen de agua tratada y el volumen de agua facturada
- **Catastro de Usuarios:** Es el listado de la respectiva persona prestadora, que contiene los usuarios del servicio con sus datos identificadores.
- **Cámara de registro:** Es la caja con su tapa colocada generalmente en propiedad pública o a la entrada de un inmueble, en la cual se hace el enlace entre la acometida y la instalación interna de acueducto y en la que se instala el medidor y sus accesorios.
- **Ciclo de Facturación:** Es la agrupación de usuarios geográficamente homogéneos, que facilita el desarrollo de las actividades comerciales, tales como toma de lecturas, facturación, suspensión, reinstalación, inspecciones, etc.
- **Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. CRA:** Es una unidad Administrativa especial, con independencia administrativa, técnica y patrimonial, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, cuya facultad es de regular los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, mediante la expedición de normas de carácter general o particular, para someter la conducta de las personas que prestan los mencionados servicios a las reglas, principios y deberes establecidos en la ley y los reglamentos.

- **Conexión:** Ejecución de la acometida e instalación del medidor de acueducto o ejecución de la acometida de alcantarillado.
- **Consumo:** Volumen de agua facturado a un usuario. En condiciones normales de funcionamiento del medidor, es la resultante entre dos lecturas tomadas al medidor, en un periodo de tiempo determinado.
- **Consumo Básico:** Es el destinado a satisfacer las necesidades esenciales de consumo de las familias, cuyo valor es definido por la comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Hasta tanto no se expidan normas que lo modifiquen, el valor del consumo básico es equivalente a 20 metros cúbicos por usuario al mes.
- **Consumo Promedio Histórico:** Es el consumo resultante del promedio de consumo de los seis últimos meses.
- **Consumo por Similar:** Ley 142/1994, Artículo 146. Cuando, sin acción u omisión de las partes, durante un periodo no sea posible medir razonablemente con instrumentos los consumos, su valor podrá establecerse, según dispongan los contratos uniformes, con base en consumos promedios de suscriptores o usuarios que estén en circunstancias similares, o con base en aforos individuales.
- **Derivación fraudulenta:** Conexión realizada a partir de una acometida, o de una instalación interna o de los tanques de un inmueble independiente, que no ha sido autorizada por la entidad prestadora del servicio.
- **Desviación significativa:** Para efectos de lo previsto en el Artículo 149 de la Ley 142 de 1994, se entenderá por desviaciones significativas, en el periodo de facturación correspondiente, los aumentos o reducciones en los consumos, que comparados con los promedios de los últimos tres (3) periodos, si la facturación es bimestral, o de los últimos seis (6) periodos, si la facturación es mensual, sean mayores al treinta y cinco por ciento (35%) para usuarios con un promedio de consumo mayor o igual a cuarenta metros cúbicos y sesenta y cinco por ciento (65%) para usuarios con un promedio de consumo menor a cuarenta metros cúbicos (40 m³). En los casos de inmuebles en los que los

que no existan consumos históricos, se seguirá lo establecido en el artículo 1.3.20.6 de la resolución CRA 151 de 2001. Mientras se establece la causa de desviación del consumo, la persona prestadora determinará el consumo de la forma establecida en los artículos 149 y 146 de la Ley 142 de 1994.

- **Distrito:** El amb S.A. define “distrito es un área donde se presenta igual características en lo referente a la calibración, red de tubería y red matriz principal”.
- **Fuga imperceptible:** Volumen de agua que se escapa a través de las instalaciones internas de un inmueble y se detecta solamente mediante instrumentos apropiados, tales como los geófonos.
- **Fuga perceptible:** Volumen de agua que se escapa a través de las instalaciones internas de un inmueble y se detecta directamente por los sentidos.
- **Georeferenciación de suscriptores:** Ubicación espacial y representación gráfica de los suscriptores en el mapa del área de prestación de servicios de la empresa, es decir para el caso que trataremos, Bucaramanga, Floridablanca y Girón.
- **Índice de Agua no Contabilizada (IANC):** Se define como el porcentaje del volumen de agua no facturada con relación al volumen entregado por las plantas de tratamiento al sistema de acueductos (producción neta). El IANC incluye la pérdida técnica, la pérdida no técnica y el consumo legal no facturado. La suma de estos dos últimos componentes se constituye la llamada pérdida comercial.
- **Instalaciones legalizadas:** Son aquellas que han cumplido todos los trámites exigidos por la entidad prestadora de los servicios públicos y tiene vigente un contrato de condiciones uniformes.
- **Instalaciones no legalizadas:** Son aquellas que no han cumplido con todos los requisitos exigidos por la entidad prestadora de los servicios públicos.

- **Inquilinato:** Edificación ubicada en los estratos bajo-bajo (I), bajo(II), medio-bajo (III) con una entrada común desde la calle, destinada para alojar varios hogares que comparten servicios.
- **Lectura:** Es el registro que muestra el medidor con el cual acumula el volumen de agua que pasa a través de éste.
- **Macromedición:** Conjunto de actividades y recursos que permiten determinar valores y estadísticas de cualquiera de las medidas hidráulicas que definen la estrategia para la operación de un sistema de acueducto y alcantarillado.
- **Medición:** Es un conjunto de normas y procedimientos que hacen posible medir, calcular, estandarizar y gestionar el abastecimiento de agua al sistema y consumo a los usuarios.
- **Medidor individual:** Dispositivo que mide y acumula el consumo de agua de un usuario del sistema de acueducto.
- **Medidor de control:** Dispositivo propiedad del prestador del servicio de acueducto, empleado para verificar o controlar temporal o permanentemente el suministro de agua y la existencia de posibles consumos no medidos a un suscriptor o usuario. Su lectura no debe emplearse en la facturación de consumos.
- **Micromedición:** Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.
- **Pérdidas de Agua⁷:** Las pérdidas de agua en el sistema son la diferencia entre el volumen de agua producido y el volumen de agua utilizado por los usuarios. Las pérdidas Totales se clasifican como pérdidas técnicas o físicas y las pérdidas comerciales.
- **Pérdidas Comerciales:** Las pérdidas comerciales corresponden a aquel consumo de agua potable por parte de los usuarios, que no es facturado

⁷ LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados; Segunda edición.

debido a: error en la medición, consumos clandestinos, consumos fraudulentos, o subestimación de consumo.

- **Pérdidas Técnicas:** Son todas las producidas por fugas en conducciones, reboses en tanques de distribución, daños físicos en tuberías, accesorios, elementos de control, conexiones o incluso en las acometidas domiciliarias, es decir, las atribuibles al desarrollo de la operación en el sistema.
- **Pila pública:** Suministro de agua por la entidad prestadora del servicio de acueducto, de manera provisional, para el abastecimiento colectivo y en zonas que no cuenten con red de acueducto, siempre que las condiciones técnicas y económicas impidan la instalación de redes domiciliarias.
- **Proceso:** Un proceso se presenta cuando partiendo de un sujeto de proceso que se encuentra en una situación inicial conocida, se desea llevarlo hasta otra situación final distinta, también conocida, pero en el camino se interponen una serie de barreras, obstáculos o impedimentos, que deben ser franqueados mediante la realización de operaciones.⁸
- **Proceso de crítica:** Actividad que se realiza (en el amb S.A por trabajadores de facturación), con el objetivo de analizar los usuarios que presentan desviaciones significativas y determinar finalmente un consumo a facturar.
- **Promedio:** Se determina a través del promedio histórico de los consumos, registrados por el usuario.
- **Reconexión:** Es el restablecimiento del servicio de acueducto a un inmueble al cual le había sido cortado.
- **Red de distribución de acueducto:** Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias.
- **Registro de corte o llave de corte:** Dispositivo situado en la cámara de registro del medidor que permite la suspensión del servicio de acueducto de un inmueble.

⁸GARCÍA, Ángel Alonso. Conceptos de Organización Industrial.

- **Sector Hidráulico:** Sector con limitadas entradas de agua al sistema.
- **Servicio comercial:** Es el servicio que se presta a predios o inmuebles destinados a actividades comerciales, en los términos del Código de Comercio.
- **Servicio residencial:** Es el servicio que se presta para el cubrimiento de las necesidades relacionadas con la vivienda de las personas.
- **Servicio especial:** Es el que se presta a entidades sin ánimo de lucro, previa solicitud a la empresa y que requiere la expedición de una resolución interna por parte de la entidad prestadora, autorizando dicho servicio.
- **Servicio industrial:** Es el servicio que se presta a predios o inmuebles en los cuales se desarrollen actividades industriales que corresponden a procesos de transformación o de otro orden.
- **Servicio oficial:** Es el que se presta a las entidades de carácter oficial, a los establecimientos públicos que no desarrollen permanentemente actividades de tipo comercial o industrial, a los planteles educativos de carácter oficial de todo nivel; a los hospitales, clínicas, centros de salud, ancianatos, orfanatos de carácter oficial.
- **Servicio público domiciliario de acueducto o servicio público domiciliario de agua potable:** Es la distribución de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición. También forman parte de este servicio las actividades complementarias tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte.
- **Servicio regular:** Es el servicio que se presta a un inmueble de manera permanente para su utilización habitual.
- **Suscriptor:** Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.
- **Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público domiciliario, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio, a este último usuario se denomina también consumidor.

2.6 MARCO TEÓRICO

2.6.1 Origen. El agua potable proviene de un sistema productivo compuesto por instalaciones que captan el agua cruda desde sus fuentes, la transforman en apta para el consumo humano y la distribuyen a los consumidores a través del sistema de distribución. Estas instalaciones se agrupan en las etapas de producción y distribución, y en ellas se producen diferencias entre el volumen de agua que ingresa y el que sale, las que se denominan pérdidas. A continuación se presentan los tipos de pérdidas tomado del proyecto de reducción de pérdidas en sistemas de agua potable⁹.

- **Origen de las pérdidas Físicas:** Las pérdidas físicas corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones. Las causas de estas fallas pueden ser: Presiones máximas, calidad de los materiales, procesos constructivos, estado de conservación de los materiales estructurales, características del agua y de los suelos siniestros provocados por terceros, efectos de las raíces de los árboles sobre las tuberías y presiones externas, entre otras.
- **Origen de las pérdidas comerciales:** Corresponden a las que se originan en la imprecisión de los medidores que registran el consumo de los clientes finales, ya sea por causa de una tendencia sistemática a subvalorar los caudales medidos cuando éstos son muy bajos o cercanos a su límite de sensibilidad, o bien porque la precisión del instrumento disminuye con su uso producto del desgaste natural de sus piezas, produciéndose en ambos casos un “subcontaje”. Existen también pérdidas comerciales por consumos

⁹Proyecto. Reducción de pérdidas en sistemas de agua potable. Santiago de Chile. 1997. Ministerio de planificación y cooperación y pontificia universidad católica de chile.

fraudulentos debidos a conexiones clandestinas a la red de distribución y otras acciones que conllevan hurto.

- **Origen de las pérdidas operacionales:** Corresponden a los volúmenes de agua que son desechados debido a la operación misma del sistema, y se manifiestan en rebases de estanques y desagües. También existen los consumos operacionales, que corresponden a los volúmenes de agua que son utilizados con el objetivo de cumplir con el propósito operacional, entre esos se presentan en el lavado de filtros y estanques de la planta, entre otros.

Nota: Las pérdidas técnicas, pérdidas operacionales y consumos operacionales no serán abordadas en este estudio.

2.6.2 Sistema de Agua Potable (SAP). Un sistema de agua potable (SAP) es un conjunto de instalaciones destinadas a la captación aducción, tratamiento, regulación distribución y comercialización de agua potable, estas instalaciones son las que captan el agua cruda desde sus fuentes, la transforman en apta para el consumo humano y la distribuyen a los usuarios a través del sistema de distribución. A continuación se describen las principales etapas para la obtención de agua potable en la calidad y cantidad demandada por los usuarios¹⁰.

- **Captación:** Es la unidad del sistema que permite el aprovechamiento del agua de una fuente para el abastecimiento de una ciudad o centro de consumo. La elección de una fuente depende fundamentalmente de la calidad de sus aguas, su capacidad de atender la demanda requerida, su ubicación relativa al centro de abastecimiento (topografía y distancia) y del valor del agua cruda.

¹⁰Proyecto. Reducción de pérdidas en sistemas de agua potable. Santiago de Chile. 1997. Ministerio de planificación y cooperación y pontificia universidad católica de chile.

- **Aducción:** Las aducciones consisten en estructuras por las cuales se transporta el agua entre las unidades del sistema: captación a planta de tratamiento, planta de tratamiento a estanques de regulación e interconexiones entre estanques de regulación.
- **Tratamiento:** El proceso de tratamiento a que se debe someter el agua cruda tiene por objetivo transformarla en agua potable.
- **Regulación:** Son unidades destinadas al almacenamiento y regulación de los volúmenes de agua requeridos para distribución, acumulando agua en horas de bajo consumo.
- **Distribución:** La red de distribución consiste en un conjunto de tuberías y elementos accesorios por los cuales se realiza la conducción del agua desde los estanques de regulación hasta los consumidores. La red de distribución puede ser sectorizada con el objeto de mantener las presiones dentro de límites mínimos y máximos recomendados para su operación y el control de pérdidas.
- **Comercialización:** El arranque domiciliario es la unidad del sistema por la que se entrega el agua al consumidor y se compone de tuberías, piezas especiales, válvulas y el medidor. Incluye el tramo desde la línea de distribución hasta el medidor. Es la unidad física que permite la comercialización del sistema, o sea, la venta de agua.

2.6.3 Índice de Agua No Contabilizada. El Índice de Agua No Contabilizada (IANC) es un indicador que básicamente representa el porcentaje de pérdidas de agua en que un prestador incurre en su operación normal, las cuales pueden ser tanto técnicas como comerciales. El IANC se considera básico para evaluar la gestión de la empresa en términos de competitividad y eficiencia económica, en el sentido que establezca la Ley 142 de 1994, según la cual las personas prestadoras de servicios públicos no pueden transferir en las tarifas que cobran a

que cobran a los usuarios los sobrecostos de una gestión ineficiente. En este sentido, la misma ley establece que las tarifas deben aproximarse a lo que serían en un mercado competitivo.¹¹

El cálculo de dicho índice está definido en la resolución CRA 315 de 2005, cuyo numeral 1.1 del anexo 2 establece lo siguiente:

“1.1 – Índice de Agua No Contabilizada del prestador (IANC)- Indicador de primer nivel”

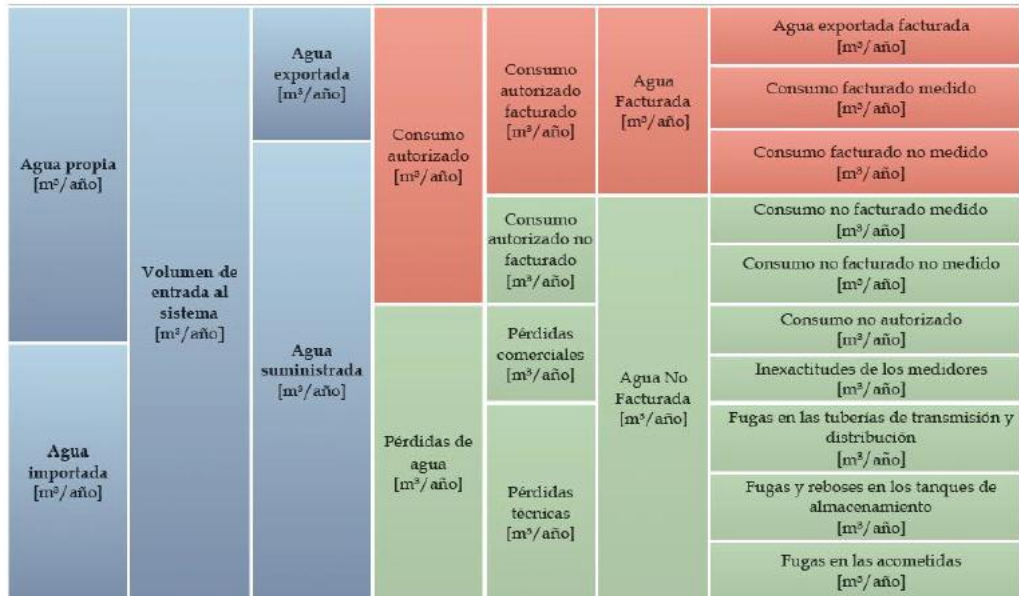
$$\text{IANC} = \frac{\text{Volumen de agua producido+compra de agua en bloque} - \text{Volumen de agua facturado}}{\text{Volumen de agua producido+Compra de Agua en Bloque}} * 100(\%) \quad (1)$$

La Ecuación (1) determina el IANC como la diferencia entre el volumen de agua que ingresa al sistema tanto por producción como por compra de agua en bloque menos el volumen de agua facturada, la diferencia resultante corresponde a la pérdidas en el sistema, en el periodo de análisis.

Resumidamente, las pérdidas totales en un sistema de acueducto están compuestas por las pérdidas técnicas y pérdidas comerciales. En la figura 3 se hace una mejor descripción de las pérdidas totales y su clasificación en técnicas y comerciales, la cual es el Balance Hídrico de Agua Propuesto por la Asociación Internacional de Agua (IWA; International Water Association). Este enfoque ha sido aceptado y adoptado a nivel mundial por empresas de acueducto para realizar la gestión de las pérdidas de agua.

¹¹ Propuesta regulatoria “por la cual se presenta el proyecto de resolución: “por la cual se modifica el numeral 1.1 del anexo 2 de la Resolución CRA N° 315 de 2005, y se inicia el proceso de discusión directa con los usuario y agentes del sector. por el Ministerio de Ambiente, Vivienda, y Desarrollo Territorial y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Figura 3. Balance Hídrico propuesto por IWA



Fuente: Tomado de Garzón F.; “*Introducción al Balance Hídrico*”; Grupo de Investigación en Gestión Avanzada del Agua Urbana – GIGAAU; Pontificia Universidad Javeriana – Cali (Colombia).

El Balance Hídrico es de gran utilidad para evaluar los sistemas hidráulicos ya que ayuda a enfocar los esfuerzos hacia los puntos más críticos del sistema.

2.6.4 Indicadores y Metas de la Gestión de Pérdidas en el Nuevo Marco Regulatorio. La resolución CRA 287 de 2004 (Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado) reconoce que el “El nivel de pérdidas aceptables del 30% que fue definido con base en el IANC, no parece ser en la actualidad el indicador más apropiado para medir la gestión de pérdidas de agua en un sistema de acueducto.

Tabla 2. Indicadores y Metas de la Gestión de Pérdidas en el Nuevo Marco Regulatorio

Acueducto	Estándar de Eficiencia	Meta
ICUF - Índice de agua consumida por usuario facturado (m3/suscriptor/mes)	>= 19 m3 para sistemas ubicados a menos de 1000 msnm y sector residencial.	50% de la brecha según plan de reducción de pérdidas. Para el año 10, el 75% de la brecha según plan de reducción de pérdidas o NEP.
	>= 16 m3 para sistemas ubicados a 1000 msnm o más y sector residencial	
IPUF - Índice de pérdidas por usuario facturado (m3/suscriptor/mes)	<= 6 m3/suscriptor/mes	

Fuente: Proyecto de Resolución CRA 632 de 2013

Dentro de las razones principales que se encuentran para tal afirmación, están las relacionadas con la ineficacia del IANC para medir pérdidas en condiciones de reducción de consumos, por efecto de la elasticidad precio-demanda y en condiciones de discontinuidad del servicio”.¹² Por lo anterior la CRA, por medio de la resolución CRA 632 de 2013, incorpora nuevos elementos en materia de gestión de pérdidas de agua. Como se muestra en la Tabla 2.

Con este nuevo marco regulatorio el nuevo nivel de pérdidas aceptable por el regulador para el cálculo de los costos de prestación del servicio público domiciliario de acueducto se denomina IPUF y debe ser menos o igual a 6 m3/suscriptor/mes.

¹²CRA. Documento de trabajo proyecto General. Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. 2013

2.6.5 Curva Característica Medidores¹³. Los requerimientos metrológicos para cualquier medidor de agua están dados por la medida de cuatro velocidades de flujo que identifican los diferentes campos operacionales en la curva de error del medidor. Los medidores de agua designan en litros por hora, de acuerdo con el caudal mínimo Q1, el caudal de transición Q2, el caudal permanente Q3 y el Caudal de sobrecarga Q4. Todo micromedidor tiene un error de medición. En la figura 4 se muestra una curva típica de error en la cual debe funcionar un medidor nuevo.

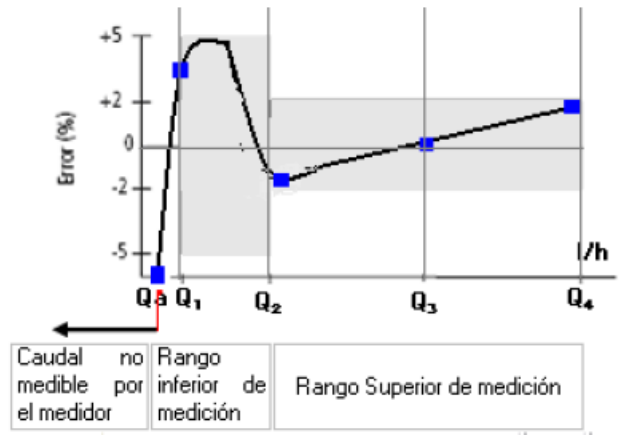
El medidor no registra consumos en caudales muy bajos, desde determinado caudal el medidor inicia su movimiento con un error de medición de registro alto, este caudal delimita el caudal de arranque del medidor. A medida que el caudal se incrementa el medidor registra una reducción del error de medición llegando a tomar errores positivos de registro hasta llegar a equilibrarse, marcando el error máximo permisible de Q1. Entre Q1 y Q2 se reduce el nivel de error para ajustarlo al nivel del error de funcionamiento que es el registrado entre Q2 y el Q4.

Según la Norma NP-004 de la E.A.A.B se genera la curva de error que se presenta en la figura 4 que muestra que un medidor nuevo puede funcionar con +/- 5% de error respecto a su caudal Q1 mientras su funcionamiento este por debajo de Q2, una vez se sobrepase Q2, el medidor debe responder a un +/- 2% de error máximo con respecto al rango de caudal en donde se encuentre funcionando.

La adquisición de un medidor responde a su especificación técnica, se debe detallar la magnitud de los caudales a los que va a funcionar dentro de su curva característica de error, es decir, que valor debe tener Q1, Q2, Q3, y Q4.

¹³ BASTIDAS DELGADO Diana, Caracterización y estimación de consumos de agua de usuarios residenciales. Caso de estudio: Bogotá. Universidad de los Andes- Facultad de Ingeniería. Bogotá, 2009.

Figura 4. Curva característica de un medidor de agua potable



Fuente: BASTIDAS DELGADO, Diana. Documento Tesis de Grado. Caracterización y estimación de Consumos de agua de usuarios residenciales. Caso estudio: Bogotá. Universidad de los Andes. 2009.

Q1: Caudal mínimo, es el caudal más bajo requerido para que el medidor opere dentro del error máximo admisible en la zona inferior.

Q2: Caudal de Transición, se produce entre el caudal mínimo y el caudal de transición y divide el rango de caudal en una zona superior y una zona inferior.

Q3: Caudal permanente, es la más alta a la que se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria dentro del error máximo admitido en la zona superior.

Q4: Caudal de sobrecarga.

Error Máximo Permissible. EMP. Los valores extremos del error relativo de la indicación del medidor de agua, permitidos en esta norma.

Para la realización de las pruebas de verificación de medidores de agua se deben realizar como mínimo una prueba en cada uno de los puntos determinados en la norma NTC-1063 parte 3 versión 1994 ó NTC-1063 parte 3 versión 2007, Q1, Q2, Q3y Q4, este último es opcional.

Nota: El presente trabajo se menciona los caudales de prueba como Q1, Q2, Q3, y Q4 Norma NTC-1063 versión 1994, pero en la norma NTC-1063 versión 2007 se denominan Qmin, Qt, Qp, y Qmax. A continuación se muestran el Error Máximo Permisible para medidores clase A-B-C y medidores clase R160.

Tabla 3. Error Máximo permisible para medidores nuevos y en servicio

Caudal Característico	Error Máximo Permisible (EMP)	
	Clase: A-B-C	Clase: R160
Q3	± 2%	± 4%
Q2	± 2%	± 4%
Q1	± 5%	± 10%

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

Tipos de medidores de agua para uso residencial.

- Medidores de Velocidad: El movimiento de agua al paso por el equipo hace girar la turbina, la cual transfiere por medio de un mecanismo de reloj, la cantidad de vueltas que se traduce en el marcaje de los litros circulados por el mecanismo. Estos tipos de medidores tienen dos especificaciones
 - Medidor de chorro único: Medidor de velocidad, su funcionamiento se basa en la incidencia tangencial de un chorro de agua sobre la turbina alojada en el interior de la carcasa.
 - Medidor de chorro múltiple: Medidores de velocidad, se utilizan en la medición del consumo residencial, comercial y en redes de riego, en estos medidores el agua incide sobre la turbina en toda su periferia.

- Medidores volumétricos: Su principio de funcionamiento está orientado al número de llenados que registra un grupo de cámaras que equivalen a un

volumen determinado. Esto principalmente hace que los medidores no depender de una turbina, se caractericen por ser más exactos.

Clases Metrológicas de los Medidores.

Cuando se habla de la clase metrológica hace referencia a la codificación metrológica sobre la calidad del medidor establecida en la Norma Técnica Colombiana NTC 1063-1. Se denomina por A, B, C siendo clase A la de menor calidad y clase C de la mayor calidad.

- Clase A: Catalogada como la más propensa a manejar grados de exactitud pobres, esto debido a que su desarrollo tecnológico es corto comparado con clases metrológicas superiores.
- Clase B: Con un mayor desarrollo tecnológico, permitió registrar una precisión más alta que el de clase A, aunque con márgenes de error permisibles importantes.
- Clase C: La más alta dentro de las tres en materia de precisión y confiabilidad.
- Clase R160: Es una clase incorporada en la empresa recientemente, acorde con los avances y desarrollo tecnológico del mercado. Esto influenciado en gran parte por lo establecido en la actualización de la NTC 1063-1:2007.

3 CARACTERIZACIÓN DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P., es una empresa de servicios Públicos Domiciliarios, de carácter mixto, y de nacionalidad Colombiana. El amb S.A se encuentra regulado por la ley 142 de 1994, (por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones).

3.1 RESEÑA HISTÓRICA

“Los primeros archivos de memorias y comentarios enmarcan hasta el año 1916 a Las Chorreras de Don Juan, el cual era en su época el sistema de Acueducto más importante que tuvo Bucaramanga, donde el precio del agua variaba por las distancias, horas y cantidad”.

A continuación se describen algunas fechas importantes para la historia del amb S.A¹⁴.

- En 1914 fue promovida, por la población, la constitución de la Compañía Anónima del Acueducto de Bucaramanga, y que finalmente se da en 1916.
- Entre 1925 y 1930 se inició el proceso de recaudo domiciliario, y a partir del 16 de Mayo de 1931 la empresa se denominó Compañía del Acueducto de Bucaramanga.
- En Diciembre de 1975 el Acueducto realizó la nueva reforma estatutaria que convertiría a la empresa en la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga - CAMB, sociedad de economía mixta.
- En 1997 la empresa trabaja en el programa de control de pérdidas, actividad que involucra una optimización de la micromedición y facturación, control de

¹⁴Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. Historia amb S.A. {En línea}. {Julio 2015} disponible en: <<http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=20>>.

fugas en la red y de conexiones fraudulentas y la potenciación de todo el sistema a nivel de tanques, para garantizarle a la comunidad un mejor servicio.

En el Siglo XXI

- El año 2001 el Acueducto implementó un ambicioso Plan Estratégico hacia la Competitividad, basado en la modernización organizacional, el fortalecimiento del potencial de negociación, la consolidación de nuevos abastecimientos de agua, el mantenimiento y desarrollo del actual sistema, un mayor servicio al cliente y más atención a los recursos naturales.
- De igual forma, se inició en este año la construcción de la nueva sede administrativa y del Parque del Agua un proyecto al servicio de la comunidad, ubicado en la planta Morrorríco, en el 2004 se traslada su sede administrativa y comercial, donde la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga CAMB pasa a denominarse amb S.A. Este mismo año se inaugura el Parque del Agua, y recibe dos reconocimientos, los Premios Nacional y Panamericano de Arquitectura, en la modalidad de diseño paisajístico.

El Acueducto ha demostrado una gran confianza de su calidad en el agua suministrada, ratificándolo con diversas acreditaciones, entre esas se tiene:

- En 2004 la Empresa recibe la Acreditación de la Superintendencia de Industria y Comercio bajo la norma NTC – ISO 17025 al Laboratorio de Control de Calidad de Agua.
- En el 2005, el amb S.A inicia los trámites para la Certificación de Calidad ICONTEC ISO 9001:2000.
- En el 2006 el amb S.A recibe la Certificación NTC ISO 9001:2000 en la modalidad Sistemas de Gestión de la Calidad al Proceso de Tratamiento para el Servicio de Suministro de Agua Potable, por otra parte entra en funcionamiento la Planta de Agua envasada amb Agua Viva en las modalidades de Botella, Bolsa, garrafa y Granel.

En sus 99 años la Empresa ha contado con 18 Gerentes que en su orden han sido:

1. Víctor M. Ogliastrí F (1916-1919),
2. Clímaco Silva Silva (1919-1921),
3. Antonio Castro (1921-1924)
4. Alfredo García (1925-1935)
5. Ernesto Sanmiguel (1935 - 1938),
6. Luis Aurelio Díaz (1938 - 1948),
7. Antonio M. Sarmiento (1948-1956)
8. Mario Acevedo Díaz (1956-1972),
9. Eduardo Rueda (1972-1975),
10. Reynaldo Orduz (1975-1988),
11. Enrique Forero (1988 - 1995),
12. Julio C. Hernández (1995-1999),
13. Sergio Acevedo Penagos (1999-2001),
14. Víctor Azuero Díaz (2001-2003),
15. Mauricio Mejía Abello (2003-2006).
16. German Augusto Figueroa Galvis (2006-2010),
17. Samuel F. Mutis Caballero (2010-2012)
18. Ludwig Stünkel García

En el breve resumen de la historia del amb S.A, se evidencia que en sus 99 años de servicio ha ayudado en formación y crecimiento del Área Metropolitana de Bucaramanga y de sus ciudadanos.

3.2 NATURALEZA DEL NEGOCIO

Propósito empresarial.

Prestación de los servicios domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, así como las actividades complementarias al mismo en las localidades que integran el área Metropolitana de Bucaramanga y demás municipios vecinos a los cuales se extienda la prestación de estos servicios, y, en general, en cualquier lugar del país o del exterior, que, por vía contractual, se convenga en esta gestión.

Producir y distribuir aguas con valor agregado en forma complementaria y venta de energía en la medida en que su infraestructura genere este producto.

Prestar servicios de asesoría y asistencia de carácter técnico, operativo, comercial, administrativo e institucional a sistemas de acueducto y saneamiento básico.

Participar como socia de otras Empresas de Servicios Públicos.

Asociarse con personas nacionales o extranjeras, formar consorcios, uniones temporales o cualquier tipo de asociación que la Ley permita.

3.3 MISIÓN

Prestar el servicio de acueducto, asegurando la Sostenibilidad Ambiental, Económica y social.

3.4 VISIÓN

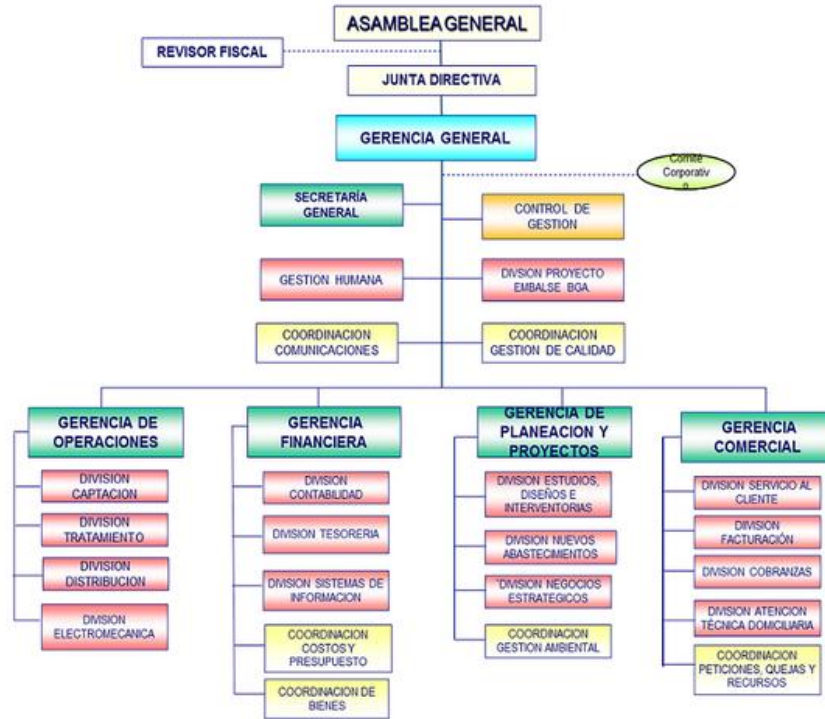
Ser una empresa de servicios públicos competitiva y reconocida en los mercados nacionales e internacionales, construyendo valor y garantizando la sostenibilidad Financiera, Ambiental y Social.

3.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional del amb S.A está definida de acuerdo con los procesos macro que se desarrollan en la Empresa. La dirección y manejo del amb S.A se encuentra bajo la responsabilidad de la dirección de la Gerencia General.

En la figura 5, se observa el organigrama con las áreas funcionales y sus grupos de trabajo, las cuales en el orden jerárquico son: Gerencia de Área, Divisiones, Coordinaciones y Secciones.

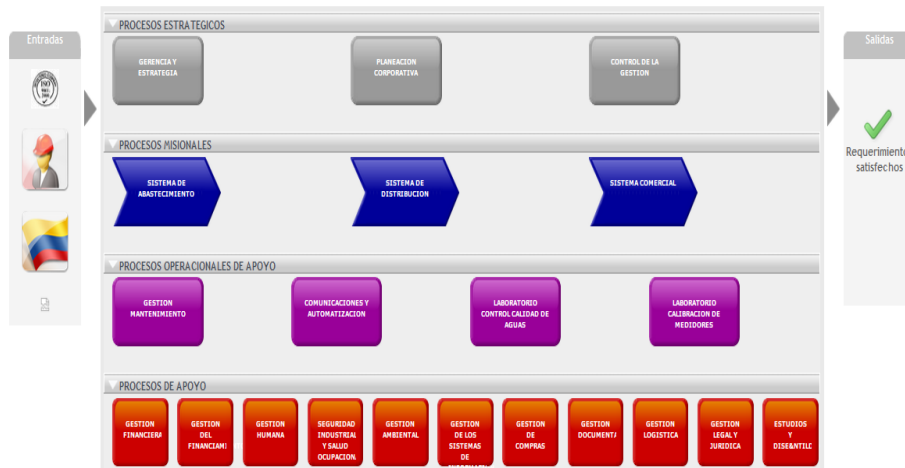
Figura 5. Organigrama de la empresa amb S.A



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

3.6 DIAGRAMA DE PROCESOS

Figura 6. Mapa de Procesos del amb S.A



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

4 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EMPRESA amb S.A.

Se realizó un estudio general de la empresa amb S.A, identificando las principales características con las cuales fuera posible observar la manera como se realizan sus actividades y su dimensión. La información fue recolectada mediante el sistema de información Si++ del amb S.A, entrevistas con el personal e informes de sustentabilidad amb.

4.1 GENERALIDADES

La red Hidrometeorológica cuenta actualmente con 32 estaciones de monitoreo ubicadas estratégicamente en las microcuencas abastecedoras sobre el Río Tona (Quebradas Arnania, golondrinas y el sitio denominado Carrizal), sobre el Río Surata y sobre el Río Frio en la parte baja de la microcuenca que lleva su nombre.

En la tabla 4 se observa el porcentaje de participación de los sistemas y el volumen de agua que fue captado durante el año 2014, que corresponde a un caudal promedio de 2333 L/s, lo que permitió satisfacer la demanda de agua en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón.

Tabla 4. Porcentaje de participación de los sistemas en el 2014

Sistemas	Porcentaje (%)	Captación de agua (L/s)
Sistema Suratá	26,49%	618
Sistema Frío	21,05%	491
Sistema Tona	52,46%	1224
Total	100%	2333

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. Gestión 2014- Informe de sustentabilidad.

En el informe de sustentabilidad Gestión 2014 amb S.A se observa la distribución de consumos de los suscriptores del servicio de acueducto en el 2014. Se observa en la tabla 5 que los suscriptores están clasificados según su uso principalmente, con un 73%, en residencial, es decir, que 42211638,26 m³ corresponden a este tipo de suscriptor.

Tabla 5. Distribución de consumos de los suscriptores amb S.A 2014

Clasificación usuarios	Porcentaje
Residencial	73%
Comercial e Industrial	14%
Oficial	4%
Provisional	6%
Otros	3%

Total Facturado a Diciembre 2014: 57824162m³

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. Gestión 2014- Informe de sustentabilidad.

El amb S.A realiza las siguientes actividades en el desarrollo de su labor:

- La toma de las lecturas: se realiza cada dos (2) meses, por lo cual, para determinar el volumen de agua a facturar al usuario, se procede a dividir el volumen de agua en dos partes y por lo tanto se cobra los dos meses con igual tarifa.
- Suspensión del servicio de Acueducto: Para que se proceda a la suspensión del servicio el usuario debe llevar o completar un mes en mora o atraso sin el pago, esta actividad se realiza con el cierre de la llave de registro o se retira una parte de tubo del medidor. Igualmente la reinstalación se realiza una vez sea reportado el pago de la factura.

- Prueba de medidores: El amb S.A cuenta con un laboratorio de calibración de medidores donde se realiza los análisis para comprobar su eficiencia y calidad en la medición de los volúmenes de agua calculados.

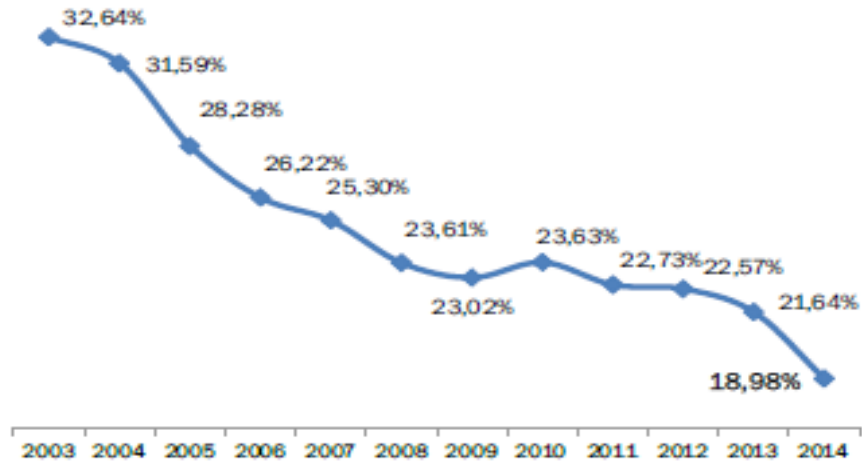
4.2 ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

Para las empresas de acueducto, uno de los indicadores operacionales más representativos es el del índice de Agua No Contabilizada (IANC), este mide la eficiencia que tiene las empresas entre la producción y facturación. Este indicador incluye la pérdida técnica, la pérdida no técnica y el consumo legal no facturado.

Las estrategias enfocadas a la reducción del IANC en el amb S.A no han desarrollado desde finales de 1999, la empresa ha orientado esfuerzo en la reducción de este índice, haciendo inversiones en el control técnico a pérdidas en tanques de distribución, telemetría y control, implementación del sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), logrando niveles inferiores al 30% (establecido por la CRA como criterio mínimo de eficiencia), sin embargo, con respecto a las pérdidas de tipo comercial, se reconoce la deficiencia aunque se ha adelantado programas de reposición de medidores, creación de la Unidad Antifraude y se ha venido realizando gestión comercial para eliminación de fraudulentos y vinculación de usuarios.

En el año 2014 se facturaron 57'824.162 m³ de los 71'374,456 m³ medidos a la salida de las plantas de tratamiento, obteniéndose un índice de Agua No Contabilizada a diciembre de 2014 de 18,98%. La tendencia decreciente que se presentó durante los años ratifica la gestión en el control de presiones, reducción de daños y la gestión de facturación. En la figura 7 se observa el comportamiento del Índice de Agua No contabilizada durante los últimos años en el amb S.A.

Figura 7. Índice de Agua No Contabilizada Anual (2003-2014)



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. Gestión 2014 Informe de Sustentabilidad.

4.3 CATASTRO DE SUSCRIPTORES

El amb S.A para el manejo comercial tiene dividido su catastro en ocho (8) ciclos de facturación, esto es, agrupación de suscriptores por cercanía. A la vez estos ciclos se encuentran organizados por rutas, estas rutas son establecidas para organizar recorridos secuenciales y coherentes que evitan al proceso la pérdida de tiempo, y facilitando la ubicación de los mismos.

Los suscriptores se encuentran clasificados por Uso y Categoría, es decir, según el tipo de actividad que se desarrolla en el predio. Se clasifican en: Residencial, comercial, Industrial, Oficial, Provisional, Temporal, Especial, como se observa en la tabla 6.

El amb S.A. dentro de la clasificación según el uso residencial contempla las pilas públicas, las cuales corresponde al suministro de agua por el amb S.A, de manera provisional, para el abastecimiento colectivo y en zonas que no cuentan con red

de acueducto, siempre que las condiciones técnicas y económicas impidan la instalación de redes domiciliarias.

Tabla 6. Clasificación según el uso contemplado en el amb S.A.

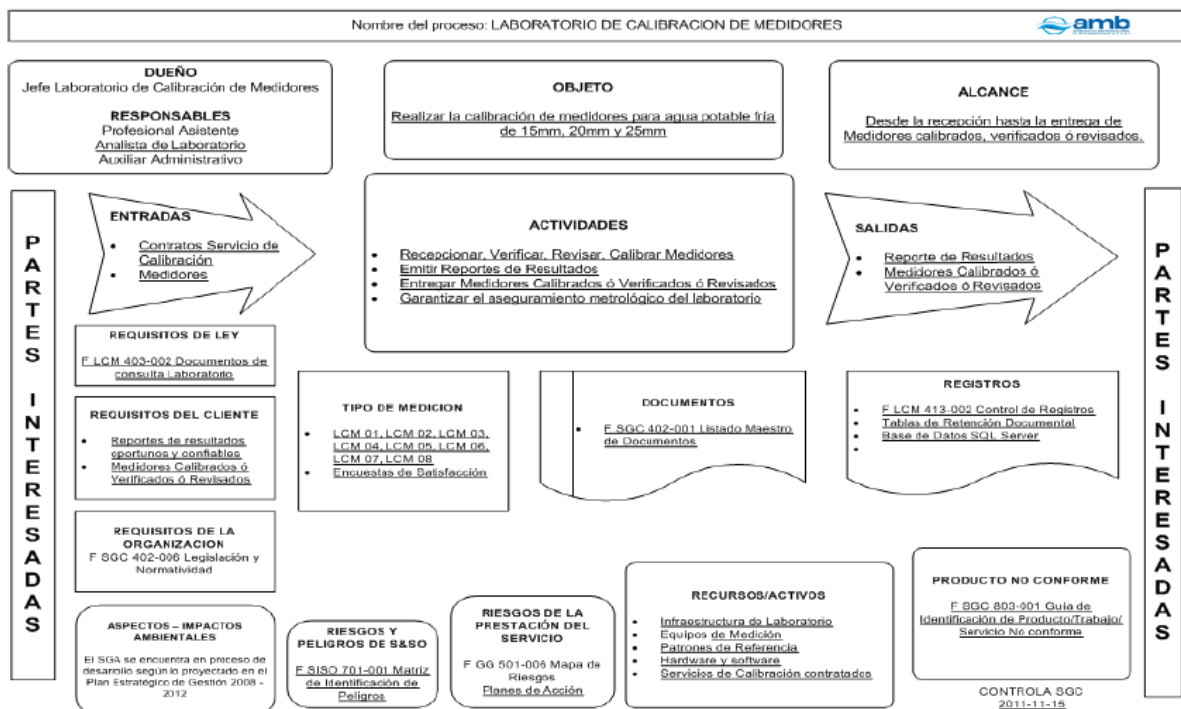
Clasificación según el uso contemplados en el amb S.A:	
Residencial	Predios destinados a fines habitacionales, vivienda de personas y se clasifica en estratos socio-económicos del uno (1) al seis (6).
Comercial	Predios destinados a fines comerciales en los términos del código del comercio.
Industrial	Predios en los cuales se desarrollen actividades de tipo industrial que corresponden a procesos de transformación.
Oficial	Predios que corresponden a entidades de carácter oficial.
Provisional	Es el servicio que se presta mediante fuentes de suministro de carácter comunitario, en zonas urbanas, sin posibilidades inmediatas de extensión de las redes de suministro domiciliario.
Temporal	Se presta a obras en construcción, servicios no residenciales de carácter ocasional, con una duración no superior a un año.
Especial	Se presta a entidades sin ánimo de lucro, previa solicitud a la empresa y bajo las condiciones expresas en el artículo 89.7 de la Ley 142/94

4.4 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES.

El amb S.A cuenta con un Laboratorio de Calibración de Medidores. El LCM, está constituido como una sección independiente de la Gerencia comercial, el objeto del proceso delimita el alcance a la calibración de medidores de 15mm, 20mm y 25mm, desde su recepción hasta la entrega de los medidores calibrados,

verificados. El LCM identifica tanto cliente internos como externos. En la figura 8 se observa la caracterización del Laboratorio de Medidores.

Figura 8. Caracterización del Laboratorio de Medidores

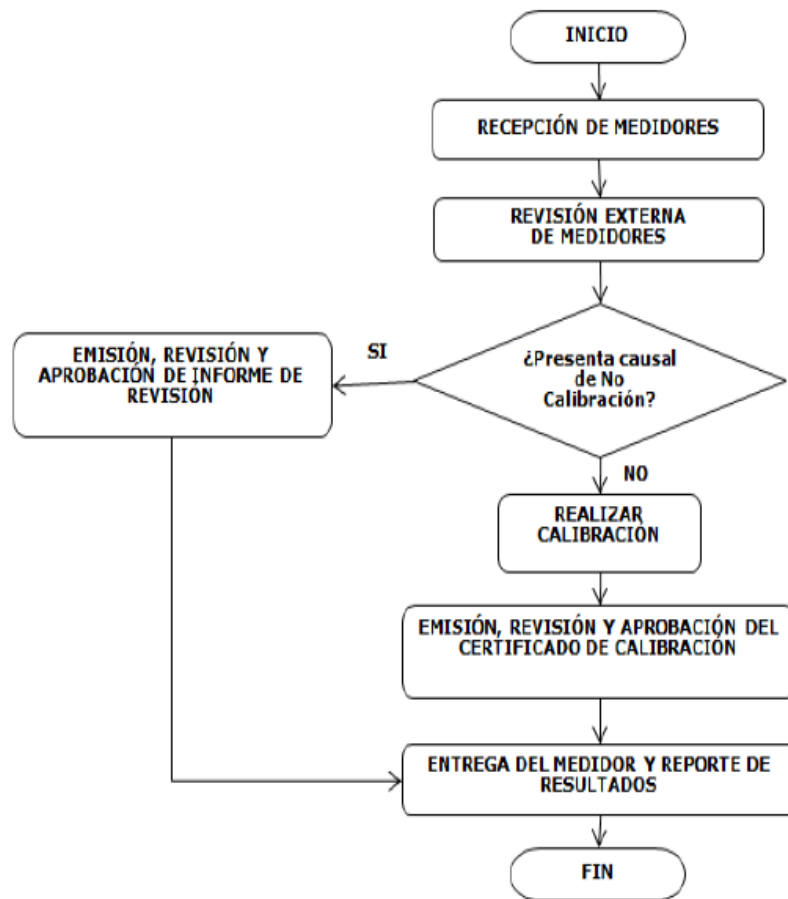


Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

Flujo del Proceso.

El ingreso de los medidores al Laboratorio de Calibración es por medio de la sección de medidores, el cual actúa como cliente interno. Para el ingreso del medidor al LCM se debe realizar un contrato de calibración entre las partes y así mismo los compromisos. En la figura 9 se detalla el flujo del proceso del Laboratorio de Calibración de Medidores.

Figura 9. Flujo de Proceso Laboratorio de Calibración de Medidores



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P

El proceso genera como resultado un informe o certificado de calibración de la revisión con un resultado de viabilidad o no del medidor. Al final del proceso son entregados los certificados junto al medidor al cliente interno, sección de medidores, quien toma la decisión de acuerdo al resultado obtenido.

5 CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA

En los acueductos se presentan volúmenes de agua no Contabilizada y el amb S.A no es la excepción, estos volúmenes corresponden a pérdidas físicas, comerciales y operacionales, estas últimas son las que están relacionadas con la operación.

Para el desarrollo de este proyecto se estudian las pérdidas comerciales en el amb S.A, las cuales se mencionan a continuación, estas son tomadas de estudios anteriores y mediante entrevistas a los trabajadores del amb S.A.

5.1 MICROMEDICIÓN

5.1.1 Pérdidas por errores de medición. Los medidores de agua potable presentan errores asociados al registro de volúmenes, los cuales son función, principalmente, de la estructura de consumo, del tipo de medidor utilizado. Se presentan los siguientes casos:

- **Medidores Desajustados:** Los equipos usados para la medición del volumen de agua a facturar presentan obsolescencia debido a que sus componentes han sido desgastados, o porque algún elemento extraño ingresa en la unidad de registro o vienen defectuosos de fábrica y empiezan a medir por debajo del promedio del usuario, provocando un subcontaje e imprecisión.
- **Insensibilidad:** Corresponde al volumen consumido pero no registrado por los micromedidores debido a la tendencia sistemática que presentan estos instrumentos a subvalorar la medición cuando los caudales de consumo son inferiores a su límite de sensibilidad.

5.1.2 Pérdidas por ausencia de medición. Corresponde a la diferencia entre los volúmenes que son efectivamente consumidos y aquellos estimados por la empresa para efectos de facturación, en caso de ausencia de micromedidores, o cuando estos se encuentran detenidos.

- **Medidores Detenidos:** Se presentan cuando en un predio a pesar de que se presenten consumo el medidor no registra la cantidad de metros cúbicos consumidos por el usuario.
- **Ausencia en medición:** Se presentan cuando no se presenta registro de toma de lectura, esto se debe a diferentes razones, entre esas tenemos, que el personal no encuentran la cajilla, la acometida y /o medidor está en mal estado, impidiendo su lectura.

5.2 POR DERIVACIONES FRAUDULENTAS

Son aquellas pérdidas que se generan por manipulación por personal no perteneciente al acueducto para la obtención del líquido, estos consumos no son medidos o estimados por la empresa. Pueden ocurrir a lo largo de las tuberías y de los accesorios de las etapas de producción y distribución. Los más comunes se producen en esta última etapa, donde se caracterizan como: medidor invertido, arranques conectados clandestinamente y by-pass del medidor, entre otros.

5.2.1 Medidores Manipulados. Un medidor manipulado se presenta cuando se altera sus elementos con el fin que no se registre el volumen consumido o se registre un valor menor.

Se presenta comúnmente con los usuarios que consumen un mayor volumen debido a la actividad económica del predio, como son sectores industriales o comerciales, también se presenta, en menor proporción, en sectores residenciales con objeto que la factura mensual refleje un menor valor.

5.2.2 Suplantar Medidor. Consiste en retirar el medidor y colocar otro por un tiempo y después volver a instalar el medidor registrado por la empresa. Este tipo de modalidad no despierta sospecha debido a la similitud de los medidores en el momento de toma de lecturas.

5.2.3 Medidor Invertido. Consiste en el cambio de la posición de la instalación del medidor, al realizar esta maniobra el flujo de agua al ingresar el medidor registra de manera inversa por lo que el registro se irá disminuyendo. Esta actividad se realiza por periodos para que sea difícil ubicar esta conexión ilegal por el acueducto.

5.2.4 Desconectar el medidor y Generar Paso Directo. Consiste en retirar el medidor y conectarse de manera directa a través de un tubo a la red matriz por lo que no existe ningún tipo de control o registro del consumo. Esta actividad se realiza por periodos con el fin de que el volumen de agua a facturar sea menor al que realmente se consumido.

6 METODOLOGÍA

a. **Determinación Zona de Estudio.**

Para la selección del sector, éste debe encontrarse aislado hidráulicamente: Para la implementación de la metodología es necesario limitar en lo posible las entradas de agua al sistema, lo cual se conoce como sectorización. La sectorización hidráulica facilita las labores de control del sistema y minimiza la cantidad de estaciones reguladoras de caudal, requeridas para controlar una zona dada. Si el sector deseado para el estudio no está sectorizado hidráulicamente como primer paso se debe sectorizar para poder realizar seguimiento y control.

La determinación del sector estudio se pueden tomar dos puntos de referencia:

- Realizar análisis y comparación entre el valor macromedido y el suma de lo facturado en el sector. Este análisis se debe realizar para evaluar la importancia de la realización del proyecto.
- Por decisión del equipo de trabajo según sus necesidades y hallazgos de la empresa para el control del sector.

Nota: Para la sectorización es necesario seleccionar el punto(s) de control de entrada del agua, seguidamente construir una cámara para instalar el macromedidor. Además tener muy en cuenta las delimitaciones del sector.

b. **Caracterización de Suscriptores.**

En este paso se debe obtener la siguiente información de los suscriptores del sector, si la empresa no cuenta con esta información o está incompleta es necesario realizar un censo.

- Clasificación según su uso por el amb S.A.: Caracterizar a los suscriptores del sector según su uso en: residencial, comercial, industrial, oficial, provisional, temporal, o especial.
- Estrato socioeconómico de consumidores: Identificar el estrato al que pertenece los suscriptores del sector.
- Identificación de grandes consumidores: Es importante determinar si existen grandes consumidores en el sector estudio, ya que si éste es representativo, puede desviar, en cierta medida, la tendencia general. Entre estos tenemos los que son pilas públicas, medidores control, industrias, centros educativos, hospitalarios u oficiales, entre otros.
- Georeferenciación de los suscriptores: Es importante tener la ubicación espacial de los usuarios, con esta información se observa en el sector donde se encuentran ubicados los suscriptores. Si los datos no están geo-codificados es necesario hacer un censo en el sector, la geo-codificación es cruzada (o comparada) con el mapa catastral de la zona, para verificar la ubicación correcta de todos los suscriptores respecto a las cuadras de la ciudad.

c. Catastro de Redes.

En este paso se obtiene la información referente a la red del sector y sus componentes. Es importante Identificar:

- Caracterización de medidores: Clase, marca, diámetro, etc, de Medidores existentes en el sector.
- Número de Medidores detenidos en el sector: Reporte actualizado de número de medidores detenidos
- Caracterización de tubería: Es importante conocer el material de la tubería, si es PVC, Polietileno, Asbesto Cemento (AC), Acero, hierro Galvanizado (HG), Hierro Fundido Gris (HF), Hierro Ductil (HD), ó concreto reforzado por cilindro de hacer (CCP) y su distribución porcentual de material, además de sus

diámetros a lo largo de la red de distribución de agua potable en es sector hidráulico.

- Funcionamiento y localización de Tanques y estaciones reguladoras de presión: Es necesario tener un esquema general del funcionamiento de la red del sector estudio, conocer el (los) tanque(s) que alimentan el sector y su capacidad de almacenamiento.
- Localización de válvulas de paso del sector.
- El número y localización de las válvulas reguladoras de presión con las que cuenta el sector, especificando si estas están abiertas o cerradas.

d. Diagnóstico Inicial.

Este diagnóstico se hace fundamental para realizar un análisis general del estado del sector y además constatar la pertinencia del proyecto de reducción de pérdidas comerciales.

- Información sobre el consumo histórico de cada usuario, utilizando la base de datos de la empresa.
- Micromedición Sector Hidráulico: Es la información recolectada, a través de la lectura de los medidores domiciliarios. Se deben realizar mínimo tres jornadas de micromedición continuas para poder realizar la comparación entre las lecturas y obtener el consumo de los suscriptores. Al tener procesos repetibles, el nivel de calidad del proyecto aumenta.
- Una vez se han identificado suscriptores con problemas de lectura, estas se envían a un proceso de verificación de suscriptores con consumo cero y si necesario a un proceso de relectura y corrección de datos, esto último con ayuda de las observaciones registradas por el personal encargado de la realización de la lectura. Posteriormente se procede a hacer una comparación entre el consumo histórico y el leído en los medidores.

- **Macromedición:** En éste punto se describen todas las actividades relacionadas con la macromedición. Llevar registro de la lectura tomada del macromedidor y su fecha en que se realizó, esto con el fin de determinar la cantidad de agua potable suministrada al sector en un periodo determinado.
- **Volumen de agua no contabilizada:** Es necesario hallar el consumo de cada suscriptor y luego sumarlos para hallar el volumen de agua consumida por los suscriptores del sector, con el fin de obtener el caudal micromedido. Éste es comparado con el caudal Macromedido para así determinar el Índice de Agua No Contabilizada (IANC).

e. Gestión de pérdidas Comerciales.

Este es un punto muy importante para el proyecto, ya que comprende todas las actividades de planificación y ejecución de las actividades de campo.

Con el análisis y hallazgos de la información recolectada en los pasos anteriores es importante establecer actividades de mejora. A continuación se presentan actividades que son de gran importancia realizar en el sector estudio como herramienta para la toma de decisiones.

- cálculo de error de medición de los medidores.
- Gestión de fraudulentos: Consumos bajos.
- Estudio de perfil de consumo
- Observaciones del personal encargado de las labores de campo.

7 ÁNALISIS DEL SECTOR HIDRÁULICO CAFÉ MADRID

El análisis de las actividades relacionadas al proyecto de reducción de pérdidas comerciales se enfoca principalmente en actividades de gestión de medición y gestión de fraudulentos.

Para la gestión de pérdidas comerciales se van a seguir cinco (5) grandes etapas, descritas a continuación.

7.1 DETERMINACIÓN ZONA DE ESTUDIO

La selección del sector se realizó por requerimiento y necesidad de la empresa amb S.A al observar vulnerabilidad en el sector y por reporte por parte del personal operativo de irregularidades.

El sector Seleccionado es el sector hidráulico Café Madrid, este sector fue aislado hidráulicamente para la realización de este proyecto... Véase en el numeral 2.1...

7.2 CARACTERIZACIÓN DE SUSCRIPTORES

El sector hidráulico Café Madrid dentro la base de datos de la empresa Si++ a octubre de 2014, cuenta con 1016 usuarios, dentro de estos se encuentran 8 medidores que corresponden a medidor control cada uno con 32 usuarios residenciales, para este estudio se van a tomar los 1016 suscriptores, los mismos de la jornada de micromedición de 2014.

Los suscriptores según su clasificación por uso se distribuyen de la siguiente forma:

- Residenciales un 98,52 % con 1001 suscriptores, de estratos 1 y 2.

Dentro del sector residencial, se encuentran 14 pilas públicas, y 8 medidores controles.

- Comercial e industrial un 1.48% con 15 suscriptores registrados.

En la tabla 6 se observa la clasificación según el uso de los usuarios del sector estudio, demostrando que este sector es principalmente Residencial con un 98,52% de los suscriptores, con 615 suscriptores de estrato 1 y 386 suscriptores de estrato dos.

Tabla 7. Distribución de suscriptores según su tipo

Uso	Estrato	Número de suscripciones	Porcentaje
Residencial	Estrato 1	615	60,53%
Residencial	Estrato 2	386	37,99%
Comercial e industrial	Estrato 7	13	1,28%
Comercial e industrial	Estrato 8	2	0,20%
Total general		1016	100%

Nota: El sector ha venido creciendo, paulatinamente se han venido estableciendo diferentes comunidades algunas de ellas subnormales debido a la problemática social que afronta el país. Lo anterior ha propiciado que el desarrollo urbanístico de la zona no presente una adecuada planeación, haciendo difícil la buena prestación del servicio público de agua potable.

Además de conocer la clasificación de los suscriptores es importante tener la ubicación espacial de estos, con esta información observamos en el sector donde se encuentran ubicados. Los suscriptores del sector hidráulico Café Madrid cuentan con un código único para su identificación y se encuentran ubicados

geográficamente, en la figura 10 se observa la ubicación de cada uno de los suscriptores.

Figura 10. Geo-codificación sector hidráulico café Madrid



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

7.3 CATASTRO DE REDES

- **Sector Café Madrid.**

El Café Madrid se encuentra sectorizado hidráulicamente, cuenta con una sola entrada de agua, en esta se encuentra instalado un macromedidor, el cual registra el volumen de agua potable suministrado al sector. En la figura 11 se puede observar el catastro del sector.

- **Funcionamiento y Localización del Tanque.**

En la figura 12 se presenta un esquema general del funcionamiento de la red del distrito Ferrovías. El tanque Ferrovías es el tanque que suministra la totalidad del

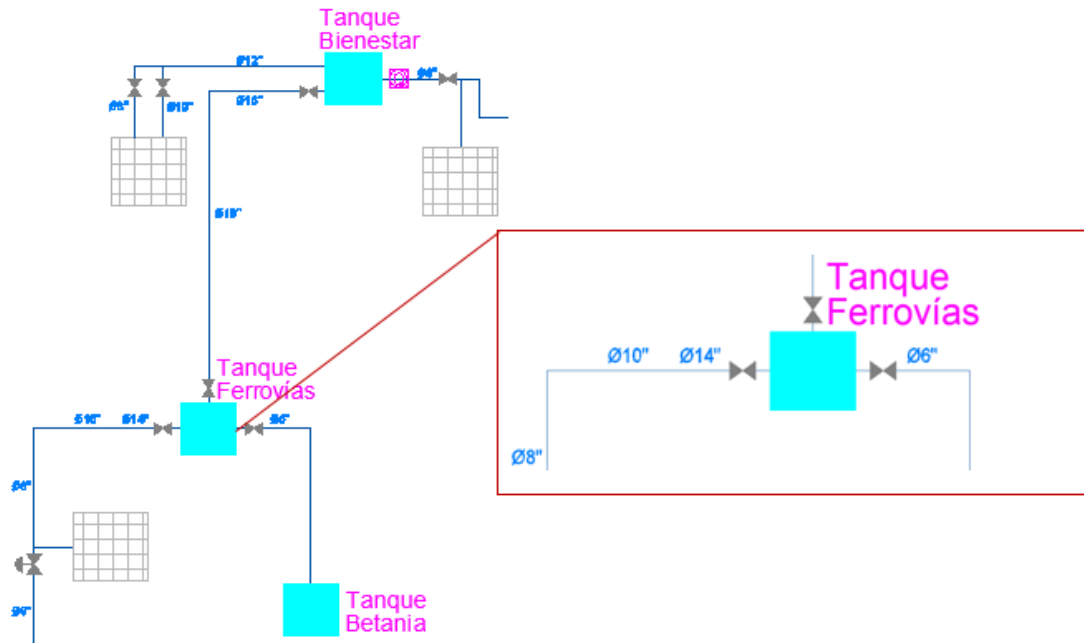
agua al sector Café Madrid y a otros sectores cercanos. El tanque Ferrovías a la vez es alimentado por el tanque Bienestar.

Figura 11. Catastro Sector Hidráulico Café Madrid



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. Abril de 2015.

Figura 12. Esquema del tanque Ferrovías



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

El agua potable para el sector es suministrada desde el tanque ferrovías al sector completamente por gravedad, el tanque tiene un área de 373,49 m² y una altura de 4,15 m, con una capacidad máxima de almacenamiento de 1550 m³, su cota de fondo es de 779,5 msnm y su cota de rebose es de 183,65 msnm.

- **Caracterización Redes y Medidores sector Hidráulico Café Madrid.**

El Sector Hidráulico Café Madrid cuenta con una longitud de tubería de 7945,88 metros, los materiales usados son Policloruro de vinilo (PVC) y Hierro Dúctil (HD) en un 97,95% y 2,05% respectivamente.

En este sector se encuentran tuberías de diferentes diámetros desde 1 pulgada hasta 6 pulgadas, predominando tubería PVC de 3 pulgadas de diámetro, como se observa a continuación en la tabla 8.

Tabla 8. Distribución porcentual de material y longitud de la tubería del Sector hidráulico Café Madrid

Material	Diametros	Longitud (m)	Porcentaje
PVC	1	62,83	0,79%
	1,5	443,8	5,59%
	2	2432,18	30,61%
	3	4077,17	51,31%
	4	767,34	9,66%
HD	6	162,56	2,05%
Total general		7945,88	100%

En la Tabla 9 se observa la cantidad de medidores en el sector y sus diámetros, siendo el más usado en el sector el medidor clase B. En la tabla 10 se observa que para la fecha de Abril de 2015 se encuentran 58 medidores detenidos, correspondiendo 5,71% de la población del sector estudio (Véase Anexo A)

Tabla 9. Distribución porcentual de la cantidad de medidores según su diámetro de Medidores

DIAMETRO	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 " R-80	10	0,98%
1/2" CL B	767	75,49%
1/2" R-160	235	23,13%
3/4 " CL B	4	0,39%
Total general	1016	100%

Tabla 10. Número de Medidores Detenidos en el sector estudio

Sector	Total Medidores estudio	Medidores detenidos	Porcentaje de medidores detenidos
Café Madrid	1016	58	5,71%

En el Sector Hidráulico Café Madrid existe una gran cantidad de medidores que reportan su fecha de instalación desde 1990 y los más recientes en el año 2015, en la Tabla 11 se observa la distribución porcentual de las fechas de instalación de estos.

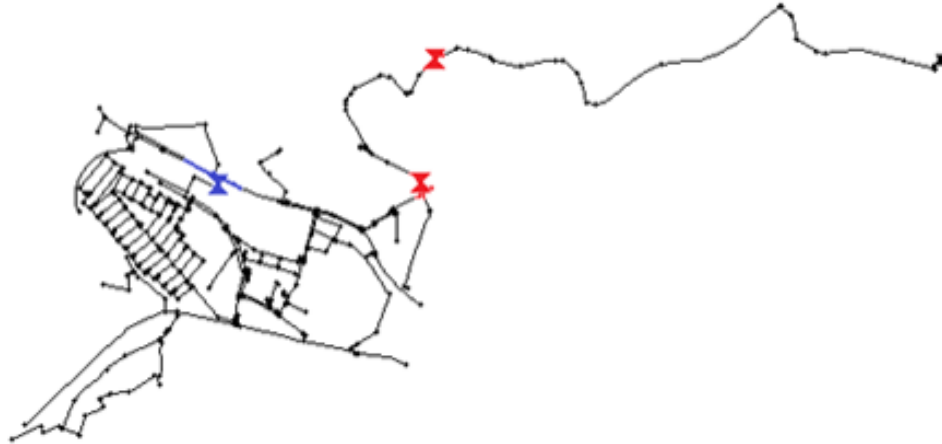
Tabla 11. Distribución porcentual de fechas de instalación de medidores

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>
01/01/1990	44	44
01/01/1992	26	70
01/01/1994	26	96
01/01/1996	12	108
01/01/1998	9	117
01/01/2000	42	159
01/01/2002	32	191
01/01/2004	24	215
01/01/2006	205	420
01/01/2008	101	521
01/01/2010	367	888
01/01/2012	174	1062
01/01/2014	162	1224
01/01/2016	95	1319
y mayor...	0	1319

En el sector existen medidores que han sobrepasado el tiempo de vida útil, por lo tanto es necesario realizar un análisis con el propósito de reducir las distorsiones entre el volumen de agua potable efectivamente consumido por los clientes y el registrado por el sistema de medición. La información fue tomada del reporte “Listado de usuarios para ciclo uno” en Abril/15/15.

- **Válvulas Regulatoras de presión existentes en el sector.**

Figura 13. Válvulas reguladoras de presión existentes en el sector



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

En la red de distribución que suministra agua potable al sector hidráulico desde el tanque ferrocarriles existen tres (3) válvulas reguladoras de presión, como se ve el figura 13, las dos primeras que están de color rojo son las que están fuera del sector estudio, es decir, entre el tanque Ferrocarriles y el macromedidor del sector, y la tercera válvula, de color azul, que está dentro del sector.

7.4 DIAGNÓSTICO INICIAL

- **Micromedición:** Para el diagnóstico inicial del sector hidráulico se realiza un análisis estadístico de las jornadas de micromedición realizadas en los meses de agosto y Septiembre, 4 jornadas de micromedición con periodicidad de 15 días, estos datos son tomados por el personal encargado de las lecturas, estos son datos brutos. Además se recolecta de información referente a aquellas actividades relacionadas al proceso.

En el análisis inicial se encontró valores de lecturas que no concuerdan con el comportamiento histórico del consumo del suscriptor, por lo tanto se revisa en el sistema para determinar las causas de este tipo de comportamiento en algunos datos, a continuación se listan una serie de observaciones realizadas por el personal encargado durante la toma de lecturas:

- Cambio de Medidor (Al cambiar el medidor la lectura vuelve a cero)
- Cajilla tapada.
- No se encuentra medidor.
- El medidor fue retirado.
- Medidor desconectado.
- No se encuentra cajilla.
- Llave cerrada.

Estas observaciones realizadas por el personal de campo demuestran que existen diferentes factores que afectan sus labores diarias, atrasando el trabajo a realizar.

Otro factor que se observó fue que algunos consumos superaban muy arriba el consumo básico, del orden de 20 m³/suscriptor-mes (CRA 1994). Por lo tanto se verificó en la base de datos y se halló que muchos de los datos que supera el consumo básico se deben a que son pilas públicas o medidores controles. Además se presentan por errores en la medición, alteraciones del sistema de medición, entre otros. Otros si corresponden a suscriptores clasificados en el sistema Si++ como residenciales, por lo tanto es importante verificar la actividad que desempeña estos suscriptores y actualizar en la base de datos.

- **Volumen de Agua No Contabilizada.**

Para hallar el volumen de agua no contabilizada aproximado del sector, se realizó la verificación del número de entradas de agua al sector, encontrándose una en el sector la iglesia, la cual cuenta con un macromedidor, instalado en 2014.

Teniendo en cuenta la información anterior se procede a la realización de un proceso de filtrado para la corrección del consumo a partir del consumo histórico, con el fin de eliminar aquellos consumos promedio erróneos de la jornada de micromedición, y estimar el consumo total en el sector estudio. Este análisis se desarrolló teniendo como base el proyecto desarrollado por la Universidad de los Andes y el amb S.A bajo el título “Metodología para la definición de planos óptimos de presiones y Reducción de Agua No Contabilizada. 2006”

A continuación se enumeran los pasos realizados para la obtención del Volumen de Agua No Contabilizada.

- a. Se ordenan los datos según el estrato.
- b. Se halla el consumo promedio con las lecturas consecutivas realizadas en las jornadas de micromedición.
- c. Se halla la relación “consumo promedio/histórico” para todos los suscriptores, con el fin de verificar la varianza que ha tenido el consumo actual respecto al histórico.

En este paso, en la relación “consumo promedio/histórico” se encontraron valores muy altos, valores erróneos que posiblemente representan problemas en las lecturas realizadas. Por tal razón, surge la necesidad de determinar un rango de validez.

- d. Se determina un rango de validez de consumo. Este se establece en 1,5, el cual es el recomendado para este tipo de trabajo¹⁵.

¹⁵ amb S.A. y Universidad de los Andes. Metodología para la definición de planos óptimos de presiones y reducción de agua no contabilizada. 2006.

- e. Corrección a los consumos, se hace con el fin de estimar el caudal consumido en el sector estudio y eliminar los posibles errores en el proceso de lectura en las micromediciones, y tiene como base el consumo histórico.

Para la corrección del consumo se sigue el siguiente criterio, el valor no necesita ser corregido si el valor del consumo del suscriptor es mayor a cero y menor al rango de aceptación; de lo contrario, el consumo calculado será remplazado por el consumo histórico, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Parámetros de corrección

Condición.	Corrección
0 < Consumo promedio < 1,5 * histórico	Consumo promedio
Consumo promedio < 0	Histórico
Consumo promedio > 1,5 * histórico	Histórico

- f. Hallar el Índice de Agua No contabilizada con los datos de las 4 jornadas de micromedición, utilizando los valores de consumo macromedido y micromedido en el sector hidráulico, tal como se muestra en la ecuación.

$$IANC = \frac{\text{Volumen de agua macromedido} - \text{Volumen de agua micromedido}}{\text{Volumen de agua macromedido}} * 100 \quad (2)$$

Donde el consumo macromedido corresponde al que registraba el medidor control del sector hidráulico y el micromedido corresponde a los cálculos realizados de corrección a los suscriptores, a partir de las micromediciones realizadas en el sector hidráulico Café Madrid.

La macromedición se realizó en el mismo año que la realización de la micromedición, esto con el fin de que los valores no varíen por efectos climáticos u otras variables que pueden afectar su control. (Ver tabla 13)

Tabla 13. Macromedición Sector Café Madrid

Concepto	Consumo del medidor control				
	24/07/2014	16/08/2014	30/08/2014	13/09/2014	27/09/2014
Lectura Medidor Control	232381	257732	272951	288647	303.966
Consumo promedio/mes		33066,5217	32612,1429	33634,2857	32826,4286
Consumo/día		1102,21739	1087,07143	1121,14286	1094,21429
Promedio (m3/día)	1101,16149				

Tabla 14. Resultado estudio de Volumen de Agua No Contabilizada Sector Hidráulico Café Madrid

Volumen de agua Macromedido(m3/día)	Volumen de agua micromedido(m3/día)	Agua No Contabilizada (m3/día)	Índice de Agua No Contabilizada (%)
1100,81	737,17	363,64	33,03413073

El valor del volumen de agua micromedido corresponde a 737,17 m3/día. En la tabla 14 se observa que el volumen de Agua No Contabilizada corresponde a 363,64 m3/día aproximadamente, con un IANC del 33,03%.

Realizando una comparación del índice de Agua No Contabilizada del sector hidráulico Café Madrid para los meses de Agosto y septiembre con un 33,04%, y el índice de Agua No Contabilizada general de la empresa para el 2014 con un 18,98%, se observa que existe una diferencia muy significativa y se infiere que existen sectores que ha sido difícil su control y que están afectando el índice general de la empresa.

Valor del Índice de Agua no Contabilizado con respecto a lo facturado.

Por otra parte, comparando el consumo realizado por el medidor general del sector y el facturado se observa una diferencia significativa, y por lo tanto un alto porcentaje de pérdidas del sector. Para este análisis se tomó los periodos de noviembre, Diciembre, Enero y Febrero facturados y se realizó un análisis de la cantidad de agua no contabilizada entre el promedio de consumo del medidor control versus el promedio del total facturado en sus respectivos periodos.

Tabla 15. Valor del índice de Agua No Contabilizada tomando los valores facturados de 4 periodos

PERIODO FACTURADO	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
ANC (m³)	10.492	8.231	8.403	9.301
IANC (%)	29,40%	23,06%	23,55%	26,06%

En la Tabla 15 se observa que existe un IANC en el sector, con respecto a lo facturado, de un 26,06%, este porcentaje está dentro de lo aceptado por la ley, del 30%, pero es más elevado que el general de la empresa, el cual corresponde al 18,98%. El área de Facturación al no presentar lectura coherente con la histórica realiza un proceso de crítica y un cobro por promedio.

7.5 GESTIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES

Una vez expuesto en el diagnóstico lo que se presenta en el sector, es necesario realizar propuestas para la gestión de pérdidas Comerciales y diversos análisis a factores que influyen directamente en las pérdidas ya sean por acciones fraudulentas o por errores en la medición, para lo cual se requiere que se enfoquen actividades para su control y así ayuden a solventar dichos inconvenientes.

7.5.1 Acciones orientadas a la recuperación de pérdidas comerciales por micromedición.

Las pérdidas presentadas por micromedición se presentan por errores de medición o por ausencia de medición.

7.5.1.1 Análisis de Sub-medición de medidores.

Una de causa de las pérdidas de agua es la micromedición, la cual corresponde a la exactitud de los medidores a la hora de marcar la lectura, ya que puede presentarse un subcontaje y por lo tanto propiciar algunas pérdidas de agua por el deterioro del micromedidor.

Para la verificación y análisis del estado del micromedidor se van a tener en cuenta lo siguientes pasos generales:

- Por el tamaño de la población se requiere solo tomar una muestra de inferencia. El tamaño de la muestra se condiciona a los siguientes parámetros: Costo, Tiempo de medición; y Capacidad del laboratorio de Calibración.
- Se hace retiro de los medidores muestra de la acometida: Se realiza la orden en el sistema de información y se le asigna la actividad al personal técnico.

- Son llevados los medidores a prueba de calibración al Laboratorio. Se realiza el contrato entre la sección de medidores, cliente interno, y el laboratorio de Calibración.
- Se realiza análisis de resultados. Se realizan las pruebas necesarias en el Laboratorio y se obtienen los resultados para analizar.

Diseño de la muestra.

El objetivo del diseño de estudios por muestreo, es maximizar la cantidad de información para un costo dado. Para la selección de la muestra representativa se tomó en cuenta que en el sector se encuentra clasificado según su uso principalmente en Residencial, con un 98,5%, por lo tanto se toma la muestra solo de los clasificados en residencial.

Tamaño de muestra.

Con un nivel de confianza de 90% y un error del 10% $n = 63,85 \cong 64$.

La empresa decide, por capacidad del laboratorio de calibración de medidores, tiempo y costo tomar una muestra con un 90% de confiabilidad y un error del 0,1.

Se generó una muestra de forma aleatoria de 64 medidores para prueba en el laboratorio, del total de medidores solo se retiró para prueba 18 medidores, ya que los medidores pertenecen al usuario y estos no permitían su retiro para prueba, por esta razón, se sacó una segunda muestra de 62 medidores (véase Anexo B), para esta muestra la empresa amb S.A se comprometió con el usuario que si el medidor estaba fuera del rango de aceptación se hacia el cambio de medidor por uno en buen estado sin ningún costo, en la tabla 16 se observa la muestra final representativa para la prueba en el Laboratorio de Calibración de Medidores amb S.A.

Tabla 16. Muestra aleatoria para prueba de medidores en Laboratorio de Calibración

Código					
182164	000413	182365	197157	242616	000155
181440	000432	173392	181940	184618	000506
182715	000396	182123	000525	192858	000205
181863	000547	183382	000245	175377	000045
183465	172983	185410	000405	000017	000284
181367	000244	182316	000434	182036	000198
181357	000036	188024	182117	173399	000180
183369	182062	187073	179090	000141	181898
000540	000363	197160	186807	191032	182280
000541	000228	197143	204465	000343	000404

Medidores para prueba en Laboratorio de Calibración de Medidores.

Tabla 17. Resultado Muestra de Medidores para pruebas en LCM

Resultado	Cantidad	Porcentaje
No Calibrados	17	28,33%
Calibrados dentro de los rangos de aceptación	23	38,33%
Calibrados fuera de los rangos de aceptación	20	33,34%
Total	60	100%

Donde: No Calibrados: Son los medidores que son llevados al Laboratorio de calibración de Medidores pero durante la primera inspección visual se identifica que no están en buenas condiciones y no pasa a Calibración.

Se obtiene como resultado la cantidad de 60 medidores retirados para la muestra. Posteriormente se selecciona los medidores que están en buenas condiciones para ingresar al Laboratorio y se descubre que de la muestra un 28% no está en condiciones adecuadas para la realización de dicha prueba por sus malas condiciones físicas. Un 33% de los medidores están fuera del error máximo permisible, y tan solo el 38% de los sesenta (60) medidores de la muestra están dentro del error máximo permisible, como se observa en la tabla 17.

Resultados de la Prueba de Laboratorio

Tabla 18. Resultados prueba de Laboratorio de Calibración de medidores

Código	UBICACION	Marca	Clase	Lect. m3 al retiro	Serie	Qn			Qt			Qmin		
						Qn. Error en la Prueba %	E.M.P + (%)	Incertidumbre incluyendo el mesurando	Qt. Error en la Prueba %	E.M.P + (%)	Incertidumbre incluyendo el mesurando	Qmin. Error en la Prueba %	E.M.P + (%)	Incertidumbre incluyendo el mesurando
182164	10332-2108-1520	ABB-3MM15	B	1177,0	2003	1,64	2	0,14	2,78	2	0,43	-0,01	5	1,6
181440	10332-2108-2790	ABB-3UM15	B	1652	2003	0,7	2	0,18	1,2	2	0,14	-0,9	5	0,3
182715	10332-2108-2520	ABB-3UM15	B	2692	2003	0,58	2	0,16	0,93	2	0,15	-4,33	5	0,59
181863	10332-2108-0960	ABB-3UM15	B	1609	2003	-0,1	2	0,16	0,9	2	0,16	-5,86	5	0,83
183465	10332-2108-2800	ABB-3UM15	B	1990,0	2003	-0,03	2	0,34	0,04	2	0,15	-3,79	5	0,34
181367	10332-2108-1580	ABB-3UM15	B	822	2003	-1,06	2	0,14	-0,16	2	0,15	-6,65	5	0,46
181357	10332-2108-0110	ABB-3UM15	B	1450	2003	-1,81	2	0,17	-0,53	2	0,13	-1,36	5	0,27
183369	10332-2108-0570	Elster P8	R160	474	2012	-0,13	4	0,12	0,23	4	0,53	-2,73	10	0,36
000540	10332-2220-0000	Elster-M150	B	841	2008	-0,47	2	0,14	1,87	2	0,18	-0,75	5	4,56
000541	10332-2230-0000	Elster-M150	B	93	2009	-0,67	2	0,14	0,87	2	0,48	0,58	5	1,57
000413	10332-1820-0000	Elster-M150	B	980	2010	-0,83	2	0,14	2,2	2	0,7	-100	5	0,81
000432	10332-2000-0000	Elster-M150	B	1913	2010	-0,4	2	0,17	1,87	2	0,44	0,55	5	1,54
000396	10332-1755-0000	Elster-M150	B	2145	2010	-1,14	2	0,22	1,53	2	0,72	-2,07	5	0,35
172983	10332-2290-0000	Elster-M150	B	1500	2010	-0,73	2	0,14	1,2	2	0,77	-0,78	5	0,84
10332-1520-0065	Elster-S130	B	1652	2008	0,22	2	0,15	-1,21	2	0,37	-6,93	5	1,48	
000244	10332-1083-0000	Elster-S130	B	586,0	2009	1,26	2	0,13	0,3	2	0,25	1,37	5	0,3
000036	10332-0190-0050	Elster-S130	B	1175	2009	1,66	2	0,13	0,13	2	0,13	0,68	5	0,28
182062	10332-2108-0860	Elster-S130	B	192	2009	0,81	2	0,13	-0,87	2	0,17	-7,73	5	2,31
000363	10332-1590-0250	Iberconta-3MM15	B	2837	1998	-1,72	2	0,14	0,54	2	0,72	-1,44	5	1,55
00028	10332-1590-0250	Iberconta-3MM15	B	4239	2003	-99,72	2	0,53	-100	2	0,11	-100	5	0,81
182365	10332-1601-0030	Iberconta-3MM15	B	1519	2004	-0,56	2	0,14	1,87	2	0,14	-0,78	5	2,5
173392	10332-0483-0000	Iberconta-3UM15	B	760	2001	-0,56	2	0,15	-4,23	2	0,75	-75,11	5	1,49
182123	10332-2108-4230	Iberconta-3UM15	B	402	2003	1,59	2	0,17	3,87	2	1,24	1,24	5	0,85
183382	10332-2108-1700	Iberconta-3UM15	B	1990,0	2004	0,38	2	0,13	2,52	2	0,71	1,32	5	0,85
185410	10332-2307-0127	Iberconta-3UM15	B	1562	2004	-3,74	2	0,14	-1,13	2	0,48	-1,4	5	3,67
182316	10332-2108-3250	Iberconta-3UM15	B	1561	2004	0,17	2	0,14	-33,72	2	6,53	-100	5	0,81
188024	10332-2108-2410	Iberconta-3UM15	B	2016	2005	1,02	2	0,15	0,36	2	0,14	-6,4	5	0,85
187073	10332-2108-2160	Iberconta-3UM15	B	1039	2005	-0,96	2	0,14	-0,81	2	0,14	-5,87	5	0,42
197160	10332-2108-4750	Iberconta-3UM15	B	1249	2007	-1,02	2	0,15	1,22	2	1,9	-10,64	5	1,28
197143	10332-2108-1870	Iberconta-3UM15	B	682,0	2007	0,93	2	0,23	0,97	2	0,25	1,4	5	0,43
197157	10332-2108-4690	Iberconta-3UM15	B	605,0	2007	-1,52	2	0,13	-1,28	2	0,14	-6,56	5	0,52
181940	10332-2108-2620	Iberconta-3UM15	B	780,0	2007	-1,47	2	0,19	-2,29	2	0,2	-4,36	5	1,07
000525	10332-2133-0000	Tavira-M15	A	4956	1989	3,45	2	0,9	2,99	2	7,87	-13,48	5	5,26
000245	10332-1100-0000	Watertech-sirius	R160	1144,0	2012	0,16	4	0,77	2,52	4	1,18	-0,46	10	1,18
000405	10332-1780-0000	Watertech-sirius	R160	966	2012	0,72	4	0,12	1,29	4	2,39	-6,63	10	1,35
000434	10332-2020-0000	Watertech-sirius	R160	488,0	2012	0,02	4	0,14	0,88	4	0,73	-4,4	10	1,17
182117	10332-2108-1780	Watertech-sirius	R160	678	2012	0,46	4	0,14	-0,36	4	0,73	-8,61	10	1,07
179090	10332-1520-0105	Watertech-sirius	R160	333	2012	0,24	4	0,12	-1,02	4	2,01	-8,04	10	1,18
186807	10332-2108-0940	Watertech-sirius	R160	135	2012	0,59	4	0,13	-1,35	4	0,33	-8,1	10	1,15
204465	10332-2108-1017	Watertech-sirius	R160	160	2013	1,17	4	0,64	1,29	4	0,73	-78,55	10	0,74
242616	10332-2080-0117	Watertech-sirius	R160	9578,0	2013	-0,66	4	0,62	1,2	4	0,73	-1,77	10	1,35
184618	10332-2108-0220	Watertech-sirius	R160	266,0	2014	0,17	4	0,17	1,86	4	0,72	-67,15	10	0,71
192858	10332-2108-1550	Watertech-sirius	R160	302,0	2014	0,16	2	0,12	1,14	2	0,58	1,32	5	0,34

En la tabla 18 se observa los resultados del porcentaje de error, en forma resumida, en cada una de las pruebas realizadas a los 43 medidores, además se resaltan aquellos valores que están fuera del Error máximo permisible. Los

códigos 182164 y 000228 en el sistema de información reportaban como medidores detenidos, los cuales se le facturaba con el promedio.

Se observa en la tabla 18 que la Q nominal se presenta de la muestra 3 medidores que se presentan por fuera del error máximo permisible (EMP). En el Q de transición se presenta de la muestra 7 medidores que registran este caudal fuera del EMP. En el Q mínimo se presenta de la muestra 15 medidores que registran este caudal fuera del EMP. En total fueron 20 medidores los que su resultado da por fuera del EMP.

Figura 14. Error de la prueba en LCM

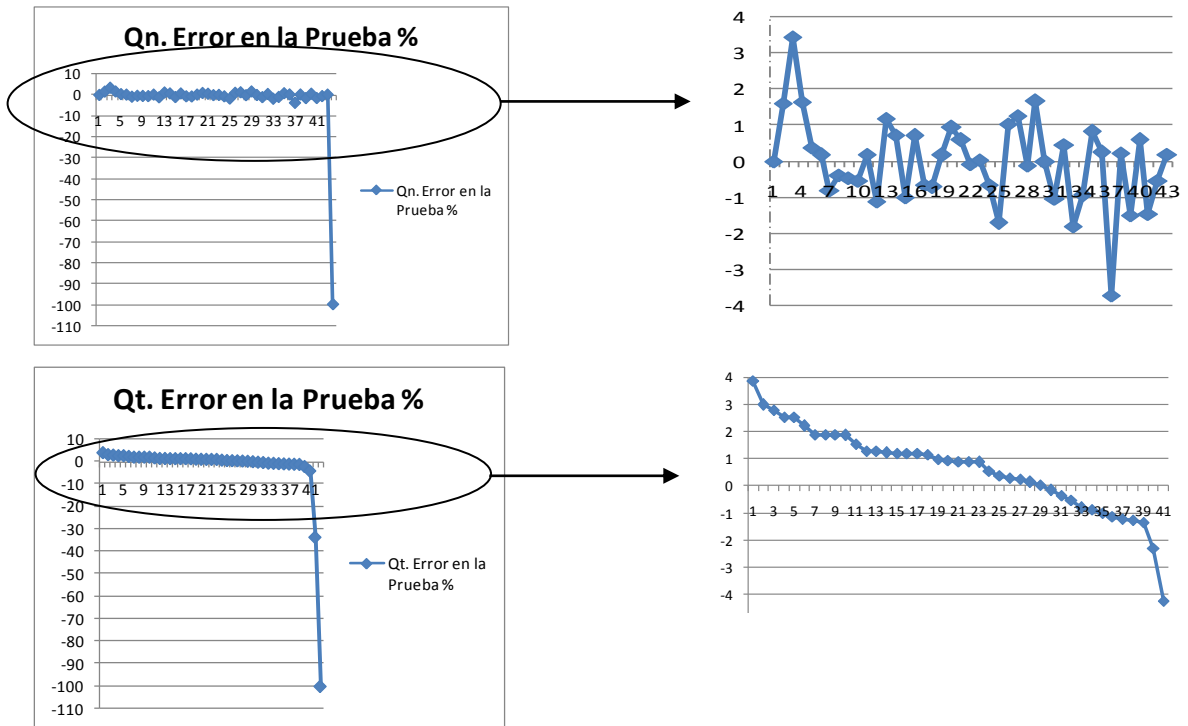
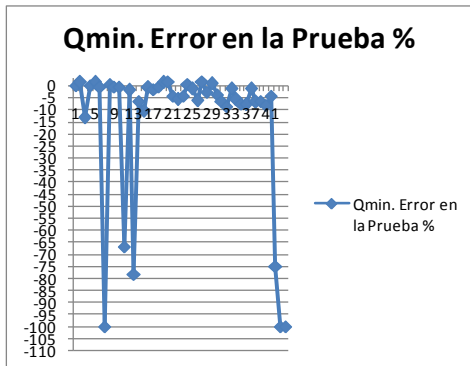


Figura 14. (Continuación)



Los errores de las pruebas se observan en la figura 14, donde se graficó el error de cada una de las pruebas Qn, Qt y Qmin. Se observa además, que el porcentaje de medidores en mal estado y fuera de rango de aceptación es aproximadamente el 61,67% del total de la muestra, indicando que un alto porcentaje del total de medidores se encuentra en mal estado.

En la prueba de Laboratorio de Calibración de medidores los resultados de las pruebas en Qn, Qt y Qmin tienen promedios negativos, indicando que los medidores tienden a submedir el consumo de agua, especialmente cuando el Caudal es mínimo (Qmin).

Tabla 19. Datos Resultados LCM

	Qn. Error en la Prueba %	Qt. Error en la Prueba %	Qmin. Error en la Prueba %
Total	-101,21	-108,39	-645,18
Promedio	-2,35372093	-2,520697674	-15,00418605
Desviación	15,25008322	16,16631689	29,91789775

En la gráfica 14 se descubre que la tendencia de mayor cantidad de medidores por fuera del rango de EMP se encuentra en la prueba realizada para Qmin, y se corrobora con la información de la tabla 19, donde la desviación de estos valores en Qmin se encuentra en 29,9, mientras en Qt es de 16,16 y en Qn es de 15, 25 mucho más baja.

En el caudal nominal (Qn) se presentan errores en pocos medidores, este caudal trabaja de manera satisfactoria como se requiere, solo tres medidores en este caudal presentaron fallas y registraron por encima del EMP, entre esos un medidor instalado el año 2003 y que estaba reportado en la base de datos como detenido, este medidor da como resultado un -99,73% de error y los otros dos medidores con fechas de instalación 1989 y 2004 con errores de 3,45% y -3,74 % respectivamente.

Tabla 20. Patrón de consumo residencial

Rangos de Caudal (l/h)	% de Volumen consumido
0-15	3,41%
15-22,5	4,13%
22,5-50	3,70%
50-500	51,73%
500-1500	35,90%
1500-2000	0,86%
2000-3000	0,27%

Fuente: BASTIDAS DELGADO Diana. Proyecto grado “Caracterización y estimación de consumos de agua de usuarios residenciales. Caso estudio”. Bogotá. 2009.

Para hallar el error de medición se requiere conocer el perfil de consumo de los usuarios, pero el amb S.A. carece de estos estudios, por tal razón se tomará como referencia el realizado en Bogotá en 2009, bajo el título “Caracterización y estimación de consumo de agua de usuarios residenciales. Caso estudio: Bogotá” por Diana Cristina Bastidas de la Universidad de los Andes. Durante el estudio realizado en Bogotá, se establece el patrón de consumo residencial como se muestra en la tabla 20.

En el análisis de la micromedición se halló que el promedio de consumo por día es de 737,17 m³/día, es decir de 22115 m³/mes. El resultado obtenido muestra unas pérdidas por deficiencias de micromedición de 2,77% aproximadamente del consumo total, como se observa en la tabla 21.

Tabla 21. Porcentaje de error de medición

	Q1	Q2	Q3	Q4
Patrón de Consumo.	3,41%	7,83%	87,63%	1,13%
Promedio de error en muestra	-15,0041%	-2,5206%	-2,3537%	
Promedio de consumo en el sector	754,1215	1731,6045	19379,3745	249,8995
Promedio de error en el consumo	-113,1497	-43,6485	-456,1363	
Porcentaje de error del consumo	-0,51%	-0,20%	-2,06%	
Porcentaje de error Total				-2,77%

En la tabla 22 se observa el listado de medidores de la muestra que no fueron llevados a pruebas en el Laboratorio de Calibración debido a su mal estado. Entre las causas encontradas para la no realización de la prueba están: medidor estallado 58.8%, el medidor con transmisión magnética dañada 17,6%, medidor con unidad de registro ilegible 11,17%, medidor con unidad de registro suelta 5,88%, y finalmente medidor detenido con 5,88%.

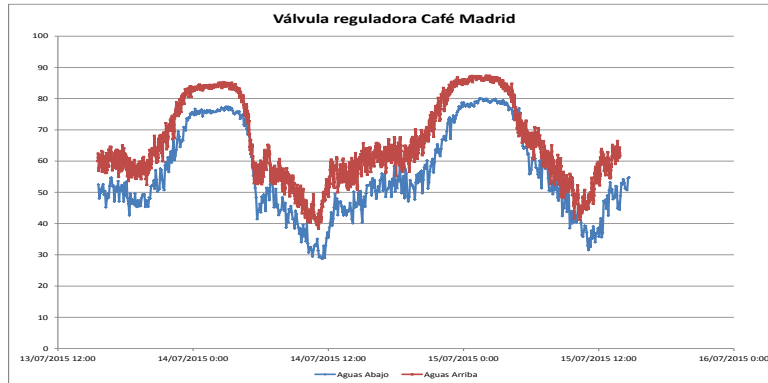
Tabla 22. Listado Medidores No Calibrados

CODIGO		Lectura m3 anterior	Clase	Serie	Revisión Externa de los componentes y elementos del medidor	Causal(es) de no calibración del medidor
175377	Watertech Sirius	2632,0	R160	2013	Tapa de cupula no existe	Medidor con unidad de registro ilegible
000017	Tavira-U15	5822,0	A	Ilegible	Tapa de cupula no existe, sello roto	Medidor con unidad de registro ilegible
182036	ABB-3MM15	1679,0	B	2003	N/A	Medidor estallado
173399	ABB-3MM15	3914,0	B	2001	N/A	Medidor con transmisión magnética dañada
000141	Tavira-M15	2747,0	A	Ilegible	Tapa de cupula no existe.	Medidor estallado
191032	Iberconta-3MM15	1156,0	B	2006	Sello no existe, Anillo de sujecion suelto	Medidor con unidad de registro suelta
000343	Tavira-M15	4615	A	Ilegible	Tapa de Cúpula no existe y sello no existe	Medidor Estallado
000155	Tavira-M15	4957	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello no existe	Medidor Estallado
000506	Tavira-U15	3203	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello incomplet	Medidor detenido
000205	Tavira-M15	9436	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello incomplet	Medidor estallado
000045	Tavira-M15	8804	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello no existe	Medidor estallado
000284	Tavira-M15	1827	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello no existe	Medidor estallado
000198	Tavira-M15	4473	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe y sello incomplet	Medidor estallado
000180	Tavira-M15	3357	A	Ilegible	Tapa de cúpula no existe	Medidor estallado
181898	ABB-3UM15	860	B	2003	N/A	Medidor con transmisión magnética dañada
182280	Elster-S130	708	B	2008	Cúpula rota y sello incompleto	Medidor con transmisión magnética dañada
000404	Tavira-M15	3767	A	Ilegible	N/A	Medidor Estallado

El medidor estallado fue la principal causa para la no calibración del medidor, lo cual puede indicar que la alta presión o variación de esta en el sector es una de las principales causas del deterioro del medidor.

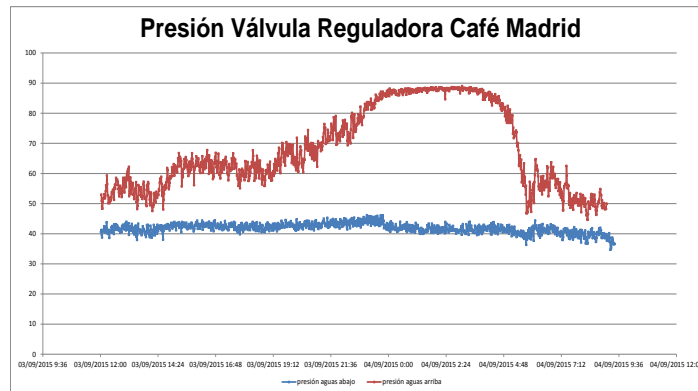
Por lo tanto, como medida de mejora se le realizó mantenimiento a las válvulas reguladoras del sector y aledañas para que los medidores y tuberías del sector no presenten variaciones drásticas que afecten la garantía de calidad de estos componentes.

Figura 15. Datos de Presión Válvula reguladora Café Madrid



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. Válvula Reguladora Café Madrid. Julio/2015

Figura 16. Datos de Presión Válvula Reguladora Café Madrid



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. Válvula Reguladora Café Madrid. Septiembre/2015

En las figuras 15 y 16 se observa el cambio en la presión aguas debajo de la válvula reguladora después de su mantenimiento, evitando así cambios drásticos de presión que afecten los componentes como medidores, tuberías, etc.

En general de la muestra de medidores cabe resaltar que las marcas donde mayor se presenta daño es en Tavira la cual es de clase A, con todos sus medidores en mal estado, recordar que esta marca es una de las más antiguas y que la clase A es la que mayor error presenta. Otra marca es la Iberconta de clase B que un 80% de sus medidores presentan fallas o están fuera del rango de aceptación.

Tabla 23. Error y mal estado por Marca del medidor

Marca	Clase	Cantidad en la muestra	Fuera del EMP y mal estado	% Fuera del EMP y mal estado
ABB-3MM15	B	3	3	100%
ABB-3UM15	B	7	3	43%
Elster P8	R160	1	0	0%
Elster-M150	B	6	1	17%
Elster-S130	B	5	3	60%
Iberconta-3MM15	B	4	2	50%
Iberconta-3UM15	B	11	10	91%
Tavira-M15	A	10	10	100%
Tavira-U15	A	2	2	100%
Watertech-sirius	R160	11	3	27%

Recomendaciones para reducción de pérdidas comerciales por Micromedición, por errores de medición.

- **Plan de reposición de medidores:** Por medio del plan de reposición de medidores se busca conseguir que el funcionamiento de los equipos de medición sea de la forma más adecuada y eficiente posible. En el sistema de información de la empresa, SI++; se evidencia fecha de instalación de medidores que sobrepasan a su registro de vida útil, por lo tanto realizar una jornada reposición a aquellos medidores con más antigüedad y especialmente

a los de clase A, en especial marca Tavira ya que presentan un error de medición por fuera del Error Máximo Permissible o no son ilegibles.

7.5.1.2 Redes domiciliarias.

- **Inspección de Acometidas Domiciliarias.**

Otra de las causas de pérdidas de agua que se encontraron en el sector café Madrid y en general en la empresa es la Ausencia de Medición.

Para esto se estudió datos recolectados en jornadas de toma lecturas y diagnósticos realizados a finales del año 2013 y principios de 2014 en el sector Café Madrid, con el fin de que sirviera como insumo para generar y/o complementar acciones de mejora.

Los diagnósticos se realizaron a una muestra de 145 acometidas domiciliarias en diferentes puntos del sector hidráulico. Para esta actividad se obtuvo los datos con ayuda del Formato FMED 706-001, figura 17.

Figura 17. Formato FMED 706-001. Diagnóstico de Acometidas

Fecha:	Código	C.T.	
Nombre del Usuario:	Cuantas personas duermen en el domicilio:		
Nombre del Propietario:	Cuantas personas viven en el domicilio:		
Dirección:	Barrio y Municipio:		
Plata:	Díametro:	Lectura:	Tiene tanque elevado:
Correo Electrónico:	Teléfono:	Celular:	
Medidor:	Número:	Uso:	

INSPECCIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS			
	s/n		s/n
1		5	
2		6	
3		7	
4		8	

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

Donde:

- 1: Tapa inexistente, fracturada, no se abre, carece de seguridad o tiene reja.
- 2: Tubería averiada, deteriorada, incrustada o con fugas detectadas con geófono o visualmente
- 3: Medidor obstruido, detenido o posiblemente desajustada
- 4: Cajilla tapada, llena de material que impida tomar lectura, con paredes en mal estado o irregularidades.
- 5: Fuga en las uniones de los accesorios dentro de la cajilla.
- 6: Válvula de bola, antifraude y anti retorno inexistentes, con fugas, bloqueadas, obstruidas o visiblemente deterioradas.
- 7: Falta de accesorio apropiado para medir la presión
- 8: Código borrado, desactualizado, no coincide con número de medidor o dirección

Tabla 24. Resultado Diagnóstico realizado en Diciembre de 2013 a una muestra del sector Café Madrid de 145 medidores

	1	2	3	4	5	6	7	8
Si	115	0	0	3	3	114	8	0
No	30	145	145	142	142	31	137	145

Se observa en la inspección de las acometidas domiciliarias realizadas que el 79.3% de los diagnósticos realizados requieren mantenimiento ya que Tapa inexistente, fracturada, no se abre, carece de seguridad o tiene reja. Seguidamente de con un 78,6% de los diagnósticos realizados requieren mantenimiento por Válvula de bola, antifraude y anti retorno inexistentes, con fugas, bloqueadas, obstruidas o visiblemente deterioradas. Las inspecciones, en un porcentaje bajo, mostró falta de accesorio apropiado para medir la presión con un 5,5%.

- **Jornada de Micromedición.**

En las cuatro (4) jornadas de micromedición realizadas en agosto y septiembre como se observó en el diagnóstico inicial, el personal encargado de la toma de lecturas, tuvo inconvenientes a la hora de realizar esta actividad por las siguientes razones:

- Cajilla Tapada (Tierra encima)
- No se encuentra Medidor
- El medidor fue retirado
- Medidor desconectado
- No se encuentra cajilla
- Llave cerrada
- Medidor Ilegible, vidrio opaco
- Posible Manipulación del medidor
- Predio demolido

Por lo tanto con este resultado se concluye que los empleados en sus labores diarias presentan demoras y retrasos en sus actividades, provocando la necesidad de más personal para le realización de todo estas actividades y por lo tanto gastos.

Recomendaciones para reducción de pérdidas comerciales por Micromedición, por ausencia de medición.

- Capacitación del personal: La capacitación del personal tiene como fin dar a conocer la importancia de registrar toda la información necesaria al momento de realizar las labores de campo, y si es necesario realizar las observaciones pertinentes, especialmente al momento de tomar lecturas, informar el estado de la acometida y el medidor.

- Realizar programas de mantenimiento a acometidas para mejorar las condiciones de estado del medidor y así preservar la vida útil de este., además facilitar al personal la toma de lecturas e inspecciones.
- Plan de reposición de medidores priorizando los reportados por el personal de campo como medidores detenidos, dañados, ilegibles.

7.5.2 Acciones orientadas a la recuperación de pérdidas por acciones fraudulentas.

7.5.2.1 Evaluación de consumo.

Durante las observaciones al comportamiento del consumo de los usuarios del sector Café Madrid, se observa irregularidad ya que para usuarios clasificados según su uso en Residencial se presentan consumos, desde un (1) metro cúbico hasta los ciento treinta (130) metros cúbicos por mes, por esta razón se debe realizar un análisis de aquellos datos que se observa anomalías: los que están muy por encima del consumo básico por suscriptor, muy por debajo de este y usuarios con registros de consumo iguales a cero.

En el sector Hidráulico Café Madrid se encuentran suscriptores con valores muy altos de consumo, se verifico en el sistema de información de la empresa amb S.A. y se ratificó que esos corresponden a: 8 Medidores controles los cuales cada uno tiene registrado 32 suscriptores residenciales; 14 medidores que están en la base de datos como pilas públicas y a los clasificados según su uso en comerciales e industriales, estos últimos debido a su actividad consumen altos volúmenes de agua. (Ver tabla 25).

Tabla 25. Distribución de medidores con registro de consumo por encima del consumo básico

Cantidad	Observación
8	Medidores control cada uno con 32 suscriptores adjuntos a éste.
14	Pilas públicas
15	Clasificados según su uso en comerciales e industriales.

Para el caso del análisis más profundo solo se van a tomar aquellos consumos bajos, esto dado que es de interés directo de la empresa. Se realizó una relación entre el consumo promedio y el consumo estándar. Para la identificación de estos suscriptores se desarrolló los siguientes pasos.

- Se tomaron los datos de lecturas y consumos facturados de los periodos de noviembre, diciembre de 2014, enero y febrero de 2015. Con los datos de los consumos se halla el promedio.
- Se toman los suscriptores que reportan un consumo promedio menor de 10 m³/mes en los meses de noviembre y diciembre 2014, y enero y febrero 2015, se verificó con el promedio que reportaba el sistema a Agosto de 2015 y se constató que los que son usuarios con bajo consumo. En total se registraron 231 medidores con consumo menor de 10 m³/mes.
- Seguidamente se halla el valor estándar (N° de usuarios/ suscriptor por consumo básico)

Nota: El consumo estándar se halla tomando el valor de consumo básico establecido el IDEAM en su estudio Nacional del Agua 2010 (ENA 2010) el cual es del orden de 110 l/hab-día (SSPD, 2007), equivalente a 3,3 m³/hab-mes y la cantidad de usuarios por suscripción, los datos de la cantidad de usuarios por suscripción son tomados del sistema de información manejado por la empresa.

Suscriptores con consumo igual a cero.

En el sector se encontró treinta (30) suscriptores que su valor promedio de consumo era de cero metros cúbicos por mes (0 m³/mes). Dentro de las observaciones se halló los siguientes motivos: Predio Demolido; Predio Desocupado; Medidor Desconectado, en la tabla 26 se observa la distribución porcentual y se observa que la principal causa de consumo cero es debido a que el medidor es desconectado. Esto puede suceder a la suspensión del servicio de agua potable por no pago de la factura.

Tabla 26. Distribución con consumo facturado promedio igual a cero en los meses de noviembre a febrero

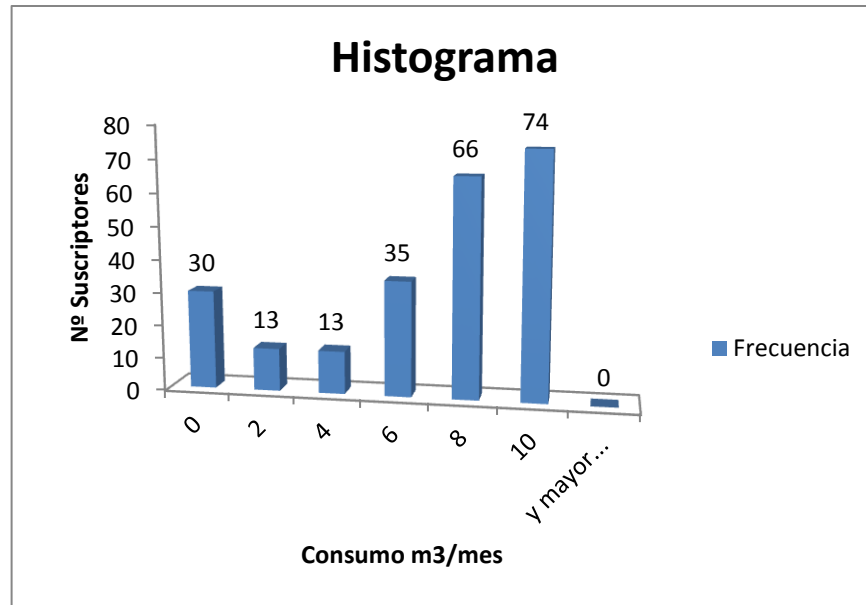
OBSERVACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Desconectado	25	83%
Demolido	1	3%
Desocupado	4	13%
Total	30	100%

Fuente: Autor

Durante este análisis se encontraron 231 suscriptores con consumo igual e inferior a 10 m³/m de los 1016 suscriptores que reportan en el sector. En la Figura 18 se observa el histograma de consumo para estos 231 suscriptores.

Para verificar el estado de la acometida y el número de Usuarios por suscripción se hace necesario visitar las direcciones donde los suscriptores presentan un consumo menor a 10 metros cúbicos y así revisar si se presenta alguna anomalía.

Figura 18. Distribución de Frecuencias de los Consumos menores de 10 m³



Durante los días seis (6), ocho (8), diez (10) y once (11) de Agosto, con la ayuda de los técnicos de la sección de Atención Técnica Domiciliaria, se realizaron visitas a las residencias donde se tomó información importante para el análisis, como lo son la lectura actual del medidor, el número de personas que residen allí, si la vivienda se suministraba de agua a través de una fuente secundaria, y se realizaba una inspección visual de la acometida dando una apreciación de esta

Es importante resaltar que durante las visitas domiciliarias los técnicos encontraron algunas viviendas o sectores donde posiblemente se está presentando algún tipo de fraude y sugirió que se programe visitas de verificación.

En la tabla 27 se presenta el listado de los posibles fraudes presentados en el sector, identificados durante las visitas a suscriptores de consumo bajo.

Tabla 27. Listado posibles irregularidades durante visitas a suscriptores con bajo consumo

Código	Cons.Est. (N° Usuarios *3,3 m3)	Consu. Factura	Promedio	Lectura	N° Medidor	N° Personas	Observación	Reporte
000032	13,2	0	0			4	Suspensión Drástica	No hay medidor
000124	6,6	8	7	00585	92033	2		Normal
000187	6,6	5	7	0615	9469	2	Predio Ocupado	
172979	19,8	0	0	2591	78804	6	Medidor surte varias casas, Para verícicar	
181382	6,6	4	8	0470	64674	2		No hay daños
191782	6,6	0	0	00163	34585	2	Suspensión Drástica	
191787	13,2	10	10	00550	34566	4	Medidor se encuentra dañado parte superior suelta.	No hay daños

Una vez obtenida esta información se procede a realizar visitas al sector, específicamente a los puntos indicados en la tabla 27. Durante estas inspecciones se encontró un pequeño sector hay una comunidad que estableció sus casas allí, aproximadamente 70 casas de madera, y manifiestan no estar recibiendo los servicios de agua potable del amb S.A, pero cuentan con el recurso hídrico, dicho hallazgo se le informará a la Unidad de Antifraude de la empresa para realicen la debida inspección e identificación y corte del punto de conexión clandestino.

Además es importante señalar que en el sector se han establecido comunidades subnormales en sitios no apropiados, estableciendo sus residencias sobre las redes del acueducto haciendo más difícil las inspecciones y toma de decisiones.

En el análisis del número de usuarios por suscriptor se observa que muchos de estos su consumo estandar (Número de usuarios*consumo básico en colombia por usuario) es superior al consumo promedio registrado en el sistema, para hallar el consumo estandar se obtiene del sistema de información de la empresa y de las

visitas domiciliarias el número de usuarios y se calcula el total para los suscriptores que reportaron bajo consumo.

Obteniéndose que para los 231 suscriptores se reporta un consumo promedio de 1682 m³/mes pero con el consumo estandar (número de usuarios por el consumo básico) reporta 4471 m³/mes.

7.5.2.2 Análisis de Presiones.

Medición de Presiones Sector Café Madrid

El trabajo de campo para la toma de presiones en diferentes puntos del Café Madrid se realizó con ayuda del departamento Operaciones. Esta toma de mediciones se hace con el fin de verificar u observar el comportamiento de la presión en el sector, y así identificar aquellos sectores donde el comportamiento de esta presión sea diferente al esperado, si esto ocurre, se debe inspeccionar la zona e identificar fraudes o pérdidas técnicas.

El comportamiento normal de la presión en cualquier sector en las horas de la noche, principalmente entre las horas de las once (11) y tres (3) de la mañana, es que esta presión aumente a su punto máximo por sus bajos consumos y durante las horas del día, entre las diez (10) y una (1) de la tarde, estas presiones bajen por los altos consumos de agua, por lo tanto si se encuentran un comportamiento diferente en algún punto de medición, como por ejemplo disminución en la presión durante la noche en alguna zona en específica puede darse a un consumo fraudulento.

A continuación se mencionan los puntos de toma de presión.

Puntos de Medición: Se realizaron visitas a la Válvula reguladora que se encuentra dentro del sector, se tomó la presión en este punto para tener una referencia sobre el comportamiento que debe tener la presión del sector, estas mediciones se tomaron en el mes de julio del 2015.

- Dirección: Barrio Café Madrid Punto Agua arriba de la Válvula Reguladora
- Dirección: Barrio Café Madrid Punto Aguas abajo de la Válvula Reguladora

Además se tomaron dos puntos dentro del sector.

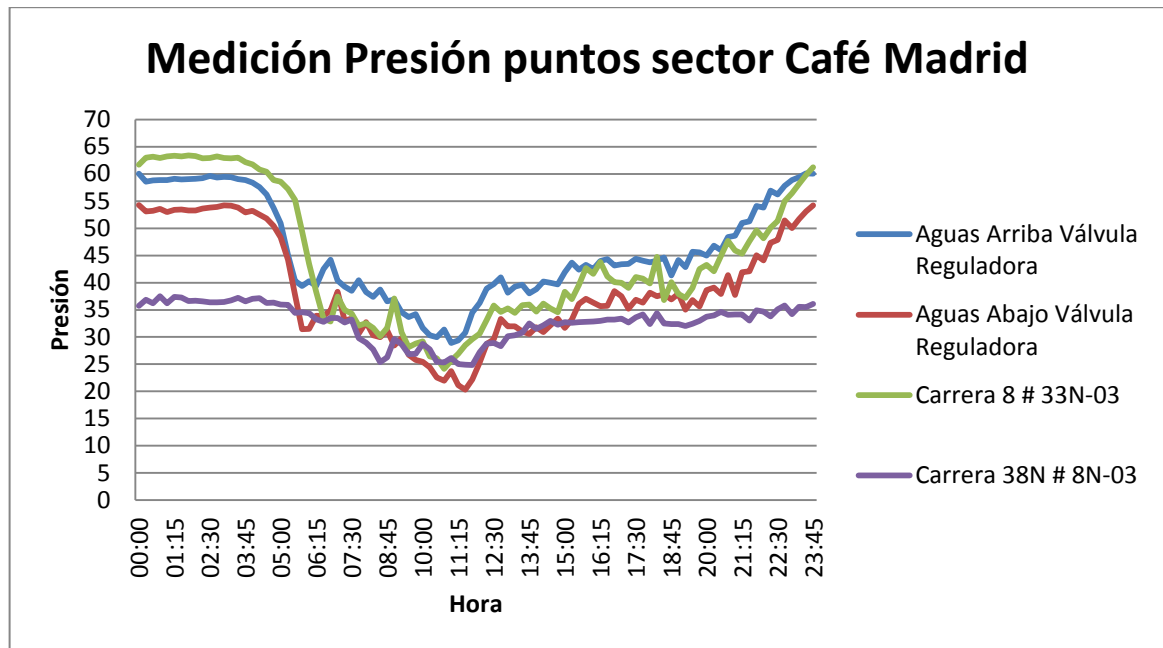
- Dirección: Carrera 8 N° 33N-03
- Dirección: Carrera 38N # 8N-03

Para la selección del punto de medición se escoge lugares oficiales, como estaciones de policía o escuelas y en la entrada del sector donde se encuentra la válvula reguladora, además se encontró una persona confiable del sector para dejar el manómetro del amb S.A. para la toma de presión. Esto debido a que el sector no es seguro y se pueden llevar la herramienta de medición.

En la figura 19 se observa que los puntos de la válvula reguladora y el punto de la carrera 8 #33N-03 tienen un comportamiento entre rango de normalidad, ya que la válvula no estaba en funcionamiento, y que en la noche su presión se eleva en un rango de 53,67 Psi y va disminuyendo durante el día llegando hasta 35- 20 Psi alrededor del mediodía.

Además en estos tres (3) puntos el comportamiento de la curva es similar obteniendo los valores de presión más altos en las horas de la noche y en las horas del día la presión baja debido al aumento del consumo de los usuarios.

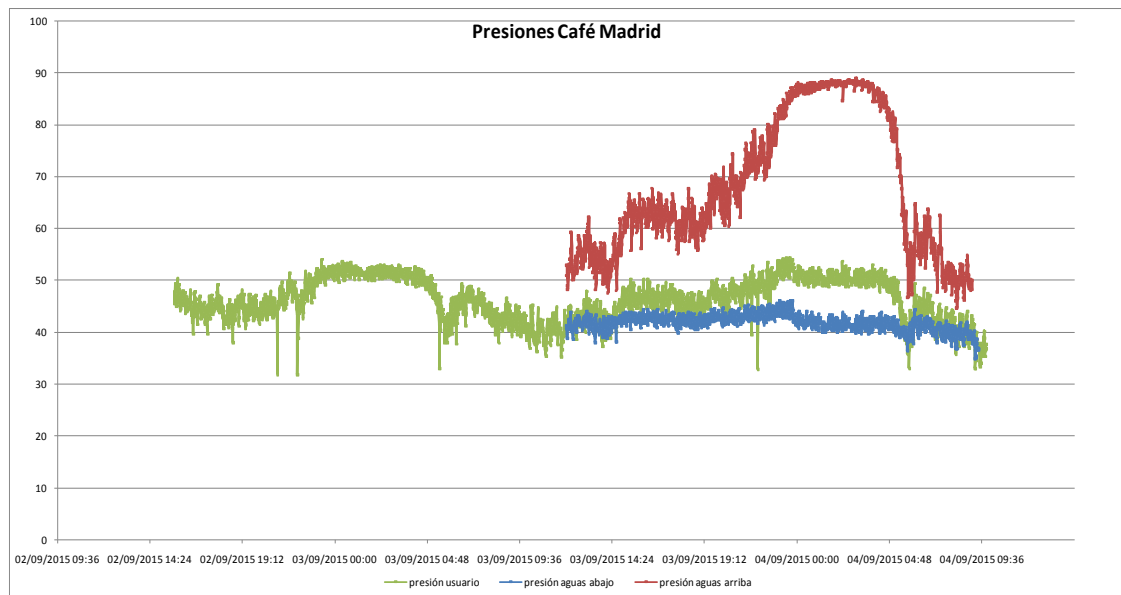
Figura 19. Graficas de comportamiento de presión durante un día en diferentes puntos del sector Café Madrid



En el punto de medición ubicado en la carrera 38N #8N-03 se observa que el comportamiento de la presión durante las 24 horas fue muy similar, obteniéndose una presión de 37 Psi en horas de la noche y en las horas del día, la menor presión fue de 25 Psi alrededor de las once y treinta minutos de la mañana (11:30 am), indicando que había una salida de agua permanente.

Por este resultado encontrado en la carrera 38N #8N-03 obtenido, se debe hacer unas inspecciones y toma de nuevas mediciones de presión para verificar. En las inspecciones se decidió poner en funcionamiento la válvula reguladora y realizar un mantenimiento a la válvula reguladora que estaba más atrás, cerca del sector Hamacas, para ver el comportamiento nuevamente de estos puntos. Por lo tanto se le realizó mantenimiento y se tomaron nuevamente la toma de presiones en la válvula y en el punto donde se presentaba la irregularidad y se hallaron las presiones mostrados en la figura 20.

Figura 20. Presiones Puntos Café Madrid después del mantenimiento a la válvula reguladora



Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

El comportamiento de la válvula reguladora ya funcionando es normal, aguas arriba se encuentra variación de la presión durante las diferentes horas del día y en aguas abajo de la válvula reguladora la presión se mantiene entre los 35 y 45 Psi. En el punto de la carrera 38N #8N-03 se observa que su comportamiento se asemeja al de la válvula reguladora aguas abajo, por lo cual se infiere que el comportamiento de la válvula reguladora infiere mucho en los demás componentes del sector.

Recomendaciones para reducción de pérdidas comerciales por acciones fraudulentas. Otro de los factores que se produce cuando se presentan conexiones a redes de forma no autorizada por la empresa:

- Análisis a suscriptores: realizar un análisis a los usuarios de bajos consumos y aquellos que presentan variaciones drásticas en consumos periódicamente.

- Es recomendable realizar campañas de educación comunitaria sobre el uso del agua buscando concientizar sobre el papel que desempeñan en la protección del sistema de abastecimiento y en el propósito de evitar el desperdicio de agua. Su impulso y motivación debe desarrollarse bajo las siguientes acciones:
 - Facilitar el acceso telefónico para que la comunidad informe sobre fugas visibles que se presenten en el sistema.
 - Divulgar los programas que el amb S.A. este implementando a la comunidad, para abrir la comunicación entre usuario-empresa.
 - Modificar hábitos sobre el uso del agua e informar cómo se presentan desperdicios y los costos que esto conlleva, tanto por facturación al usuario como para la empresa por mayores volúmenes suministrados con el incremento de costos en producción y distribución.
 - Educar a la comunidad sobre las medidas que debe adoptar y la forma como puede investigar la posible existencia de fugas dentro de su predio. Divulgar las principales fuentes de pérdida física de agua y los potenciales volúmenes que se pueden perder por aparatos dañados.
 - Orientar campañas escolares a la población infantil para que colaboren con el propósito, aprovechando que son los niños, el conducto idóneo dado su gran receptividad.
 - Concientizar a las comunidades de sectores marginados para que establezcan contactos con funcionarios de la empresa a fin de que se busque solución a su problema de falta de agua y no que ellos mismos hagan sus conexiones de forma clandestina.

Recomendaciones para reducción de Pérdidas Técnicas.

Aunque en el presente proyecto no se profundizó sobre las pérdidas técnicas, mediante la teoría y estudios anteriores se encontraron varias acciones que se tienen que tener en cuenta para el mejoramiento del sistema de agua potable.

Observar los siguientes aspectos de un sistema de agua potable con el propósito de conocer en forma preliminar la situación de sus pérdidas y de los proyectos que se podrían ejecutar para su reducción:

- **Control de Presiones:** Nivel óptimo. Consiste en mantener las variaciones de la presión en la red dentro de un rango definido, esto se debe a que las tuberías presentan daños al existir variaciones drásticas de presión y previene daños por presiones muy altas.
- **Mantenimiento preventivo (fugas no visibles):** Se debe realizar trabajos periódicos destinados a mantener los elementos del sistema en buenas condiciones de funcionamiento, con el objetivo de reducir la tasa de aparición de nuevas fugas.
- **Trabajos de Sectorización:** La sectorización contribuye al control y mejoramiento de los diferentes sectores y así tomar medidas de acción a un sector específico. Contribuyen a la mejor Macromedición y a la vez a la medición de pérdidas.

8 CONCLUSIONES

- Es importante que se conozca de forma clara los integrantes en los proyectos de pérdidas de agua y sus responsabilidades y funciones, para la reducción de estas.
- Con la elaboración del proyecto de reducción de pérdidas comerciales del amb S.A. se evidencia la preocupación e interés del amb S.A en disminuir los índices de Agua no Contabilizada.
- El interés de empresa y el cliente para el recambio del medidor es contrapuesto, ya que el aumento del error favorece al cliente, es decir, que el medidor al aumentar su error tiende al subcontaje favoreciendo al cliente con una rebaja en la tarifa.
- Las principales causas para realizar cobros por promedio son principalmente por medidores detenidos, medidores ilegibles, cajillas no encontradas, revisiones que no se pudieron realizar, etc. Esta situación se ha extendido principalmente con los medidores en mal estado por que los usuarios que se han rehusado a cambiar el medidor.
- Proyectos de mantenimiento preventivo aumenta el valor de la empresa frente a programas de recambio con carácter correctivo.
- Un estudio de patrones de consumo es necesario para el amb S.A, este contribuye a tener información más certera. Además los rangos de caudal deben discretizarse más y así hallar un Q3 más bajo.

- Los beneficios de la reducción de pérdidas de agua, ya sean comerciales, técnicas u operacionales, se reflejan en el ahorro de costes variables del agua cruda, energía y químicos, y de la postergación de las inversiones requeridas para aumentar la capacidad del sistema, esto se debe a que en el proyecto se será necesario producir un menor volumen de agua para satisfacer igual nivel de demanda.

BIBLIOGRAFÍA


- BLANCO PEREZ, Sergio Javier. Propuesta de un plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales derivadas del agua no contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. “amb”.2008.
- CRA. Proyecto de Reducción de pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulador. Comisión de Regulación de Agua Potable Y Saneamiento Básico (CRA). 2007.
- CRA. Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. 2013.
- DURAN GUEVARA, Leidy Andrea. Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de agua no contabilizada en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.2014.
- GARCÍA, Ángel Alonso. Conceptos de Organización Industrial. Marcombo Editores.
- LAHLOU, Zacharia. Tecnología en Breve-Detección de Fugas y Control de Pérdida de Agua.{En línea}.{Julio 2015} Disponible en: <http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/leak_detectionn_DWFSOM138.pdf>
- LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados; Segunda edición.

- PEREZ ORTEGA, Giovanni y SOTO CAMARGO, Ana María. Propuesta Metodológica para el mejoramiento de procesos utilizando un enfoque Harrington y la Norma ISO 9004. Revista Universidad EAFIT. Agosto 2005.
- SCHROEDER, Roger. Administración de Operaciones, Casos y Conceptos Contemporáneo. Quinta edición.
- Sistema de información ambiental de Colombia SIAC. {En línea}. {Agosto 2015}. Disponible en <www.siac.gov.co>

ANEXOS

Anexo A. Listado de Medidores detenidos sector hidráulico.

ACUEDUCTO METROPOLITANO DE B/MANGA S.A. E.S.P / BUCARAMANGA									
LISTADO DE MEDIDORES DETENIDOS A LA FECHA TODOS LOS CICLOS									
UBICACION	CODIGO	USO	MEDIDOR	TIPO	MARCA	DIAMETRO	FECHA ULT. CAMBIO		
10332	0066	0130	174412	1	0112946	M0	IBERCONTA	1	22-diciembre-2010
10332	0270	0200	000054	1	55322	MQ	IBERCONTA	1	05-julio-2007
10332	0344	0000	000068	1	12579	M1	IBERCONTA	1	17-mayo-2002
10332	0366	0340	000119	1	62004	M1	IBERCONTA	1	21-febrero-2013
10332	0530	0177	188051	1	57326	M1	IBERCONTA	1	26-agosto-2005
10332	0530	0220	000161	1	631414	M5	TAVIRA	1	01-diciembre-1998
10332	0530	0350	000174	1	66309	M1	IBERCONTA	1	16-octubre-2009
10332	0540	0000	000176	1	2736	M1	IBERCONTA	1	19-enero-2010
10332	0710	0000	000195	1	15711	M0	IBERCONTA	1	09-septiembre-2002
10332	0850	0000	000214	1	908208	M5	TAVIRA	1	01-enero-1990
10332	0970	0000	000228	1	63641	M0	IBERCONTA	1	14-noviembre-2003
10332	1230	0000	000267	1	14823	M0	IBERCONTA	1	23-octubre-2002
10332	1245	0000	000269	1	193	M1	IBERCONTA	1	02-octubre-2009
10332	1440	0500	000317	1	0949316	M1	IBERCONTA	1	30-abril-2009
10332	1474	0090	179453	1	0159320	MQ	IBERCONTA	1	06-noviembre-2009
10332	1520	0100	172673	1	01708	MQ	IBERCONTA	1	01-septiembre-2001
10332	1590	0250	000363	1	9765945	M2	IBERCONTA	4	23-abril-2007
10332	1640	0000	000371	1	12605567	OL	ELSTER	1	17-febrero-2012
10332	1710	0000	000386	1	0212408	M1	IBERCONTA	1	03-noviembre-2009
10332	1720	0200	000389	1	19252	M1	IBERCONTA	1	01-septiembre-1998
10332	1760	0000	000397	1	15427	M0	IBERCONTA	1	23-octubre-2002
10332	1762	0420	179484	1	72139	MQ	IBERCONTA	1	06-octubre-2009
10332	1860	0000	000418	1	8086	M5	TAVIRA	1	01-enero-1990
10332	2080	0050	000453	1	408569	M5	TAVIRA	1	01-mayo-1999
10332	2080	0160	000490	1	0913097	MQ	IBERCONTA	1	31-enero-2009
10332	2080	0265	000506	1	315137	MU	TAVIRA	1	08-octubre-2010
10332	2080	0380	000518	1	4776	M1	IBERCONTA	1	01-mayo-2000
10332	2080	0435	178395	1	0113068	M5	TAVIRA	1	25-julio-2003
10332	2085	0180	179544	1	72646	M1	IBERCONTA	1	26-noviembre-2003
10332	2108	0270	181790	1	0172003	MQ	IBERCONTA	1	07-octubre-2010
10332	2108	0460	182143	1	71983	MQ	IBERCONTA	1	07-octubre-2010
10332	2108	0740	181882	1	0164229	MQ	IBERCONTA	1	08-febrero-2010
10332	2108	0780	181898	1	64416	MQ	IBERCONTA	1	07-octubre-2010
10332	2108	0950	182138	1	78502	MQ	IBERCONTA	1	16-enero-2008
10332	2108	1340	182132	1	72883	M1	IBERCONTA	1	25-mayo-2004
10332	2108	1380	182244	1	11601361	OL	ELSTER	1	08-mayo-2012

ACUEDUCTO METROPOLITANO DE B/MANGA S.A. E.S.P / BUCARAMANGA							 <small>ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P.</small>		
LISTADO DE MEDIDORES DETENIDOS A LA FECHA									
TODOS LOS CICLOS									
10332	2108	1820	182144	1	0364315	MQ	IBERCONTA	1	09-junio-2010
10332	2108	2060	182279	1	0364658	MQ	IBERCONTA	1	09-junio-2010
10332	2108	2100	182242	1	164664	MQ	IBERCONTA	1	13-abril-2011
10332	2108	2140	181371	1	0164662	M5	TAVIRA	1	17-marzo-2004
10332	2108	2530	182146	1	0812787	MQ	IBERCONTA	1	06-junio-2008
10332	2108	2540	183422	1	64285	MQ	IBERCONTA	1	07-febrero-2011
10332	2108	2640	181382	1	64674	MQ	IBERCONTA	1	18-septiembre-2009
10332	2108	2840	181386	1	0164267	M5	TAVIRA	1	18-marzo-2004
10332	2108	3000	182753	1	12952	M1	IBERCONTA	1	06-julio-2012
10332	2108	3020	182116	1	72825	M1	IBERCONTA	1	12-agosto-2007
10332	2108	3070	191781	1	12103804	WX	WATERTECH	I	21-noviembre-2012
10332	2108	3100	181557	1	72816	M1	IBERCONTA	1	12-abril-2004
10332	2108	4020	181660	1	0172806	M1	IBERCONTA	1	14-abril-2004
10332	2108	4100	181503	1	13310044	OT	WATERTECH	E	27-septiembre-2013
10332	2108	4170	181472	1	72636	M1	IBERCONTA	1	29-marzo-2004
10332	2108	4190	181426	1	72640	M1	IBERCONTA	1	23-marzo-2004
10332	2108	4380	188908	1	12103196	WX	WATERTECH	I	20-diciembre-2012
10332	2180	0000	000532	1	71827	M1	IBERCONTA	1	13-abril-2010
10332	2307	0030	185405	1	11800523	OJ	ELSTER	F	17-noviembre-2011
10332	2307	0300	172987	1	10370	M1	IBERCONTA	1	01-octubre-2001
10332	2307	0400	173398	1	10363	M0	IBERCONTA	1	13-junio-2008
10332	2307	0430	173401	1	10368	M1	IBERCONTA	1	01-noviembre-2001

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

Anexo B. Muestras de Medidores para pruebas

Muestra Número 1

213481	000244	183382	178523
181940	181482	191032	182120
188358	197161	175377	000010
000053	000400	187167	000434
188153	000433	000245	
000536	000017	182141	
242616	183495	184283	
174979	000123	185417	
000226	182277	197157	
000265	184618	000131	
174824	181371	182036	
183203	000181	000467	
000289	000516	000038	
000058	173399	181371	
000119	000252	000141	
000050	182031	189611	
000401	000250	000034	
197163	000484	000112	
197143	182164	192858	
000433	199760	183465	

Muestra Número 2

000027	000525	204465
185410	182062	173394
182123	000527	197160
000343	181549	000228
181357	188024	173392
000148	181440	000036
181484	181946	000432
182715	000205	179090
000399	193234	000541
186807	182365	000396
000155	173477	000198
219631	000540	000180
181367	179548	182117
000223	172983	181898
183369	000225	000002
000363	000209	000547
000506	181100	182280
000413	000405	000404
000023	00045	179544
181863	000284	187073
172986	182316	