

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 1 de 7

Código de la dependencia. 21.1

FECHA sábado, 13 de febrero de 2021

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Tesis
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Maestría
PROGRAMA ACADÉMICO	Maestría en Ciencias Ambientales

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
TRUJILLO CHAPARRO	LINDA LUZ	39.627.449

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 2 de 7

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
AGUASLIMPIAS DUALIBY	YOLIMA DEL CARMEN

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ESTRATEGIAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS EN EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL DESDE LA MICROMEDICIÓN EN FUSAGASUGA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Maestrante en ciencias ambientales

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
04/02/2021	76

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. MICROMEDICIÓN	MICROMEDITION
2. ACUEDUCTO	AQUEDUCT
3. AGUA POTABLE	DRINKING WATER
4. PÉRDIDAS DE AGUA	WATER LOSSES
5. ESTRATEGIAS	STRATEGIES
6. BALANCE HÍDRICO	HYDRIC BALANCE

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
	PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN: En esta investigación se diseñan estrategias dirigidas a reducir las pérdidas de agua potable, teniendo en cuenta la micro medición de los usuarios residenciales de Fusagasugá; desde la evaluación de los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas, definiendo su impacto en la demanda, adicionalmente se establece el caudal neto de agua entregado a los usuarios residenciales, así como el comportamiento de los consumos facturados no medidos; a partir de este estudio se diseñaron acciones y decisiones para la regulación de su demanda.

Lo anterior disminuyendo las pérdidas de agua no contabilizada desde los errores de micro medición, caracterizando las ineficiencias de los programas de la empresa prestadora a partir de una muestra significativa para cada programa; En la reposición de medidores se establece su comportamiento en la medición posterior y anterior al cambio del micro medidor y su impacto en las variables marca, estrato, ubicación; a fin de establecer criterios de priorización, logrando mayor eficacia; en el programa de desviaciones significativas se verificó las causales y su incidencia revisando el tratamiento que se realizó a las novedades para definir criterios previos para optimizar el proceso.

Por otra parte se estableció el caudal neto residencial entregado en 2019 de acuerdo al procedimiento del decreto No. 300 de 2017 del Ministerio de Vivienda evidenciando las diferencias frente al indicador desarrollado en 2019 para generar estrategias desde el consumo. También se analizó el balance hídrico, destacando el comportamiento del agua facturada no medida y su incidencia en las pérdidas de agua.

ABSTRACT: In this research, strategies are designed to reduce drinking water losses, taking into account the micro measurement of residential users in Fusagasugá; from the evaluation of the replacement programs for meters and significant deviations, defining their impact on demand, additionally the net flow of water delivered to residential users is established, as well as the behavior of unmetered billed consumption; From this study actions and decisions were designed to regulate its demand.

The foregoing by reducing unaccounted for water losses from micro-measurement errors, characterizing the inefficiencies of the provider company's programs from a significant sample for each program; In the replacement of meters, their behavior is established in the measurement after and before the change of the micro meter and its impact on the variables brand, stratum, location; in order to establish prioritization criteria, achieving greater efficiency; In the program of significant deviations, the causes and their incidence were verified by reviewing the treatment that was carried out to the novelties to define previous criteria to optimize the process.

On the other hand, the residential net flow delivered in 2019 was established in accordance with the procedure of decree No. 300 of 2017 of the Ministry of Housing, evidencing the differences compared to the indicator developed in 2019 to generate strategies from consumption. The water balance was also analyzed, highlighting the behavior of unmeasured billed water and its impact on water losses.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
	PAGINA: 4 de 7

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10
		PAGINA: 5 de 7

(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO _x_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



UDECA
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO

DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CÓDIGO: AAAr113

VERSIÓN: 4

VIGENCIA: 2020-12-10

PAGINA: 6 de 7

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 4
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2020-12-10 PAGINA: 7 de 7



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. TrujilloLinda2021.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
TRUJILLO CHAPARRO LINDA LUZ	

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental). 21.1-51-20

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

ESTRATEGIAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS EN EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL
DESDE LA MICRO MEDICIÓN
EN FUSAGASUGÁ

LINDA LUZ TRUJILLO CHAPARRO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES FUSAGASUGA, CUNDINAMARCA
2021

ESTRATEGIAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS EN EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL
DESDE LA MICRO MEDICIÓN
EN FUSAGASUGÁ

LINDA LUZ TRUJILLO CHAPARRO

Trabajo de Grado como requisito parcial para optar por el título de la Maestría en Ciencias
Ambientales

Directora del Proyecto:
YOLIMA DEL CARMEN AGUALIMPIA DUALIBY
Doctora en Ciencias Técnicas (Convalidado como Doctorado en Ingeniería Hidráulica)

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES FUSAGASUGA, CUNDINAMARCA
2021

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	7
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	10
2.1 Planteamiento del problema	10
2.2 Antecedentes	13
2.3 Formulación de la pregunta	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivo Específico	16
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. MARCO REFERENCIAL	19
5.1. Marco teórico	19
5.1.1. El agua la matriz de la cultura	19
5.1.2. Desarrollo económico	19
5.1.3. Teoría de la racionalidad	19
5.1.4. Teoría de lo público	20
5.2. Marco conceptual	20
5.3. Marco constitucional y legal	23
5.3.1. Marco constitucional	24
5.3.2. Marco normativo	24
5.4. Marco geográfico	25
6. METODOLOGIA	29
6.1. Tipo de estudio	29
6.2. Diseño metodológico	29
6.2.1. Método utilizado	29
6.2.2. Criterio de validez y confiabilidad	31
6.3. Universo y muestra representativa	32
6.4. Instrumentos y técnicas de investigación	33
6.5. Estudio piloto	34
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	35
7.1. Evaluación programas reposición de medidores y desviaciones significativas	35
7.1.1 Programa reposición de medidores	35
7.1.1.1. Estimación de variación consumos por estratos	38
7.1.1.2. Estimación de variación consumos por marca	39
7.1.1.3. Estimación de variación consumos por localización	40
7.1.1.4. Estimación de variación consumos por tipo de medidor	41
7.1.2. Programa desviaciones significativas	42
7.1.2.1. Estimación de agua contabilizada no cobrada	42
7.1.2.2. Estimación consumos no facturados por estrato	43
7.1.2.3. Estimación consumos no facturados por concepto	44
7.2. Caudal neto de agua entregada a los usuarios de los sectores residenciales y consumos facturados no medidos de 2019 respecto al balance hídrico de 2013 y 2018 de Fusagasugá	47
7.2.1. Caudal neto entregado por estratos	47
7.2.2. Caudal neto entregado por periodo	49
7.2.3. Caudal neto máximo entregado por periodo y por estrato	50
7.2.4. Caudal neto mínimo entregado por periodo y por estrato	52

7.2.5.	Comparativo balance hídrico 2013 y 2018	53
7.2.6.	Consumo facturado no medido 2019	57
7.2.7.	Consumo facturado no medido residencial 2019	59
7.2.8.	Comportamiento consumo facturado no medido frente al consumo facturado 2013 a 2019	61
7.3.	Estrategias para reducir las pérdidas de agua residenciales de Fusagasugá	62
7.3.1.	Programa de reposición de medidores	62
7.3.2.	Programa de desviaciones	63
7.3.3.	Caudal neto residencial entregado	63
7.3.4.	Consumos facturados no medidos	63
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
9.	CONCLUSIONES	66
10.	RECOMENDACIONES	68
	REFERENCIAS	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Marco constitucional y legal	24
Tabla 2 Marco normativo	25
Tabla 3 Muestra representativa	32
Tabla 4 Universo	32
Tabla 5 Análisis de ANOVA consumos promedio antes y después del proceso de reposición	37
Tabla 6 Marcas de medidores y variación de consumo promedio por suscriptor	39
Tabla 7 Variación consumo respecto a localización del medidor	40
Tabla 8 Consumos no contabilizados por estrato	43
Tabla 9 Consumo contabilizado no facturado por concepto	45
Tabla 10 Promedio dotación neta por estratos.	47
Tabla 11 Dotación neta por periodos en 2019.	49
Tabla 12 Caudal entregado por estratos y periodos en 2019.	51
Tabla 13 Caudal neto mínimo entregado por estrato y periodo de 2019	52
Tabla 14 Balance hídrico EMSERFUSA ESP comparativo 2013 y 2018	54
Tabla 15 Variación balance hídrico 2013-2018	55
Tabla 16 Participación indicadores del balance hídrico frente al volumen suministrado al sistema 2013-2018	56
Tabla 17 Facturado no medido total frente al consumo total facturado 2019.	58
Tabla 18 Consumo facturado no medido residencial 2019	59
Tabla 19 Consumo facturado no medido por periodos 2019.	60
Tabla 20 Consumo facturado no medido frente al consumo total facturado 2013 a 2019	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Índice de Agua No Contabilizada del prestador (IANC)	21
Figura 2 Delimitación de áreas de cobertura prestadas por las captaciones de EMSERFUSA ESP	26
Figura 3 Área de cobertura ríos Cuja y Barro blanco	27
Figura 4 Localización cobertura zonas urbana y rural del municipio de Fusagasugá	28
Figura 5 Comparativo consumos promedio antes y después de proceso de reposición	36
Figura 6 Suscriptores que aumentaron su consumo promedio	37
Figura 7 Suscriptores que se redujo su consumo promedio	38
Figura 8 Variación consumo por estrato	39
Figura 9 Variación consumos promedio por suscriptor de acuerdo a la marca de medidor	40
Figura 10 Variación consumo promedio respecto a la localización	41
Figura 11 Variación del consumo promedio respecto al tipo de medidor	42
Figura 12 Consumo medido no contabilizado proceso de desviación	43
Figura 13 Consumo contabilizado no facturado por estratos	44
Figura 14 Consumo no facturado por concepto	46
Figura 15 Caudal neto entregado por estratos	48
Figura 16 Dotación neta por periodos en usuarios residenciales 2019	50
Figura 17 Dotación neta máxima entregada por estratos en el 2019	51
Figura 18 Caudal neto entregado mínimo promedio por estrato y por periodos 2019	53
Figura 19 Variación balance hídrico 2013-2018	55
Figura 20 Participación de las variables del balance hídrico respecto al volumen suministrado 2013-2018	57
Figura 21 Consumo no medido frente al consumo total 2019	58
Figura 22 Consumo facturado no medido residencial 2019	59
Figura 23 Consumo facturado no medido residencial frente al consumo total 2019	61

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de la creación de estrategias que incluyan un ajuste integral, que vincule los componentes técnicos, operativos y financieros con el fin de lograr la reducción de las pérdidas de agua en el acueducto del municipio de Fusagasugá desde la micro medición, y su incidencia en la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo socio económico del municipio.

Los servicios de saneamiento básico, como lo expresa Catalán (2019), han modificado su forma de acceso, ya que la provisión de agua para consumo era una responsabilidad individual y quienes la necesitaban accedían de manera directa a las fuentes, dado el crecimiento poblacional se hizo necesario su regulación, dando inicio a las empresas prestadoras de servicios públicos, quienes actualmente se encuentran dirigidas por las administraciones locales en su mayoría.

Uno de los mayores problemas que presenta el sistema es el acceso al agua potable segura, según la ONU (2019) solo un tercio de la población mundial cuenta con este servicio, adicionalmente la degradación ambiental acelerada, el incremento demográfico, el cambio climático incrementan su restricción.

Por otra parte, las pérdidas físicas y comerciales de agua potable corresponden a una de las características primordiales a analizar, con el fin de superar esta problemática, teniendo como principio la buena gestión del recurso hídrico, con miras a disminuir su ineficiencia sistémica. De acuerdo al Banco de desarrollo de América Latina (2016) la región supera los 5.000 millones de dólares al año en pérdidas de agua, teniendo en cuenta que las grandes ciudades latinas presentan ineficiencias sistémicas, en comparación con los índices de los mejores prestadores del mundo, haciéndose evidentes estas pérdidas en la facturación de agua potable superiores al 35%.

De igual manera, Montesillo (2017) lo ratifica cuando expresa que los factores determinantes en la gestión de los operadores del agua potable son las fugas, el agua no facturada, la deficiencia del patrón de usuarios y el clandestinaje; por tanto se debe realizar un seguimiento y tratamiento exhaustivo de estos factores; para el caso se realizó el estudio de las deficiencias en la micro medición, siendo uno de los factores que hacen parte de las pérdidas aparentes de agua, las cuales fueron abordadas desde los procesos de desviaciones de consumo y reposición de medidores.

Lo anterior en el marco de la investigación cuantitativa, que indica que al explicar el fenómeno estudiado se logra su control Guba (1994). Se elaboraron dos muestras de suscriptores residenciales, una de 411 para el estudio del programa de desviaciones, a los que se les realizó la verificación directamente del sistema de información de usuarios de la empresa de servicios públicos y la segunda muestra de 382 para la evaluación del programa de reposición de medidores; a estos se les hizo una visita de campo con el fin de verificar el estado de las acometidas; estas muestras alcanzaron un nivel de confiabilidad superior al 95%.

Una de las dificultades del trabajo de campo obedeció que al realizarse en época de cuarentena decretada por el estado según Decreto 417 de 2020, fue necesario cumplir con los protocolos de bioseguridad, situación que no permitió el acceso a la información por parte de los suscriptores sino que se remitió a la evidencia física en el terreno.

Se indagó en el sistema de información y en el Plan de Manejo de Aguas de 2019 de la empresa de servicios públicos de Fusagasugá, con el fin de identificar el caudal neto de agua que se entrega a los usuarios residenciales y se elaboró el balance de pérdidas de agua desde el área de micro medición, de acuerdo a los insumos generados en la evaluación de los programas que se adelantan en esta área dentro de la empresa prestadora de servicios públicos.

En los resultados se encontró que los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas requieren ajustes en su desarrollo ya que pueden mejorar sustancialmente su desempeño; con miras a cumplir su finalidad principal que es mejorar los estándares de la micro medición, por otra parte la investigación arrojó, que el caudal neto máximo por habitante entregado a los usuarios residenciales se encuentra en 87 litros por habitante al día, estando por debajo del nivel máximo autorizado por el Ministerio de Vivienda en su decreto 330 de 2017 en su artículo 43.

Por otra parte la investigación demostró que los metros cúbicos facturados no medidos presentaron una reducción importante en el año 2018 frente al 2013, contrario al 2019 donde presentaron un incremento, haciendo evidente las deficiencias en la sostenibilidad de los procedimientos que se desarrollan para disminuir este indicador.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

Actualmente una de las mayores preocupaciones en el mundo es la escasez del agua potable, teniendo en cuenta a la Asociación Mundial Para el Agua (2013) indicó que sólo el 3% del agua que existe en la tierra es agua dulce y de esta el 2.95% está en los casquetes polares y en los glaciares; quedando disponible sólo el 0.5% del total del agua para consumo humano y sin tener en cuenta la reducción del recurso, debido al proceso de potabilización a que debe someterse.

De igual manera la ONU (2018) expresó que más de 2.000 millones de personas no cuentan con acceso al agua potable y debido al acelerado crecimiento de poblacional mundial, se prevé un incremento en la demanda de agua en un tercio para el 2050, generando una mayor presión sobre las fuentes hídricas, haciendo necesaria la gestión integral del recurso hídrico con miras a reducir los desperdicios o pérdidas, que significan una carga adicional a la demanda ya establecida.

Estas ineficiencias en el sistema de abastecimiento limitan de manera directa la provisión del recurso hídrico, según el Banco Mundial (2013) en América Latina, en promedio el 45% del agua captada se pierde antes de llegar a los usuarios, e indicó que la reducción de pérdidas de agua es la forma más eficaz para que las empresas de agua y saneamiento generen mayores ingresos y aumenten el suministro.

Colombia es privilegiada por su riqueza hídrica según La Comisión Económica para América Latina la (CEPAL), lo paradójico es que debido a esto no existe en el país la conciencia real de la oferta del agua y las limitaciones de su acceso, desconociendo su valor estratégico; este desconocimiento es generalizado y la dirección política no es ajena a esta problemática y la falta de jerarquía institucional impide la gestión eficaz del recurso, ya que se adelantan políticas en cada periodo gubernamental y no refieren una política de estado,

fragmentando la responsabilidad y socavando la autoridad del estado en el manejo del recurso ambiental, dificultando el sostenimiento del país en este lugar predilecto (CEPAL, 2016).

Así mismo la CEPAL (2016) indicó que en el suministro del agua apta para consumo humano en Colombia se presentan dos problemas principales, los deficientes niveles de calidad y las grandes pérdidas en su distribución, reflejados en niveles importantes de pérdidas, la débil capacidad de gestión genera un deterioro progresivo de la calidad y desfinanciamiento de las necesidades de expansión y optimización del sistema.

Este nivel de pérdidas de agua en Colombia según la Superintendencia de Servicios públicos (2018) presenta el Índice de Agua no Contabilizada (IANC) que tiene un promedio a nivel nacional cercano al 43,6% en el 2017, y de acuerdo a la resolución CRA 287 (2004) el porcentaje máximo permitido es el 30%, además expresa que el 76% de las empresas prestadoras del país superan el máximo de este indicador, lo que refleja la ineficiencia en el manejo de las pérdidas de agua técnicas y comerciales.

Es así como el acueducto de Fusagasugá no es la excepción y presenta pérdidas de agua relevantes, con un “Índice de Agua No Contabilizada- IANC, del 38,1% en su informe de gestión de 2017” (EMSERFUSA 2017, 2018, p. 82). Haciendo referencia a las diferencias entre lo producido y facturado.

En este sentido Pimienta (2013) manifiesta que las pérdidas comerciales se componen de tres elementos, los errores en la medición, las fugas de las redes de distribución y las conexiones clandestinas. El acueducto de Fusagasugá no cuenta con un sistema, que permita definir los elementos que componen estas pérdidas, a fin de mitigar su incidencia.

Por otra parte el municipio presenta una demanda del recurso hídrico, superior a la capacidad instalada en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable- PTAP de Pekín, Central y la Venta, presentó un déficit de 3.300 m³ para la demanda de 2014, según el informe expedido por las Empresas Públicas de Cundinamarca (EPC), que establecen la siguiente proyección: “hasta el año 2023, con un porcentaje de pérdidas técnicas del 25%, en las plantas que hacen

parte de la empresa, se prestará de forma eficiente el servicio requerido ” (EPC, 2014, p. 21).

De acuerdo a información tomada del documento (EPC, 2014, p. 21) donde presenta la capacidad instalada frente a la requerida, indica que la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) tenía 450 L/s de capacidad instalada frente a 457.99 L/s del requerido.

De estas pérdidas hídricas comerciales hace parte el proceso de micro medición, al respecto la toma de lecturas presenta grandes dificultades que impiden el registro real de los consumos de los usuarios; y ante la imposibilidad de medir el consumo real, el cobro se realiza con base en los consumos promedio del mismo suscriptor, o con base en los consumos promedios de suscriptores o usuarios que estén en circunstancias similares, según la Ley 142 en su Art. 146.

De otra parte, Mecon (2016) expresa que, en Colombia se tiene memoria a corto plazo, al omitir situaciones de desabastecimiento a causa de la descoordinación interinstitucional. Prueba de ello es que, en Fusagasugá, en octubre de 2014 se produjo una avalancha que propició la muerte de una persona e importantes pérdidas materiales y en 2015 el municipio padeció el racionamiento de agua potable durante varios días, haciendo evidentes errores en la gestión integral del recurso hídrico en el municipio.

Así las cosas, estas ineficiencias en el sistema de abastecimiento ponen en riesgo la disponibilidad de este recurso y se requiere crear “estrategias encaminadas hacia la gestión de la oferta o la demanda del servicio siendo la segunda la más lógica y medioambientalmente más sostenible ya que pretende reducir o modular la demanda de los usuarios” (Gavara, 2015, p.32). La ONU (2016) expresa que la captación excesiva de agua causa la pérdida de la base del recurso y el imponer restricciones en su uso para mitigar el impacto de continuas sequías ocasiona un retroceso económico.

El Municipio de Fusagasugá, no conoce con exactitud el impacto de los programas que desarrolla respecto a la micro medición para la reducción de las pérdidas de agua, y los elementos del balance hídrico, por tanto, no cuenta con información técnica suficiente para la

toma de decisiones, ni la forma de impactar los factores que incrementan las pérdidas de agua. A consecuencia de lo anterior, se requiere dar atención prioritaria a esta problemática con el fin de evitar el desabastecimiento de agua a corto plazo y afectaciones socio-ambientales que podrían generar estancamiento e incluso migración en las comunidades.

2.2 Antecedentes

El presente proyecto se encuentra en concordancia con investigaciones que se han desarrollado en el nivel internacional y nacional relacionados con la pérdida de agua desde el uso residencial y la creación de estrategias que permitan su reducción. Algunos de los más relevantes se describen a continuación.

2.2.1 En el Contexto Internacional

En México Almendarez y Beltrán (2015) desarrollaron un estudio sobre la demanda de agua de uso comercial, los resultados señalan que el precio impacta negativamente en el consumo con una magnitud baja.

De otra parte, Mukheibir et al. (2012) hicieron una investigación con el fin de entender los motivos del no registro en m³ de agua de consumo residencial en Australia y su incidencia en la sub medición de los medidores, usaron diferentes tipos de medidores con el fin de establecer la deficiencia; indicaron que tiene mayor afectación en el agua no facturada la falta de registro de agua que el sub-registro y que para la reposición se deben usar equipos con rendimientos técnicamente aceptables.

En un sentido similar, Gavara (2015) en Valencia España, estudió el comportamiento metrológico de los contadores en abastecimiento de agua, siendo su objetivo principal optimizar la gestión para la reducción de las pérdidas comerciales. Concluyó que es muy clara la importancia que tienen las pérdidas aparentes en un abastecimiento y por lo tanto también su optimización y correcta gestión.

De igual forma, la Fundación nueva cultura del agua (2015) abordó el reto de la integración de los valores y principios ecológicos, sociales y éticos en la gestión del agua; donde definieron que se requiere promover un cambio en las políticas de gestión del agua que confluya hacia un nuevo paradigma basado en la racionalidad económica, la sostenibilidad social y ambiental, y el respeto a los valores culturales, lúdicos y afectivos.

Por otra parte, Aguilera (2006) en Tenerife España, analizó la nueva economía del agua y sus cuestiones fundamentales. Expresó que el ahorro de un metro cúbico (m^3) de agua es mucho más barato, económicamente, social y ambientalmente más deseable y razonable, que la generación de un m^3 adicional.

De igual manera, Sánchez (2008) en España analizó en su estudio el derecho fundamental al agua en el derecho internacional y definió el agua como un recurso natural limitado y no multiplicable, insustituible para una vida humana digna. Su denegación generalizada afecta gravemente al disfrute de derechos fundamentales como el derecho a la vida, alimentación, salud, a la vivienda o a la educación.

En este sentido, Pillot, et al. (2016) Alemania, en su estudio sobre hasta qué punto la reducción de pérdidas es ecológica, concluyó que “la reducción de las pérdidas del agua involucra varias actividades y acciones, que a su vez generan importantes impactos ambientales” (p.34); haciendo énfasis en las variables que corresponden a las pérdidas físicas como lo son el mantenimiento de las redes de acueducto, entre otras, por ello, la importancia de priorizar la eficiencia del sistema desde las pérdidas comerciales.

2.2.2 Antecedentes en el contexto nacional

En Colombia, Pimienta (2013) en Bogotá hizo la guía metodológica para la optimización de sistemas de acueductos en los municipios de Colombia, concluyó que es necesario que los programas de optimización se socialicen a la comunidad y así tomen conciencia involucrándose en el cuidado del agua y del sistema.

En Bogotá Colombia Galindo (2014) proyectó las herramientas de la incertidumbre asociada a la estimación del balance hídrico en el sistema de acueducto. Su finalidad hacer evidente la inclusión de los aspectos metrológicos en la estimación del balance hídrico por medio del análisis de indicadores.

Por su parte, González (2015) elaboró el plan de mejoramiento en la empresa de acueducto metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. se centró en el estudio de las causas de las pérdidas comerciales de agua no contabilizada, definió su origen por micro medición o fraudulentas. Afirmó que un estudio de patrones de consumo es necesario para tener información certera, y que, además, los rangos de caudal deben ajustarse y así hallar un rango de sub-medición (Q3) realmente bajo.

Correa (2017) a través de su investigación presentó, 43 relaciones de causalidad con altos niveles de significancia, donde se evidenció que la pobreza tiene implicaciones negativas en el acceso al agua segura y, la falta de acceso al agua segura es un elemento que sustenta y reproduce la pobreza. Impactando el desarrollo socioeconómico y ambiental de la nación.

2.3 Formulación de la pregunta

Lo descrito hasta el momento permite hacer que emerja el siguiente interrogante de investigación: ¿Cuáles son las herramientas y sus formas de aplicación que permitirán la reducción de pérdidas de agua potable desde la micro medición en el sector residencial de Fusagasugá?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Proponer estrategias que permitan la reducción de las pérdidas de agua por micro medición residencial en Fusagasugá.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el programa de reposición de medidores y desviaciones en el consumo del servicio de agua potable, su incidencia en la variación de la demanda, de una muestra de suscriptores residenciales de Fusagasugá.
- Determinar el caudal neto de agua entregada a los usuarios de los sectores residenciales y definir los consumos facturados no medidos de 2019 en comparación a los balances hídricos de 2013 y 2018 de Fusagasugá.
- Proponer estrategias que permitan la reducción de las pérdidas de agua de acuerdo a los resultados de la evaluación de los programas de medidores y desviaciones, caudal neto entregado residencial de 2019 y los consumos facturados no medidos en 2019 de Fusagasugá.

4. JUSTIFICACIÓN

Las actividades humanas dentro del municipio de Fusagasugá tienen una incidencia directa respecto al consumo del agua, el presente estudio cobra gran importancia en razón a su aporte a la generación de mecanismos que permitan reducir las pérdidas de agua a través de la regulación de la demanda del consumo en el municipio de Fusagasugá, propiciando la gestión de su uso eficiente y garantizando a las generaciones presentes y venideras el disfrute de su oportuna disponibilidad, y el desarrollo sostenible del municipio.

En 2015 los países miembros de las Naciones Unidas (ONU) adoptan los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS-, este proyecto apunta desde lo ambiental al Objetivo 6 de “garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” y al objetivo 6.4 Uso eficiente de los recursos hídricos tomando como herramienta la gestión eficiente. Desde lo social contribuye al ODS “6.1 El acceso universal y equitativo al agua potable, acceso a servicios básicos adecuados” y el Objetivo 3, relacionado con la salud, que tiene como fin “3.9. Reducir muertes y enfermedades por la contaminación del agua”. En lo económico cobra importancia el Objetivo 1, relacionado con la pobreza.

Así para la ONU (2016) al tener en cuenta que incrementar la eficiencia en el uso del agua como su productividad podría contribuir al desarrollo socioeconómico creando empleo decente en los sectores dependientes del agua.

Por otra parte el Instituto de Estudios Estratégicos (2016) expresa que la seguridad humana incluye factores como la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente, y que asegurar la seguridad hídrica debe ser el gran objetivo global para lograr un desarrollo sostenible del planeta.

Esta investigación, dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2014– 2018, apoya el objetivo “3.1.3. El desarrollo urbano y agua potable” (p.27) y de acuerdo al Plan de Desarrollo Departamental (PDD) de Cundinamarca 2016.-2020, “Art. 26 que establece la intención de

Adoptar un plan de abastecimiento regional del agua”, en su “Art. 51: Mantener en 98,65% la cobertura del servicio de acueducto urbano” y el “Art. 52b; Garantizar al 100% la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano” (p. 71,77, 157,161) siendo el abastecimiento o la escasez el promotor o limitante para el logro de diferentes planes y proyectos del orden gubernamental.

Desde El Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de Fusagasugá 2016-2020 se establece la contribución de manera directa en los “Art 9.4 de Garantizar la calidad y continuidad del servicio de agua potable” “Art. 10.9 disponer recursos que garanticen calidad y continuidad de los servicios de agua potable” y “Art 18 de Garantizar el servicio de agua potable al 100% de suscriptores de EMSERFUSA” (PDM Fusagasugá, p. 83).

Igualmente, en cumplimiento a la Ley 142 de 1994, en su artículo 2.1. “Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios”; este es el fin de la intervención del estado en la prestación de los servicios públicos siendo el uso eficiente del agua el objeto primordial de este estudio.

En la empresa de servicios públicos se generó la evaluación de los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas con base en una muestra representativa de los usuarios residenciales del acueducto de Fusagasugá, teniendo en cuenta que Fusagasugá cuenta con una población residencial que equivale al 93,3% de los usuarios para el servicio de acueducto, para lograr el control directo de las diferencias entre lo producido y lo facturado, reduciendo las pérdidas del recurso natural y controlando el impacto ambiental.

5. MARCO REFERENCIAL

A continuación, presento los marcos que definen el presente estudio desde el contexto teórico, conceptual, constitucional, normativo y geográfico los que expresan su alcance y profundidad.

5.1 Marco teórico

El agua constituye el recurso único que propicia o limita la vida de todas las especies, incluyendo la especie humana ya que su disponibilidad o carencia regula las instancias de nuestra vida, para el presente estudio se tienen en cuenta las siguientes teorías.

5.1.1 *El agua la matriz de la cultura*

Shiva (2015) indica que los conflictos por el agua se han incrementado, y presenta el agua como el sostén de la vida, por ende, cuando se reduce en una población la vida se ve seriamente comprometida, esta investigación aboca el análisis del agua potable para reducir sus pérdidas desde la gestión misma en el proceso de abastecimiento.

5.1.2. *Desarrollo sostenible*

Por otra parte se vincula La teoría del desarrollo sostenible que según la Unión Mundial por la Naturaleza (UICN) le reconoce como “mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan” (UICN, 2018, p4) Desde la investigación se relacionan elementos que hacen parte de este desarrollo en lo ambiental se privilegia la preservación y conservación del recurso hídrico y en lo social se refiriere al consumo de agua potable, dando un mayor alcance en la garantía de los derechos fundamentales de las comunidades del municipio.

5.1.3. *Teoría de la racionalidad*

Así la teoría de la racionalidad de la modernidad. Leff (2004) define la problemática ambiental como una crisis de la civilización, de la cultura occidental; de la racionalidad de la modernidad; de la economía del mundo globalizado. Para el caso las pérdidas de agua, se

deben en gran proporción a la sobreexplotación del recurso natural requiriendo su regulación, lo anterior teniendo en cuenta que la investigación pretende alcanzar la reducción de las pérdidas de agua, y mitigar la desnaturalización ecológica del recurso hídrico.

5.1.4. Teoría de lo público

Rabotnikof (2015) expresó lo público como de interés o utilidad común a todos; que compete a la autoridad del estado y siendo el agua un bien público es imprescindible priorizar su uso desde lo común, para el logro de su fin como lo es el bienestar general, estableciendo mecanismos para acceder a ella reduciendo las cargas que genera su demanda a las cuencas hídricas.

5.2. Marco conceptual

Este proyecto cuenta con terminología técnica que es imprescindible para dar a entender de manera clara la temática en que se desarrolla y su asociación con las empresas prestadoras de servicios de distribución y abastecimiento de agua potable.

Acometida de acueducto: “Derivación de la red de distribución que se conecta al registro de corte en el inmueble.” (González, 2015, p.27)

Aforo de agua: “Es el procedimiento por medio del cual se mide o estima la cantidad de agua que normalmente utiliza un usuario” (González, 2015, p.27)

Balance hídrico de un sistema de acueducto: “Sistema de medición de pérdidas de agua que evalúa cada componente de agua que se incorpora y se desprende de un sistema de abastecimiento en un periodo definido” (Alvarado y Cauna, 2019, p.25).

Caudal: Según la Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento (CRA) en su resolución 138 de 2000, en su artículo 1 “Es el volumen de agua que pasa por una unidad de tiempo, referido a un medidor es el cociente entre el volumen de agua que circula a través de un medidor de agua y el tiempo que le toma hacerlo” (CRA, 2000).

Desviación significativa: La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) en su Resolución CRA 151 DE 2001, artículo 1.3.20.3, lo define como el aumento ó reducción en los consumos, que comparados con los promedios de los últimos tres periodos, si la facturación es bimestral, o de los últimos seis períodos, si la facturación es mensual, sean mayores al 35% para usuarios con promedio mayor o igual a 40m³ y 65% para usuarios con un promedio de consumo menor 40m³ así lo expresó (CRA, 2000). Siendo obligatorio que las empresas sometan su facturación a investigación de desviaciones significativas.

Escasez económica de agua: “Falta de infraestructura por limitaciones financieras o técnicas, independientemente del nivel de los recursos hídricos” (ONU, 2016, p.31)

Índice de agua no contabilizada- IANC. Indicador del porcentaje de pérdidas de agua en que un prestador incurre en su operación normal, pérdidas que pueden ser técnicas como comerciales. Se considera para evaluar la gestión de los acueductos 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 los usuarios los sobrecostos de una gestión ineficiente” (Art. 87.1). El cálculo de dicho índice se define en la Resolución CRA 315 de 2005, cuyo numeral 1.1 del Anexo 2 establece lo siguiente:

Figura 1 *Índice de Agua No Contabilizada del prestador (IANC) – Indicador de primer nivel*

$$IANC = \left(\frac{VOLÚMEN DE AGUA PRODUCIDO EN BLOQUE - VOLÚMEN DE AGUA FACTURADO}{VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDO + COMPRA DE AGUA EN BLOQUE} \right) * 100(\%)$$

Figura 1. Índice de Agua No Contabilizada del prestador (IANC) Fuente: Res CRA 315 DE 2005.

Índice de pérdidas por usuarios-IPUF. Indicador y metas de la gestión de pérdidas en el nuevo marco regulatorio determinado por la CRA en su Resolución 632 de 2013, Art. 6. Su estándar de eficiencia debe ser igual o menor de 6 m^3 . Mide las pérdidas en metros cúbicos por usuario que presentan las empresas prestadoras del servicio de acueducto y evidencian su gestión sobre el recurso hídrico.

Micro medidor: Resolución de la CRA 151 de 2001 en su Artículo 1.2.1.1 “Es un medidor instalado en la acometida del usuario o suscriptor”.

Proceso de micro medición: De conformidad con el numeral 1 del artículo 9 de la Ley 142 de 1994, las comisiones de regulación deberán, de acuerdo a la capacidad técnica y financiera de las empresas o a las categorías de los municipios establecidas por la ley, fijar los plazos y términos en los cuales las empresas deben implementar los planes de medición de sus consumos reales mediante instrumentos tecnológicos apropiados.

Pérdidas físicas de agua potable: “Volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisura, roturas y filtraciones” (González, 2015, p.33).

Reposición de medidores: La CRA en su resolución 457 de 2008, en su artículo 2.1.1.4. indica que las empresas prestadoras del servicio de acueducto deben definir las acciones y su periodicidad, orientadas a verificar el adecuado funcionamiento de los medidores, sólo será posible la reposición, cambio o reparación del medidor por decisión del prestador, cuando el informe emitido por el laboratorio debidamente acreditado indique que el instrumento de medida no cumple con su función de medición.

Sistema de agua potable- SAP: Conjunto de componentes encargados de potabilizar el agua cruda desde la fuente de captación hasta los puntos de consumo. Dentro de este sistema se pueden mencionar: Aducción, captación, distribución y tratamiento (Suarez, 2015).

Sub registro en el análisis de agua no facturada: “Uno de los factores que contribuye en gran proporción a incrementar el indicador de Agua No Contabilizada (ANC) es el sub registro de los equipos de medición de agua potable”. (Castillo, 2015, p.2).

Suscriptor: De acuerdo con el artículo 14, numeral 14.31 de la Ley 142 de 1994 es “la persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos”.

Tipos de medidores de agua para uso residencial: A continuación, se presentan los tipos de medidores de agua, llamados micros medidores que se usan para los predios de uso residencial; (González, 2015, p.41) clasifica los medidores como medidores de velocidad cuyo funcionamiento se basa en la activación de un reloj que relaciona, la cantidad de vueltas con el número de litros circulados y los volumétricos que indican el número de veces que se llena un recipiente.

- Las clases metrológicas de los medidores. establecidas en la norma técnica colombiana NTC 1063-3. Se denomina por A, B, C siendo clase A la de menor calidad y clase C la de mayor calidad” (González, 2015, p.41).

- Clase R200: Incorporada en EMSERFUSA, acorde con lo establecido en la actualización NTC 1063-3:2007 (Contrato de Condiciones Uniformes EMSERFUSA, 2019, p 12).

5.3. Marco constitucional y legal

A continuación, en la tabla 1, se presenta el marco basado en la Constitución y en la normatividad vigente en el país sobre el agua y su aprovechamiento para el consumo humano.

5.3.1. Marco constitucional

Tabla 1 Marco constitucional y legal

NORMA	DETALLADO
Constitución Política de Colombia 1991	<p>Art. 49 Son servicios públicos la atención en salud y el saneamiento ambiental a cargo del Estado.</p> <p>Art. 80 El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.</p> <p>Art. 366 Objetivo fundamental la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.</p> <p>Art. 79 Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente.</p> <p>Art. 90 El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales</p> <p>Art. 95 Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.</p> <p>Art. 332 El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, Art. 333 Delimitar la libertad económica cuando así lo exijan el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural de la Nación.</p> <p>Art. 334 El Estado intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales</p> <p>Art. 360 Define los requerimientos para la explotación de los recursos naturales no renovables.</p> <p>Art. 367 La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios.</p> <p>Toda agua para consumo humano debe de ser potable cualquiera sea su procedencia.</p>
Ley 9 de 1979 Art 69 Ley 142 de 1994 Ley 373 de 1997 Art 1, 3 y 12	<p>Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios</p> <p>Programa para el uso eficiente y el ahorro del agua, el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto.</p>
Decreto 3102 de 1997 Art 2 Min ambiente Decreto 229 de 2002 Decreto 953 de 2013 Min ambiente y desarrollo sostenible	<p>Obligaciones de los usuarios. Hacer buen uso del servicio de agua potable y reemplazar aquellos equipos y sistemas que causen fugas de agua en las instalaciones internas.</p> <p>Modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2000</p> <p>Promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos.</p>
Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico, Min Vivienda 632 (2013). Resolución 631 de 2015 Min ambiente y desarrollo sostenible Resolución 138 CRA, Ministerio de Vivienda (2000).	<p>Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que tengan más de 5.000 suscriptores.</p> <p>Se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.</p> <p>Se establece el nivel de consumo para grandes consumidores vinculado al Servicio Público Domiciliario de acueducto o de alcantarillado para los efectos del Decreto 302 de 2000.</p> <p>Por medio del cual se fija la tarifa mínima por utilización de aguas.</p>
Resolución 1571 de 2017 Min ambiente y desarrollo sostenible	
Resolución CRA 315 de 2005	<p>Se establecen las metodologías para clasificar las personas de acueducto, alcantarillado y aseo de acuerdo con un nivel de riesgo</p>
Resolución CRA 457 de 2008	<p>Por la cual se modifican los Artículos 2.1.1.4 y 2.2.1.4 de la Resolución CRA N° 151 de 2001, los Artículos 10 y 13 de la Resolución CRA N° 413 de 2006 y el numeral 29 de la Cláusula 11 del Artículo 1° de la Resolución CRA 375 de 2006</p>
Resolución CRA 151 de 2001	Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo

Tabla 1. Marco constitucional y legal Fuente: El autor

5.3.2. Marco normativo

En la tabla 2 se presenta el listado de normas introductorias que van a contextualizar el marco normativo de la investigación.

Tabla 2. Marco normativo

NORMA	DETALLE
Resolución 330 de 2017. Ministerio de vivienda Ciudad y Territorio	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009". Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
NTC 1500 Código Colombiano de Fontanería ICONTEC NTC-1063-3 ICONTEC	"Normas del caudal máximo probable en una edificación (caudal de diseño para el dimensionamiento de las redes internas) mediante el empleo de la metodología probabilística de la curva de hunter". "Medición del flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente".
ISO 4064-1-2014	"Los requisitos metrológicos y técnicos de los medidores de agua para agua potable fría y agua caliente que fluye a través de un conducto cerrado y completamente cargado".
Decreto 417 de 2020	"Por el cual se declara un Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio Nacional".

Tabla 2. Marco normativo Fuente: El autor

5.4. Marco geográfico

A continuación se presenta el marco geográfico donde se adelantó la investigación, teniendo en cuenta que la Empresa de Servicios Públicos de Fusagasugá (EMSERFUSA), presta los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en este municipio contando a junio de 2018 con 45.607 suscriptores en el servicio de acueducto, de los cuales 42.568 fueron usuarios residenciales (EMSERFUSA, 2018 p.2). El acueducto se surte de dos fuentes hídricas, los ríos Barro Blanco y Cuja, el primero hace parte de la cuenca del río Sumapáz y de la sub cuenca del río Panches, mientras el segundo hace parte de la cuenca que lleva su mismo nombre.

De otro lado EMSERFUSA ESP en su Plan Local de Emergencias y Contingencias. (PLEC) al definir los límites y la extensión de Fusagasugá, indica que Fusagasugá tiene una extensión total de 204 km², 190,980 km² del área rural y 13,019 km², la parte más ancha va desde los límites de Silvania al norte, hasta el cerro de San Juan Viejo; y la más angosta es la de La Aguadita entre la desembocadura de los ríos Chocho y Cuja en el Sumapáz (PLEC, 2016).

Como lo evidencia la figura 2 dónde se delimitan las áreas de cobertura prestadas por las captaciones de EMSERFUSA ESP, correspondientes a los ríos Cuja y Barro Blanco, y su distribución de redes dentro del municipio.

Figura 2. Delimitación de áreas de cobertura prestadas por las captaciones de EMSERFUSA ESP.

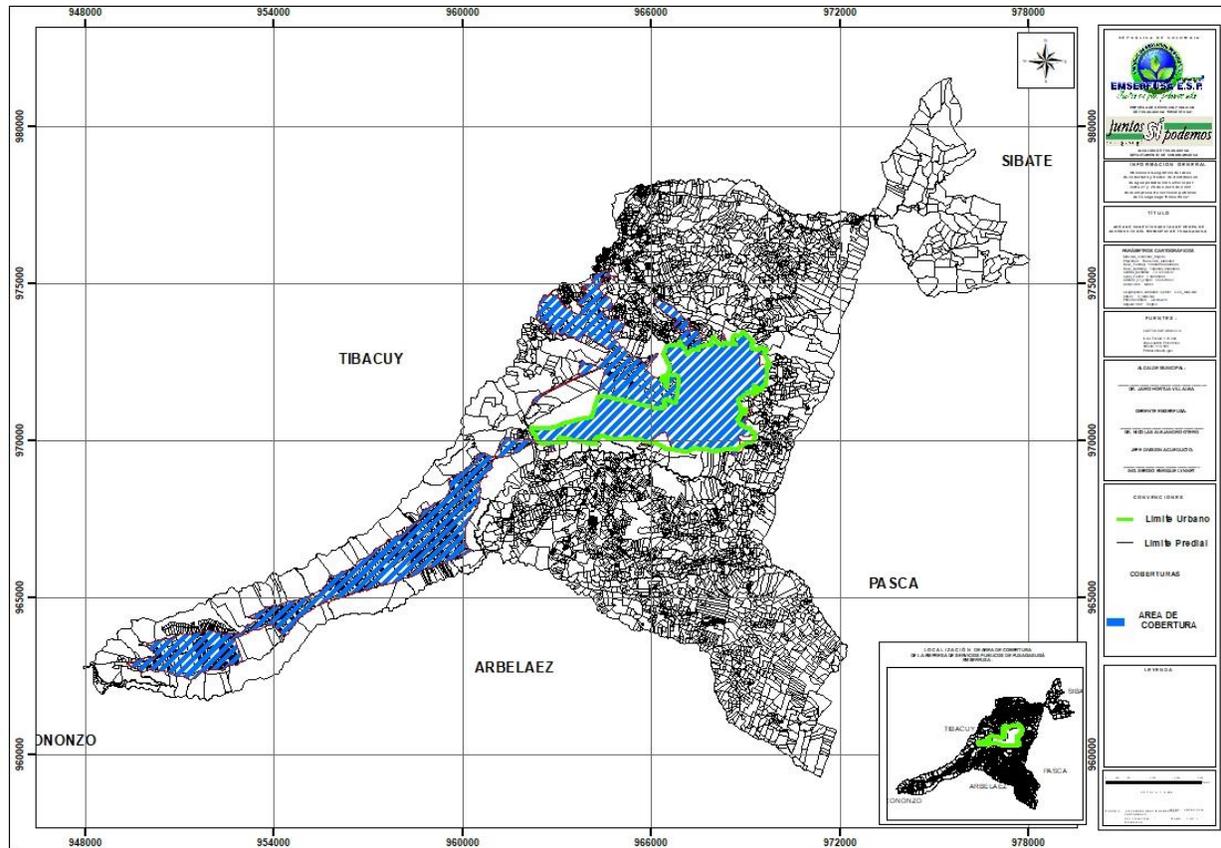


Figura 2. Delimitación de áreas de cobertura prestadas por las captaciones de EMSERFUSA E.S.P Fuente: Oficina de Cartografía División Comercial.¹

1. La Figura 2 Delimitación de área de cobertura prestada por las captaciones de EMSERFUSA ESP, su fuente es la oficina de Cartografía correspondiente a la División Comercial de la empresa, por tal razón su disponibilidad es únicamente en esta dependencia, no se encuentra publicado.

La CAR en su estudio de la cuenca hidrográfica del río Cuja indica que su principal eje fluvial el río del mismo nombre comprende los municipios de Fusagasugá, Pasca y Arbeláez, y limita al norte con la sub cuenca del Río Panches municipio de Fusagasugá, al sur con la sub cuenca río Negro municipios de Arbeláez y Pandi, al oriente con las cuencas del río Blanco y Bogotá y al occidente con el Departamento de Tolima (CAR, 2014, p.3).

En la Figura 3 se muestra el área de cobertura de acueducto con que cuenta el Municipio de Fusagasugá en su zona urbana y rural, de los ríos Cuja identificada con color azul y Barro blanco con el color verde, teniendo una mayor cantidad de suscriptores la planta que surte el río Barro blanco.

Figura 3. Área de cobertura ríos Cuja y Barro blanco

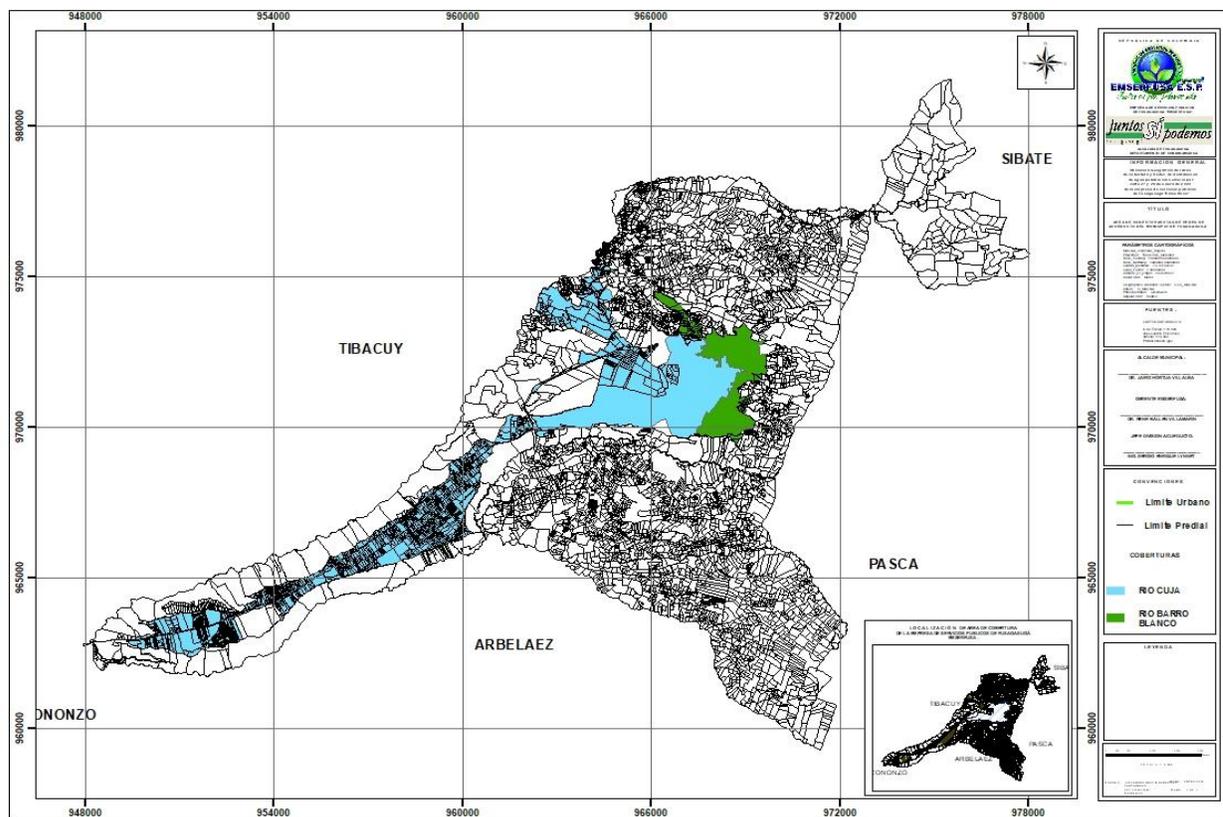


Figura 3. Área de Cobertura Río Cuja y barro blanco, Fuente: Oficina de Cartografía que hace parte de la División Comercial de EMSERFUSA.²

2. La Figura 3 Área de cobertura río Cuja y Barro Blanco EMSERFUSA ESP, su fuente es la oficina de Cartografía correspondiente a la División Comercial de la empresa, por tal razón su disponibilidad es únicamente en esta dependencia, no se encuentra publicado.

Para identificar la cobertura de las zonas urbana color azul y rural color verde en el municipio de Fusagasugá, la Figura 4, presenta los sectores en los que se provee el servicio de acueducto.

Figura 4. Localización cobertura zonas urbana y rural del municipio de Fusagasugá

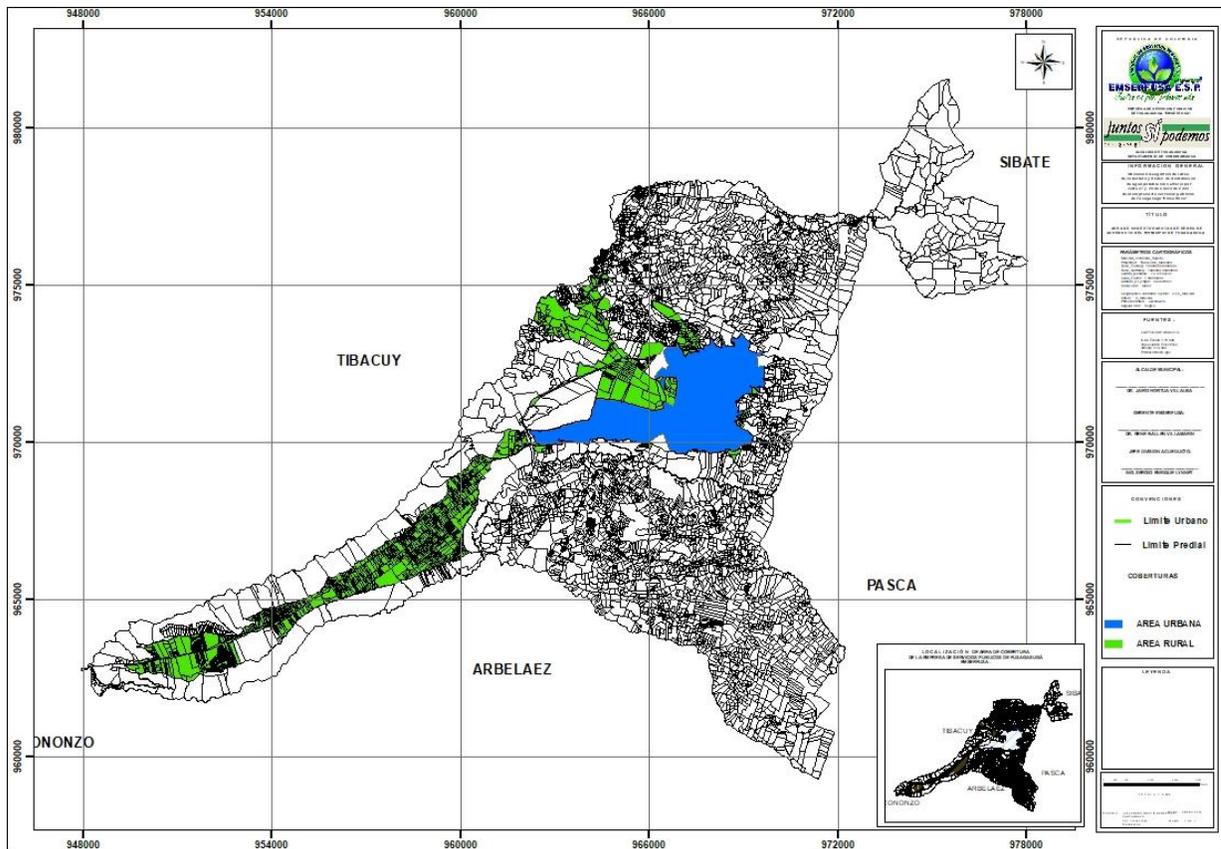


Figura 4. Localización lindero zona urbana y rural municipio de Fusagasugá. Fuente: oficina de Cartografía que hace parte de la División Comercial de EMSEFUSA ESP.³

3. Figura 4 Localización lindero zona urbana municipio de Fusagasugá EMSEFUSA ESP, su fuente es la oficina de Cartografía correspondiente a la División Comercial de la empresa, por tal razón su disponibilidad es únicamente en esta dependencia, no se encuentra publicado.

6. METODOLOGÍA

A continuación, se describen los momentos de la investigación; sus fundamentos epistemológicos; tipo, enfoque y diseño metodológico que fundamentan este estudio y que permitieron cumplir los objetivos formulados.

6.1 Tipo de estudio

El presente estudio desde el punto de vista de su propósito o finalidad, se enmarcó dentro de la investigación aplicada según Lozada (2014) buscando generar conocimiento, con aplicación a la problemática de las pérdidas de agua en el sector residencial en el municipio de Fusagasugá generando herramientas que permitan su regulación.

Desde el alcance o grado de profundidad, fue explicativa que según Cauas (2015) su intención es hacer comprender la realidad a través de leyes científicas o de teorías, explicando el proceso de demanda hídrica en la muestra representativa de suscriptores residenciales, haciendo la evaluación de los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas, su caracterización y cómo su regulación, podría convertirse en un mecanismo que permita el uso eficiente del agua potable a corto plazo.

6.2. Diseño metodológico

A continuación, se presenta el diseño metodológico que incluye el método utilizado, los criterios de validez y confiabilidad, universo y muestra representativa.

6.2.1 *Método utilizado*

Teniendo en cuenta los métodos, se desarrolló desde el enfoque de la investigación cuantitativa, que según “tiene como objeto explicar el fenómeno estudiado, para en una última instancia, predecirlo y controlarlo” (Guba, 1994 p.12). Esto, debido a que su principal objetivo es elaborar estrategias que permitan reducir las pérdidas de agua de los usuarios residenciales.

Al realizar la evaluación de los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas, se establecieron las características y factores que inciden en el consumo del agua en los sectores residenciales; explicando de manera detallada el comportamiento de las variables, tipo de medidor, ubicación, estrato, barrio, y su incidencia en los consumos, los que permitirán definir la ruta para el control y mejora de los programas, así como desde el abastecimiento en las plantas de tratamiento hacia los diferentes sectores, necesarios para la regulación del consumo.

Se elaboró la visita y se definieron características respecto a las condiciones de los predios donde se adelantó la muestra, por otra parte, se realizó el análisis de las bases de datos de facturación y se estableció el consumo por suscriptor y por facturación, así mismo las variaciones respecto en el caso del proceso de reposición, de los m³ consumidos en promedio seis meses antes y seis meses después de realizada la reposición.

Para el caso del programa de desviaciones se realizó una revisión exhaustiva de los procesos de desviación generados en los años de 2016 a 2019, en 382 predios que presentaron un total de 1.719 eventos, y el procedimiento realizado por parte de la empresa prestadora, el resultado del proceso y las causales.

Para establecer el caudal neto entregado a los usuarios residenciales, se utilizó el procedimiento indicado en la resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, la dotación neta debe determinarse usando la información histórica de los consumos de agua potable disponible siempre que sean consistentes, se proyecta de acuerdo a la información suministrada por las bases del datos del área comercial y la proyección de acuerdo a la estimación del promedio de habitantes por vivienda en Fusagasugá, del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en su boletín del 13 de septiembre de 2010 sobre el perfil del municipio de Fusagasugá.

Para establecer los consumos facturados no medidos de 2019 respecto al balance hídrico de 2013 y 2018 de Fusagasugá, se indagó en los estudios realizados previamente en la empresa de servicios públicos, con el fin de identificar los balances hídricos elaborados y elaborar el comparativo de las variables que lo componen.

Se hizo el análisis del desempeño de las variables, pérdidas de agua en volumen frente a los consumos, estratos, marca y ubicación del medidor.

Por último para establecer las estrategias propuestas para la reducción de pérdidas de agua, se tuvo en cuenta los resultados de la evaluación de los programas de reposición y desviaciones, del caudal neto de 2019 y del consumo cobrado no medido de 2019; se verificó las variables de mayor incidencia.

6.2.2. Criterio de validez y confiabilidad

Corral (2009) es el grado en que una prueba proporciona información apropiada a la decisión que se toma; y la exactitud y precisión del procedimiento de medición, adicionalmente existen diferentes métodos para medirlas “la comprensión y empatía con el objeto de estudio es indispensable para que pueda existir un margen de fiabilidad” (Ortiz, 2013, p.9).

Para el caso se requirió del conocimiento profundo de los procesos del área comercial y así establecer su incidencia en las pérdidas de agua, de esta manera se elaboró la evaluación de los programas con el fin de analizar los factores que posibiliten la reducción y control de las pérdidas y la eficiencia del manejo del recurso hídrico a través de los indicadores, Índice de Agua No Contabilizada (IANC) y el Índice por Usuario Facturado (IPUF).

Con un nivel de confianza del 95%; es decir un valor de $Z= 1.96$ y un error máximo de la muestra del +/- 5%; es decir 0.06; Para un total de 42.155 suscriptores residenciales, el tamaño de la muestra fue de 380 micro medidores, en el programa de reposición se analizaron 382 usuarios y en el programa de desviaciones 411, con 1.719 eventos, de acuerdo a las

condiciones de restricción del momento de desarrollo de la investigación, en el segundo caso incidieron no fue posible el acceso en algunas acometidas.

Para definir la muestra se tuvo en cuenta la participación referenciada dentro de la población de acuerdo al estrato socio económico, así como lo evidencia la tabla 3.

Tabla 3. Muestra representativa

ESTRATO	SUSCRIPTORES	% PARTICIPACION	MUESTRA
UNO	1.493	4	15
DOS	8.518	20	76
TRES	15.281	36	137
CUATRO	12.821	30	114
CINCO	3.239	8	30
SEIS	803	2	8
TOTAL	42.155	100	380

Tabla 3. Muestra representativa Fuente: El autor

Con el fin de elaborar la evaluación de los programas de reposición y desviaciones significativas y establecer las ineficiencias, de la micro medición; se estableció la muestra representativa.

6.3. Universo y muestra representativa.

Al periodo de enero de 2018 EMSERFUSA ESP contaba con un total de suscriptores de servicio de acueducto de 45.103 y de ellos 42.155 corresponden a usuarios residenciales, como lo muestra la tabla 4.

Tabla 4. Universo

ESTRATO	SUSCRIPTORES	% PARTICIPACION
UNO	1.493	4%
DOS	8.518	20%
TRES	15.281	36%
CUATRO	12.821	30%
CINCO	3.239	8%
SEIS	803	2%
TOTAL	42.155	

Tabla 4. Universo y muestra representativa Fuente: El autor

Para establecer la muestra estadística de la información se tiene en cuenta el total de suscriptores residenciales de 42.155 los cuales cuentan con micro medidores:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Dónde:

n: Elementos de la muestra.

Z: Nivel de Confianza

P: Probabilidad de Éxito

N: Elementos del universo a estudiar

E: Margen de Error

Q: Probabilidad de Fracaso (1-P)

Reemplazando las variables con los siguientes valores:

N: 42.155 suscriptores.

E: 5%

Q: 50%

Z: 1,96% (95% de confianza).

P: 50% (media)

380 acometidas por analizar

6.4. Instrumentos y técnicas de investigación

Los objetivos planteados se encuentran priorizados en el general, que es diseñar estrategias que permitan optimizar los procesos de micro medición, regulando la demanda del consumo hídrico en sectores residenciales, que redundará en la reducción de las pérdidas de agua potable, para esto se implementó la administración por objetivos que consiste en enfocarse en el logro de resultados basados en los objetivos.

Existen varios sistemas de administración por objetivos (APO) como lo indica Chiavenato (2017) constituidos por los siguientes elementos:

Establecimiento de objetivos entre los ejecutivos y el superior, establecimiento de objetivos para cada departamento, interrelación de los diversos objetivos para lograr efectos sinérgicos, revisión periódica y retroalimentación para asegurar el logro de los resultados, énfasis en la medición y en el control de los resultados.

Posteriormente se elaboraron los planes tácticos y operacionales, respecto de los medios y tareas a desarrollar, necesarios para el logro del objetivo principal como lo es la reducción de las pérdidas de agua residencial, teniendo los siguientes insumos, el análisis del programa de reposición de medidores, el análisis del programa de desviación de consumos, el indicador de la oferta neta del agua, y el análisis del agua facturada no medida, de esta evaluación se partirá a realizar las acciones correctivas para modificar los medios utilizados que generan las perdidas actuales.

Para el procesamiento de datos se utilizó Microsoft Excel.

6.5. Estudio piloto

Se desarrolló “Una prueba piloto en la población de estudio, para analizar la comprensión de los ítems por parte de la población de estudio y validar culturalmente la escala” (Paniagua, 2015, p.3); se presentó la visita a un grupo de personas con el fin de validar el instrumento, para el caso se aplicó a 20 personas el formato de visita.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado, de acuerdo a los objetivos planteados.

7.1. Evaluación programas reposición de medidores y desviaciones significativas

El primer objetivo específico planteado hace referencia a los programas adelantados desde la micro medición en la empresa prestadora de servicios públicos EMSERFUSA E.S.P. se presentan a continuación los resultados obtenidos.

7.1.1 Programa reposición de medidores

La variación de los consumos se define teniendo en cuenta los registros mensuales promedio de los seis meses antes y después del proceso de reposición.

La figura 5 presenta el comparativo de los consumos en promedio de seis meses antes y seis meses después de la reposición de los medidores, donde se evidencia como el promedio de consumos posteriores presentaron un incremento de 1.26 m^3 en promedio, respecto al semestre anterior a la reposición.

Figura 5. Comparativo consumos promedio antes y después de proceso de reposición.

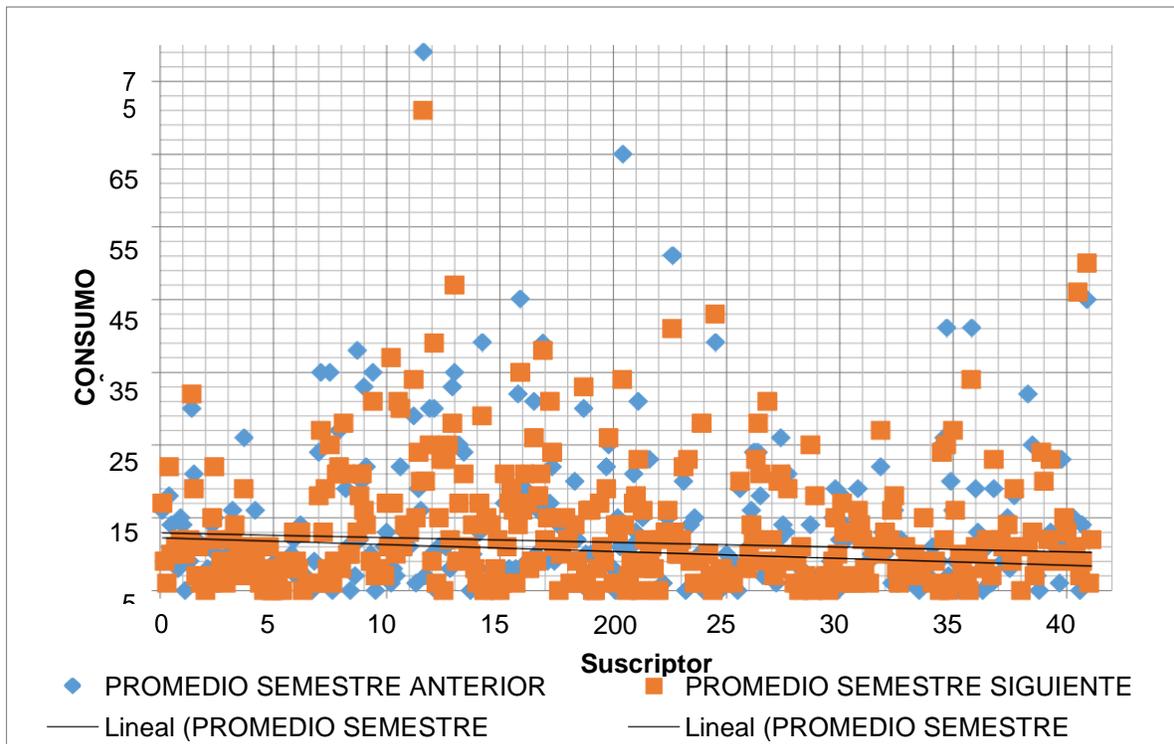


Figura 5. Comparativo consumos promedio antes y después de proceso de reposición. Fuente: El Autor.

En la tabla 5 se presenta el análisis de la varianza ANOVA respecto de los consumos promedios del semestre anterior, frente al posterior de realizada la reposición de los medidores en los predios, dando como resultado un promedio del semestre anterior de 10.31 m^3 y de 11.57 m^3 promedio del semestre siguiente, lo que evidencia que en la mayoría de los suscriptores presentaron un incremento del consumo en los predios, mejorando las calidades de medición en general.

Tabla 5. Análisis de ANOVA consumos promedio antes y después del proceso de reposición

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
PROMEDIO SEMESTRE ANTERIOR	411	4238	10,31143552	101,790576
PROMEDIO SEMESTRE SIGUIENTE	411	4758	11,57664234	81,103258

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	328,9537713	1	328,9537713	3,59721007	0,058227823	3,852824093
Dentro de los grupos	74986,47202	820	91,4469171			
Total	75315,42579	821				

Tabla 5. Análisis de ANOVA consumos promedio antes y después del proceso de reposición. Fuente: El Autor.

En la figura 6 se presentan 263 suscriptores de un total de 411 objeto de estudio, se evidencia un incremento del consumo promedio, respecto al semestre anterior al proceso de reposición, corresponde al 63.99% del total, lo que sugiere una incidencia de este programa en la recuperación de metros cúbicos de agua que, a pesar de ser consumida por los usuarios, el equipo de medida no permite un correcto registro.

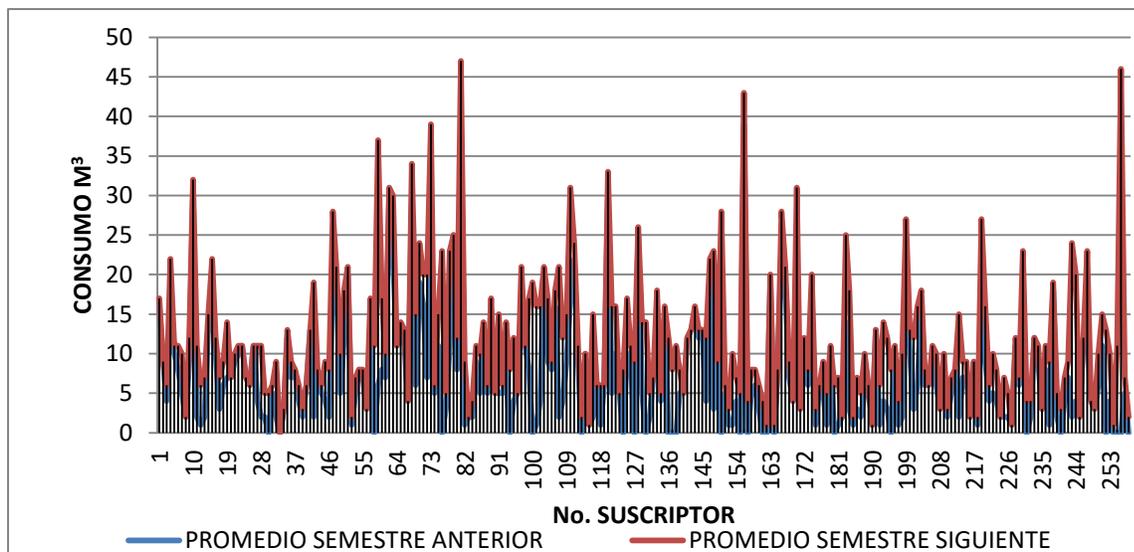
Figura 6. Suscriptores que aumentaron su consumo promedio.

Figura 6. Suscriptores que aumentó su consumo promedio. Fuente: El autor

En la figura 7 se encuentran 148 suscriptores que corresponde al 36% del total de la muestra, que presentaron una diferencia negativa respecto al promedio anterior al cambio del medidor, es decir se redujo su consumo promedio en los seis meses posteriores; es importante evaluar los motivos por los que estos usuarios presentan reducción de los consumos contrario a lo que se esperaría, ya que el programa de reposición se dirige a cambiar los equipos de medida que se encuentran obsoletos o que presentan fallas en su funcionamiento.

Figura 7. Suscriptores que se redujo su consumo promedio.

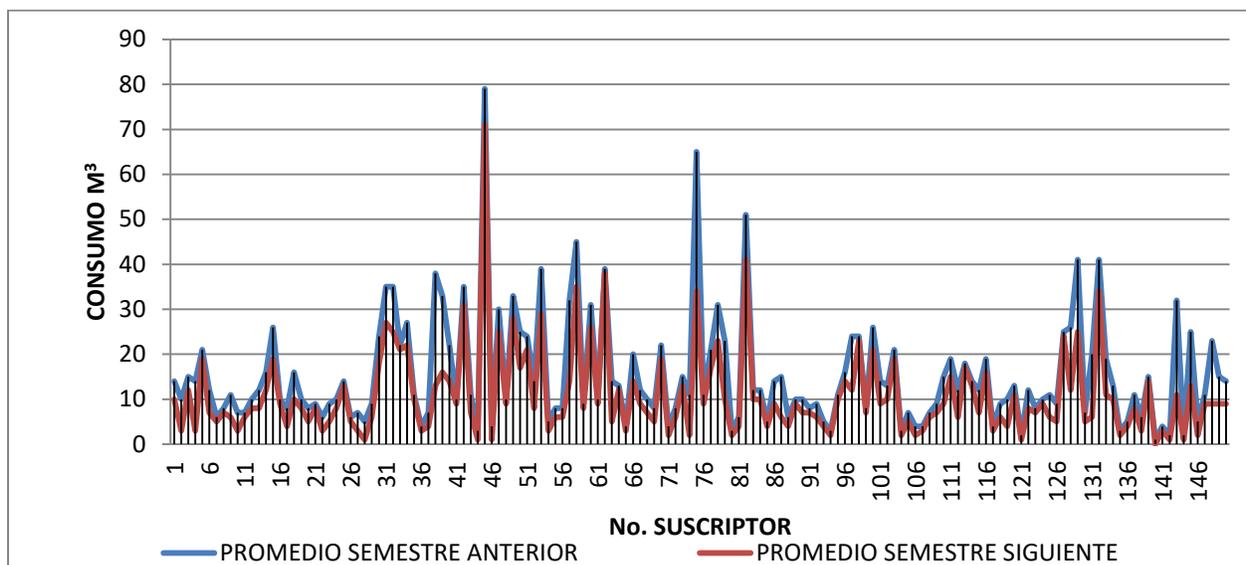


Figura 7. Suscriptores que se redujo su consumo promedio. Fuente: El autor.

7.1.1.1. Estimación de variación consumos por estratos. En la figura 8 se presenta la variación en los consumos que registró la muestra objeto de estudio del programa de reposición, indicando que los estratos que más incrementaron son los estratos 3 y 4, hacia los que se debe hacer un mayor énfasis en el diseño de la estrategia, y en el estrato 6 presentó una reducción en su promedio de consumo, siendo importante analizar la caracterización de este estrato para la aplicación de la estrategia.

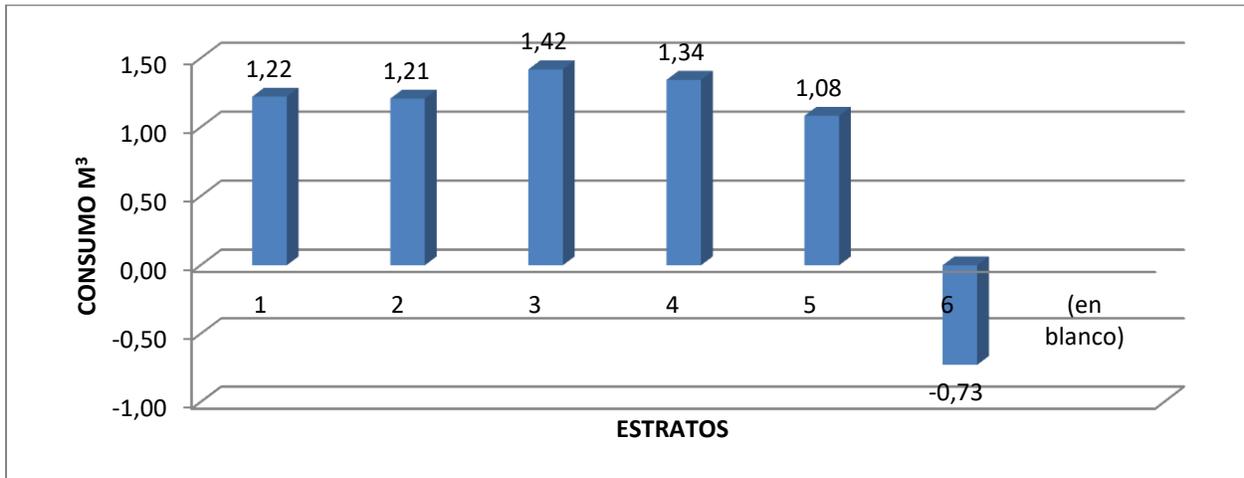
Figura 8. Variación consumo por estrato

Figura 8.Variación consumo por estrato. Fuente: El autor

7.1.1.2. Estimación de variación consumos por marca. En la tabla 6 se presenta el consolidado de las marcas de medidores que se usaron para la reposición en los predios, y el promedio de variación que presentaron posterior al cambio, estas marcas obedecen a la disponibilidad de equipos de medición que suministró la empresa de servicios públicos en su momento y al suministrado por parte de los usuarios en algunos casos.

Tabla 6. Marcas de medidores y variación de consumo promedio por suscriptor

MARCA	VARIACIÓN CONSUMO PROMEDIO M ³
AQUAFORJAS	2,50
BAYLAN	0,66
CONTROL AGUA	-5,00
JANZ	1,44
SERVIMETERS	-3,00
(en blanco)	2,94
Total general	1,27

Tabla 6. Marcas de medidores y variación de consumo promedio por suscriptor. Fuente: El autor

En la figura 9 se presenta grafica de la variación del consumo respecto de la marca del medidor utilizado, los medidores marca JANZ y AQUAFORJA mejoraron ostensiblemente el desempeño respecto a los que se venían utilizando antes por parte de los suscriptores, se

encuentran 32 suscriptores que no fue posible verificar la marca por diferentes razones, entre ellas obstáculo en cajilla, no permitieron el acceso a la acometida, y los que desmejoraron sustancialmente la medición son los que refieren marca CONTROL AGUA y SERVIMETERS.

Figura 9. Variación consumos promedio por suscriptor de acuerdo a la marca de medidor

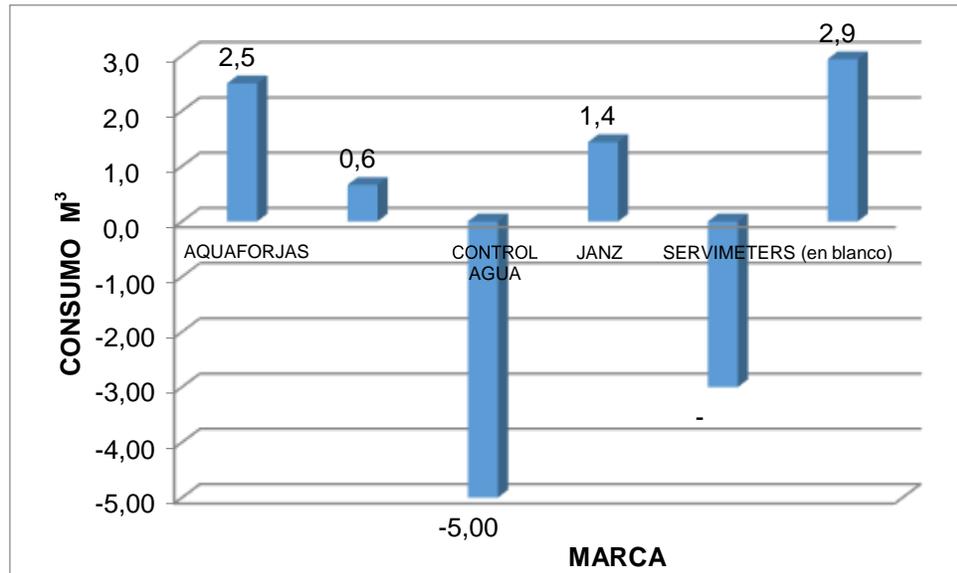


Figura 9. Variación consumos promedio por suscriptor de acuerdo a la marca de medidor. Fuente: El autor

7.1.1.3. Estimación de variación consumos por localización. En la tabla 7 se presenta la variación del consumo respecto de la localización, teniendo en cuenta que en el municipio los medidores presentan ubicación en piso o en pared, y que de la muestra 42 suscriptores no fue posible evidenciar su localización por diferentes razones, presentaron obstáculo en cajilla, no permitieron el acceso a la acometida, entre otros. Los ubicados en piso mejoraron sustancialmente la medición en un 1.44 m³ en su promedio y los de pared registraron una disminución en su promedio por suscriptor de 0.26m³.

Tabla 7. Variación consumo respecto a localización del medidor

LOCALIZACION	PROMEDIO VARIACION CONSUMO M ³
PARED	-0,26
PISO	1,44
(EN BLANCO)	2,67
TOTAL GENERAL	1,27

Tabla 7. Variación consumo respecto a localización del medidor. Fuente: El autor

En la figura 10 se evidencia que la ubicación en piso presenta un mayor promedio en el consumo, luego de realizar el proceso de reposición, no sólo por ser esta localización la de mayor uso, sino porque refieren un mayor tiempo de instalados, información importante para priorizar en las estrategias a desarrollar respecto del programa

Figura 10. Variación consumo promedio respecto a la localización.

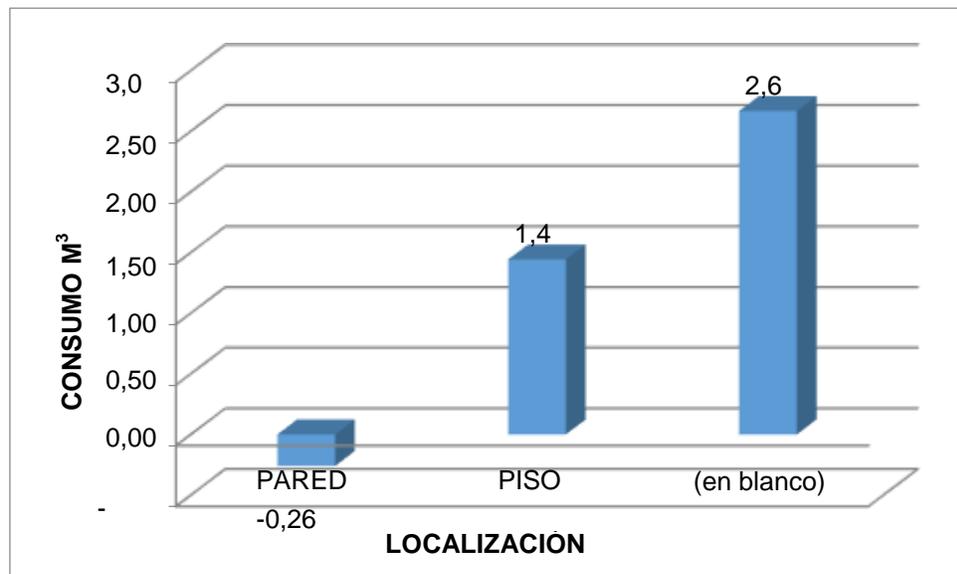


Figura 10. Variación consumo promedio respecto a la localización. Fuente: El autor

7.1.1.4. Estimación de variación consumos por tipo de medidor. En la figura 11 se presenta la variación del consumo promedio de los medidores, respecto al tipo de medidor que se utilizó en el proceso de reposición, solo se manejan dos tipos; de velocidad y volumétrico, y se evidencia un incremento importante en el tipo de velocidad con 3.60 m^3 , frente al volumétrico de 1.15 m^3 , entendiéndose que el de tipo velocidad refiere un mejor desempeño de acuerdo a los resultados, incrementando su registro por más del doble del consumo registrado por los volumétricos, dato de relevancia para orientar las características que deben cumplir los medidores a instalar.

Figura 11. Variación del consumo promedio respecto al tipo de medidor

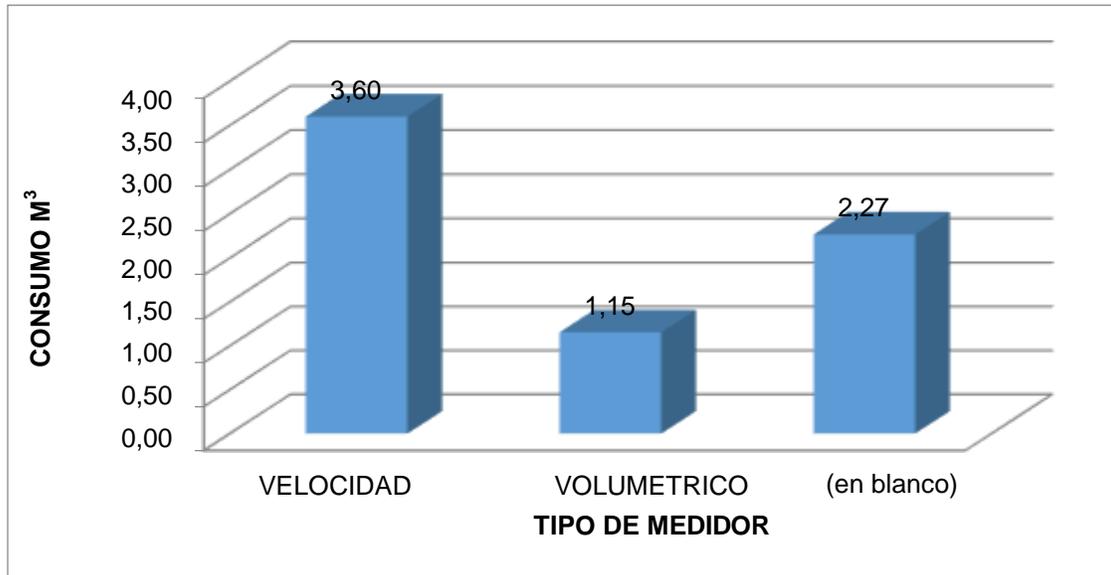


Figura 11. Variación del consumo promedio respecto al tipo de medidor. Fuente: El autor

7.1.2 Programa desviaciones significativas

Las pérdidas de los consumos se definen teniendo en cuenta los eventos de desviaciones, que fueron objeto de la muestra de 383 suscriptores con 1.719 eventos de desviaciones ocurridas en el periodo de 2016 a 2019.

7.1.2.1 Estimación de agua contabilizada no cobrada. En la figura 12 se presentan los consumos medidos no contabilizados en las desviaciones objeto de estudio, 90 suscriptores presentaron cobros superiores al consumido con un total de 18.027 m³, por otro lado 268 suscriptores presentaron metros cúbicos consumidos no contabilizados por un total de 41.603 m³; estos valores deben revisarse en detalle, teniendo en cuenta que los metros de agua dejados de cobrar, inciden de manera directa en las pérdidas de agua y entendiéndose que el programa de desviaciones hace un énfasis en la buena gestión del recurso hídrico desde los usuarios y desde el prestador.

Figura 12. Consumo medido no contabilizado proceso de desviación.

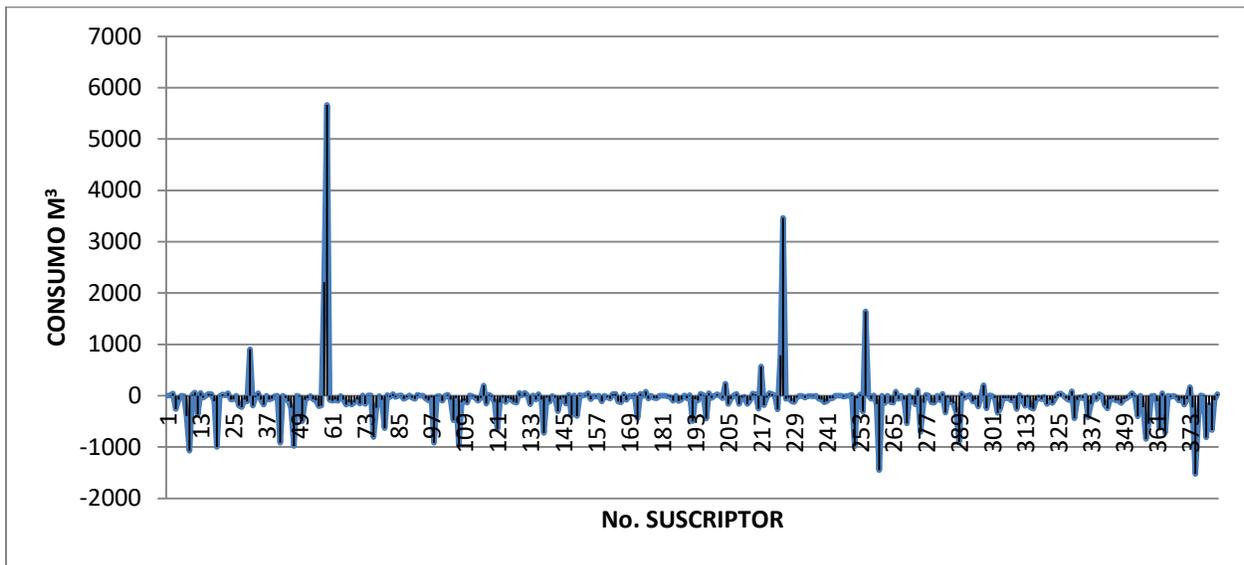


Figura 12. Consumo medido no contabilizado proceso de desviación. Fuente: El autor

7.1.2.2 Estimación consumos no facturados por estrato. A continuación, la tabla 8 presenta la sumatoria de los m³ contabilizados no facturados por estrato, se evidencia una importante incidencia en los estratos 3 y 2 seguido del 4 en los m³ no facturados, y el estrato 1 refiere que se realizaron cobros superiores a los consumos por un total de 546m³.

Tabla 8. Consumos no contabilizados por estrato

ESTRATO	CONTABILIZADOS M ³
1	546
2	-8502
3	-8907
4	-7581
5	-1957
6	-931
Total general	-27332

Tabla 8. Consumos no contabilizados por estrato. Fuente: El autor

En la figura 13 se ve claramente los estratos y el consumo que no fue contabilizado, excepto el estrato 1 que presenta cobros aparentemente superiores a los consumos reales, situación que amerita una revisión para identificar la causa de estos cobros aparentemente superiores al consumo real.

Figura 13. Consumo contabilizado no facturado por estratos

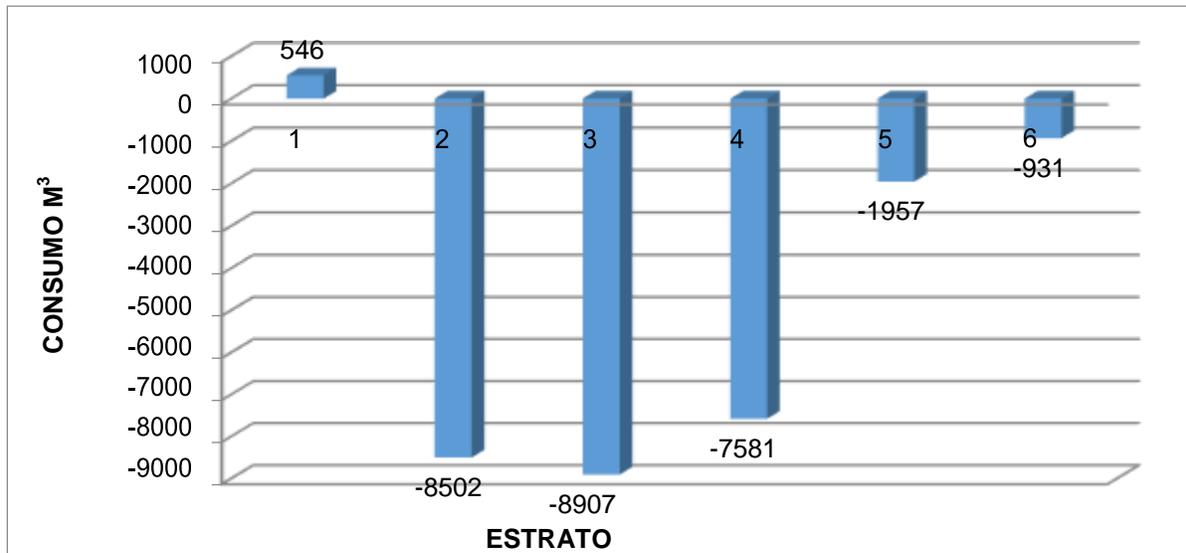


Figura 13. Consumo contabilizado no facturado por estratos. Fuente: El autor

7.1.2.3 Estimación consumos no facturados por concepto. La tabla 9 presenta la sumatoria de los m³ contabilizados no facturados por concepto, el no realizar un debido proceso tuvo la mayor participación en los consumos no facturados, en su mayoría obedeció a extemporaneidad en los procesos que no permitieron atender de manera oportuna las incidencias de desviación y por consiguiente no fue posible realizar su cobro, adicionalmente alteraron los periodos anteriores, incrementando los eventos de desviaciones, la siguiente novedad que tuvo participación corresponde a los procesos de reposición que ameritan de igual manera atención especial por su característica de previsión dentro de las actividades del programa.

Tabla 9. Consumo contabilizado no facturado por concepto

CONCEPTOS	SUMA DE M ³ DE CONSUMO CONTABILIZADO NO FACTURADO	SUSCRIPTORES
ERROR LECTURA	-523	20
MEDIDOR DETENIDO	0	1
NO SE HIZO EL DEBIDO PROCESO	-14891	179
REPOSICION	-9594	149
ACORDE A LA NORMA	-2324	34
TOTAL GENERAL	-27332	383

Tabla 9. Consumo contabilizado no facturado por concepto. Fuente: El autor

La figura 14 hace referencia a los 2.324 m³ que efectivamente debían asumirse, ya que corresponden únicamente a los que se les realizó un proceso acorde a lo estipulado en la normatividad, los demás evidencian falencias importantes en el sistema que significan incrementos en el agua no contabilizada, sugieren aspectos a tener en cuenta de manera relevante con miras a ajustar el proceso de manera que estas pérdidas sean reducidas a su mínima expresión.

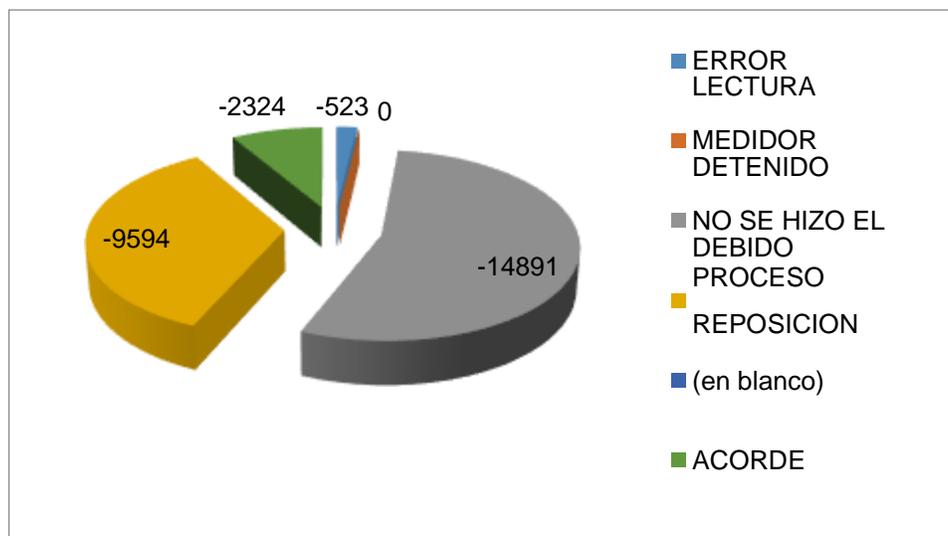
Figura 14. Consumo no facturado por concepto

Figura 14. Consumo no facturado por concepto. Fuente: El autor

El proceso de reposición no debería registrarse como novedad, ya que la empresa realiza este proceso y se debe ajustar de manera sistemática la novedad, con el fin que estas desviaciones tengan un tratamiento especial, al identificarse previamente su ocurrencia por un evento de desviación, sin embargo, en el estudio presentó 9.594 m³ que corresponden a consumos que no debían ser tenidos en cuenta desde el principio, ya que esto genera congestión e ineficacia en el proceso de desviaciones.

7.2. CAUDAL NETO DE AGUA ENTREGADA A LOS USUARIOS DE LOS SECTORES RESIDENCIALES Y CONSUMOS FACTURADOS NO MEDIDOS DE 2019 RESPECTO AL BALANCE HÍDRICO DE 2013 Y 2018 DE FUSAGASUGÁ

Se estableció el caudal neto entregado en los meses de enero a diciembre de 2019, para los usuarios residenciales por parte de la empresa prestadora de servicios públicos de Fusagasugá. Con un total de 4.748.406 m³ facturados en el año en los sectores residenciales del municipio de Fusagasugá, un promedio de suscriptores de enero a diciembre de 44.535 suscriptores y utilizando la proyección realizada por el DANE donde indican que en cada vivienda en promedio viven 3.5 personas para un total de 155.874 usuarios residenciales, se obtuvo que en promedio una vivienda consume 87 litros por habitante al día.

7.2.1. Caudal neto entregado por estratos.

Así mismo en la tabla 10 se evidencia la dotación neta entregada a los suscriptores de Fusagasugá por estratos, importante información a tener en cuenta ya que el estrato que presenta mayor caudal por usuario es el estrato dos con 102 litros por habitante en un día, seguido del estrato uno con 96 litros por habitante en un día, y el de menor caudal corresponde al estrato cuatro con 73 litros por habitante en día, lo anterior permite inferir que las tarifas con mayor subsidio para el caso los estratos 1 y 2 requieren de estrategias que permitan concientizar a los usuarios de un mejor uso del recurso con el fin de reducir estos consumos.

Tabla 10. Promedio dotación neta por estratos.

ESTRATO	PROMEDIO DE DOTACIÓN NETA
	(L/HAB* DÍA)
1	96
2	102
3	85
4	73
5	86
6	78
DOTACION NETA	87

Tabla 10. Promedio dotación neta por estratos. Fuente: El autor

En la figura 15 se presentan los caudales por estrato y se evidencia que el de mejor desempeño corresponde al estrato 4 con 73 litros por habitante por día, teniendo en cuenta que este estrato obedece a la tarifa plena, incide en el uso del mismo, sin embargo en el estrato 5 que realiza contribución en su tarifa de acuerdo a su clasificación, presenta un consumo alto de 86 litros por habitante al día, se requiere diseñar actividades que permitan reducir estos consumos, sin dejar de lado los de mayor incidencia el estrato 1 y 2.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la dotación anual promedio corresponde a 87 litros por habitante, y se encuentra muy por debajo de la dotación máxima por habitante de 130 litros, según la Superintendencia de servicios públicos al encontrarse Fusagasugá a una altura promedio de 1.728 metros sobre el nivel del mar. Situación que ubica a la empresa prestadora dentro del margen legal, pero que sin lugar a dudas requiere una revisión minuciosa con miras a lograr una mayor eficiencia hídrica en su uso.

Figura 15. Caudal neto entregado por estratos

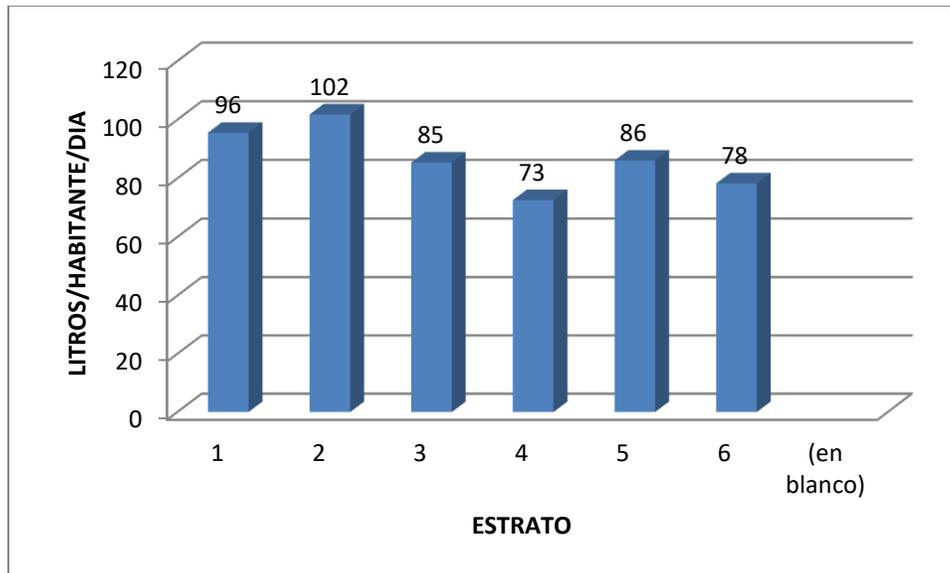


Figura 15. Caudal neto entregado por estratos, Fuente: El autor

7.2.2. Caudal neto entregado por periodo

En la tabla 11 se presenta la dotación neta suministrada en el año 2019 por periodo, arroja un total promedio del año de 87 litros, y los periodos de mayor caudal proveído son agosto y septiembre con 90 litros, el periodo que menor caudal se entregó fue marzo.

Teniendo en cuenta que Fusagasugá por su cercanía con Bogotá y su carácter turístico que presenta en temporadas de vacaciones y festivos, situación que incide en su caudal neto entregado, y que los periodos de facturación no corresponden a las fechas calendario, ya que la empresa de servicios públicos en su proceso de facturación presenta cuatro ciclos y se realiza mes vencido, por tal razón el cierre que corresponde a periodo se realiza aproximadamente 60 días posterior a la fecha calendario, para el caso los periodos de agosto y septiembre corresponden a los meses calendario de junio y julio aproximadamente, que obedecen a las fechas de vacaciones escolares, y el periodo de marzo corresponde al mes de enero calendario.

Tabla 11. *Tabla dotación neta por periodos en 2019.*

PROMEDIO DE DOTACIÓN	
PERIODO 2019	NETA (L/HAB* DÍA)
ENERO	89
FEBRERO	88
MARZO	82
ABRIL	85
MAYO	84
JUNIO	86
JULIO	87
AGOSTO	90
SEPTIEMBRE	90
OCTUBRE	85
NOVIEMBRE	83
DICIEMBRE	89
CAUDAL NETO	87

Tabla 11. Tabla dotación neta por periodos en 2019. Fuente: El autor

En la figura 16 se presentan los caudales entregados por periodo en el año 2019, en los periodos de enero, agosto, septiembre y diciembre presenta una dotación superior con relación

a los de menor demanda, como lo fueron los periodos de marzo, mayo y noviembre, donde se podría evaluar la incidencia de la población flotante o visitantes de temporada que registra el municipio, con miras a enfocar el esfuerzo en estos usuarios que inciden de manera importante en la demanda del servicio de acueducto, por ende se requiere de su vinculación en los programas y estrategias para reducir estos consumos.

Figura 16. Dotación neta por periodos en usuarios residenciales 2019.

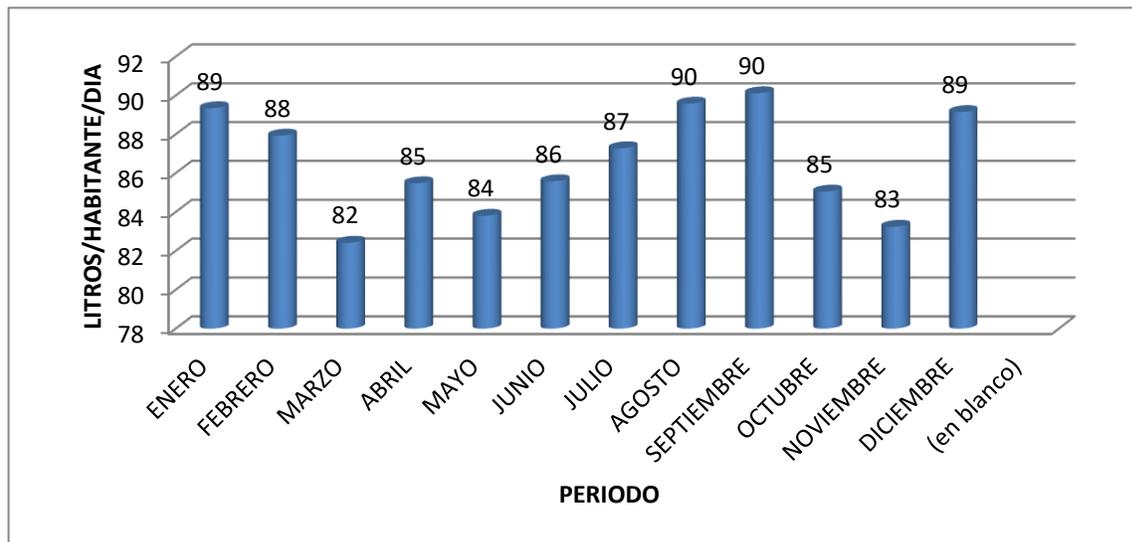


Figura 16. Dotación neta por periodos en usuarios residenciales 2019. Fuente: El autor

7.2.3. Caudal neto máximo entregado por periodo y por estrato.

En la siguiente tabla 12 se presentan los caudales entregados en la vigencia de 2019, detallando los estratos en cada periodo, se refiere el periodo de febrero para el estrato 2 como el de mayor caudal con 108 litros por habitante, entregados en este estrato en un día, y el periodo de mayo en el estrato 4 fue el de menor demanda, con 69 litros entregados en un día por habitante.

Tabla 12. Caudal entregado por estratos y periodos en 2019.

PERIODO	ESTRATO						PROMEDIO CAUDAL NETO M ³
	1	2	3	4	5	6	
ENERO	96	107	88	82	86	77	107
FEBRERO	108	106	87	73	81	73	108
MARZO	96	97	82	70	78	71	97
ABRIL	95	96	86	74	84	79	96
MAYO	99	100	85	69	78	71	100
JUNIO	91	99	84	73	90	75	99
JULIO	94	106	85	71	91	76	106
AGOSTO	94	104	86	72	102	79	104
SEPTIEMBRE	91	102	87	71	91	98	102
OCTUBRE	89	102	85	71	84	80	102
NOVIEMBRE	102	99	82	68	77	73	102
DICIEMBRE	92	103	87	76	90	87	103

Tabla 12. Caudal entregado por estratos y periodos en 2019. Fuente: El autor

En concordancia en la figura 17 se presentan los caudales netos entregados por estratos, se encuentra la tendencia en dotación neta entregada máxima durante todo el año en los rangos de 69 a 102 litros de agua por habitante al día, el estrato 6 presenta un pico de tendencia en el periodo de septiembre pasando de 79 a 98 litros una variación de 19 litros por encima al periodo anterior, lo que infiere que los consumos en este estrato aumentan en manera considerable en la temporada de vacaciones de mitad de año. Situación contraria a lo que ocurre en el estrato 1 donde la dotación neta se mantiene estable durante todo el año, no presenta mayores variaciones de un periodo a otro, y se deduce que la población flotante no se incluye en este estrato.

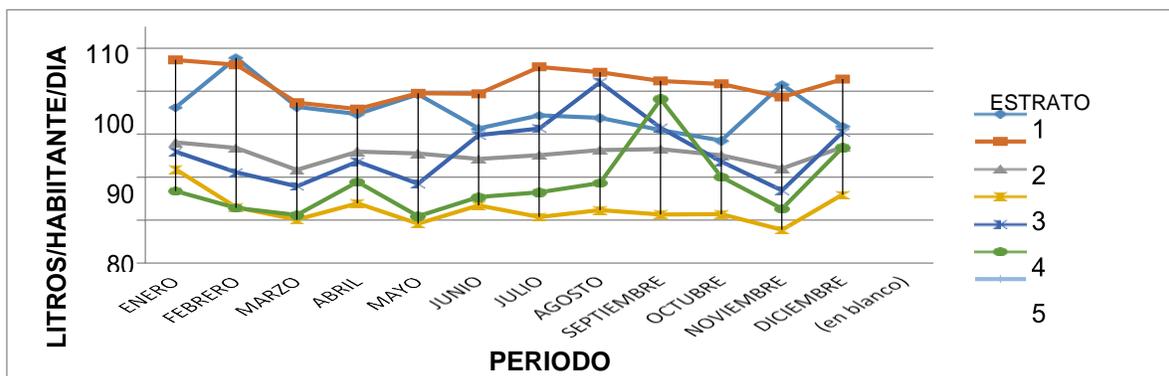
Figura 17. Dotación neta máxima entregada por estratos en el 2019

Figura 17. Dotación neta máxima entregada por estratos en el 2019. Fuente: El autor

7.2.4. Caudal neto mínimo entregado por periodo y por estrato.

En la tabla 13 se presentan los caudales netos mínimos entregados por habitante en un día, por estratos y periodo de la vigencia de 2019, el caudal mínimo entregado corresponde al periodo de noviembre en el estrato 4 con 68 litros, y de los mínimos el caudal neto mayor corresponde a 108 litros en el estrato 2 del periodo de febrero.

Tabla 13. Caudal neto mínimo entregado por estrato y periodo de 2019.

PERIODO	ESTRATO						PROMEDIO MINIMO CAUDAL NETO ENTREGADO(LITROS/HAB*DIA)
	1	2	3	4	5	6	
ENERO	96	107	88	82	86	77	77
FEBRERO	108	106	87	73	81	73	73
MARZO	96	97	82	70	78	71	70
ABRIL	95	96	86	74	84	79	74
MAYO	99	100	85	69	78	71	69
JUNIO	91	99	84	73	90	75	73
JULIO	94	106	85	71	91	76	71
AGOSTO	94	104	86	72	102	79	72
SEPTIEMBRE	91	102	87	71	91	98	71
OCTUBRE	89	102	85	71	84	80	71
NOVIEMBRE	102	99	82	68	77	73	68
DICIEMBRE	92	103	87	76	90	87	76

Tabla 13. Caudal neto mínimo entregado por estrato y periodo de 2019. Fuente: El autor

En la figura 18 se presentan los caudales mínimos entregados, y en general no presentan mayores variaciones en su tendencia, sin embargo, el estrato 6 en el periodo de septiembre presenta un pico de consumo mínimo, obedeciendo a la llegada de población no habitual, que tiene mayor representación en este estrato en el municipio, similar al caudal máximo, que en este mismo periodo presento mayor incidencia.

Figura 18. Caudal neto entregado mínimo promedio por estrato y por periodos 2019.

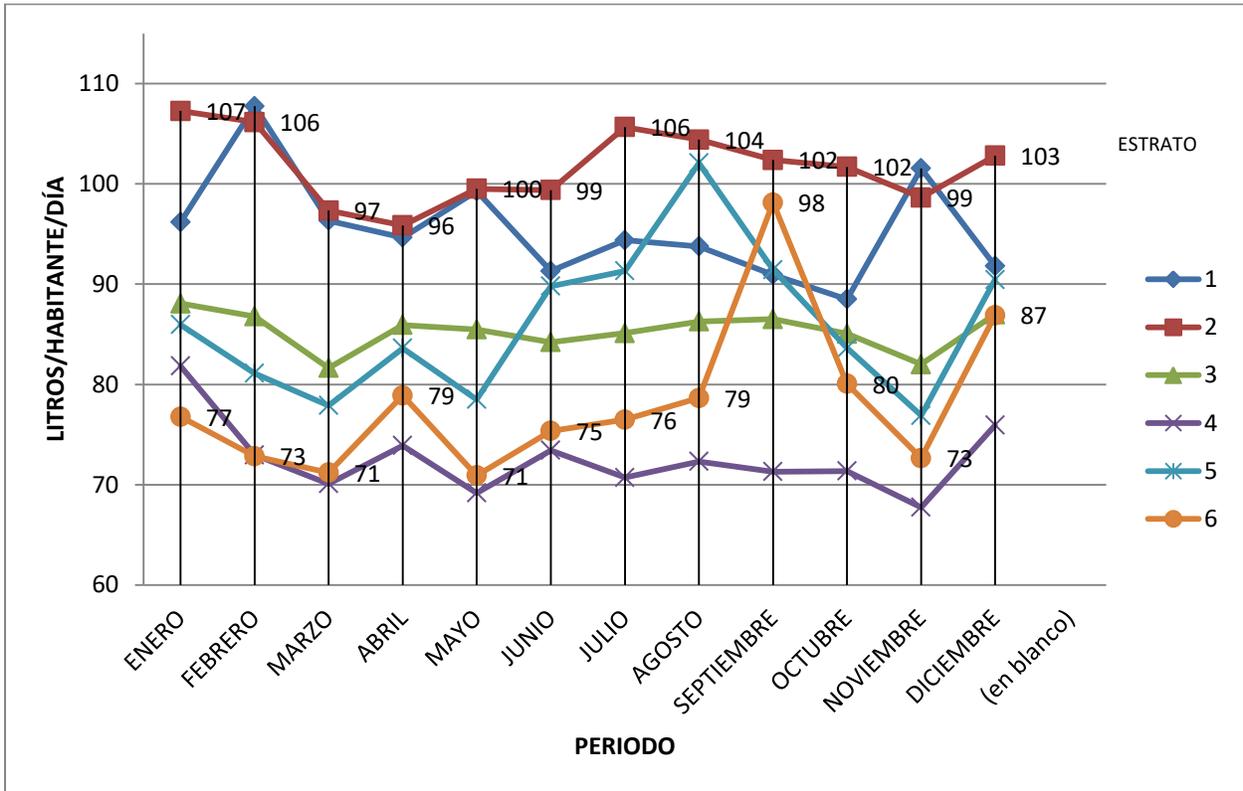


Figura 18. Caudal neto entregado mínimo promedio por estrato y por periodos 2019. Fuente: El autor

7.2.5. Comparativo balance hídrico 2013 y 2018.

En la tabla 14 se presenta el comparativo del balance hídrico elaborado por las Empresas Públicas de Cundinamarca correspondiente a la vigencia de 2013 frente al balance desarrollado por la firma Hidroflux del año 2018, contratado por la EMSERFUSA ESP.

Tabla 14. Balance hídrico EMSERFUSA ESP comparativo 2013 y 2018.

	CONSUMO AUTORIZADO	CONSUMO FACTURADO	CONSUMO FACTURADO MEDIDO	AGUA FACTURADA
		5,824,956 m ³ /año 2013	5,071,289 m ³ /año 2013	
VOLUMEN SUMINISTRADO AL SISTEMA	5,828,356 m ³ /año 2013	5,381,003 m ³ /año 2018	CONSUMO FACTURADO NO MEDIDO	5,381,003 m ³ /año 2018
	5,511,013 m ³ /año 2018		753,667 m ³ /año 2013	
10,285,271 m ³ /año 2013		CONSUMO NO FACTURADO	548,303 m ³ /año 2018	
9,553,050 m ³ /año 2018		2,400 m ³ /año 2013	CONSUMO NO FACTURADO MEDIDO	
		3,400 m ³ /año 2013	0 m ³ /año 2018	AGUA NO FACTURADA
		130,010 m ³ /año 2018	CONSUMO NO FACTURADO NO MEDIDO	4,460,315 m ³ /año 2013
			1,000 m ³ /año 2013	43%
			130,010 m ³ /año 2018	4,172,047 m ³ /año 2018
			CONSUMOS NO AUTORIZADOS	44%
2013	PÉRDIDAS DE AGUA	PÉRDIDAS COMERCIALES	800,000 m ³ /año 2013	
37,100 suscriptores	4,456,915 m ³ /año 2013		811,213 m ³ /año 2018	
		2,270,674 m ³ /año 2013	ERRORES EN EL MANEJO DE DATOS	
2018	4,042,037 m ³ /año 2018	1,543,426 m ³ /año 2018	1,470,674 m ³ /año 2013	
46,603 suscriptores			732,213 m ³ /año 2018	
		PERDIDAS TECNICAS FUGAS EN TUBERIAS DE CONDUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ACOMETIDAS		
		2,186,241 m ³ /año 2013		
		2,498,611 m ³ /año 2018		

Tabla 14. Balance hídrico EMSERFUSA ESP comparativo 2013 y 2018. Fuente: El autor

En la tabla 15 se elaboró la variación de las variables contenidas en el balance hídrico de la empresa de servicios públicos de Fusagasugá, respecto a la ejecución del recurso en los años 2013 y 2018. Se evidencia una variación importante en el incremento de usuarios, de 37.100 paso a 46.603, siendo 9.503 suscriptores más en el año 2018 frente al 2013, lo que corresponde a un 26%, el agua no facturada del 43% pasó al 44%.

Tabla 15. Variación balance hídrico 2013-2018

VARIABLES	2013 M ³	2018 M ³	VARIACION	% VARIACION
SUSCRIPTORES	37.100	46.603	9.503	26
VOLUMEN SUMINISTRADO AL SISTEMA	10.285.271	9.553.050	- 732.221	-7
CONSUMO AUTORIZADO	5.828.356	5.511.013	- 317.343	-5
CONSUMO FACTURADO	5.824.956	5.381.003	- 443.953	-8
Consumo facturado medido	5.071.289	4.832.700	- 238.589	-5
Consumo facturado no medido	753.667	548.303	- 205.364	-27
CONSUMO NO FACTURADO	3.400	130.010	126.610	3724
Consumo no facturado medido	2.400	-	2.400	-100
Consumo no facturado no medido	1.000	130.010	129.010	12901
PERDIDAS DE AGUA	4.456.915	4.042.037	- 414.878	-9
PÉRDIDAS COMERCIALES	2.270.674	1.543.426	- 727.248	-32
Consumos no autorizados	800.000	811.213	11.213	1
Errores en el manejo de datos	1.470.674	732.213	- 738.461	-50
PERDIDAS TÉCNICAS	2.186.241	2.498.611	312.370	14
Fugas en tuberías de conducción, distribución y acometidas	2.186.241	2.498.611	312.370	14

Tabla 15. Variación balance hídrico 2013-2018. Fuente: El autor

En la figura 19, se presenta la evolución en las pérdidas comerciales, con una reducción del 32% en el 2018 frente al 2013, en este concepto tuvo la mayor reducción los errores en el manejo de datos con un 50%, entre tanto las pérdidas técnicas presentaron un incremento del 14%, situación que afectó de manera relevante el indicador general de pérdidas de agua.

Figura 19. Variación balance hídrico 2013-2018

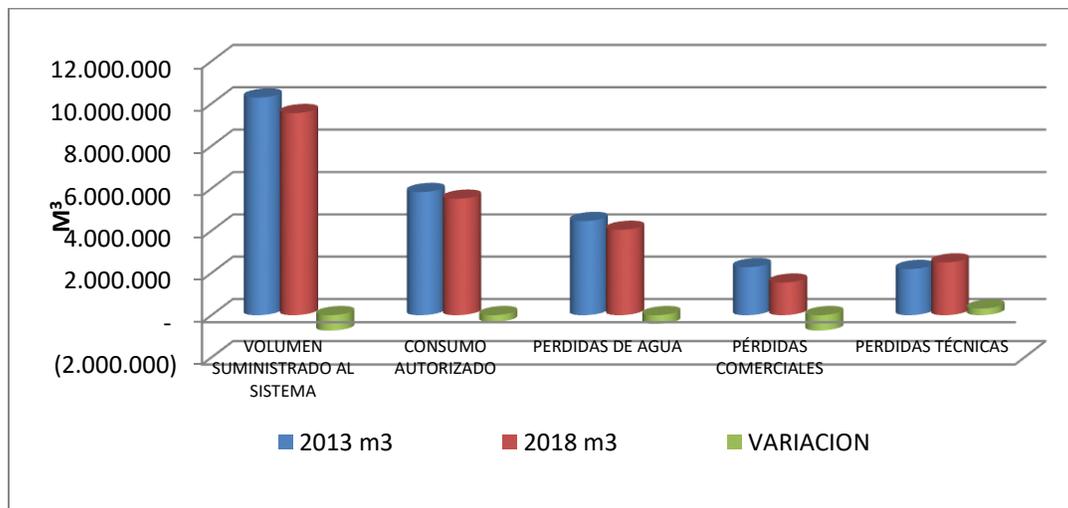


Figura 19. Variación balance hídrico 2013-2018. Fuente: El autor

En la tabla 16 se presenta la participación de cada una de las variables del balance hídrico, frente al volumen de agua suministrado al sistema, el consumo autorizado se incrementó del 56.67% del 2013 al 57.69% en 2018, y las pérdidas de agua presentaron una reducción pasando del 43.33% al 42.31%; de relevancia se evidencia la reducción de las pérdidas comerciales que del 22.08% pasaron al 16.16% y las pérdidas técnicas se incrementaron del 21.26% al 26.16%.

Tabla 16. *Participación indicadores del balance hídrico frente al volumen suministrado al sistema 2013-2018*

VARIABLES	% PARTICIPACION	
	2013	2018
VOLUMEN SUMINISTRADO	100	100
CONSUMO AUTORIZADO	56,67	57,69
CONSUMO FACTURADO	56,63	56,33
CONSUMO NO FACTURADO	0,03	1,36
PERDIDAS DE AGUA	43,33	42,31
PÉRDIDAS COMERCIALES	22,08	16,16
Consumos no autorizados	7,78	8,49
Errores en el manejo de datos	14,30	7,66
PERDIDAS TÉCNICAS	21,26	26,16

Tabla 16. Participación indicadores del balance hídrico frente al volumen suministrado al sistema 2013-2018. Fuente: El autor

En la figura 20 se muestran las variables del balance hídrico comparativo, y se hace énfasis en la variación que presentaron las pérdidas comerciales y las pérdidas técnicas, la primera con una reducción y la segunda con un incremento, lo que indica que del total de agua no facturada el 16.16% pertenece a pérdidas comerciales y el 26.16% a pérdidas técnicas en la vigencia de 2018.

Figura 20. Participación de las variables del balance hídrico respecto al volumen suministrado 2013-2018

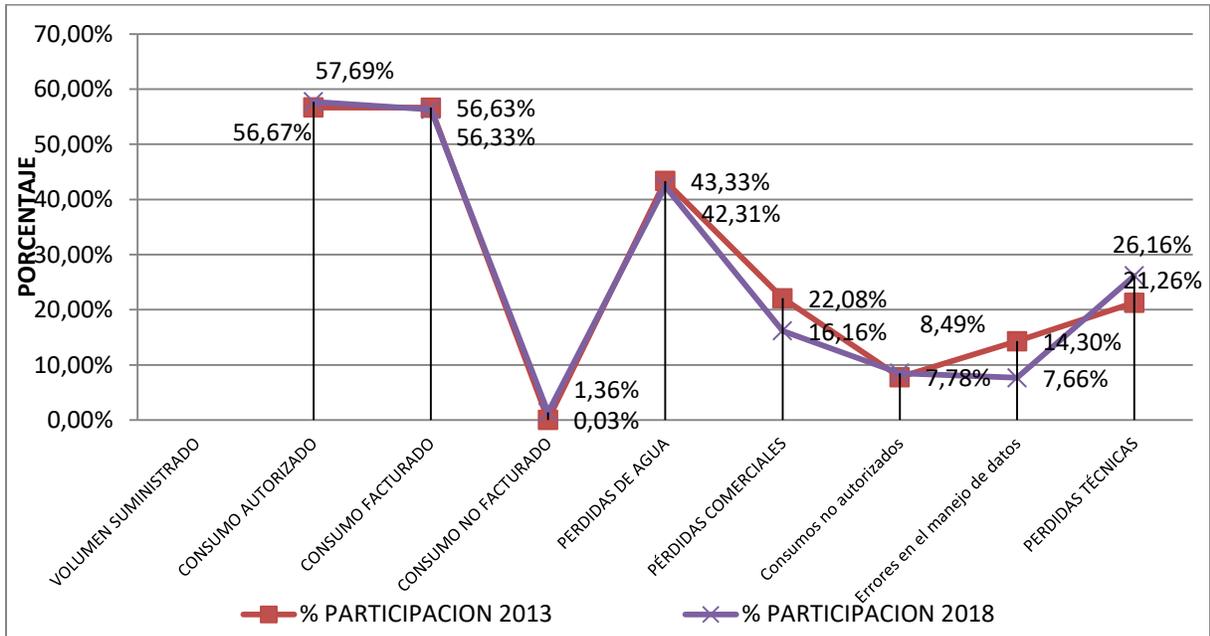


Figura 20. Participación de las variables del balance hídrico respecto al volumen suministrado 2013-2018. Fuente: El autor

7.2.6. Consumo facturado no medido 2019

Se determina el consumo facturado no medido en la vigencia de 2019, tomando la información suministrada por el módulo comercial, haciendo referencia a los consumos tomados por promedio que por diferentes circunstancias en el proceso de facturación se les asignó un valor promedio.

En la tabla 17 se determinó el consumo facturado no medido frente al consumo total facturado correspondiente al vigencia de 2019, representa en promedio el 10,8% del consumo total facturado.

Tabla 17. Facturado no medido total frente al consumo total facturado 2019.

PERIODO 2019	M ³ CONSUMO FACTURADO NO MEDIDO TOTAL(POR PROMEDIO) 2019	CONSUMO TOTAL FACTURADO M ³ 2019	% NO MEDIDO FRENTE AL TOTAL FACTURADO
ENERO	56.626	502.327	11,3
FEBRERO	60.082	484.785	12,4
MARZO	58.407	469.399	12,4
ABRIL	61.395	484.640	12,7
MAYO	63.814	479.858	13,3
JUNIO	56.850	485.295	11,7
JULIO	46.202	500.098	9,2
AGOSTO	51.392	507.248	10,1
SEPTIEMBRE	45.573	504.693	9,0
OCTUBRE	45.167	500.437	9,0
NOVIEMBRE	42.686	478.569	8,9
DICIEMBRE	47.829	514.494	9,3
TOTAL	636.023	5.911.843	10,8

Tabla 17. Facturado no medido total frente al consumo total facturado 2019. Fuente: El autor

En el figura 21 se visualiza la participación del facturado no medido durante toda la vigencia, frente al consumo total facturado, siendo el de mayor participación mayo con el 13.3% y noviembre el menor con 8.9% del total del consumo.

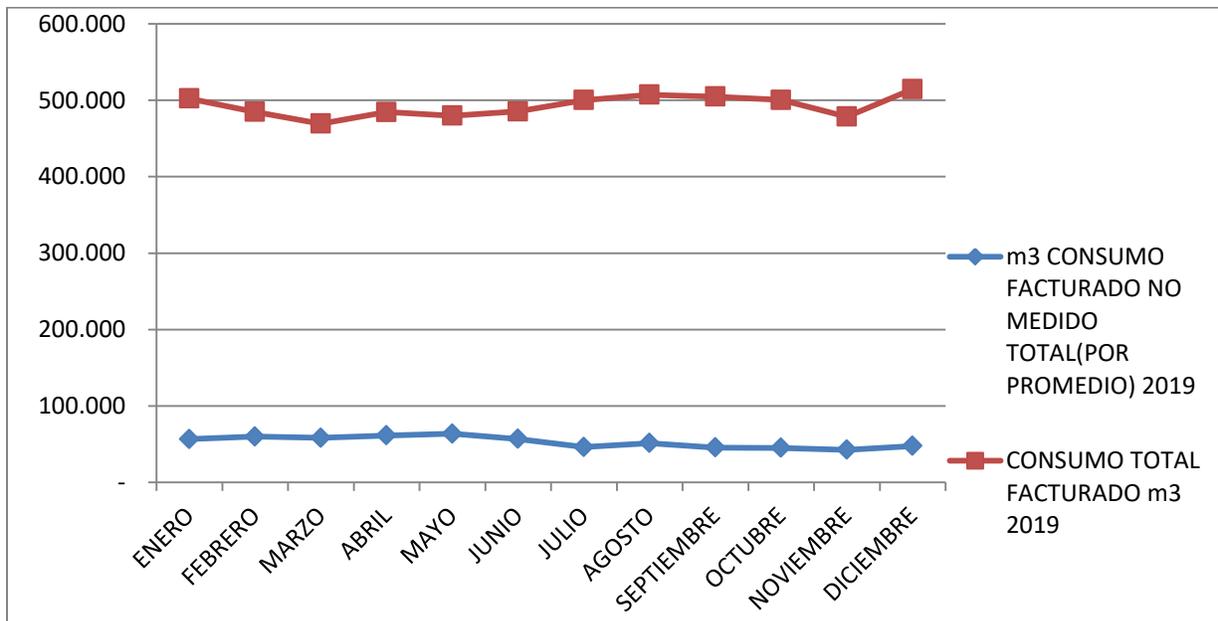
Figura 21. Consumo no medido frente al consumo total 2019

Figura 21. Consumo no medido frente al consumo total 2019. Fuente: El autor

7.2.7. Consumo facturado no medido residencial 2019

En la tabla 18 se presenta el consumo facturado no medido residencial durante el periodo de 2019, para un total de 348.372 m³ el de menor valor es noviembre con 22.826 m³ y el mayor es mayo con 35.347 m³.

Tabla 18. Consumo facturado no medido residencial 2019

PERIODO 2019	M ³ CONSUMO FACTURADO NO MEDIDO (PROMEDIO) 2019
ENERO	30.268
FEBRERO	32.332
MARZO	31.426
ABRIL	33.001
MAYO	35.347
JUNIO	32.485
JULIO	26.794
AGOSTO	28.163
SEPTIEMBRE	25.285
OCTUBRE	23.805
NOVIEMBRE	22.826
DICIEMBRE	26.640
TOTAL AÑO	348.372

Tabla 18. Consumo facturado no medido residencial 2019. Fuente: El autor

En la figura 22 se presenta la tendencia del indicador facturado no medido durante la vigencia de 2019, periodo a periodo, descenso importante de mayo a julio, haciendo énfasis en el segundo semestre donde presento un mejor desempeño.

Figura 22. Consumo facturado no medido residencial 2019.

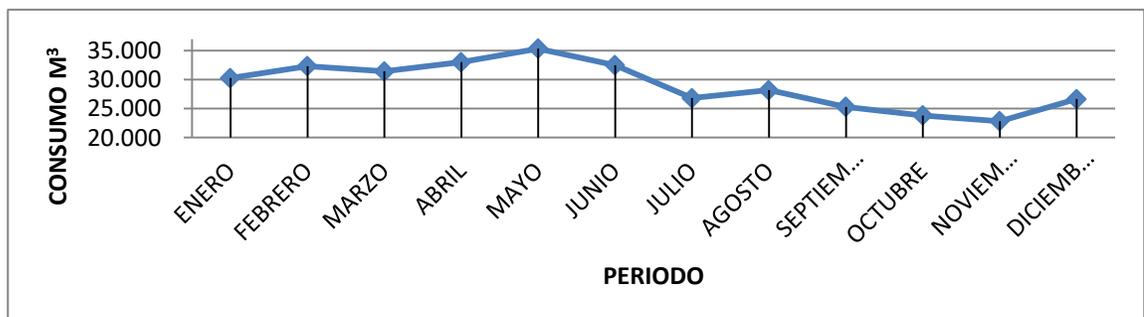


Figura 22. Consumo facturado no medido residencial 2019. Fuente: El autor

En la Tabla 19 se presenta el consumo facturado no medido, y su participación en el total del consumo facturado del periodo, en promedio el 6% de la facturación corresponde a usuarios a los que se les facturo por promedio, teniendo en cuenta que es el uso residencial, se especifica con el fin de tener en cuenta los motivos de esta irregularidad en el consumo que en mayo alcanzó el mayor valor con un 7.4% y en los meses de octubre y noviembre alcanzó el 4.8%, estos suscriptores hacen referencia a predios con novedades como obstáculo en cajilla, medidores detenidos o ilegibles, predios en los que no fue posible acceder para la toma de lectura y predios que presentaron desviación significativa.

Tabla 19. Consumo facturado no medido por periodos 2019.

PERIODO 2019	³ M CONSUMO FACTURADO NO MEDIDO (POR PROMEDIO) 2019	TOTAL FACTURADO 2019	% PARTICIPACION EN TOTAL FACTURADO
ENERO	30.268	502.327	6,0
FEBRERO	32.332	484.785	6,7
MARZO	31.426	469.399	6,7
ABRIL	33.001	484.640	6,8
MAYO	35.347	479.858	7,4
JUNIO	32.485	485.295	6,7
JULIO	26.794	500.098	5,4
AGOSTO	28.163	507.248	5,6
SEPTIEMBRE	25.285	504.693	5,0
OCTUBRE	23.805	500.437	4,8
NOVIEMBRE	22.826	478.569	4,8
DICIEMBRE	26.640	514.494	5,2
TOTAL AÑO	348.372	5.911.843	5,9

Tabla 19. Consumo facturado no medido por periodos 2019. Fuente: El autor

En la figura 23 se presenta el total de m³ de consumo facturado no medido residencial, frente al total del consumo facturado, con una participación en promedio del 6% para la vigencia de 2019.

Figura 23. Consumo facturado no medido residencial frente al consumo total 2019.

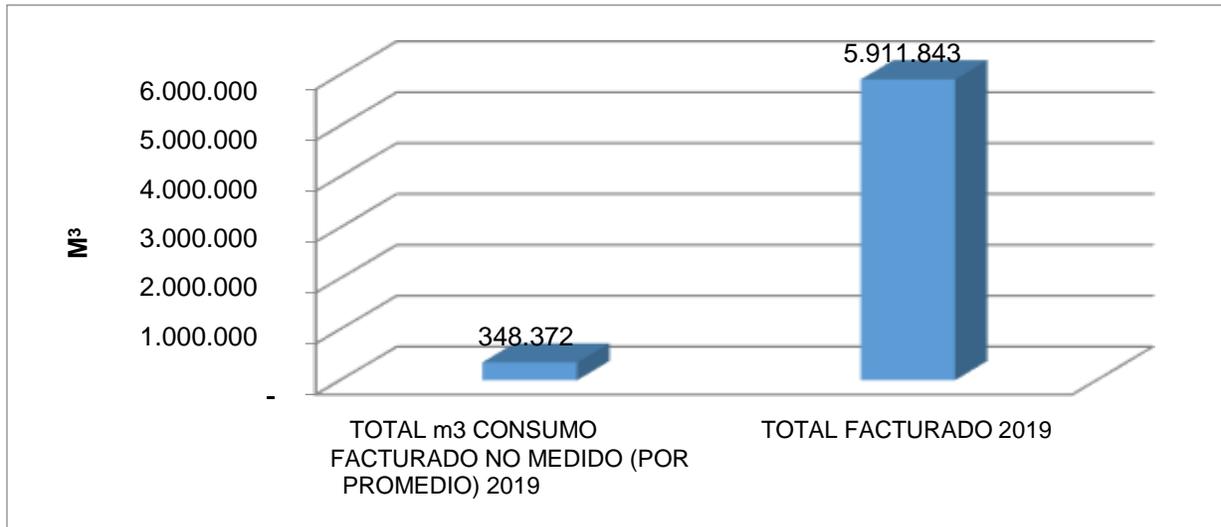


Figura 23. Consumo facturado no medido residencial frente al consumo total 2019. Fuente: El autor

7.2.8. Comportamiento consumo facturado no medido frente al consumo facturado 2013 a 2019.

En la Tabla 20 se presenta el comportamiento del consumo facturado no medido, en relación con el consumo facturado en las vigencias 2013, 2018 y 2019, presentando una reducción del 2% en la vigencia de 2018 respecto al 2013, situación que se sostiene en el 2019, haciendo evidente el esfuerzo que ha realizado la empresa prestadora con miras a reducir este indicador.

Tabla 20. Consumo facturado no medido frente al consumo total facturado 2013 a 2019

VARIABLE	2013	2018	2019
CONSUMO FACTURADO m ³	5.824.956	5.381.003	5.911.843
Consumo facturado no medido m ³	753.667	548.303	636.023
Consumo no medido frente al consumo facturado	13%	10%	11%

Tabla 20. Consumo facturado no medido frente al consumo total facturado 2013 a 2019. Fuente: El autor

7.3. ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE AGUA RESIDENCIALES DE FUSAGASUGA

A continuación, se presentan las estrategias para reducir las pérdidas de agua residenciales, de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de los programas de reposición de medidores y desviaciones significativas; así como del resultado de establecer el caudal neto residencial provisto en 2019, y los consumos facturados no medidos de 2019 respecto de los balances hídricos de 2013 y 2018.

7.3.1. Programa de reposición de medidores

Priorizar la reposición de equipos para suscriptores de los estratos 3, 4 y 1, de acuerdo al estudio presentaron mayor incremento en el consumo promedio.

Descartar para la instalación de acometidas y proceso de reposición de micro-medidores aquellos con tecnología similar a la que manejan las marcas Control agua y Servimeters debido a que presentaron una reducción en los consumos posteriores.

Priorizar en el proceso de reposición los medidores con ubicación en piso, ya que presentan un incremento en el consumo posterior a la reposición.

En la instalación de acometidas y reposición de medidores seleccionar en preferencia los medidores de velocidad, teniendo en cuenta que de acuerdo al estudio presentan un mejor desempeño.

Elaborar el manual de procesos y procedimientos del programa de reposición no existe.

Realizar capacitaciones para los funcionarios que se desempeñan en los programas de reposición y desviaciones, con proveedores de los equipos de medición a fin de desarrollar destreza en el manejo de los equipos de medición.

Crear una herramienta de reporte de reposición dentro del software de facturación, de EMSERFUSA, que se visualice en el formato de factura del sistema, a fin de ser tenido en cuenta dentro de los distintos procesos que se adelantan desde el área comercial, que afectan

los cobros de los consumos.

Elaborar un reporte semanal de suscriptores a los que se les realiza la reposición del medidor que se entregará a los funcionarios, que tienen a su cargo las visitas a los predios que reportan desviaciones.

7.3.2. Programa de desviaciones

Priorizar los estratos 3, 2 y 4 para la revisión de las novedades de desviaciones significativas, teniendo en cuenta que estos obedecen a los de mayor incidencia en las pérdidas de agua.

Elaborar el manual de procesos y procedimientos del programa de desviaciones con el fin de establecer el debido proceso, que se debe cumplir para garantizar que no se presenten inconsistencias de procedimiento que impidan el cobro de los consumos que constituyen pérdidas de agua

Diseñar e implementar una herramienta dentro del sistema de facturación que limite, la duplicidad de las novedades de desviaciones y genere alertas cuando se presenten.

Utilizar herramientas especiales para la de detección de fugas como el geófono.

7.3.3. Caudal neto residencial entregado.

Elaborar campaña de sensibilización sobre el buen uso y manejo del agua hacia los usuarios, enfocándose en los estratos y periodos que refieren mayores promedios de dotación neta por suscriptor identificados en el estudio.

7.3.4. Consumos facturados no medidos

Hacer seguimiento del indicador de consumos facturados no medidos dentro del balance hídrico mes a mes, comparar los metros cúbicos facturados por promedio y hacer un seguimiento detallado del tratamiento dado a las causales de esos cobros promedio.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación se evaluó el desempeño del programa de reposición de medidores, dando como resultado que estos se vienen desarrollando de manera permanente, sin embargo se requiere la creación y diseño de los manuales de procesos y procedimientos, con el fin de lograr de manera sostenida su eficacia y cumplimiento de los objetivos y metas; respecto al proceso de la reposición se debe tener en cuenta no sólo la antigüedad de su instalación sino también la marca, ubicación, el estrato socioeconómico ya que estas variables inciden de manera directa en el desempeño de los micro medidores de acuerdo al estudio.

De tal manera (Las Empresas Públicas de Cundinamarca (EPC) 2014, p. 22) indicaron que era urgente estructurar el proyecto de reposición de medidores, debido a la elevada edad del parque de medidores y su deficiente clase metrológica, sin embargo, en el estudio no establecieron las características de los medidores para contrastar de manera directa la información obtenida.

Por otra parte la EPC indica que se debe desagregar y definir detalladamente las pérdidas de agua, para determinar qué tipo de acciones se requieren para reducirlas; En concordancia a esta solicitud se realizó la evaluación, logrando establecer que estratos y que tipo de medidores presentan más deficiencias en el desempeño metrológico, y así priorizarlos en el desarrollo del programa, respecto al programa de desviaciones significativas el realizar el debido proceso es el factor de mayor incidencia en los consumos dejados de facturar, lo que evidencia falencias en el procedimiento desde lo administrativo, al no contar con la formalidad que permita su desarrollo riguroso.

Al establecimiento del caudal neto entregado residencial para el año 2019, se obtuvo que la población corresponde a 155.874 usuarios, y el caudal neto residencial determinado es de 82 (litros/habitante*día); en contraste con la consultoría realizada por el Consorcio PMA FUSA donde estimaron “170.291 usuarios y un caudal neto residencial más pérdidas de

349.63 (litro/habitante*día), estableciendo que las pérdidas corresponden al 44% según el balance hídrico de 2018 se obtiene un caudal neto residencial de 195 (litros/habitante/día)” Consorcio PMA FUSA (2019 p.4); muy por encima esta proyección de lo obtenido en el presente estudio para la misma vigencia.

Esta investigación tiene como principal objetivo establecer estrategias que permitan la reducción de las pérdidas de agua potable, como lo expresa Peñafiel “siendo ésta disminución la forma más eficaz para que las empresas prestadoras aumenten el suministro de agua potable” Peñafiel (2018, p.28).

Realizado el comparativo de los balances hídricos donde EMSERFUSA incrementó su capacidad de suministro 2018, a pesar de tener 46.603 suscriptores se requirió un menor caudal suministrado de 9.553.050 m³ al sistema para suplir la demanda; frente al año 2013 que tuvo que suministrar 10.285.271 m³ y atendió 37.100 suscriptores.

Sin embargo, las pérdidas de agua no reflejan este avance teniendo en cuenta que del 43% en 2013 subió al 44% en 2018, de igual manera se realizó el comparativo con el área comercial donde se evidenció una reducción importante, en 2018 se redujo a un 16% frente al 2013 donde fue del 22%, contrario a las pérdidas técnicas que pasaron del 21% en el 2013 al 26% en el 2018.

9. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones que se generaron de la investigación, las cuales permiten acceder al cumplimiento del objetivo general propuesto.

Considerando las implicaciones que tiene el aprovisionamiento del agua potabilizada en el municipio de Fusagasugá, se hace evidente la necesidad de ajustar el modelo de gestión del recurso, que actualmente se desarrolla en la empresa prestadora de servicios públicos EMSERFUSA, el cual actualmente prioriza el suministro por encima de las implicaciones ambientales que ponen en riesgo la sostenibilidad de la provisión del recurso hídrico, en las condiciones ambientales requeridas, por un modelo que permita gestionar desde la provisión del servicio esta sostenibilidad, logrando ajustes integrales incluyendo de tipo técnico, operativo y financiero.

A partir de la evaluación del desempeño de la micro medición, desde la implementación de los programas de reposición de medidores y el programa de desviación significativa, estableciendo su alcance dentro de la recuperación de agua no facturada, se logró establecer que estos programas actualmente presentan una incidencia irregular, debido a que no cuentan con una medición constante y detallada, que permita dar sostenibilidad a la reducción de pérdidas de agua desde esta variable y así mejorar su desempeño.

De acuerdo con la provisión del agua para las familias que constituyen el 93,3% del total de los usuarios, se determinó el caudal neto provisto desde EMSERFUSA en la vigencia de 2019, que contrario a lo indicado en la proyección realizada por la consultoría para esta misma vigencia que dio como resultado 195 (litros/habitante*día), se encuentra enmarcado dentro del límite máximo permitido por el Ministerio de Vivienda para el estudio fue de 82(litros/habitante*día). Este caudal no incluye las pérdidas de agua que registra el sistema, y se basa en la facturación, por ello es necesario detallar los factores que constituyen el agua facturada no medida, a fin de acercar este indicador a la realidad de las comunidades, reduciendo las pérdidas de agua.

Se analizaron las pérdidas de agua desde las variables que componen el balance hídrico y su participación, indicando que si bien la empresa prestadora ha realizado un esfuerzo incrementando su capacidad en número de suscriptores en un 25%, y a la vez reduciendo su nivel de suministro en un 7.11% de 2013 a 2018, y teniendo en cuenta que desde el área comercial se ha mejorado sus indicadores de gestión de pérdidas de agua, reduciéndolas a un 16%, se ve descompensado frente al incremento que presentan las pérdidas reales que registra el área técnica pasando a un 26%, contrario a lo que indica una adecuada gestión del recurso hídrico.

Por lo anterior, se proponen estrategias que permitirán la reducción de las pérdidas de agua desde la micro medición, con la atención minuciosa a las variables causantes de estas dentro del sistema de abastecimiento. Se involucran en lo propuesto, todas las áreas dentro de la gestión del recurso hídrico a fin de garantizar el suministro a las comunidades Fusagasugueñas de manera eficiente, eficaz a corto y largo plazo priorizando la conservación del medio ambiente, con la participación conjunta tanto del prestador como de los usuarios del servicio.

10. RECOMENDACIONES

Respecto al desempeño del programa de reposición de medidores y desviaciones significativas, se requiere fortalecer desde la estructura organizacional, crear e implementar los manuales de cada uno de estos procesos, así mismo se sugiere capacitar y crear un canal de comunicación directa y permanentemente, entre el personal que desempeña esta labor de visitas a los predios, en el caso de las desviaciones con el personal que realiza las reposiciones de los medidores a fin de que conozcan los predios, donde previamente se ha realizado la reposición, para descartar de manera preventiva y realizar un debido proceso a estos casos.

En el proceso de reposición de medidores se sugiere establecer criterios de prioridad, para la realización del proceso, incluyendo los medidores que tengan un tiempo mayor de instalación, el tipo de marca que en el estudio refieren menores calidades metrológicas Control Agua y Servimeters, y los estratos 2 y 3 que presentan mayores deficiencias metrológicas.

Para el proceso de desviaciones significativas es importante definir claramente el debido proceso que se debe cumplir, a fin de garantizar un adecuado manejo del proceso de facturación, evitando duplicidad de novedades y errores sistemáticos, así mismo se sugiere diseñar e implementar una herramienta dentro del sistema de facturación, que limite la duplicidad de las novedades, y genere alertas en el caso de generarse desviaciones en predios donde se ha realizado previamente la reposición del medidor; y se sugiere la utilización constante de herramientas especiales para la de detección de fugas como lo son el correlador y el geófono.

El proceso de pérdidas de agua requiere de la asignación de un líder de proceso, responsable dentro del sistema de gestión, que realice el seguimiento pormenorizado y permanente de cada una de las variables que lo componen, a través del comité de gestión institucional que involucra las áreas de manera complementaria; para esto se sugiere la utilización del software auditor de agua v 5.0 libre de American Water Works Association (AMWA), que

facilita el uso de indicadores, que de ser alimentada la información verazmente guiará la ruta de manera adecuada para reducir las pérdidas.

REFERENCIAS

- Aguilera, K. (2006).Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales, *Polis Revista latinoamericana*,14(2006),39-40.<https://journals.openedition.org/polis/5044/>
- Almendarez, G y Beltrán. (2015), *Demanda de agua de uso comercial en la reserva de la biosfera El Vizcaíno, México: Una estimación con datos de panel*. (Tesis para optar al título de Ingeniería Civil). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203342741030/>
- Alvarado, N y Cauna. (2019), *Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector vi de la ciudad de Tacna, Perú*. (Tesis para optar al título de Ingeniero Civil). <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/821/>
- Asociación Mundial para el Agua Centroamérica (Global Water Partnership Centroamérica). (2013). *Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal*. Tegucigalpa, M.D.C, Honduras.<https://www.gwp.org/es/GWP-Centroamerica/BIBLIOTECA/Toolbox/>
- Banco Mundial, América Latina. (2013), *¿Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía?*
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-loss-energy-efficiency>
- Banco de desarrollo de américa latina CAF. (2016), *América latina más inversiones para tener servicios de agua de calidad*.
<https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/03/america-latina-mas-inversiones-para-tener-servicios-de-agua-de-calidad/>
- Catalán, A. (2019). *Detección de anomalías en el pago de la cuenta de agua*, (Tesis de grado para optar al grado de Ingeniería Civil Telemática).
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/46897>.
- Castillo, M. (2015). Análisis económico del consumo de agua potable en la ciudad de Puno,

- Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno. Perú. *Revista investigación alto andino*. 17(2015), 117-124. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.87/>
- Cauas, D. (2015). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. (Archivo PDF). <https://www.calameo.com/books/003146819cf01f68b123a/>
- Corporación Autónoma Regional CAR (2014), *Delimitación y limitación de la sub cuenca del río Cuja*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac68da74e6df.pdf/>
- Corral, Y. (2012). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos, Valencia, *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 24 (2012), 76-82. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739447007.pdf/>
- Correa, G. (2017), Acceso al agua, pobreza y desarrollo en Colombia, *Revista de la Universidad de La Salle*, (72), 27-46. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1516&context=ruls>
- Chiavenato, A. (2017). *Planeación estratégica*. MC Graw Hill.
- Decreto 229 de 2002; Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2000.
- Decreto 417 de 2020; Por el cual se declara un Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio Nacional del 6 de marzo de 2020.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE (2010), *Boletín censo general 2005 perfil Fusagasugá*. https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25290T7T000.PDF
- Empresa de Servicios Públicos de Fusagasugá – EMSERFUSA ESP. (2016). *Plan Local de Emergencias y Contingencias – PLEC*. (Archivo PDF). [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PLEC-%202016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PLEC-%202016%20(1).pdf).
- Empresa de Servicios Públicos de Fusagasugá – EMSERFUSA ESP. (2019). Contrato de condiciones uniformes.

- Fundación Nueva Cultura del Agua (2015). *El agua: Perspectiva eco sistémica y gestión integrada*.
https://www.researchgate.net/publication/299394323_La_gestion_sostenible_de_ecosistemas_acuaticos_continental_aguas_costeras_y_de_transicion_habitats_biodiversidad_y_funciones_hidrogeomorfológicas/
- Galindo, D. (2014). *Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del Balance Hídrico en el sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá* (Tesis de grado para Magister en ingeniería de Recursos Hidráulicos Universidad Nacional de Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51984>
- Garzón, F. (2019). *Propuesta de mejora para la gestión de las pérdidas de agua en EMSERFUSA*.
- Gavara, F. (2015). *Estudio del comportamiento metrológico de los contadores en abastecimientos de agua optimización de su gestión para la reducción de las pérdidas comerciales*, (Tesis de grado doctoral para Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente Universidad Politécnico de Valencia). <https://riunet.upv.es/handle/10251/62182>
- González, R. (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*, (Tesis para título de Ingeniería Industrial Universidad Industrial de Santander). <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/160165.pdf>
- Instituto Español de Estudios Estratégicos (2016). *La gestión del agua: factor clave para el cumplimiento de los ODS*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5998252>
- Leff, E (2004). *Racionalidad Ambiental, México: La reapropiación social de la naturaleza*. Siglo xxi editores, s.a.
- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, *Revista Cienciamerica*, 3(12), 34-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

- Mecon, M. (2016), *Análisis de la vulnerabilidad en fuentes hídricas superficiales abastecedoras de acueductos frente al cambio climático en la cuenca del río Subia en los municipios de Fusagasugá, Granada y Silvania*, (Tesis especialización en planeación ambiental universidad Militar Nueva Granada). <http://hdl.handle.net/10654/15302>
- Montesillo Cedillo, J. (2017), Suministro de agua potable en México: más allá del crecimiento poblacional. *Tecnología y ciencias del agua, Revista Scielo*, 8(1), 21-33. *Revista* <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v8n1/2007-2422-tca-801-00021.pdf>
- Mukheibir, P. Stewar, R. Giurco, D y O´Halloran, K., (2012), Understanding non-registration in domestic water meters, implications for meter replacement strategies (Entendiendo el no registro en contadores de agua doméstico. Características técnicas). *Revista: Non revenue wáter*. 1(12), 96-100. <http://hdl.handle.net/10072/48855>
- MYR ingeniería SAS (comunicación personal) 2019, Estudios y diseños del plan maestro de acueducto y alcantarillado casco urbano del municipio de Fusagasugá.
- Norma Técnica colombiana (NTC) 1063-3 de 2007 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación -ICONTEC). Medición del flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente. Parte 1: especificaciones. 20 de junio de 2007.
- Norma Técnica Colombiana (NTC) 1500 de 2017. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación -ICONTEC). Código colombiano de fontanería. 23 de agosto de 2017.
- Norma ISO 4064-1 de 2014. International Organization for Standardization (ISO) Medidores de agua potable fría y agua caliente. Parte 1: requisitos metrológicos y técnicos. Octubre de 2013.
- Organización Mundial de la Salud (2019), *Datos y cifras sobre la escasez del agua*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- Organización de Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Organización de Naciones Unidas (2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr>
- Organización de Naciones Unidas (2019). *Perspectivas de la Población Mundial*. Departamento de asuntos económicos y sociales dinámica poblacional. <https://population.un.org/wpp/>.
- Organización Naciones Unidas (2017). *2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro*.
[https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation#:~:text=En%20todo%20el%20mundo%2C%20alrededor,\(OMS\)%20y%20del%20UNICEF.](https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation#:~:text=En%20todo%20el%20mundo%2C%20alrededor,(OMS)%20y%20del%20UNICEF.)
- Organización Naciones Unidas (2018). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible.
- Organización Naciones Unidas (2019) *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás WWAP*. (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO).
<https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>
- Organización de las naciones unidas para la educación la ciencia y la cultura –UNESCO
WWAP. *Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos ONY-Agua. 2018.
<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2018-nature-based-solutions/>
- Ortiz Arellana, E. (2013), Epistemología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa: Paradigmas y Objetivos, *Revista de Clases de Historia*. 1(12) 3.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5174556>
- Paniagua, R. (2015), *Metodología para la validación de una escala o instrumento de medida*

(Archivo PDF). [http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-83dc-5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+E)

[83dc-](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-83dc-5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+E)

[5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+E](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-83dc-5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+E)

[SCALA.pdf?MOD=AJPERES](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/d76a0609-c62d-4dfb-83dc-5313c2aed2f6/METODOLOG%C3%8DA+PARA+LA+VALIDACI%C3%93N+DE+UNA+E)

Peñafiel Valla, L. (2018), *Análisis de las pérdidas de agua en el sistema de abastecimiento:*

Caso de estudio EP-EMAPA-A, (Tesis de grado para Maestría en Ingeniería Civil

Escuela Superior de Tecnología e Gestión del Instituto Politécnico de Leiria de

Ecuador).

<https://pdfs.semanticscholar.org/d7a9/67507b3ad430fc0f41127219b8dc78162bf8.pdf>

Pillot, J., Catel, L., Renaud, E., Augeard, B. y Roux, P. (2016), *Up to what point is loss reduction*

environmentally friendly? The LCA of loss reduction scenarios in drinking water

networks. (Hasta qué punto la reducción de pérdidas es ecológica? El LCA de

escenarios de reducción de pérdidas en redes de agua potable).

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.07.025>.

Pimienta Vera, J. (2013), *Guía metodológica para la elaboración de programas de optimización*

de sistemas de acueductos, (Tesis de grado para especialización en Recursos

Hidráulicos y Medio Ambiente, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).

[https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/76/1/Pimienta%20Vera,%20Johana%](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/76/1/Pimienta%20Vera,%20Johana%20Patricia%20-%202013.pdf)

[20Patricia%20-%202013.pdf](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/76/1/Pimienta%20Vera,%20Johana%20Patricia%20-%202013.pdf)

Resolución 138 de 2000 (Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico,

Ministerio de Vivienda Resolución). Por la cual se establece el nivel de consumo para

grandes consumidores vinculado al Servicio Público Domiciliario de acueducto o de

alcantarillado para los efectos del Decreto 302 de 2000. 23 de agosto de 2000.

Resolución 315 de 2005 (Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico,

Ministerio de Vivienda). Por la cual se establece el nivel de pérdidas aceptable para el

cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto

y alcantarillado. 11 de febrero de 2005.

Resolución 632 de 2013 (Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico, Ministerio de Vivienda). Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que tengan más de 5.000 suscriptores. 19 de febrero de 2013.

Resolución 457 de 2008 (Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico, Ministerio de Vivienda). Por la cual se modifican los Artículos 2.1.1.4 y 2.2.1.4 de la Resolución CRA N° 151 de 2001, los Artículos 10 y 13 de la Resolución CRA N° 413 de 2006 y el numeral 29 de la Cláusula 11 del Artículo 1° de la Resolución CRA 375 de 2006. 29 de diciembre de 2008.

Resolución 151 de 2001 (Comisión de Regulación de Agua potable y saneamiento Básico). Por la cual se realiza la regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. 2 de marzo de 2001.

Sánchez, V. (2008), Hacia un derecho humano fundamental al agua en el derecho internacional. *Revista electrónica de estudios internacionales*. 1(16) 1-8
https://www.researchgate.net/publication/28266568_Hacia_un_Derecho_humano_fundamental_al_agua_en_el_Derecho_internacional

Superintendencia de servicios públicos (2018), *Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2014 – 2017*.
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Ene/informe_sectorial-cuatrenio_2014-2017_.pdf

Shiva, V (2015). *Las guerras del Agua, India: Privatización, contaminación y lucro, Siglo XXI editores*. <https://leerlaciudadblog.files.wordpress.com/2016/05/shiva-las-guerras-del-agua.-privatizacic3b3n-contaminacic3b3n-y-lucro.pdf>

Unión Mundial por la Naturaleza UICN, (2018), Programa de la UICN 2017-2020.
https://www.iucn.org/sites/dev/files/sp-programa_de_la_uicn_2017-2020_aprobado.pdf