

# **TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA**

## **ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA DISCONTINUIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CALIDAD DEL SERVICIO EN LAS PARROQUIAS FILA DE MARICHES Y LA DOLORITA DEL ESTADO MIRANDA**

TUTORA ACADÉMICA: Profa. María Virginia Najul

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José Norberto Bausson

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Ing. Gutiérrez M., Ana M  
Para optar al Título  
de Magister Scientiarum en Ingeniería Sanitaria, opción Calidad Del Agua

Caracas, Abril del 2012

CERTIFICO QUE HE LEÍDO ESTE TRABAJO DE GRADO Y  
QUE LO ENCUENTRO APROPIADO TANTO EN SU CONTENIDO  
COMO EN SU FORMATO Y APARIENCIA EXTERNA.

---

Ing. MSc. María Virginia Najul

ABRIL, 2012

## **DEDICATORIA**

A mis padres, ustedes son mi mayor inspiración,  
Cada éxito en mi vida se debe a la semilla que desde pequeña plantaron en mí...  
Dios los colme de mucha salud  
A Doña Eva, por iluminar mi camino en cada paso que doy,  
Donde quiera que estés se que debes estar alegrándote y bendiciéndome por la culminación de  
esta meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Largo ha sido el camino, se prolongó más de lo planificado y esperado, pero ya en la culminación de esta meta, quiero y tengo el deber de dedicar unas palabras de agradecimiento a quienes de una u otra manera se hicieron presentes en este recorrido:

A dios todopoderoso, mi guía espiritual, en quien siempre pongo mi fe para encontrar el camino adecuado.

A mi padre, hombre honesto y trabajador, siempre apoyándome y dándome ánimo para enfrentar las situaciones que la vida me presenta....te quiero papito!!!

A mi madre, una de las personas que me apoyó e impulsó a emprender este camino. Te quiero mamá!!!

A la profesora María Virginia Najul, por la enorme paciencia que hasta hoy ha tenido para conmigo, a usted profe le agradezco enormemente la confianza depositada, nunca dejó de tenerme fe. Cariños inmensos....

Al Ing. Norberto Bausson, por el apoyo en la ejecución de este trabajo, y por la dedicación incondicional al entorno en el cual se desarrolla este estudio....gracias por el aprendizaje que deja a su paso cada día.

A mis hermanos: Mayra, Negro y Nubia, porque por encima de todo siempre están acompañándome y apoyándome en los momentos de dificultades.

A mis sobrinos: mi cami cami, Juan Pablito, Daniel, Juan Miguel, que les sirva de incentivo y estímulo para entender la importancia de la búsqueda de conocimientos que permitan mejorar cada día..., y especialmente a la gorda, porque en todo momento estuvo pendiente halando mis orejas para que no desmayara en mi objetivo, a todos los adoro, son parte de mi inspiración.

A Tati, mi socia, mi hermana, mi amiga..., te retribuyo las mismas palabras: contar contigo es un privilegio que le agradezco a la vida...te quiero.

A Mariel, Mara y Doris, porque desde que llegué a esta ciudad se convirtieron en mi pequeña familia, gracias por el apoyo chicas...las quiero; A Sobaira, amiga incondicional siempre presente en los buenos y malos momentos, te quiero mi soba; y raque, gordita tu también formas parte de ese pequeño círculo del que la vida me ha dado el privilegio de conocer..

A María Angélica, gran amiga, quien me prestó su apoyo y me acompañó a recorrer las calles de Mariches y la Dolorita en busca de la opinión de la gente.

A la Familia Luque, especialmente a la Sra. Rebeca, Javier, Tábata y Ema, porque me han acogido y me han hecho sentir parte de su familia.

A Carmen y el Sr. Leonel, por siempre estar pendientes de mi, gracias por el cariño.

Al Ing. José Ricardo Hernández, porque cada conversa resultó enriquecedora... fuentes de aprendizaje y herramientas que me permitieron desarrollar ideas en el trabajo.

Al Instituto Municipal de Aguas de Sucre (**IMAS**), institución que me ha dado la oportunidad de formarme a nivel profesional y personal, especialmente:

Gerencia de Operaciones y Mantenimiento: Al Ing Manuel Monteiro y Nestor Medina, por su ayuda en la actualización del catastro y el aporte de conocimiento para el programa de lavado, a los operadores: Nixon, Willian, Wilfredo, Hernan y Luis, quienes me acompañaron y apoyaron en el trabajo de campo, muchas fueron las anécdotas; unas buenas, otras no tanto...pero al final muy enriquecedora la experiencia....Gracias muchachos!!!

Gerencia Técnica: A Carlitos, Ing. Félix Mena, y muy especialmente a Francisco Durand, quien tuvo una enorme paciencia y dedicación para la elaboración de los planos de actualización de catastro y la toma de imágenes satélites, mil gracias!!!!

Gerencia de Gestión Comunitaria: A Romer Espinoza, Carmen Yudith Ortiz y Teresa Barreto por el apoyo en la aplicación de las encuestas.

Departamento de Catastro: A Joseph Goitte, por la ayuda en la elaboración de los mapas de vulnerabilidad con el software Arg Gis.

Departamento de Relaciones Públicas: A Juan Carlos Michinel, por la ayuda en la edición de los videos para la presentación oral del trabajo.

Al Sr. Jhony Bracho y Jhony Castillo, dos personas incondicionales y muy serviciales, siempre dispuestas a colaborar, muchísimas gracias!!!

**Gutiérrez M. Ana M.**

**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA DISCONTINUIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CALIDAD DEL SERVICIO EN LAS PARROQUIAS FILA DE MARICHES Y LA DOLORITA DEL ESTADO MIRANDA.**

**Tutora Académica: Prof. María Virginia Najul. Tutor industrial: Ing. José Norberto Bausson. Trabajo de Grado de Maestría. Caracas. UCV. Facultad de ingeniería. Postgrado de Ingeniería Sanitaria. Opción: Calidad del Agua. Año 2012, 164 p.**

**Descriptores:** Suministro de agua potable, intermitencia en el abastecimiento, redes de distribución, calidad del agua, calidad del servicio, indicadores de gestión.

**RESUMEN**

El suministro de agua potable de forma discontinua representa en la actualidad, una realidad palpable. En Venezuela, existe un porcentaje importante de la población que recibe el servicio de agua de manera intermitente, siendo un caso típico el de las Parroquias Fila de Mariches y La Dolorita, ubicadas en el Municipio Sucre del Estado Miranda. Tomando en cuenta que la distribución de agua bajo esta condición particular trae consecuencias negativas, tanto para el ente prestador del servicio como para el usuario, en el presente trabajo se plantea como objetivo analizar la influencia de esta situación en la calidad del servicio.

La primera etapa consistió en caracterizar y diagnosticar las condiciones de suministro en la zona de estudio. Los resultados obtenidos en esta fase evidenciaron un escenario asociado a: Déficit de agua, elevado índice de fugas de agua en la red de distribución, marcada influencia del suministro de agua mediante camiones cisterna, fallas de la institución en el control de reportes y quejas de los usuarios; apatía de los usuarios para reportar las fallas y alteraciones en la calidad del agua, y se verificó que muy pocos usuarios pagan por el servicio de agua, lo que dificulta la inversión en mantenimiento y obras de ampliación y mejoras en el acueducto.

La metodología utilizada para el diagnóstico fue documental y de campo; se realizó el análisis estadístico de la información suministrada por la institución encargada de manejar el acueducto y, adicionalmente, se tomaron medidas de presión a lo largo de la red de distribución, muestras de agua y se aplicó una encuesta para determinar distintos parámetros asociados a la calidad del servicio. Posterior al diagnóstico, se realizó un análisis preliminar de vulnerabilidad con ayuda de los sistemas de información geográfica, para lo cual se elaboraron mapas temáticos que

permitieron determinar las zonas más críticas o prioritarias. En la parroquia La Dolorita se detectaron cinco (5) zonas altamente vulnerables, y dos (2) en la Parroquia Fila de Mariches, para las cuales se proponen medidas de aplicación inmediata. Finalmente, con la idea de realizar un aporte que permita mejorar las condiciones de suministro, se hacen algunas recomendaciones de gestión, con miras a disminuir el impacto de la discontinuidad del servicio. Las pautas de gestión estuvieron dirigidas, en primer lugar, a mejorar la calidad del agua y disminuir su riesgo de contaminación, para lo cual se recomendó: implementar programas de lavado de tuberías, monitoreo y control del agua en camiones cisternas y tanques de almacenamiento, monitoreo en red asociado a la intermitencia y campañas educativas en la población sobre buenas prácticas de almacenamiento de agua en el hogar. En segundo lugar, a mejorar la interacción usuario-institución, a través de: implementación de programas para el control de reclamos, auditorías de servicio periódicas tales como encuestas y buzón de sugerencias. Además, se formularon indicadores de gestión como apoyo para la evaluación y control de los planes y programas recomendados.

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
CAPITULO I:.....	1
I.1 INTRODUCCIÓN .....	2
I.2 OBJETIVOS .....	5
I.2.1 Objetivo General .....	5
I.2.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II:.....	6
II.1.Calidad del servicio de los sistemas de abastecimiento de agua potable. ....	7
II.1.1.Indicadores de calidad del servicio de agua potable. ....	7
II.1.1.1. Calidad.....	7
II.1.1.2. Cantidad. ....	9
II.1.1.3. Continuidad .....	11
II.1.1.4. Cobertura. ....	11
II.1.1.5. Costos. ....	12
II.1.1.6. Satisfacción del Usuario. ....	12
II.1.2.VARIABLES que influyen en la calidad de los servicios de agua potable.....	13
II.1.2.1.VARIABLES y componentes físico-estructurales y funcionales.....	14
II.1.2.2.VARIABLES operacionales y de mantenimiento. ....	15
II.1.2.3.VARIABLES económicas y socio-políticas.....	19
II.2.- Herramientas utilizadas para el diagnóstico y análisis de la calidad del servicio de agua potable. ....	21
II.2.1.Análisis de vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable. ....	21
II.2.2. Uso de los sistemas de información geográfica como herramienta en el manejo de redes de distribución de agua potable.....	23
II.2.2.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	23
II.2.2.2. Sistemas de Información Geográfica en redes de distribución de agua.....	23
II.2.3. Auditorias del servicio .....	24

II.3.- Gestión estratégica y gestión de la calidad.....	25
II.3.1. La normalización en la gestión de los servicios de abastecimiento de agua potable.....	26
II.3.2. Indicadores para apoyo de la gestión de servicio de abastecimiento de agua potable. .	30
CAPITULOIII: METODOLOGÍA .....	32
III.1. Primera etapa. Descripción detallada del sistema de abastecimiento del sector .....	33
III.2.Segunda etapa. Diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema .....	36
III.2.1.Cantidad y frecuencia de abastecimiento de agua: Partiendo de la información del suministro total de agua en el sistema, se estableció el balance considerando:.....	36
III.2.3.Nivel de satisfacción de los usuarios:.....	37
III.3.Tercera etapa. Análisis del sistema e identificación de zonas críticas.....	38
III.4.Cuarta etapa. Propuestas de gestión .....	40
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
IV. 1. Primera etapa. Descripción detallada del sistema de abastecimiento del sector.....	42
IV.1.1.Parroquia Petare.....	42
IV.1.2.Parroquia La Dolorita .....	45
IV.1.3.Parroquia Fila de Mariches. ....	47
IV.2.Segunda etapa. Diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema .....	49
IV.2.1.Cantidad de abastecimiento de agua: .....	49
IV.2.2. Balance Hídrico .....	52
IV.2.3.Suministro y Distribución de agua mediante la modalidad de camiones cisterna durante el año 2010.....	54
IV.2.4. Nivel de satisfacción de los usuarios: .....	59
IV.2.4. 1.Análisis de los reportes recibidos en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento durante los años 2009 y 2010. ....	59
IV.2.4. 2.Resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta que pretendía medir la calidad del servicio en las Parroquias La Dolorita y Filas de Mariches.....	63
IV.2.4. 2.1.De la calidad y continuidad del servicio de agua potable.....	63
IV.2.4. 2.1.De la modalidad de suministro mediante camiones cisterna .....	65
IV.2.4. 2.3.De la Calidad del Agua que recibe por tuberías y mediante camiones cisterna ..	68
IV.2.4. 2.4.De los reportes y quejas de los usuarios.....	72
IV.2.5.Calidad del agua abastecida:.....	77

IV.3. Análisis del sistema e identificación de zonas críticas.....	80
IV.4. Propuestas de Gestión.....	88
IV.5. Indicadores de Gestión.....	108
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	112
CONCLUSIONES .....	113
RECOMENDACIONES .....	115
COMENTARIOS FINALES .....	117
BIBLIOGRAFÍA .....	118
ANEXOS.....	124
ANEXO I: Imágenes Satelitales tomadas para realizar el conteo de viviendas y determinar la población.....	124
ANEXO II: Tablas detalladas del catastro actualizado del ASFM, incluye: sector, cota de terreno, progresiva, diámetro de la tubería principal, diámetro del nodo, población estimada y dotación teórica.....	126
ANEXO III: Imágenes del recorrido realizado a través del ASFM para la medición de presiones.....	134
ANEXO IV: Imágenes de algunas muestras analizadas para determinar la calidad del agua en sistemas con suministro discontinuo .....	138
ANEXO V: Instrumento metodológico para determinar la calidad del servicio de las parroquias en estudio.....	140
ANEXO VI: Procedimiento de cálculo del número de muestras para la aplicación de la encuesta en las parroquias en estudio.....	142
ANEXO VII: Formatos y tablas de apoyo a los programas y planes de gestión recomendados.....	144

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Dotaciones de agua estimadas Hidroven. ....	10
Tabla 2: Criterios de clasificación para el análisis preliminar de vulnerabilidad .....	40
Tabla 3: Recorrido ASFM. Fecha: 05 de Febrero del 2011. ....	49
Tabla 4: Recorrido ASFM. Fecha: 28 de Marzo del 2011. ....	49
Tabla 5: Resumen del balance hídrico.....	53
Tabla 6: Indicadores de Gestión.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología de Aplicación de la norma ISO 24510 (fuente: Molinari, 2007). .....	28
Figura 2: Metodología de Aplicación de la norma ISO 24512 (fuente: Molinari, 2007). .....	29
Figura 3: Diagrama unifilar del ASFM en su recorrido por la Parroquia Petare' .....	44
Figura 4: Diagrama unifilar del ASFM en su recorrido por la Parroquia La Dolorita. ....	46
Figura 5: Diagrama unifilar del ASFM en su recorrido por la Parroquia Fila de Mariches.....	48
Figura 6: Perfil longitudinal y línea de energía del Alimentador Sur Fila de Mariches. Tramo E/B 25 (La Guairita) – E/B La Dolorita. ....	51
Figura 7: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2010. ....	55
Figura 8: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010. ....	57
Figura 9: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010. ....	57
Figura 10: Camiones cisterna privados entregados en las Parroquias Fila de Mariches y la Dolorita durante el año 2010. ....	58
Figura 11: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2009. ....	60
Figura 12: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2009. ....	60
Figura 13: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010. ....	61
Figura 14: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2010. ....	62
Figura 15: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo considera usted que es el servicio de agua en el sector donde vive? .....	63
Figura 16: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Recibe el servicio de agua por tuberías de manera continua, es decir las 24 horas del día, los 365 días del año? .....	64
Figura 17: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cada cuánto tiempo le llega el servicio de agua a su sector? .....	64
Figura 18: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Por cuánto tiempo tiene el servicio de forma permanente? .....	65
Figura 19: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Utiliza su sector la modalidad de camiones cisterna para abastecerse de agua? .....	65
Figura 20: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Con qué frecuencia?.....	66
Figura 21: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Aproximadamente cuántos camiones cisterna son suministrados mensualmente a su sector?.....	66
Figura 22: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Los camiones cisterna son suministrados de forma gratuita? .....	67
Figura 23: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Qué percepción tiene usted de la calidad del agua que recibe su sector por tuberías?.....	68

Figura 24: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua que recibe por las tuberías? .....	69
Figura 25: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Apariencia. ....	70
Figura 26: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías? Color. ....	70
Figura 27: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Sabor. ....	71
Figura 28: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Olor. ....	71
Figura 29: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿En relación al agua que recibe a través de camiones cisterna, qué opinión le merece su calidad? .....	72
Figura 30: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Para usted cuál es la falla más frecuente en el servicio de agua y en el acueducto dentro de su sector? .....	73
Figura 31: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Ha reportado usted a la institución encargada de manejar el acueducto algunas de las fallas mencionadas en la pregunta anterior? .....	74
Figura 32: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo ha sido la respuesta de la institución? .....	75
Figura 33: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Paga usted por el servicio de agua? .....	76
Figura 34: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cuánto paga usted mensualmente por el servicio de agua potable? .....	76
Figura 35: Resultados obtenidos para el análisis de turbiedad, Color y pH.....	78
Figura 36: Resultados obtenidos para el análisis de Cloro residual.....	79
Figura 37: Resultados obtenidos para el análisis de la Presencia/ausencia de Coliformes totales y Coliformes Fecales.....	80
Figura 38: Mapa de indicadores de vulnerabilidad en la Parroquia la Dolorita .....	84
Figura 39: Mapa de indicadores de vulnerabilidad en la Parroquia Fila de Mariches.....	85
Figura 40: Mapa de vulnerabilidad en la Parroquia La Dolorita. ....	86
Figura 41: Mapa de vulnerabilidad de la Parroquia Fila de Mariches.....	87
Figura 42: Esquema de lavado 1, Parroquia Fila de Mariches. ....	94
Figura 43: Esquema de lavado 2, Parroquia Fila de Mariches. ....	95
Figura 44: Esquema de lavado 3, Parroquia Fila de Mariches. ....	96
Figura 45: Esquema de lavado 1, Parroquia La Dolorita. ....	98
Figura 46: Esquema de lavado 2, Parroquia La Dolorita. ....	99

# **CAPITULO I: GENERALIDADES**

## **I.1 INTRODUCCIÓN**

El agua constituye un elemento esencial para la vida y se considera como uno de los factores más representativos del desarrollo de los pueblos. En virtud de su importancia, los temas relacionados con el agua forman parte de la mayoría de las discusiones en todos los ámbitos de la sociedad, siendo la misión primordial lograr el manejo sustentable del recurso para que las generaciones futuras puedan disponer del agua en cantidad y calidad adecuada para el desenvolvimiento de sus actividades.

En la actualidad, a pesar de que la mayoría de la población mundial cuenta con acceso al agua potable, existen, especialmente en los países de bajos recursos económicos, comunidades que no disponen del preciado líquido en condiciones adecuadas para su consumo, ya sea porque el mismo no ha sido sometido al tratamiento necesario ó porque el recurso resulta insuficiente y se suministra de manera discontinua.

Es importante destacar que los indicadores de cobertura del servicio de agua potable, que para el caso venezolano están alrededor del 94% según los datos oficiales disponibles (Hidroven, 2007), se refieren a que disponen de infraestructura para la conducción del agua, mas no necesariamente a la disponibilidad del agua de manera continua y bajo las condiciones de potabilidad que garanticen su aptitud para consumo humano.

En este orden de ideas, resulta lógico pensar que en la medida que el agua potable se distribuya en condiciones inadecuadas, específicamente en el caso de la discontinuidad, una serie de consecuencias negativas estarán asociadas, tanto para la población como para el ente prestador del servicio.

El almacenamiento de agua, que se hace inminente en estas condiciones, trae como resultado complicaciones posteriores. En primer lugar porque el agua tiene mayor probabilidad de sufrir contaminación al estar totalmente expuesta, de manera que la cantidad de desinfectante que se usa como residual para evitar re-contaminaciones se consumirá en poco tiempo, quedando el agua completamente expuesta a la contaminación. En segundo lugar, el almacenamiento de agua con el transcurrir de los días repercutirá en la proliferación de mosquitos.

Los aspectos mencionados afectarán a los consumidores, ya que en la medida que el agua que se está consumiendo no cumple con las condiciones sanitarias mínimas, incrementarán las enfermedades de origen hídrico, dentro de las que destacan: las gastrointestinales, problemas en la piel (hongos), dengue (debido a la proliferación de los mosquitos), entre otras. De acuerdo con Vairavamoorthy et al, (2007), “un problema grave derivado de los suministros intermitentes, que generalmente es ignorado, es el alto nivel de contaminación que se produce en las redes donde hay períodos prolongados de interrupción, debido a las presiones negativas en el sistema. Estos problemas conducen a incrementar los riesgos de contaminación del agua que circula por las tuberías por la intrusión de aguas no potables (por ejemplo, las alcantarillas) a través de juntas y grietas en mal estado”

Cuando se lleva a cabo el suministro de agua de manera discontinua, se hace necesario el uso de camiones cisterna para abastecer a las poblaciones cuyos ciclos de abastecimiento son muy largos. Esto trae como consecuencia un problema adicional de alteración de la calidad del agua, ya que generalmente estos dispositivos de almacenamiento y transporte no tienen control alguno por parte de las autoridades sanitarias, por lo que no se podría asegurar se encuentren aptos para su uso, todo esto a pesar de que en Venezuela existe una normativa que regula el suministro de agua a través de esta modalidad (Republica de Venezuela, 1995).

Por otra parte, el impacto económico que surge de manejar un acueducto en estas condiciones es importante. Los operarios del sistema deben llevar a cabo una serie de maniobras diarias que implican abrir y cerrar válvulas, lo que ocasiona la reducción del tiempo de vida de estos accesorios, de la misma manera las tuberías se ven seriamente afectadas por la intermitencia del servicio acelerándose su deterioro en el tiempo, al cambiar de presión constantemente y dejar entrar y salir aire.

El aumento en las tomas de agua de forma ilegal es otra de las aristas del problema. Al carecer de acceso directo a sus viviendas, las personas perforan los tubos matrices, la mayoría de las veces con impericia, provocando la disminución de presión y caudal en la medida que aumenta el número de conexiones clandestinas, trayendo como consecuencia el suministro insuficiente en los puntos más alejados.

A pesar de las graves consecuencias que se presume genera un abastecimiento intermitente, se hace difícil conseguir en la literatura referencias que cuantifiquen de manera concreta y sistemática la dimensión del problema, como apoyo a la toma de decisiones para el manejo sustentable del sistema.

Un caso típico lo representan las Parroquias La Dolorita y Fila de Mariches ubicadas en la parte este del Municipio Sucre del estado Miranda en el Distrito Capital. Con el paso de los años el acueducto de la zona se ha mostrado incapaz para ofrecer un suministro continuo de agua potable a su población, como consecuencia directa del crecimiento acelerado de la población y de la falta de inversión en obras que permitan ampliar el acueducto.

Los habitantes de estas zonas se ven afectados ya que sufren constantes interrupciones del servicio, pues el suministro se lleva a cabo por ciclos que van desde dos (2) hasta treinta cinco (35) días. Cada uno de los barrios del sector recibe agua por un máximo de dos días, mientras se saturan las redes correspondientes, y luego ve interrumpido su servicio hasta que son abastecidas todas las demás poblaciones.

El Alimentador Sur Fila de Mariches es el tubo de conducción principal de agua potable en esos sectores, conduciendo un caudal de aproximadamente 300 l/s, provenientes de la planta de tratamiento “Ciudad de Caracas” La Guairita y la planta de tratamiento La Pereza. Sin embargo, esta tubería ha sido objeto de innumerables perforaciones ilegales, lo que ha generado la disminución en las presiones y caudales aguas abajo y por consiguiente el agua no llega en cantidad suficiente a dichas parroquias.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo plantea analizar el caso de las parroquias referidas y su correspondiente red de distribución de agua, con base en dos premisas:

1. Continuidad y condiciones adecuadas de suministro
2. Satisfacción del usuario.

Todo esto permitirá obtener un diagnóstico de la situación actual, que servirá de base o instrumento para proponer y jerarquizar medidas para mejorar el funcionamiento del acueducto y por ende la calidad de vida de los usuarios del servicio.

## **I.2 OBJETIVOS**

### **I.2.1 Objetivo General**

Analizar la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del Municipio Sucre del Estado Bolivariano de Miranda.

### **I.2.2 Objetivos Específicos**

1. Caracterizar la situación actual de funcionamiento del Alimentador Sur Fila de Mariches y del suministro de agua en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita.
2. Identificar zonas críticas y de alta vulnerabilidad en la red de tuberías que distribuyen el agua a los sectores involucrados en el estudio.
3. Recomendar estrategias de gestión que permitan adecuar, de manera sostenible, las condiciones de manejo del acueducto.

# **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se detallan y describen los lineamientos teóricos que sustentan los distintos aspectos a los cuales hace referencia esta investigación. Es así, como partiendo de los objetivos fijados en el estudio, se desarrollan tópicos asociados en primer lugar, a la calidad del servicio de los sistemas de abastecimiento de agua potable, y sus correspondientes indicadores. Además, se describen las variables físico-estructurales, funcionales, operacionales y socio-económicas que influyen en este aspecto.

En segundo lugar, se describen las herramientas utilizadas para el diagnóstico y análisis de la calidad del servicio, de manera de soportar los instrumentos metodológicos utilizados para el desarrollo y elaboración del trabajo.

Finalmente, se hace una revisión de las bases generales de los modelos de gestión de sistemas de distribución, y se detalla la importancia del uso de indicadores de gestión ó desempeño para el seguimiento y control de las estrategias que se implementan en el manejo de los acueductos.

## **II.1. Calidad del servicio de los sistemas de abastecimiento de agua potable.**

Como regla general se considera que un servicio es de calidad si se alcanzan las especificaciones establecidas, y si el cliente recibe el producto con las características que esperaba, en gran medida influido por la interacción entre el usuario y el personal de la institución que le proporciona el servicio (Miranda, et al. 2007).

Basados en la descripción previa, la calidad del servicio de agua potable no se refiere únicamente al adecuado manejo de los aspectos técnicos, operativos, financieros y administrativos de los entes ó instituciones que manejan el servicio, con la finalidad de cumplir con los estándares de calidad establecidos, sino que incorpora el aspecto social, específicamente la satisfacción del usuario.

### **II.1.1. Indicadores de calidad del servicio de agua potable.**

#### **II.1.1.1. Calidad.**

De acuerdo a la establecido por la Organización Mundial de la Salud (2006), la calidad del agua entregada a la población debe estar dentro de los estándares de potabilización

reconocidos y cumpliendo con las normas sanitarias establecidas en cada país. En Venezuela, la normativa aplicada corresponde a las “Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable”, publicadas en Gaceta Oficial N° 36.395 de fecha 13 de febrero de 1998. El objetivo de estas normas es establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o que puedan acarrear inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido (República de Venezuela, 1998).

Sottolano et al (2004), en su propuesta para la evaluación de la calidad del agua, en la cual establecen una estructura jerárquica para el cálculo de un índice de calidad, parten de que la base fundamental de la calidad del agua es garantizar la salud y bienestar de los consumidores, minimizando la presencia de sustancias tóxicas, organismos patógenos y el rechazo sensorial, siendo entonces los términos en los que se expresa la calidad del agua, los microbiológicos, físico-químicos y organolépticos.

#### **II.1.1.1.1. Calidad microbiológica.**

Los aspectos microbiológicos del agua para consumo humano están referidos a la presencia de organismos patógenos, que incluyen una amplia variedad de virus, bacterias, protozoarios, helmintos y algas; provenientes de las heces fecales de humanos y animales. El riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana, cuyas consecuencias son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial. En este sentido, dado que los sistemas de abastecimiento de agua pueden causar brotes de enfermedades endémicas transmitidas por el agua, es vital garantizar la calidad microbiológica del agua en dichos sistemas (OMS, 2006).

En el monitoreo que se realiza para evaluar la calidad del agua desde el punto vista microbiológico, es prácticamente imposible medir los organismos presentes; por ello se ha desarrollado un método en el que se consideran bacterias indicadoras. Así, la determinación del grupo de bacterias coliformes se aplica como prueba general de monitoreo de calidad del agua en este aspecto.

#### **II.1.1.1.2. Calidad físico-química.**

La contribución del agua de consumo a la ingesta de una sustancia química concreta puede ser poco importante con respecto a la cantidad total ingerida y, en algunos casos, el control de la concentración en el agua de consumo puede suponer un gasto considerable y producir un efecto escaso en la exposición general. De hecho, son pocas las sustancias químicas de las que se haya comprobado que causan efectos extendidos sobre la salud de las personas como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo (OMS, 2006)

No obstante, las normativas sanitarias establecen que el agua para consumo humano debe estar libre de sustancias tóxicas con propiedades acumulativas, como metales pesados (plomo, cadmio y mercurio), sustancias carcinógenas, componentes inorgánicos como nitratos, fluoruros y arsénico, entre otros. Todos estos compuestos pueden aparecer en el agua en casos de contaminación accidental del abastecimiento.

#### **II.1.1.1.3. Calidad organoléptica.**

Los aspectos organolépticos del agua comprenden aquellos parámetros que pueden ser percibidos por los sentidos, siendo los principales: turbiedad, color, sabor, olor y pH; constituyendo en su conjunto el aspecto estético del agua. Esta característica es de gran importancia, ya que influye directamente en la satisfacción y confianza de los consumidores en el sistema de abastecimiento.

Además, resulta interesante mencionar, que en los últimos años el parámetro de turbiedad está siendo utilizado como indicador de presencia de partículas de mayor tamaño (quistes de protozoarios), y para la estimación de la eficiencia en remoción de organismos en general, basándose en que las partículas, incluyendo aquellas productoras de turbiedad, reducen la eficiencia de los procesos de desinfección (Najul et al, 2003).

#### **II.1.1.2. Cantidad.**

En el sentido estricto de calidad del servicio, los sistemas de abastecimiento de agua deben ser capaces de captar, bombear, conducir, tratar y distribuir volúmenes de agua suficientes para la atención de las demandas de la población.

La cantidad de agua recogida y utilizada por los hogares tiene una gran influencia en la salud. El consumo de agua es una necesidad fisiológica básica para mantener la hidratación adecuada; además, se necesita agua para la preparación de los alimentos, así como para mantener la higiene, necesaria para la salud (OMS, 2006).

Las estimaciones del volumen de agua necesario para mantener la salud varían considerablemente. Los principales factores que afectan el consumo de agua son: el tipo de población, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la población.

En este orden de ideas, se define la dotación como la cantidad de agua que se requiere suministrar (deseable) a cada usuario del acueducto en un cierto período de tiempo. Generalmente se expresa en litros por persona por día. Cabe destacar que este término es distinto a consumo per cápita (demanda), que es la cantidad realmente utilizada, pues ésta no es necesariamente la deseada. (Bolinaga, 1999; Palacios, 2008).

Por otra parte, cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una población y no se tengan datos confiables sobre consumo, se suelen utilizar los valores de dotaciones estimadas en cada país. En la tabla 1 se indican los rangos de dotaciones domésticas estimadas por la Hidrológica de Venezuela (Hidroven).

Tabla 1: Dotaciones de agua estimadas Hidroven.

<b>Clase: demanda doméstica</b>	<b>Dotación unitaria</b>	<b>Aplicación</b>
<b>Tipo A:</b> requerimientos en quintas, casas y apartamentos, para necesidades vitales, aseo, lavado y otros	153-215 l/hab.d	Totalidad de la población
<b>Tipo B:</b> Agua utilizada en zonas exteriores de las residencias. Riego de jardines, limpieza, lavado de vehículos, entre otros	8-64 l/hab.d	Totalidad de la población

Fuente: Hidroven (1993)

### **II.1.1.3. Continuidad**

Es deseable que todo sistema de abastecimiento de agua provea a la población un servicio continuo sin intermitencias, es decir que satisfaga la demanda de la población las 24 horas del día, los 365 días del año.

No obstante, en países en desarrollo las interrupciones en el suministro de agua son comunes, bien sea por intermitencias de las fuentes ó por fallas operacionales en los sistemas. De acuerdo a lo establecido por la OMS (2006), la clasificación de la continuidad del agua para consumo se hace de la siguiente manera:

- servicio durante todo el año de una fuente confiable, sin interrupción del caudal en el grifo ni en la fuente.
- servicio durante todo el año con interrupciones frecuentes (diarias o semanales), cuyas causas más comunes son: restricciones de los regímenes de bombeo, en los sistemas que extraen agua por bombeo, ya sean previstos o debidos a cortes del suministro eléctrico o a averías puntuales; la demanda máxima supera la capacidad de las tuberías de acometida o del embalse; exceso de fugas en los sistemas de distribución; demanda excesiva en las fuentes puntuales gestionadas por la comunidad; variación estacional del servicio derivada de la fluctuación en la fuente, que suele deberse a tres razones: variación natural del volumen de la fuente a lo largo del año; limitación del volumen causada por la competencia con otros usos, como el riego; períodos durante los que puede ser imposible tratar el agua de origen debido a su gran turbidez; y combinación de discontinuidad estacional e interrupciones frecuentes del suministro.

Como ya se ha mencionado, las interrupciones del suministro ocasionan una reducción de la presión y, por tanto, un aumento del riesgo de contaminación del agua en la red de distribución y una menor disponibilidad para el uso de la misma.

### **II.1.1.4. Cobertura.**

Desde el punto de vista de la salud pública, la proporción de la población que tiene acceso confiable al agua potable representa uno de los indicadores más importante del éxito global de un programa de abastecimiento de agua. Por tanto, la misión de los entes prestadores de

los servicios de agua debe ser la garantía de que el servicio cubra la totalidad de la población tanto rural como urbana, dentro del ámbito de su competencia.

#### **II.1.1.5. Costos.**

El éxito en la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua está directamente relacionado a dos aspectos fundamentales, la eficiencia económica y el auto financiamiento del servicio. El costo del agua entregada a la población debe ser el menor posible, sin embargo se debe sustituir la idea de que el agua es un bien natural y universal, por la de un producto elaborado a un alto costo, con lo cual se persigue un consumo más racional y la aceptación de tarifas que incluyan la totalidad de los costos asociados al servicio (Najul et al. 2003).

Es así, como el análisis de los costos del agua para consumo humano es un tema complejo, dado que se tiene que establecer un balance equilibrado entre lo que debe pagar el usuario y los costos de operación y manejo sostenible del sistema.

En general, los hogares con los menores niveles de acceso al suministro de agua potable suelen pagar más por el agua, que los que disponen de conexión a una red de distribución de agua. El alto costo del agua puede obligar a los hogares a utilizar otras fuentes de agua de calidad inferior y, por consiguiente, se presenta un mayor riesgo para la salud. Sin embargo, el establecimiento de tarifas muy bajas puede ocasionar el funcionamiento deficiente del servicio.

#### **II.1.1.6. Satisfacción del Usuario.**

El manejo de los servicios públicos reviste dificultades particulares, siendo una de las principales el contacto con el usuario, específicamente la satisfacción de sus necesidades, las cuales generalmente resultan cambiantes y modificables en el tiempo. Por lo tanto, para alcanzar el éxito en la implementación de estrategias de gestión es de gran importancia tomar en cuenta la opinión del usuario. Es de mucha utilidad definir la prestación de los servicios como el resultado de “encuentros” entre la organización y el usuario. (Najul, et al. 2003).

La interacción entre el usuario y la organización, condiciona que el valor agregado ó calidad del servicio aumente ó disminuya a medida que los usuarios lo reciben. Por ejemplo, una falla de poca magnitud en la prestación del servicio, puede restarle valor al esfuerzo realizado por muchas personas y a los recursos invertidos en la operación. Un caso típico sería aquel en el que un usuario acude a las oficinas de la empresa prestadora del servicio a solicitar información ó formular un reclamo; dependiendo del trato puede salir plenamente satisfecho aun cuando la respuesta no sea la esperada, o puede quedar con una percepción negativa de todo el servicio recibido.

Para evaluar la calidad del servicio, en términos de interacción de prestador del servicio, lo fundamental es ubicarse del lado del usuario, en una visión de empresa orientada hacia la satisfacción del cliente, más que al servicio al cliente.

Para garantizar que el usuario esté plenamente satisfecho la empresa debe cumplir con todas sus necesidades y expectativas, por lo que conceptualmente se puede decir que:

$$\text{SATISFACCIÓN DEL USUARIO} = \frac{\text{RENDIMIENTO}}{\text{EXPECTATIVAS}} \quad (\text{Najul, et al. 2003})$$

En general se pueden dirigir las estrategias a:

- Esfuerzos para asegurar que el rendimiento del servicio exceda las expectativas del usuario.
- Reducir el nivel de expectativas del usuario respecto al servicio, de tal manera que estén satisfechos con el servicio que la empresa les suministre.

### **II.1.2. Variables que influyen en la calidad de los servicios de agua potable.**

Entendiendo que el suministro de agua para consumo humano comprende un sistema formado por una serie de componentes interrelacionados entre sí, y que a su vez la calidad del servicio no solo depende de ellos, sino que además se ve influenciado por el entorno, resulta importante llevar a cabo una revisión en este aspecto, haciendo especial énfasis en los sistemas de distribución.

### **II.1.2.1. Variables y componentes físico-estructurales y funcionales.**

Una empresa de servicios de agua potable está conformada por una serie de elementos o componentes físicos, tales como: Fuentes de abastecimiento, captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución. Cada uno de estos componentes tiene una función específica y está formado a su vez por un número de elementos o sub-componentes. Además de los componentes físicos, se requiere de una infraestructura capaz de operarlos y mantenerlos adecuadamente, para que las actividades inherentes a cada uno se desempeñen adecuadamente. (Mays, 2002)

En este sentido, basados en la premisa de calidad del producto “agua potable”, se debe mencionar que la calidad del agua que recibirá el usuario de este servicio, depende del adecuado control de los tres componentes fundamentales del sistema de abastecimiento: fuente de abastecimiento, planta de tratamiento y red de distribución, los cuales se encuentran interrelacionados entre sí, de allí que las características de cada uno de ellos y su interacción, afectan las propiedades del agua a consumir por la población.

Respecto a la fuente de abastecimiento, la calidad de sus componentes físico-químicos y bacteriológicos determinará el tratamiento más adecuado al cual debe ser sometida para su potabilización, y la cantidad indicará si cubrirá ó no los requerimientos de demanda de la población en el tiempo, sin que ello implique el agotamiento del recurso. La calidad del agua cruda está influenciada por factores naturales y antrópicos (LeChevallier et al, 2004).

La potabilización (tratamiento) del agua debe considerarse un proceso productivo donde el agua cruda es la materia prima, la cual se transforma en el producto, agua potable, mediante una serie de operaciones y procesos que requieren la adición de sustancias químicas y otros insumos, generando desechos, tales como el drenaje de los lodos y el agua de lavado de las unidades. Al igual que en cualquier proceso productivo industrial, donde la gestión de la calidad constituye un elemento fundamental de la gestión empresarial, es importante considerar tanto la calidad del producto, como la calidad del proceso (Acosta, 2006)

El componente final del sistema de abastecimiento de agua potable es la red de distribución, la cual está conformada por el conjunto de tuberías, tanques y válvulas que permiten llevar

el agua producida en la planta de tratamiento hasta cada uno de los consumidores (Arocha, 2011).

Para que la red funcione de manera adecuada, es importante haber alcanzado unas características de calidad de agua tal que evite la corrosión, la deposición u otros efectos sobre los elementos componentes de la misma (Rodríguez, 2002).

El suministro de agua potable a través de la red de distribución debe garantizar que el agua llegue a la población de manera continua y sin alteración en su composición, por esta razón cuando se diseñan estos sistemas se debe considerar además de los parámetros hidráulicos, la reducción de las probabilidades de cambio en la composición del agua potable a ser conducida (Najul, et al. 2003).

En referencia a los componentes físico-estructurales, también es necesario mencionar que los sistemas de distribución de agua están sujetos a la influencia del entorno, es decir a las características geomorfológicas, pendientes topográficas del terreno y a las condiciones climáticas que pueden afectar en determinado momento su funcionamiento.

Por ejemplo, en el Municipio Sucre del Estado Bolivariano de Miranda, debido a la presión demográfica en los centros urbanos y el crecimiento desordenado de la población, las redes de distribución tienen que atravesar zonas de características muy variadas, tales como relieves accidentados y abruptos, con altas pendientes, y debido a la inestabilidad de los taludes que al conjugarse con la litología y el tipo de suelo y la pluviosidad, se producen movimientos de masas de terrenos, con lo que necesariamente la infraestructura de los servicios de agua estará expuesta a riesgo (Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda, 2011).

#### **II.1.2.2. Variables operacionales y de mantenimiento.**

Un sistema de distribución de agua debe operarse adecuadamente, de modo que funcione con un nivel de servicio aceptable. Los operadores de estos sistemas deben tener como objetivo entregar agua de calidad adecuada a los consumidores, en cantidad y presión razonable. De esta manera, las variables críticas a tomar en cuenta son la presión, el caudal, niveles de agua en los tanques y la calidad del agua.

Para sistemas cuyas operaciones están basadas en la presión, los operadores normalmente trabajan sobre las bombas y válvulas, de manera que las presiones dentro del sistema se mantengan dentro de los límites aceptables, aunque esto último puede variar de un sistema a otro. En la mayoría de los casos deberían mantenerse por encima de 20 psi y por debajo de 100 psi. La presión mínima es de gran importancia, ya que ayuda a evitar la contaminación del suministro de agua potable por conexiones cruzadas. El control de esta variable se realiza a través de la instalación de dispositivos de medición (manómetros) en puntos adecuados de la red (Mays, 2002).

El caudal también es un parámetro que se utiliza para controlar y operar un sistema de distribución de agua. El medir y contabilizar el volumen de agua que pasa a través de un elemento ó componente de un sistema de acueducto, hace posible, calcular, controlar y gestionar el abastecimiento del agua al sistema y el consumo de los usuarios. En el caso de medición de caudales, es importante desagregar entre macro y micro medición.

La macro-mediación, es aquella a través de la cual se totaliza la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada en la red de distribución; mientras que la micro-mediación mide la cantidad de agua demandada en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto (Arocha, 2011).

Además, la medición permite disminuir los porcentajes de pérdidas de agua en la red de distribución por fugas y conexiones ilegales. No obstante, según Battermann et al (2001), “la reducción de las pérdidas de agua en las tuberías va más allá de la mejora en los métodos de medición, un programa de medición debe ir acompañado de una planificación de las actividades administrativas de la empresa”. En muchos casos, las deficiencias en las áreas administrativas son responsables de un gran porcentaje de pérdidas de agua, refiriéndose en este caso a deficiencias en: la planificación en el mantenimiento de las redes y los medidores domésticos, imprecisiones en las lecturas, así como falta de programas para reducir el consumo de agua ilegal.

Caudal y presión están directamente relacionados entre sí, de esta manera cuando la presión en el sistema cae por debajo de límites aceptables, es porque el consumo en esa

parte del sistema es elevado. Cuando esto ocurre es usual llevar a cabo dos tipos de maniobras, colocar bombas en servicio ó ejercer control sobre las válvulas para dirigir el agua a las zonas donde se necesite.

Por otra parte, aunque el rendimiento hidráulico ha sido siempre la base principal según la cual los operadores toman sus decisiones, cada vez se está poniendo más atención al comportamiento de la calidad del agua en el sistema de distribución. Las maniobras que ejecutan los operadores sobre los distintos componentes de las redes constituyen una posibilidad de afectación de la calidad del agua.

Las tuberías e instalaciones de almacenamiento de un sistema de distribución constituyen una red compleja de reactores químicos y biológicos incontrolados que pueden producir variaciones significativas en la calidad del agua en el espacio y el tiempo, más aún si éstos no son operados de manera adecuada. Por esta razón, a medida que el agua fluye a través de la tubería, pueden ocurrir transformaciones y deterioro de la calidad del agua por interacciones con las paredes de la tubería, las cuales pueden ser de naturaleza física, química y microbiana (Mays, 2002).

Entre los factores principales que modifican esta calidad se encuentran:

- Fuentes externas que entran en el sistema de distribución.
- Contaminación por conexiones cruzadas ó por juntas rotas en las tuberías.
- Corrosión de las tuberías de hierro y disolución del metal.
- Bajos residuales de desinfectante en tanques de almacenamiento, con largos períodos de retención.
- Reacciones de compuestos orgánicos e inorgánicos con desinfectantes, que pueden ocasionar problemas de olores y sabores.
- Recrecimientos bacterianos y refugio de los llamados patógenos oportunistas
- Incremento de turbiedad causada por re-suspensión de sólidos
- Formación de subproductos de la desinfección, algunos de los cuales de carácter carcinogénico (Najul et al. 2003).

De la misma manera, el almacenamiento en tanques puede provocar cambios en la calidad del agua. Los problemas químicos están asociados a bajos residuales de desinfectante, formación de subproductos de la desinfección, desarrollo de sabores y olores, incrementos de pH, corrosión, incremento de hierro y manganeso, producción de sulfuro de hidrógeno y lixiviación de recubrimiento interno (Najul et al. 2003).

Tal como se describió en los párrafos anteriores, los riesgos de alteraciones en la calidad del agua que circula por la red son elevados, es así como la implementación de un apropiado programa de control y monitoreo se constituye en una herramienta útil para la vigilancia y el control de la calidad del agua en los sistemas de distribución y por consiguiente, para la protección de la salud pública.

El monitoreo de las redes de distribución consiste en un proceso continuo y sistemático mediante el cual se ejercen las actividades de control y vigilancia de la calidad del agua. A través de él se pueden detectar e identificar problemas y en consecuencia, recomendar medidas para la solución de los mismos.

Los resultados de un programa de monitoreo permiten a los administradores del servicio de abastecimiento de agua orientar la toma de decisiones, tanto en la operación y mantenimiento del sistema, como en la planeación, diseño y gestión del mismo (Montoya et al, 2009).

Los principales aspectos que deben considerarse en un plan de monitoreo de redes de distribución de agua potable son la calidad del agua distribuida y su cantidad, incluyendo en este último lo que se refiere a la continuidad. La evaluación de la calidad se realiza a través de características físicas, químicas y bacteriológicas; y la de cantidad mediante características hidráulicas como presión y caudal.

Otro aspecto importante a considerar se refiere a la ubicación de los sitios de muestreo. Las muestras captadas deben ser representativas de la calidad del agua que fluye por las tuberías, es decir deben procurarse puntos bien mezclados y evitarse sectores de aguas estancadas. Además las muestras deben captarse en sitios representativos de la población servida. Se consideran sitios representativos, aquellos donde se encuentra la población más vulnerable, escuelas, hospitales, entre otros. Así como puntos especiales de la red, tales

como ramales principales y secundarios, tramos terminales y estaciones de bombeo. (Najul et al. 2003).

En otro orden de ideas, es vital para la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento, la implementación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes físico-estructurales y funcionales descritos en la sección previa. Las buenas prácticas de mantenimiento pueden alargar la vida de los componentes del sistema y la rehabilitación puede prolongar aún más su vida útil.

La falta de programas de mantenimiento de los sistemas de distribución se asocia a problemas de pérdidas de agua no contabilizada y alteraciones en la calidad del agua.

El mayor porcentaje de agua que se pierde en las redes de distribución es debida a fugas de agua, las cuales se pueden presentar tanto en la tubería (roturas) como en sus componentes (válvulas, juntas), por lo que establecer protocolos y planes para el mantenimiento, rehabilitación ó sustitución de estos componentes incidirá notablemente en la reducción de las pérdidas de agua.

Como ya se mencionó, las alteraciones en la calidad del agua, se deben principalmente al deterioro interno de la tubería por deposición de materiales ó producto del fenómeno de corrosión. En estos casos, las operaciones de purga y limpieza de tuberías son de gran importancia para mantener la calidad del agua distribuida.

### **II.1.2.3. Variables económicas y socio-políticas.**

#### **Influencia del sistema tarifario en la calidad de prestación de los servicios de agua potable**

El sistema tarifario constituye un elemento clave en la gestión de los servicios públicos del agua. Existen numerosos criterios que pueden ser tomados en cuenta al analizar el sistema de tarificación de los servicios del agua: eficiencia económica, autofinanciación, equidad, creación de empleo, facilidad de comprensión del sistema, etc. No obstante, se tiende a considerar dos criterios básicos: la eficiencia en la asignación del servicio, objetivo económico y la autofinanciación del servicio, objetivo financiero.

La estructura de costos para determinar las tarifas debe incluir los costos de administración, operación y mantenimiento, costos relacionados con las inversiones que se hagan en rehabilitaciones, reposición, expansión del servicio y la remuneración del capital invertido.

Lo recomendable es aplicar en la medida de lo posible sistemas tarifarios por bloques crecientes, siendo éstos en los que la tarifa aumenta a medida que el consumo de agua se incrementa, de esta manera el ente regulador puede realizar una clasificación más precisa de los tipos de consumidores. Este tipo de sistema tarifario incentiva el uso racional y eficiente del agua (Saenz, 2000).

Por otra parte, los sistemas tarifarios en los que se aplican tarifas planas, no favorecen el ahorro de agua, ya que el usuario no tiene incentivos económicos para reducir el consumo, trayendo consigo el despilfarro del recurso (Saenz, 2000).

En Venezuela, la estructuración de las tarifas del servicio de agua potable se encuentra publicada en la Gaceta Oficial N° 35.190, en ella existe una combinación de los distintos sistemas tarifarios mencionados, e incluso se contempla el servicio gratuito.

#### Influencia de las variables socio-políticas en la calidad de prestación de los servicios de agua potable.

La prestación de los servicios públicos y especialmente los del agua potable debe ser la resultante de la interacción entre los ciudadanos y las instituciones, la participación de la sociedad en el funcionamiento y operación de entes estatales y municipales es cada vez más predominante. Por esta razón, es marcada la influencia que tiene el factor socio-político en el manejo de un sistema de abastecimiento de agua. La interdependencia con agentes externos puede condicionar notablemente la calidad del servicio prestado.

En este orden de ideas, se debe tomar en cuenta que la intervención de la variable político-social puede traer grandes beneficios; por ejemplo, en el caso venezolano, muchas comunidades a través de la formación de las mesas técnicas de agua y en conjunto con la gestión comunitaria de los entes prestadores del servicio, han logrado la ejecución de proyectos de abastecimiento que redundan en mejoras en la calidad del servicio.

No obstante, si esta variable es manejada de forma inadecuada se convierte en un factor de riesgo para los sistemas de distribución. Es así como por ejemplo, se presentan acciones de sabotaje, que comprende actividades que se rigen por planes concebidos con anterioridad y que se realizan para perturbar, dañar ó destruir objetivos de orden material, acompañados

de acciones violentas y rápidas, que no solo muestran resultados visibles, sino que a menudo accionan verdaderos tumultos, pudiéndose mencionar los siguientes: Sabotaje Explosivo (con artefactos deflagrantes como: dinamita, paquetes plásticos, TNT y otros), Sabotaje Mecánico (Ej. paralizar un equipo por falta de energía eléctrica), Sabotaje Bacteriológico (siembra de microorganismos, que pueden causar epidemias a la ciudadanía) y Sabotaje Químico (vertimiento de cualquier sustancia química tóxica) (Velásquez, 2006).

En caso de acciones de sabotaje al sistema de abastecimiento de agua potable, las principales instalaciones que se pueden encontrar expuestas son: estaciones de bombeo, fuentes de suministro de electricidad, válvulas y tuberías (Velásquez, 2006).

También es importante mencionar la afectación que sufren los sistemas de abastecimiento en zonas que demográficamente crecen de manera anárquica, pues la población interviene sobre la tubería de forma inadecuada (conexiones ilegales), perturbando el funcionamiento y operación del sistema de distribución.

## **II.2.- Herramientas utilizadas para el diagnóstico y análisis de la calidad del servicio de agua potable.**

### **II.2.1. Análisis de vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable.**

En su significado más amplio, vulnerabilidad es la susceptibilidad o factor de riesgo interno de un componente o del sistema como un todo, de ser dañado total o parcialmente por el impacto de una amenaza. A la magnitud del daño cuantificado o medido se le denomina vulnerabilidad. (OPS/OMS. 2004).

Los análisis de vulnerabilidad son procedimientos muy utilizados para estudiar la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y de la estimación de los riesgos de las actividades humanas y operacionales de los sistemas; teniendo como resultado final la generación de programas de mitigación y control en situaciones de emergencia. No obstante, en el caso particular de sistemas de abastecimiento intermitente, donde ya existe intrínsecamente la condición de vulnerabilidad, esta técnica puede ser de gran utilidad para la identificación de zonas prioritarias, es decir, los sectores más críticos dentro de esta condición particular.

El análisis de vulnerabilidad es una herramienta con la que se pueden obtener los componentes más vulnerables del sistema de abastecimiento de agua potable, y en base a esta información realizar los llamados planos de vulnerabilidad ó riesgo, en los cuales se grafican los componentes más vulnerables y críticos y se obtiene el plano de riesgo del sistema para una determinada amenaza, es decir, la superposición de las amenazas sobre los componentes del sistema determinará su capacidad de resistencia y por consiguiente su debilidad o vulnerabilidad (OPS/AIDIS, 2004; Morales, 2001)

El conocimiento de la vulnerabilidad operativa (deficiencias en la prestación de los servicios, tales como cantidad, continuidad y calidad del agua suministrada), de la vulnerabilidad física (debilidades de los componentes físicos de los sistemas) y de la vulnerabilidad administrativa (debilidades organizativas y administrativas de la empresa para responder ante los impactos), plasmadas en el plano de riesgo, permite identificar los elementos que deben ser intervenidos para reducir su vulnerabilidad, y además, definir las medidas preventivas para evitar un mal funcionamiento del sistema en el futuro (OPS/AIDIS, 2004).

Así mismo, el diagnóstico de vulnerabilidad se basa en un estudio preliminar de las debilidades ó limitaciones de un sistema ó componente, que no necesariamente debe concluir con resultados definitivos en todos los aspectos. Se caracteriza porque (OPS/OMS, 2004):

- Normalmente, se aplica a todo el sistema a fin de identificar los componentes vulnerables ó críticos.
- Ofrece resultados principalmente cualitativos.
- Puede realizarse con información disponible ó fácilmente accesible.
- Tiene un corto plazo de ejecución.
- No requiere de grandes inversiones.
- Puede brindar información base para elaborar planes de emergencia, identificar componentes ó amenazas que necesitan estudios de vulnerabilidad detallados e implementar algunas obras de prevención y mitigación.

Para llevar a cabo los análisis de vulnerabilidad se recomienda la utilización de información actualizada y fiable, y tomar en cuenta pautas como: Conocer la organización y normativas

nacionales en materia de atención de emergencias y desastres, identificar y caracterizar las amenazas posibles de la zona y conocer en detalle el sistema de abastecimiento de agua potable, sus componentes y funcionamiento.

## **II.2.2. Uso de los sistemas de información geográfica como herramienta en el manejo de redes de distribución de agua potable.**

### **II.2.2.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Según National Center for Geographic Information and Analysis (1990), un sistema de información geográfica se define como: “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

### **II.2.1.2. Sistemas de Información Geográfica en redes de distribución de agua.**

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta de gran alcance para la administración de las redes de agua potable, a través de ellos se pueden localizar e identificar gráficamente las fuentes de abastecimiento, la configuración de las tuberías y conexiones para la distribución de agua, la ubicación de las válvulas, entre otras aplicaciones.

La importancia de los SIG radica en su utilidad para la toma de decisiones técnicas, administrativas y económicas, teniendo en cuenta grandes extensiones terrestres ya que, en general, la solución a muchos problemas requiere acceder a diversa información que sólo puede ser relacionada con la geografía. (EPA, 2005)

La elaboración de mapas temáticos con ayuda de los SIG, permite establecer zonas prioritarias de acuerdo a criterios establecidos previamente. Lográndose con ello la

identificación de las zonas que pueden estar presentando un problema que requiere ser atendido con prontitud.

Las empresas prestadoras del servicio de abastecimiento de agua tienen el reto de orientar su planeación y gestión hacia una óptima administración de la información, de tal manera que puedan estar a la vanguardia en los desarrollos tecnológicos orientados a la identificación y manejo de riesgos en los sistemas de distribución de agua con el fin de garantizar agua segura a la población abastecida. (Montoya, et al. 2009)

### **II.2.3. Auditorias del servicio**

Una auditoria de servicio está definida como el conjunto de estrategias que una empresa diseña para escuchar en forma metódica y sistemática la evaluación que el usuario ó cliente hace de la calidad, y los niveles de satisfacción con el servicio que recibe, dentro de los estándares de excelencia previamente acordados ó definidos. (Najul, et al. 2003)

Las características principales de estas auditorías son:

- Exploratoria, pretende definir las necesidades y expectativas del cliente
- Descriptiva, procura determinar los niveles de satisfacción y competitividad de la empresa.
- Confirmatoria, como resultado del seguimiento a la auditoria, cuyo propósito es evaluar periódicamente la satisfacción y la capacidad competitiva de la organización con respecto al servicio que ofrece. (Najul, et al. 2003).

Se debe asegurar que las técnicas que se implementen para conocer las expectativas y deseos de los usuarios sean precisas y cuidadosas, y se basen en observaciones objetivas de todas las interacciones que se producen, entre la empresa y los usuarios. El objetivo es conocer lo que el usuario piensa y, luego, utilizar esta información para estructurar una eficaz estrategia de servicio. Es importante mantener la información actualizada para que, de esta forma, se puedan actualizar las estrategias, la premisa será entonces la planificación para un monitoreo constante del usuario (Collins, 2006).

Otro factor relevante a tomar en cuenta, es el papel de los empleados de la organización. En este sentido, la gerencia de la empresa debe evaluar continuamente el entorno e

implementar las mejoras y ajustes que permitan optimizar el servicio ofrecido por sus empleados. Por lo tanto, las organizaciones deben establecer, de forma específica y precisa, las pautas que deben seguir los empleados para mejorar la calidad del servicio (Collins, 2006).

### **II.3.- Gestión estratégica y gestión de la calidad.**

La gestión de los servicios públicos revierte gran complejidad, las tendencias actuales contemplan una gestión integrada, estratégica y de calidad. La estrategia concibe el producto ó resultado de valor que la organización ó institución debe producir para sus clientes ó sociedad a fin de alcanzar su relevancia social y posicionamiento en su campo de actividad, mientras que la gestión de la calidad se encarga de asegurar y controlar que los productos ó servicios posean los atributos exigidos que generan el valor deseado. El fundamento de una gestión estratégica de calidad consiste en el planeamiento, el control, la prevención, el aseguramiento, la mejora e incremento del valor del producto ó servicio de una organización, en beneficio de sus usuarios ó clientes directos y de toda la comunidad que recibe el producto ó servicio (Aguilar, 2006).

Para el diseño de una estrategia de calidad en la prestación de los servicios públicos, se deben tomar en cuenta tres características principales: la dimensión técnica, relativa a la aplicación de tecnologías para resolver los problemas del usuario y atender sus requerimientos; la dimensión no técnica, relativa a los componentes sociales y psicológicos de la relación entre el proveedor del servicio y el usuario ó cliente; y las instalaciones utilizadas para prestar el servicio, teniendo como base para el diseño de las mismas, las especificaciones establecidas en las normas de cada país, así como los estándares y procedimientos que han de respetar las acciones y pautas que implica el servicio (Aguilar, 2006).

La gestión integrada, estratégica y de calidad, implica la implementación de mecanismos y procesos de coordinación, y se debe cambiar la gobernabilidad en cuanto al manejo técnico, económico y social.

Una buena estrategia de gestión implica reducir la vulnerabilidad social y debe ir dirigida a:

- Satisfacer las necesidades del hombre y la naturaleza
- Implementar modelos descentralizados
- Estimular la participación pública
- Cuidar y mantener los recursos naturales, materia prima de los acueductos.

Es de vital importancia tener una visión integral en cuanto al manejo de los servicios públicos y especialmente los del sector agua potable, a fin de que sean sostenibles en el tiempo. Los principales actores involucrados en un proceso de gestión integral son: los gobiernos locales, los usuarios, el sector productivo y los centros de investigación, todos ellos trabajando de forma mancomunada, generan sinergias que conducen a redes de relaciones de confianza sólidas entre los prestadores del servicio y los usuarios (Koppen et al. 2010).

Las directrices para la gestión y evaluación de la calidad de los servicios de agua potable deben ir dirigidas a tener como misión los siguientes objetivos de alto nivel:

- Proteger la salud pública
- Satisfacer las necesidades de los usuarios y las expectativas
- Prestación de servicios en condiciones normales y de emergencia
- Garantizar la sostenibilidad de la empresa de agua
- Promover la sostenibilidad de la comunidad
- Proteger el medio ambiente

### **II.3.1. La normalización en la gestión de los servicios de abastecimiento de agua potable.**

En los últimos años se han estado haciendo innumerables esfuerzos para aportar nuevos conocimientos que ayuden a mejorar la gestión de los servicios de agua y saneamiento, en este contexto, en el año 2007 fue publicada la serie de normas ISO 24500, las cuales son específicas en este aspecto.

Las normas ISO 24500, son un instrumento enfocado al cumplimiento de objetivos definidos, sin intervenir en los medios utilizados para lograrlos. Estas normas apuntan a permitir el uso más amplio posible, respetando las características culturales, socio-económicas, climáticas, de salud y legales de los distintos países y regiones del mundo (Drault, 2008).

Dado el enfoque y las condiciones de las normas, se puede restringir la aplicación de algunas de sus disposiciones en los países en vías de desarrollo, ya que se debe entender que en algunos casos puede ser imposible cumplir las expectativas de los usuarios, debido a factores como las condiciones climáticas, la disponibilidad de recursos y las dificultades relacionadas con el desarrollo económico y sustentable de los servicios de agua, especialmente en materia de financiación y la capacidad de los usuarios a pagar por mejoras. (Comité de proyectos ISO / CD 24512, 2005)

Estas normas no son una herramienta para la certificación de la calidad de los sistemas, sino que presentan las pautas generales destinadas a fomentar la definición y la implementación de buenas prácticas para la gestión de los servicios de agua potable.

La serie de Normas ISO 24500 se refieren a “actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual”. La primera de ellas está orientada al servicio, mientras que las dos restantes están orientadas a la gestión. La serie completa se compone de las siguientes normas:

- ISO 24510: Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.
- ISO 24511: Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual.
- ISO 24512: Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable.

ISO 24510: Estas normas tienen como principio establecer las directrices que permitirán satisfacer las necesidades de los usuarios y sus expectativas. Ya se ha mencionado previamente que la satisfacción del usuario representa un indicador de calidad del servicio, de allí la importancia de que este aspecto sea tomado como foco principal en la implementación de un programa de gestión.

Las normas establecen como regla general las siguientes pautas:

- Los servicios de agua son una necesidad humana básica.
- Los usuarios esperan que todas las medidas prácticas se adoptarán para garantizar el acceso al servicio de agua, incluso si el acceso no incluye una conexión física a la infraestructura.

- Si físicamente el usuario está conectado a una red de agua potable, éstos esperan que el suministro de agua sea continuo.
- En el caso de que el abastecimiento continuo no sea posible, los usuarios esperan que el suministro de agua sea administrado de manera equitativa, y además que estarán informados de las condiciones y los tiempos de interrupciones.
- Si el usuario no está físicamente conectado a una red de agua potable, éstos esperan que la oferta esté disponible en una base regular.
- El operador y / o entidad responsable debe tomar todas las medidas necesarias para suministrar agua potable en forma continua.
- El operador y / o entidad responsable debe informar a los usuarios de los intervalos y el calendario de provisiones de agua potable.

El esquema de la figura 1, muestra la metodología de aplicación de esta norma.

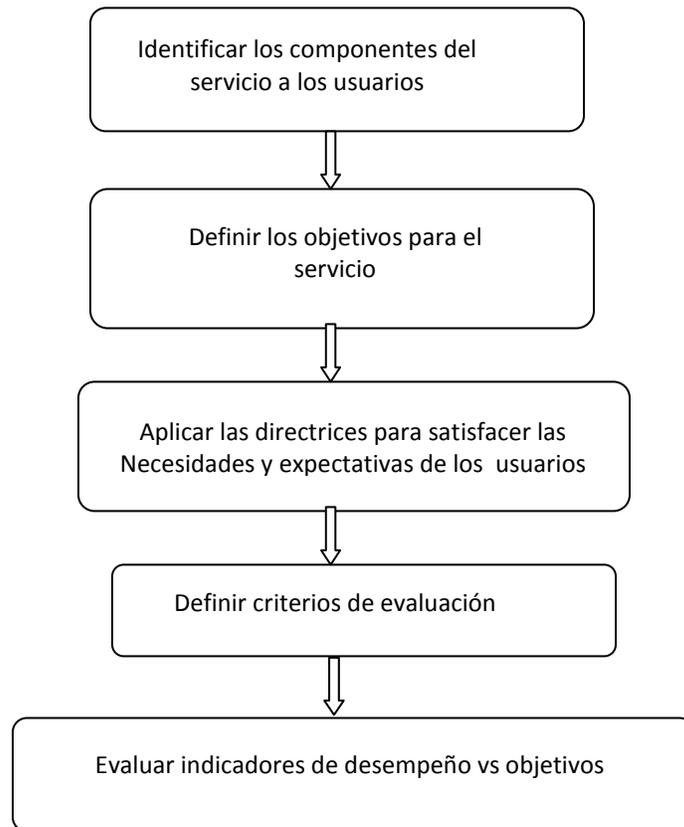


Figura 1: Metodología de Aplicación de la norma ISO 24510 (fuente: Molinari, 2007).

ISO 24512: Dentro de los objetivos y pautas principales de estas normas se encuentran:

- Garantizar un suministro suficiente y seguro de agua potable.
- Promover el desarrollo sostenible de las comunidades
- Garantizar que el agua de consumo, en condiciones normales, esté disponible de forma continua.
- Proporcionar agua potable bajo condiciones adecuadas de presión.
- Garantizar el agua de consumo en situaciones críticas y de emergencia.
- Restablecer el servicio tan pronto como sea posible, cuando se han producido interrupciones.
- Controlar los factores que afectan la confiabilidad del servicio.
- Garantizar que la estructura física y operativa proporcionan la capacidad para cumplir con las necesidades actuales y futuras demandadas.

El esquema de la figura 2, muestra la metodología de aplicación de esta norma.

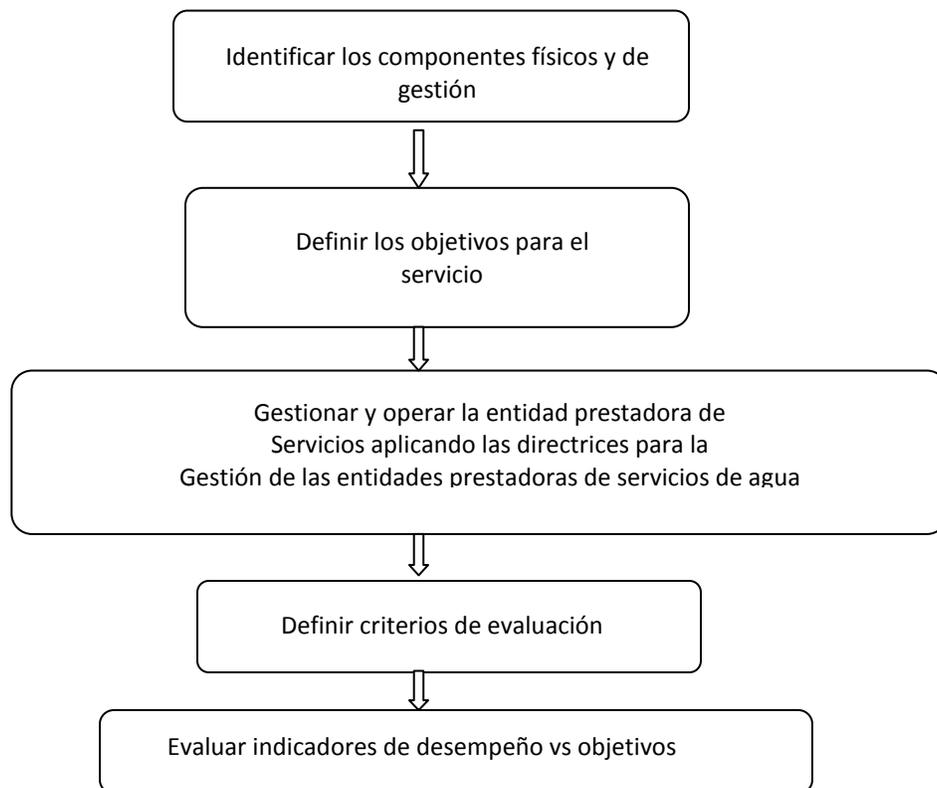


Figura 2: Metodología de Aplicación de la norma ISO 24512 (fuente: Molinari, 2007).

### **II.3.2. Indicadores para apoyo de la gestión de servicio de abastecimiento de agua potable.**

Los indicadores de gestión representan un sistema que permite el seguimiento, evaluación, monitoreo y control de la gestión de servicios públicos y privados, así como la valoración de la eficiencia en la ejecución de un plan, programa ó proyecto. Estos indicadores asumen la tarea de valorar los rendimientos ó la productividad física de insumos, recursos y esfuerzos, encaminados a obtener ciertos objetivos, condicionados por presupuesto, calidad y tiempo (Miranda, J. 2005).

Consiste en una herramienta de planificación, organización, dinamismo y reajuste, que permite obtener una expresión que represente de manera objetiva lo que sucede en el sistema (Najul, et al. 2003).

Generalmente, se emplean tres tipos de indicadores para la evaluación de una gestión, en ellos se toma en cuenta: eficiencia, eficacia y efectividad, lo que da lugar a:

**Indicadores de eficiencia:** Estos indicadores deben permitir a los responsables de los procesos, evaluar la gestión frente a la optimización de los recursos (Hurtado, 2005), es decir la eficiencia se refiere al uso de los recursos que se requieren para llevar a cabo el proceso.

$$\frac{\text{Unidades – producidas}}{\text{Recurso – consumido}} = \frac{\text{Usuarios – atendidos}}{\text{Horas – hombre – laboradas}}$$

**Indicadores de eficacia:** Estos indicadores deben permitir a los responsables de los procesos, evaluar la calidad de su gestión, en términos de los atributos propios de sus resultados (Hurtado, 2005). La eficacia trata del cumplimiento de los planes y programas, y en la entrega de productos.

$$\frac{\text{N}^{\circ}\text{Unidades – con – atributo}}{\text{N}^{\circ}\text{Unidades – producidas}} = \frac{\text{N}^{\circ}\text{tramites – conformes}}{\text{N}^{\circ}\text{tramites – realizados}}$$

**Indicadores de efectividad:** Estos indicadores deben permitir a los responsables de los procesos, evaluar el impacto de la misión u objetivo de sus procesos (Hurtado, 2005). La efectividad se relaciona con el impacto de la gestión de la empresa en términos del cumplimiento de su misión y la satisfacción de las necesidades de las partes interesadas.

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{N}^\circ \text{Actividades} - \text{ejecutadas}}{\text{N}^\circ \text{Actividades} - \text{planificadas}}$$

Los indicadores de eficacia y eficiencia se pueden medir en todos los procesos de la empresa, mientras que los indicadores de efectividad se deben medir en procesos misionales, siendo estos los que generan los productos que interactúan con las partes interesadas, es decir la calidad de los productos o servicios, afectación al medio ambiente y a la salud y seguridad de los trabajadores (Atehortúa *et al.*, 2008).

Por otro lado, la construcción de un indicador se define como un proceso de complejidad variable, desde el recuento directo, hasta el cálculo de proporciones, razones y tasas ó índices más sofisticados. La calidad de un indicador depende de los componentes usados en su construcción, así como de los sistemas de información, recolección y registro total de los datos. De igual manera, los indicadores deben ser fácilmente utilizables e interpretables por los analistas y han de ser comprensibles para los usuarios de la información, como los gerentes y tomadores de decisiones (Cárdenas, *et al.* 2009)

Para la construcción de indicadores, el primer paso es la recopilación de datos que se puedan extraer de la información del sistema en estudio. Una vez definidos se convierten en variables que luego se clasifican en regulares ó disfuncionales, físicas ó económicas. (Najul, *et al.* 2003). Además, deben pasar por un proceso de jerarquización para lo cual se requiere la participación de expertos.

# **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

En este capítulo, se describen y detallan las pautas y lineamientos metodológicos de la investigación, que sirvieron como base para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Tomando en cuenta el tipo de estudio que se desarrolló, el diseño de esta investigación es considerado de tipo mixto, documental y de campo, pues según Tamayo (2007), el diseño de una investigación, está directamente relacionado con la forma en que se obtiene la información requerida para la ejecución del trabajo. De campo, puesto que fue necesario la recolección de datos directamente del sistema objeto de estudio, sin ejercer manipulación ó control sobre variable alguna; documental, porque una fase del estudio se fundamentó en la búsqueda de información sobre temas relacionados que permitieran explicar los comportamientos encontrados y especialmente sirvió de apoyo en la búsqueda de modelos y estrategias de gestión.

En relación al nivel de la investigación, se estableció que la primera fase es descriptiva, pues consistió en la caracterización actual de la zona en estudio, y las fases siguientes fueron de tipo explicativas, ya que se indagó en el por qué de los hechos a través de relaciones causa-efecto (Arias, 2006).

En este orden de ideas, para alcanzar los objetivos propuestos, el estudio se desarrolló en cuatro etapas:

- Descripción detallada del sistema de abastecimiento de la zona de estudio
- Diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema
- Análisis del sistema e identificación de zonas críticas
- Recomendación de estrategias de gestión.

### **III.1. Primera etapa. Descripción detallada del sistema de abastecimiento del sector**

Con el apoyo de planos y memorias descriptivas, se identificaron los distintos sectores que conforman las parroquias, el recorrido del alimentador, y se describieron de manera detallada los componentes del sistema, especificando diámetros, longitudes y caudales de diseño de las tuberías, así como características de válvulas, tanques y demás componentes. Esta información, fue verificada a través de mediciones de campo.

Cada punto del alimentador en el que se detectó: un accesorio, tubería de distribución de menor diámetro ó cambio de diámetro, fue denominado nodo, no obstante, tal como se aprecia en las tablas II. 1,2 y 3 del anexo II, en la casilla observaciones se especifica la característica del accesorio detectado en el punto que se describe.

Para el cálculo de la población abastecida se consideraron inicialmente dos (2) fuentes de datos oficiales, el Instituto Nacional de Estadística (INE), censo del año 2001, con proyección al 2010, y la Dirección General de la Alcaldía del Municipio Sucre. La información suministrada correspondía a la población total por cada parroquia, con su respectiva densidad poblacional (INE, 2010; .Alcaldía del Municipio Sucre, 2009)

En virtud de que la densidad por definición se refiere al número total de habitantes distribuidos en el área total que comprende una entidad, y esto no permitía distribuir la población en las zonas pobladas, de manera que se pudieran obtener habitantes y dotaciones por nodo de consumo, se decidió buscar el área total ocupada y en base a ella distribuir la población por cada sector. El área ocupada por sector de cada parroquia se obtuvo a través de imágenes satelitales tomadas desde la misma altitud, con la finalidad de que las fotografías pudieran ser comparadas entre sí<sup>1</sup>.

Para decidir sobre cuál de los datos oficiales de población debían ser considerados en el estudio, se utilizó un tercer método para obtener un estimado del número de habitantes en algunos de los nodos y luego proceder a comparar con la información oficial; a continuación se describe el procedimiento:

1. Se realizó el conteo del número de viviendas que aparecían en las imágenes satelitales escogidas al azar. (ver figuras I.1 y I.2 del anexo I)
2. Se supuso que cada familia estaba compuesta por cinco miembros, dada las características de los sectores densamente poblados.
3. Para determinar qué tipo de vivienda predominaba en ambas parroquias, se incluyó en la encuesta aplicada para diagnosticar la calidad del servicio, una pregunta adicional, a saber:

---

<sup>1</sup> [www.acme.com/planimeter](http://www.acme.com/planimeter)

Cómo es la estructura de vivienda en su sector y cuántas familias viven en la unidad de vivienda?

	1	2	3 ó mas
N° de Pisos de la vivienda			
N° de Familias por vivienda			

Con los resultados obtenidos luego de la aplicación de la encuesta, se procedió a realizar el cálculo de la población de la siguiente manera:

Nodo 34: (Parroquia Dolorita)

N° viviendas= 2.962 (ver imágenes anexas)

N° habitantes por familia (1 piso)= 5 personas

N° habitantes por familia (2 pisos)= 10 personas

N° habitantes por familia (3 pisos)= 15 personas

Entonces:

$N^{\circ} \text{habitantes} = 2.962 * 19,7\% * 5 + 2.962 * 53,2\% * 10 + 2.962 * 27,1\% * 15 = 30.716$  habitantes

Una vez comparados los nodos escogidos al azar se pudo determinar que los datos suministrados por el INE se encuentran muy por debajo de los obtenidos por este método, mientras que al compararlos con los datos de la alcaldía los mismos estuvieron cercanos (ver tabla I.1 del anexo I), por lo que para los cálculos posteriores se tomaron estos últimos como los valores reales.

Una vez definido el número de habitantes para cada sector, y con la finalidad de obtener un estimado inicial de la cantidad de agua que se distribuye en las parroquias en estudio, se calculó la dotación teórica, tomando como referencia un consumo por habitante de: 250 l/habitante.d, siendo éste el valor utilizado por el IMAS para el cálculo de las dotaciones.

### **III.2.Segunda etapa. Diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema**

El diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema, se orientó hacia tres aspectos fundamentales:

- Cantidad y frecuencia de abastecimiento de agua
- Calidad del agua abastecida
- Nivel de satisfacción de los usuarios

**III.2.1.Cantidad y frecuencia de abastecimiento de agua:** Partiendo de la información del suministro total de agua en el sistema, se estableció el balance considerando:

- Medidas de las variaciones en la presión: Se realizaron dos recorridos en los que se midieron presiones en distintos puntos de la tubería. Para obtener los valores de presión a lo largo de la red se realizó un trazado inicial con ayuda de una unidad de posicionamiento global (GPS) y para la medida directa de la presión se utilizaron dos (2) manómetros tipo Bourdon, con glicerina, uno con escala de 0-700 psi, y el otro de 0-200 psi. En las figuras III.1-5 del anexo III, se muestran imágenes de esta actividad.
- Distribución mediante camiones cisterna: Se procesó y analizó la información suministrada por la Gerencia de Gestión Comunitaria, encargada de llevar a cabo el control de la distribución de los camiones cisterna, el manejo de esta información permitió identificar la influencia de esta modalidad de suministro.

**III.2.2.Calidad del agua abastecida:** Con miras a conocer la calidad de agua abastecida, se realizó un programa de caracterización y posterior ejecución, considerando:

- Trazado de rutas y puntos de captación: Para la captación de las muestras se realizó un cronograma semanal, el cual estaba directamente asociado a las maniobras de operación del sistema. En el momento en que el operador del acueducto procedía a la apertura de la válvula principal que iniciaba el suministro de agua a un sector en particular, el captador se dirigía al sitio y aleatoriamente escogía un punto para la captación de la muestra. Se procuró captar al menos una (1) muestra por cada nodo

de consumo que presentaba un ciclo de servicio, no obstante, en los nodos más densamente poblados y que comprendían un número elevado de sectores se captó mayor cantidad de muestras (OPS/OMS, 2006).

- Captación de las muestras: Con miras a determinar la influencia directa de la discontinuidad del servicio sobre la calidad del agua distribuida, se realizó la captación de las muestras en las primeras horas de apertura del servicio y siguiendo los protocolos establecido por el IMAS, como ente operador del acueducto y por Hidrocapital, como auditor del sistema.
- Análisis realizados. Se efectuaron determinaciones en sitio tales como: temperatura, conductividad, pH, cloro residual, turbiedad y color. Además, se captaron muestras para determinar en el laboratorio la presencia ó ausencia de organismos coliformes totales y fecales (análisis bacteriológicos). Los análisis se llevaron a cabo de acuerdo a lo especificado en el Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (2005). En las figuras IV.1-3 del anexo IV, se muestran imágenes de esta actividad.

### **III.2.3. Nivel de satisfacción de los usuarios:**

Para completar el diagnóstico se procedió a recolectar, procesar y organizar la información existente, en lo que se refiere a los reportes de quejas recibidos en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento, es decir se hizo la clasificación de los mismos de acuerdo a: año en que se recibió, sector, motivo de la queja. Toda la información recopilada se organizó en gráficos que permitieron visualizar parcial e integralmente el comportamiento del sistema.

Por otra parte, en virtud de que la información procesada dejaba ciertas inquietudes en lo referente a la satisfacción del usuario, se procedió al diseño de una encuesta cuyo objeto fue medir la calidad del servicio de agua potable en las parroquias en estudio (ver anexo V). La encuesta estaba conformada por cuatro aspectos fundamentales: Calidad y continuidad del servicio de agua potable, suministro de agua a través de camiones cisterna, calidad del agua que se recibe por las tuberías y mediante camiones cisterna y reportes y quejas de los

usuarios; consistía de 17 preguntas, algunas de ellas con dos opciones de respuesta (por ejemplo si ó no) y otras con varias opciones de respuesta. Para el cálculo del tamaño representativo de la muestra se utilizó la ec 1. (Grupo de Asesores y Consultores, AFHA; Vivanco, 2005)

$$n = Z_{\alpha}^2 * \frac{N * S^2}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * S^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra representativa que se desea obtener

N=Tamaño de la población

$Z_{\alpha}$ = Valor correspondiente a la distribución de Gauss (siendo  $\alpha$  el nivel de confianza elegido).

Habitualmente los valores escogidos son  $Z_{\alpha}$ = 1.96 para  $\alpha$ = 0,05 y  $Z_{\alpha}$ = 2,57 para  $\alpha$ = 0,01

i= Error de la estimación

Nivel de confianza (1-  $\alpha$ )= Habitualmente 95 % ó 99 %. Probabilidad complementaria al error admitido  $\alpha$

$S^2$ = Varianza o desviación típica.

Como la encuesta estaba conformada de preguntas con varias opciones de respuesta, fue necesario tomar una muestra piloto (10 encuestas por parroquia) y calcular la varianza de las respuestas a estas preguntas, tomándose el valor más desfavorable (más elevado) para la aplicación de la ecuación 1.

Para la parroquia Fila de Mariches el valor de varianza más elevado fue de  $S^2$ = 0,56 y para la parroquia la Dolorita fue de  $S^2$ = 0,49, con estos valores se calculó el tamaño de la muestra (ver anexo VI), los cuales resultaron ser de n= 214 y n= 189 respectivamente.

### **III.3.Tercera etapa. Análisis del sistema e identificación de zonas críticas**

Una vez organizada la información, se realizó un análisis preliminar por observación directa, con miras a identificar, problemas recurrentes, variables que mayormente afectan el sistema, así como las zonas más frecuentemente afectadas por la discontinuidad del servicio. Ya habiéndose descrito en detalle la zona en estudio y realizado el diagnóstico correspondiente, en esta etapa se llevó a cabo la identificación de las zonas más críticas.

Para este análisis, se realizó una revisión bibliográfica de los llamados: análisis de vulnerabilidad, con la finalidad de orientar el desarrollo de esta etapa del trabajo. Es importante aclarar que un análisis de vulnerabilidad requiere de estudios profundos y rigurosos de allí que en este trabajo se realizará un análisis preliminar de vulnerabilidad. Posteriormente, y con ayuda de los sistemas de información geográfica, específicamente del software ARG GIS, se elaboraron mapas temáticos donde se plasmaron los sectores más críticos. Se clasificaron e identificaron los sectores de acuerdo a seis criterios:

1. Sectores que presentaron los ciclos de servicio más largos (de acuerdo con la pregunta incluida en la encuesta, aquellos ciclos mayores a 15 días).
2. Sectores con elevado uso de camiones cisterna (con base al análisis estadístico elaborado en la etapa de diagnóstico).
3. Sectores con mayor índice de fugas de agua (elevada frecuencia de rotura de tuberías).
4. Sectores que presentaron una elevada percepción negativa del servicio de agua (con base a los resultados de la encuesta).
5. Sectores que presentaron una elevada percepción negativa en relación a las respuestas que obtienen de la institución cuando se reporta una falla. (con base a los resultados de la encuesta).
6. Sectores que presentaron alteraciones en la calidad del agua (con base a los resultados de la encuesta y del muestreo).

Este tipo de análisis permitió sectorizar los problemas y superponer los mapas para verificar qué zonas son recurrentes en varios de ellos, siendo entonces éstas las consideradas como críticas ó prioritarias. Para los mapas preliminares de vulnerabilidad se utilizó la calificación presentada en la tabla 2, basado en criterio propio, apoyado en trabajos anteriores (Velásquez, 2006; Fernández, 2007).

Tabla 2: Criterios de clasificación para el análisis preliminar de vulnerabilidad

Tipo de vulnerabilidad	Numero de problemas recurrentes	Identificación de color en el mapa
Vulnerabilidad baja	1-2	Amarillo
Vulnerabilidad media	3-4	Anaranjado
Vulnerabilidad alta	5-6	Rojo

Fuente: Elaboración propia

### **III.4.Cuarta etapa. Propuestas de gestión**

Con la idea de minimizar el impacto de la discontinuidad del servicio de agua potable y mejorar el manejo técnico, operativo y de calidad del servicio en atención al usuario, se elaboraron propuestas de gestión. En principio, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de estrategias de gestión de redes de distribución de agua implementadas en otras localidades, enmarcadas en la gestión estratégica y gestión de la calidad, y a partir de ellas se elaboraron recomendaciones para la implementación de planes y programas que se adaptasen a las características particulares que se presentan en el área de estudio, siendo estas últimas las obtenidas del diagnóstico previo. Las propuestas recomendadas se dirigieron y estructuraron de la siguiente manera:

1. Planes y programas para mantener condiciones adecuadas de suministro y disminuir el riesgo de alteraciones en la calidad del agua que se distribuye a la población.
2. Planes y programas para evaluar y mejorar la calidad del servicio en términos de la interacción prestador del servicio-usuario.
3. Formulación de indicadores para realizar seguimiento, evaluación y control de las estrategias de gestión recomendadas. Los mismos estuvieron basados en la ayuda de expertos en la generación e implementación de este tipo de sistemas de información, así como revisión bibliográfica del tema y análisis de los indicadores implementados en empresas del sector agua potable en Venezuela.

# **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan los resultados de cada una de las etapas descritas en la metodología.

#### **IV. 1. Primera etapa. Descripción detallada del sistema de abastecimiento del sector**

Con la finalidad de conocer de manera detallada los componentes del sistema en estudio se procedió a la actualización del catastro del Alimentador Sur Fila de Mariches (ASFM).

El ASFM parte de la estación de Bombeo 25, en la descarga de la planta de tratamiento “Ciudad de Caracas - La Guairita”, aquí cinco equipos de bombeo, llamados grupos sur, envían el agua a dos redes de tuberías principales: El Alimentador Sur Fila de Mariches (ASFM) y el Alimentador Sur la Dolorita (ASD), este último no incluido en la zona de estudio.

El ASFM, inicia su recorrido con una tubería de acero de  $\theta=30''$ , la cota en este punto es de 922,41 msnm y su capacidad teórica de diseño es de 699,3 l/s. A partir de allí atraviesa tres parroquias: Petare, La Dolorita y Fila de Mariches.

En las tablas II.1, 2 y 3 del anexo II, se especifican cada uno de los componentes y nodos de consumo a lo largo de la tubería. En virtud de la gran cantidad de accesorios y nodos de consumo que se encuentran a lo largo del ASFM, se dividió la actualización del catastro por parroquias, para lo cual se realizó un cuadro resumen en el que se incluye: tipo de accesorio, ubicación, cota, progresiva, entre otros.

##### **IV.1.1.Parroquia Petare.**

En el recorrido que realiza el ASFM a través de la Parroquia Petare, se contabilizaron 24 nodos, entre los cuales siete (7) corresponden a válvulas de distinta naturaleza, es decir algunas de ellas son utilizadas para descargar la tubería en caso de emergencias, limpiezas y reparaciones (botaderas) y otras para realizar maniobras en el acueducto; once (11) nodos corresponden a bifurcaciones con tuberías de menor diámetro para abastecer de agua a los distintos sectores y los seis (6) restantes a cambios de diámetro. La longitud total aproximada de recorrido a través de esta parroquia es de 6.190,20 m, y se pudo constatar varias ampliaciones y reducciones de diámetro en la tubería principal, comienza con  $\theta=30''$  y se mantiene en este diámetro hasta el punto 5 (3.873,44 m de recorrido), aquí cambia de

diámetro a  $\theta=12''$  hasta el punto 10, donde existe un tramo pequeño de 30'' (ampliación) y luego reduce nuevamente a 12'' hasta el nodo 15-A donde se presenta un incremento de diámetro a  $\theta=24''$ . La figura 3 esquematiza el recorrido del ASFM a través de esta parroquia. La tabla II.1 del anexo II, presenta la descripción detallada de este sector: cota del nodo, longitud entre cada punto, progresiva, y diámetro del nodo (para el caso de los nodos de consumo), también con ayuda de los planos e imágenes satelitales se hizo un estimado del área total ocupada, lo que posteriormente sirvió como base para las estimaciones de la población.

De acuerdo con estimaciones teóricas, se puede decir que en su paso por la parroquia Petare, el alimentador suministra unos 185 l/s.

Adicionalmente, en el trabajo de campo se realizó un recorrido a lo largo de la tubería, en el que se midieron presiones y se verificaron las coordenadas con un GPS.

En la figura 3 se presenta el diagrama unifilar del ASFM en la Parroquia Petare.

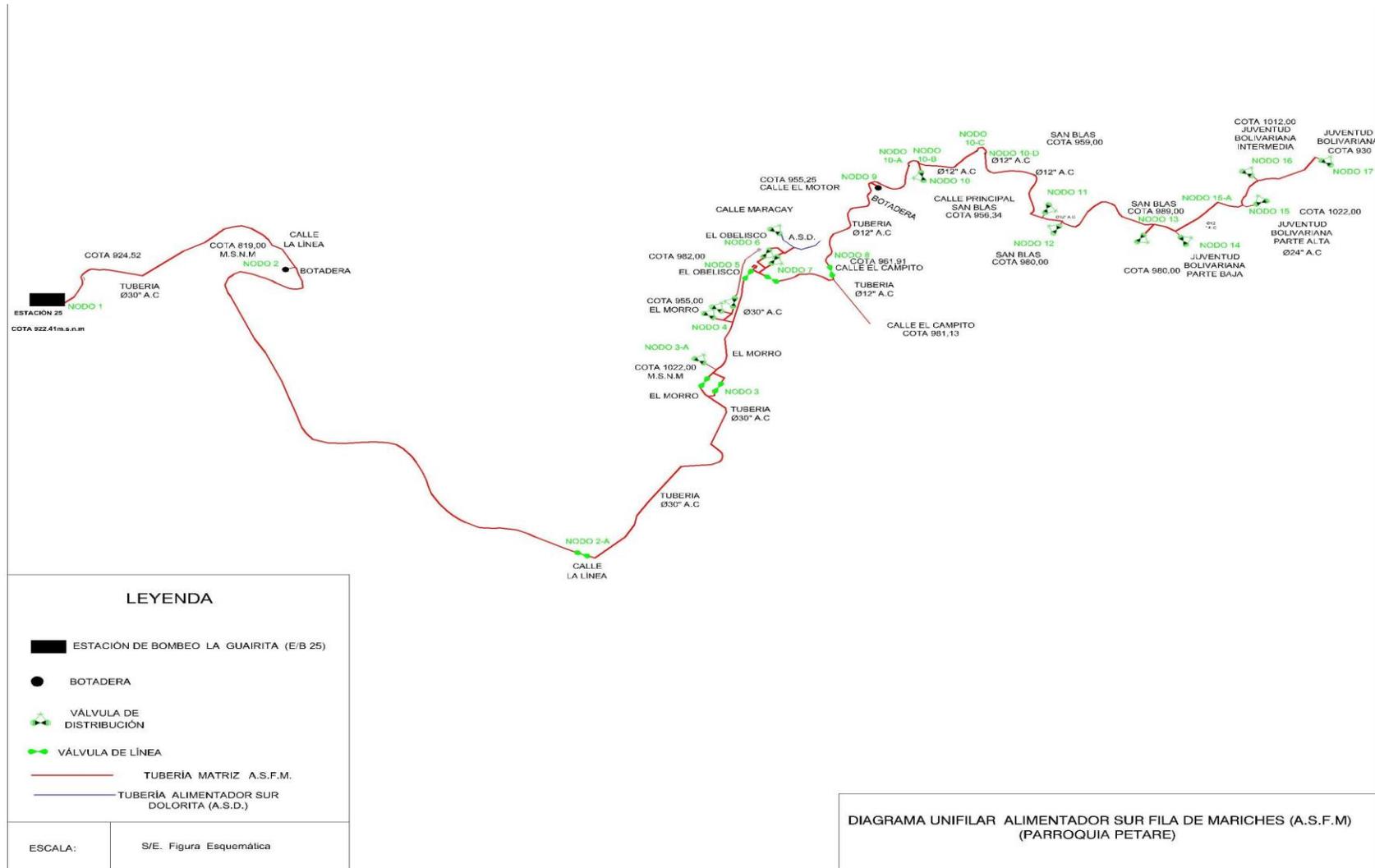


Figura 3: Diagrama unifilar del ASFM en su recorrido por la Parroquia Petare'

#### **IV.1.2. Parroquia La Dolorita**

El ASFM en su recorrido por la parroquia la Dolorita cuenta con 5 válvulas de descarga, 18 nodos de consumo, 8 válvulas para realizar maniobras en el acueducto, y adicionalmente está conectado a una estación de bombeo, construida hace aproximadamente 4 años, y cuya función es incrementar las presiones en la tubería, puesto que en este punto del recorrido (31) ya ha sufrido pérdidas considerables de la presión, lo que se asociaba a dificultades en la distribución aguas abajo de la mencionada estación. La figura 4 esquematiza el recorrido del ASFM a través de la parroquia La Dolorita.

Es de resaltar que la Parroquia la Dolorita se abastece de agua de dos fuentes distintas, un sector importante recibe agua proveniente de la planta de tratamiento “Ciudad de Caracas - La Guairita” y otra parte, a partir del nodo 37 de la planta de tratamiento La Pereza Nueva. La planta de tratamiento la Pereza Nueva comprende un sistema de captación, tratamiento y distribución puesto en funcionamiento en el año 2009, suministra a la red unos 200 l/s que sirven para dotar del servicio a la Parroquia Fila de Mariches, así como a un sector de la Dolorita.

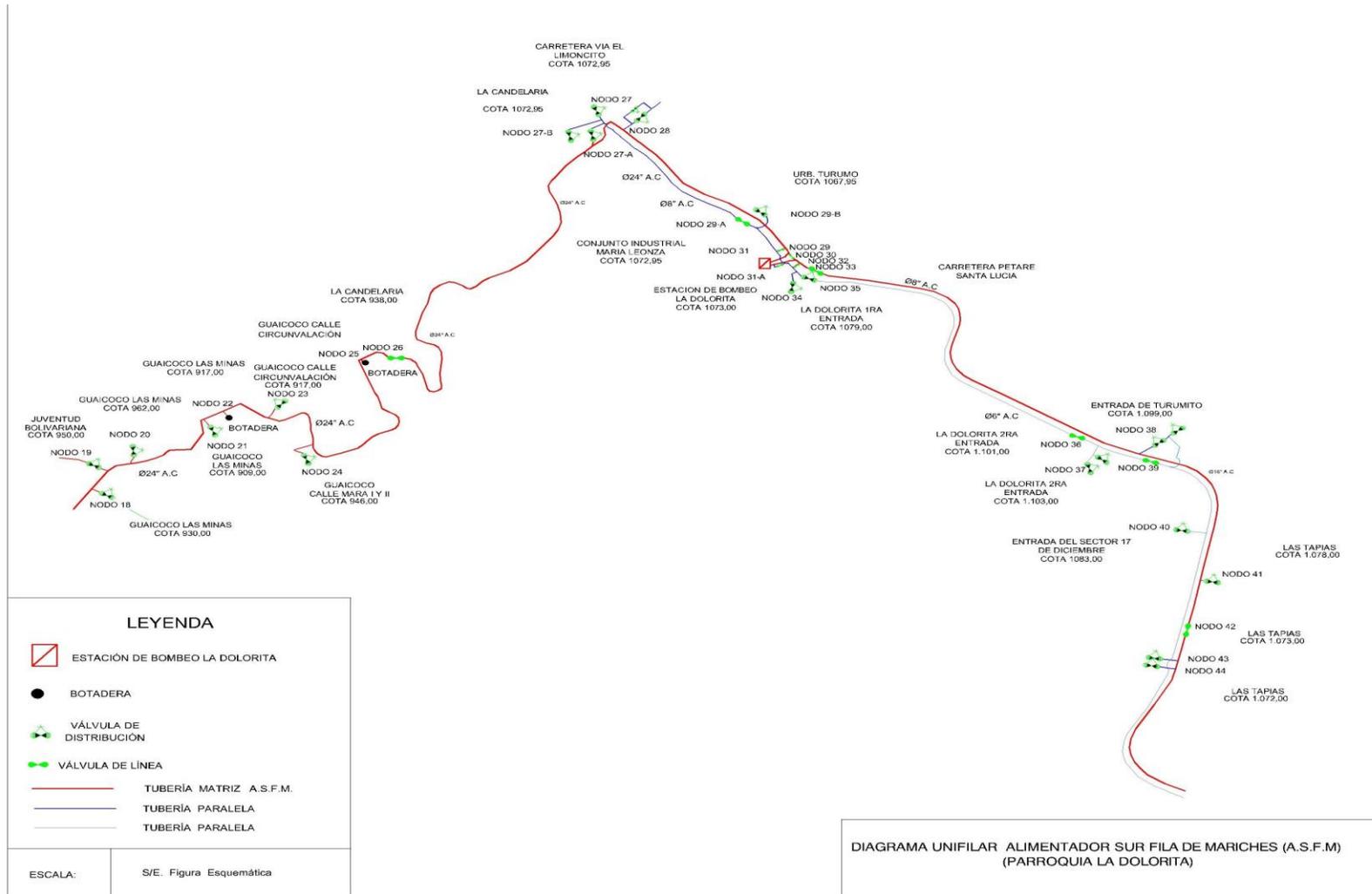


Figura 4: Diagrama unifilar del ASF M en su recorrido por la Parroquia La Dolorita.

#### **IV.1.3. Parroquia Fila de Mariches.**

La parroquia Fila de Mariches comienza en el sector denominado las Tapias, en total se contabilizaron 36 nodos de consumo y 5 válvulas para realizar las maniobras de distribución. Los primeros cinco puntos corresponden a nodos de consumo, hasta llegar al sector denominado la Esperanza, donde se encuentra interconectada la tubería que incorpora al ASFM agua proveniente de la Planta de Tratamiento la Pereza nueva y la Pereza vieja (produce unos 90 l/s). La planta de tratamiento La Pereza Nueva, envía el agua tratada a un tanque cuya capacidad de almacenamiento es de 30.000 m<sup>3</sup> y que se encuentra ubicado en la cota 1.300 msnm, de allí el agua sale por gravedad y se incorpora a la interconexión previamente mencionada. A partir de este punto la mayoría son nodos de consumo que se encargan de suministrar el agua a los distintos sectores que conforman esta parroquia. La figura 5 esquematiza el recorrido del ASFM a través de la parroquia Fila de Mariches, cuyos detalles se presentan en la tabla II.3 del Anexo 3.

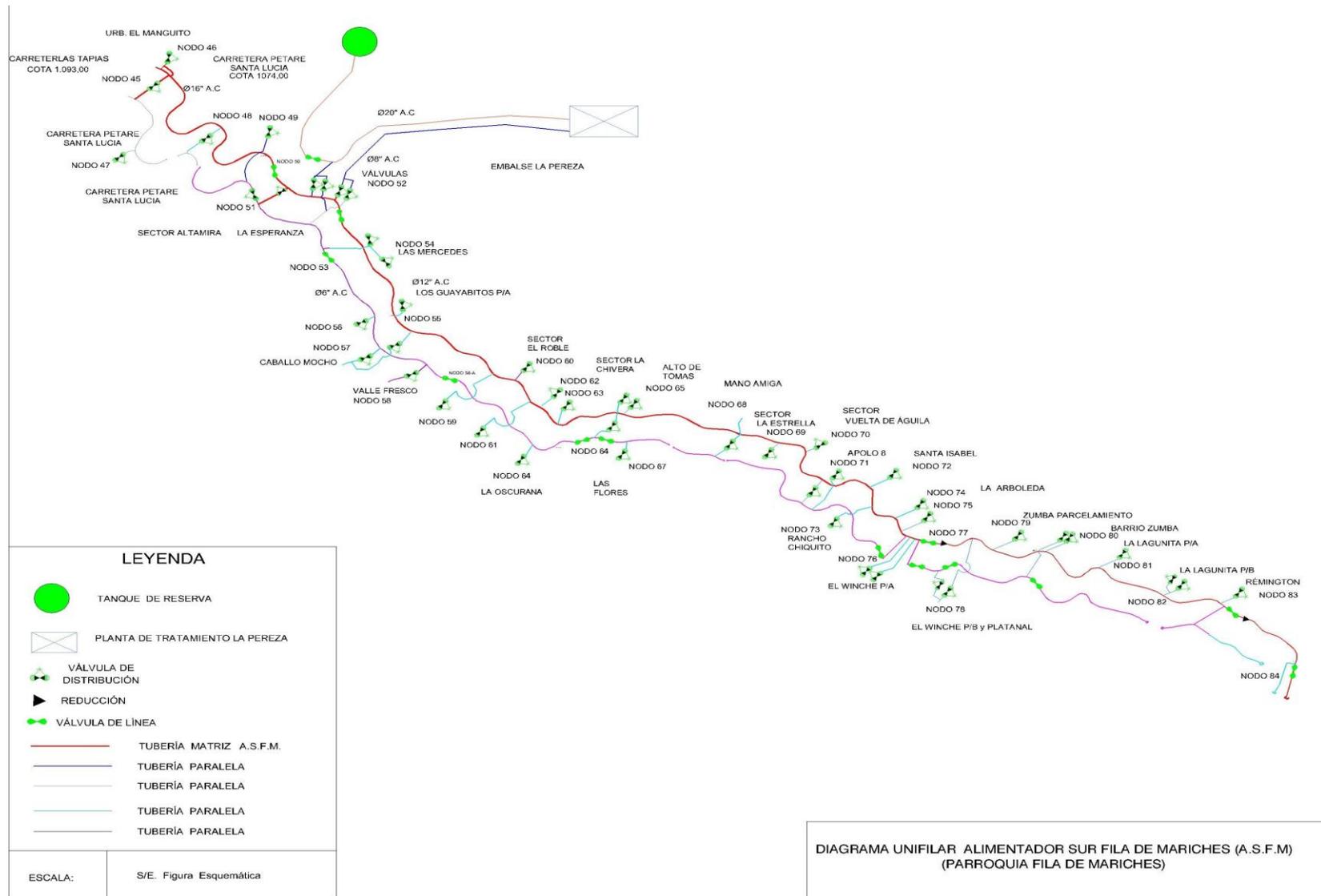


Figura 5: Diagrama unifilar del ASF M en su recorrido por la Parroquia Fila de Mariches.

## **IV.2.Segunda etapa. Diagnóstico de las condiciones de operación y gestión del sistema**

### **IV.2.1.Cantidad de abastecimiento de agua:**

Para obtener un diagnóstico de las condiciones hidráulicas de funcionamiento del alimentador se planificaron dos recorridos, en los cuales se midieron presiones en distintos puntos a lo largo de la tubería, el recorrido se realizó desde la Planta de Tratamiento La Guairita hasta la estación de bombeo La Dolorita, ubicada en la parroquia del mismo nombre. Los valores obtenidos se reportan en las tablas 3 y 4.

Tabla 3: Recorrido ASFM. Fecha: 05 de Febrero del 2011.

NODO	SECTOR	COTA SALIDA	PROGRESIVA	PRESIÓN(mca)	H piezométrica (mca)
1	Estación 25	924,00	0+000	350	1274
2	Calle la Línea	821,00	0+832	630	1451
4	El Morro	993,00	3+744.97	340	1333
6	El Obelisco	985,00	3+876.49	210	1195
9	Calle el Motor	956,00	4+415.13	400	1356
15	Juventud Bolivariana	1.021,00	5+904.63	100	1121
23	Calle Circunvalación	945,00	6+684.93	220	1165
24	La Candelaria	938,00	7+305.21	210	1148
31	Estación la Dolorita	1.074,00	9+291,55	25	1099

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Recorrido ASFM. Fecha: 28 de Marzo del 2011.

NODO	SECTOR	COTA SALIDA	PROGRESIVA	PRESIÓN(mca)	H piezométrica (mca)
1	Estación 25	924,00	0+000	330	1254
2	Calle la Línea	821,00	0+832	422	1243
9	Calle el Motor	956,00	4+415.13	281	1237
15	Juventud Bolivariana	1.021,00	5+904.63	102	1123
23	Calle Circunvalación	945,00	6+684.93	176	1121
24	La Candelaria	938,00	7+305.21	181	1119
31	Estación la Dolorita	1.074,00	9+291,55	20	1094

Fuente: Elaboración propia

En el primer recorrido se midieron presiones en nueve puntos, pero al calcular los valores para obtener la línea de energía total se obtienen valores incongruentes. Esto se atribuye al hecho de que en algunos puntos de medición de presión existe la interconexión con otros alimentadores, lo que genera incremento en las presiones.

Con los valores de presión medidos en el segundo recorrido, se procedió a construir la línea de energía total del sistema desde la Planta de Tratamiento La Guairita hasta la estación de bombeo la Dolorita, representada en la figura 6. En ella se observa que en los primeros puntos del recorrido el cambio de pendiente es leve, lo que era de esperar, puesto que el primer nodo de consumo corresponde al punto 3. Las pérdidas asociadas a este tramo se atribuyen a las producidas por la fricción en la tubería y a las generadas por accesorios- Esta tendencia se mantiene hasta el punto 3 de medición (**nodo 9**).

En el siguiente tramo (**nodo 9-nodo 15**) se observa el mayor cambio de pendiente y por consiguiente la mayor pérdida de presión (114 m.c.a) y caudal. Desde el comienzo del recorrido se presumía que en este tramo se produciría una gran pérdida, ya que el ASFM transita por sectores populares de alta densidad poblacional (Barrios San Blas y Juventud Bolivariana). De acuerdo con los valores teóricos calculados previamente, se estima que unos 120 l/s pudieran estar consumiéndose en esta zona, sin contar la gran cantidad de tomas ilegales, generadas por el surgimiento de nuevos poblados (invasiones).

Los dos tramos siguientes presentan pérdidas menores de presión y, en el último tramo nuevamente se incrementa la pendiente de la línea de energía y con ello las pérdidas en la tubería (25 mca).

El último punto de medición de presión correspondió a la succión de la estación de bombeo La Dolorita. De acuerdo con los registros de funcionamiento de la mencionada estación, revisados en el cuaderno diario de reportes, las presiones de succión oscilan entre 16 y 40 psi, este último en horas de la noche cuando bajan los consumos. En base a estos valores y a las curvas teóricas de las bombas, se puede estimar el caudal aproximado que se maneja en la estación, el cual en promedio es de unos 60 l/s.

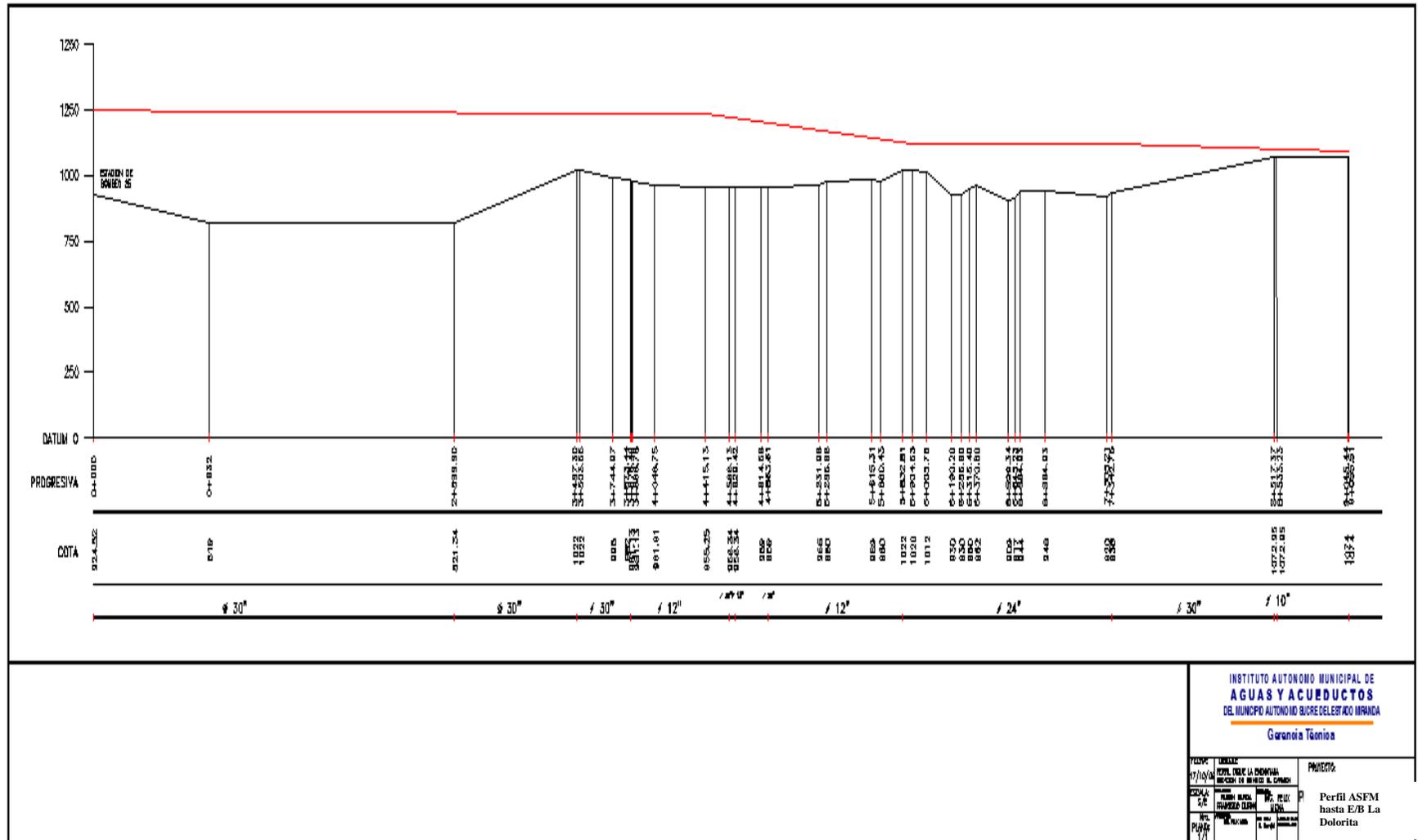


Figura 6: Perfil longitudinal y línea de energía del Alimentador Sur Fila de Mariches. Tramo E/B 25 (La Guairita) – E/B La Dolorita.

#### **IV.2.2. Balance Hídrico**

Otro de los factores importantes a tomar en cuenta para obtener un diagnóstico integral del sistema, comprendía llevar a cabo un balance hídrico. Este punto fue difícil de ejecutar en virtud de que en el manejo del acueducto no existen dispositivos de medición de caudal, lo que no permite obtener valores reales de los consumos.

Sin embargo, en las estimaciones teóricas realizadas previamente se puede vislumbrar a *grosso modo*, el escenario correspondiente al sistema:

Las entradas de agua al sistema corresponden a tres fuentes distintas:

Planta de tratamiento "Ciudad de Caracas - La Guairita": Representa el mayor aporte de caudal. De acuerdo con los datos obtenidos los días en que se realizaron los recorridos, los llamados grupos sur descargan unos **475 l/s**, los cuales se distribuyen entre el ASFM y el ASD.

Tomando en cuenta que el ASFM es una tubería de  $\Phi=30''$  y el ASD es de  $\Phi=12''$ , se deduce que alrededor del 70 % del total del caudal se conduce a través del ASFM, lo que serían unos **333 l/s**.

Planta La Pereza Vieja: Esta planta es operada por el IMAS y suministra unos **90 l/s**, de los cuales una parte es enviada por bombeo hacia la población de Fila de Mariches (50 l/s) y la otra hacia el Sector de Turumo, perteneciente a la Parroquia Caucaguita (40 l/s).

Planta La Pereza Nueva: Esta planta, operada por Hidrocapital, fue incorporada al sistema recientemente (aproximadamente dos años, en el año 2009), la misma contribuye con un aporte de agua de aproximadamente **200 l/s**. Es de destacar que el diseño de la planta es para el doble del caudal (400 l/s), no obstante funciona a mitad de capacidad, ya que la carga eléctrica actual disponible no permite colocar en funcionamiento el otro grupo de bombeo en la balsa de captación.

Tomando en cuenta las tres fuentes que aportan agua al sistema, el total de caudal que ingresa oscila en el orden de los **623 l/s**.

Las salidas de agua del sistema corresponden a los distintos nodos de consumo:

Parroquia Petare: las estimaciones teóricas arrojaron una dotación de **185 l/s** a lo largo del recorrido que realiza el ASFM por esta parroquia.

Parroquia La Dolorita: En este caso, siendo la parroquia de mayor número de habitantes la dotación resultó ser de **407 l/s**.

Parroquia Fila de Mariches: Esta Parroquia arrojó una dotación de **157 l/s**.

En total la dotación estimada teórica del sistema es de: **749 l/s**, lo que significa que se presenta un déficit de **126 l/s**, situación que se ve reflejada en la forma de suministro de agua a las parroquias en estudio (intermitente).

Por otra parte, el trabajo de campo permitió observar que actualmente en esta zona se desarrolla la construcción de nuevos urbanismos, tanto formales como informales (invasiones), lo que significa que de no implementarse medidas de planificación y control a corto, mediano y largo plazo, la situación de suministro del servicio de agua potable pudiera deteriorarse aún más. La tabla 5 resume los resultados del balance hídrico.

Tabla 5: Resumen del balance hídrico

CAUDAL DE ENTRADA (L/s)		CAUDAL DE SALIDA (L/s)	
PLANTA DE TRATAMIENTO LA GUAIRITA (ESTACIÓN DE BOMBEO N° 25)	333	PARROQUIA PETARE	185
PLANTA DE TRATAMIENTO LA PEREZA NUEVA	200	PARROQUIA LA DOLORITA	407
PLANTA DE TRATAMIENTO LA PEREZA VIEJA	90	PARROQUIA FILA DE MARICHES	157
<b>TOTAL</b>	<b>623</b>	<b>TOTAL</b>	<b>749</b>
<b>DEFICIT=ENTRADA-SALIDA</b> <b>DEFICIT= 623 l/s-749 l/s=-126 l/s</b>			

Fuente: Elaboración propia.

#### **IV.2.3. Suministro y Distribución de agua mediante la modalidad de camiones cisterna durante el año 2010.**

En los sistemas de abastecimiento intermitente se hace inminente el suministro de agua a la población mediante camiones cisterna. En este sentido, se procedió a solicitar y procesar la información de la cantidad de camiones cisterna que fueron entregados a las parroquias en estudio durante el año 2010.

Existen cuatro modalidades de suministro por camiones cisterna:

**Viajes de Agua Gratis.** Se refiere al suministro de camiones cisterna de forma gratuita, realizado utilizando unidades pertenecientes al ente encargado de prestar el servicio de agua potable, en este caso al Instituto Municipal de Aguas de Sucre (IMAS). El agua es distribuida a la población de forma gratuita

**Viajes privados.** En el caso de los camiones privados, las comunidades deben pagar el agua que reciben. Los camiones privados pueden abastecer sus cisternas en llenaderos privados ó en llenaderos operados por el IMAS, en este último caso, el pago por el llenado de la cisterna será a través de los llamados viajes de colaboración, siendo ésta la tercera modalidad de suministro.

**Viajes de Colaboración.** Se refiere al suministro de camiones cisterna de forma gratuita pero con unidades privadas. En este caso los dueños de los camiones cisterna se abastecen de agua en los llenaderos pertenecientes a la institución, es decir cargan sus cisternas y luego las distribuyen en las comunidades de manera gratuita, por cada dos (2) viajes que realicen, deben prestar un (1) servicio gratis, a este último se le denomina viaje de colaboración.

**Viajes del Programa mi agua.** Se refiere a una campaña especial que se realizó en el año 2010, la cual contempló el suministro de agua por medio de camiones cisterna de forma gratuita. La diferencia con los viajes de agua gratis es que no sólo se suministraba con unidades pertenecientes a la institución, sino que adicionalmente se contrataban camiones privados para la prestación del servicio.

En la información obtenida y procesada no se obtuvieron datos de los viajes privados, por cuanto es una modalidad en la que el IMAS no tiene control directo, en este caso sólo se realizó un estimado global en base a la referencia asociada a los viajes de colaboración, es decir en base a la relación 2/1.

En la figura 7 se observa la cantidad de camiones cisterna que fueron entregados y distribuidos a los distintos sectores que conforman la parroquia La Dolorita mediante las modalidades de: agua gratis, colaboración y programa mi agua. Los sectores que presentaron los valores más elevados en cuanto a cisternas recibidos, corresponden a: El Guamo, La Lira, El Tanque, El Limoncito, El Lindero, 12 de Octubre, y La Frontera. Los valores elevados se atribuyen a que durante el año 2010 los ciclos de abastecimiento en estos sectores estuvieron en el orden de los **15 a 20 días**, lo que hacía necesario la distribución por camiones cisterna en los días en que no se suministraba el agua por tuberías.

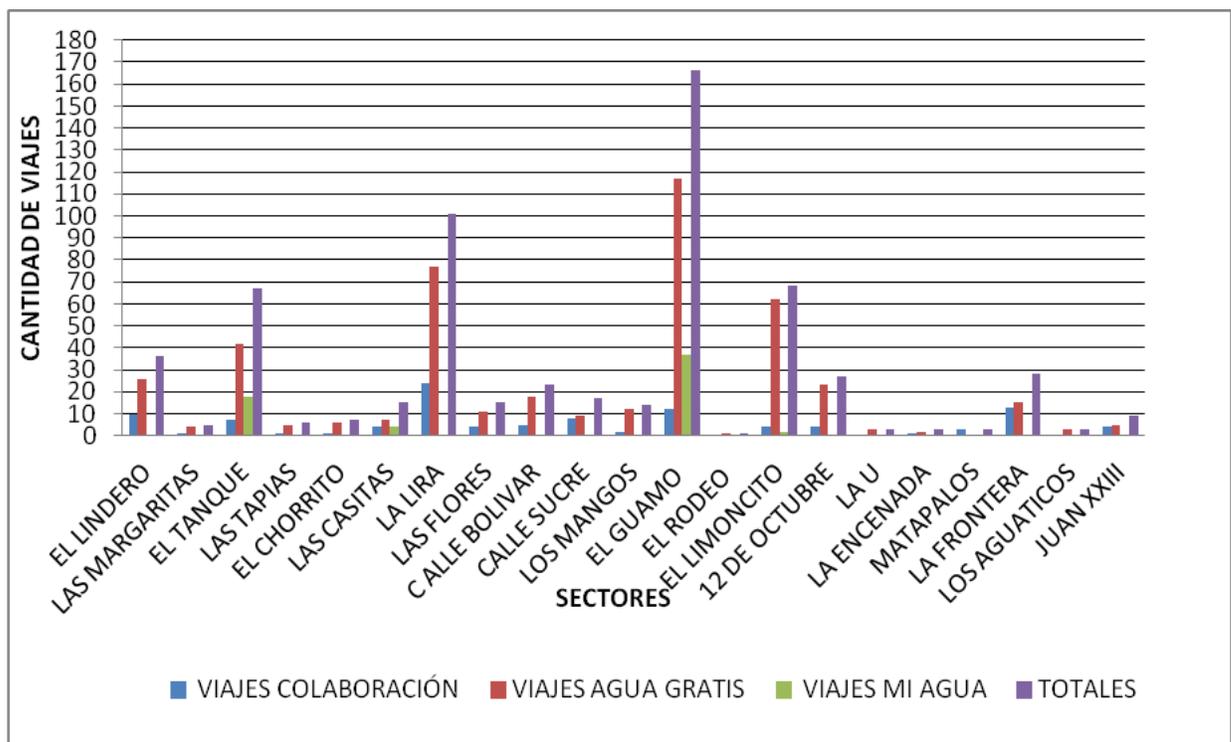


Figura 7: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2010.

En el caso de la Parroquia Fila de Mariches, el número de camiones cisterna recibidos durante el año 2010 se reportan en las figuras 8 y 9. Los sectores 7 de Enero, Terrazas del Winche y el Rinconcito se presentan como los más resaltantes en cuanto a recepción de agua a través de cisternas, seguidos por Chaguarama, el Winche y Villa Esperanza. Es de resaltar, que en todos los casos la cantidad de viajes que recibieron estos sectores se encuentra por encima del 50% del máximo recibido por el sector el Guamo de la Dolorita, lo que parece indicar que durante el período de análisis esta modalidad de suministro se realizó con mayor énfasis en la Parroquia Fila de Mariches. Esta situación se presume fue motivada a que durante el primer semestre del año 2010 la nueva planta la Pereza que suministra agua por tubería a los distintos sectores de esta parroquia, estuvo funcionando bajo período de prueba, lo que se asociaba a un período de operación de 8 horas diarias de lunes a viernes. Esto condujo a una crisis en la Parroquia en la que los ciclos de abastecimiento alcanzaron hasta 40 días, lo que desencadenó el suministro a través del programa mi agua. Otro factor importante que incidió en la elevada cantidad de camiones suministrados, tiene que ver con que en el sector el Winche no existía red de tuberías, lo que significaba que los camiones cisterna representaban la principal modalidad de suministro de agua potable, esta situación particular tuvo sus modificaciones en el segundo semestre del año, ya que se instaló la red de tuberías hacia el sector, lo que permitió el suministro a través del acueducto. No obstante, el servicio no se presta de forma continua, los ciclos de abastecimiento oscilan entre 10 y 15 días.

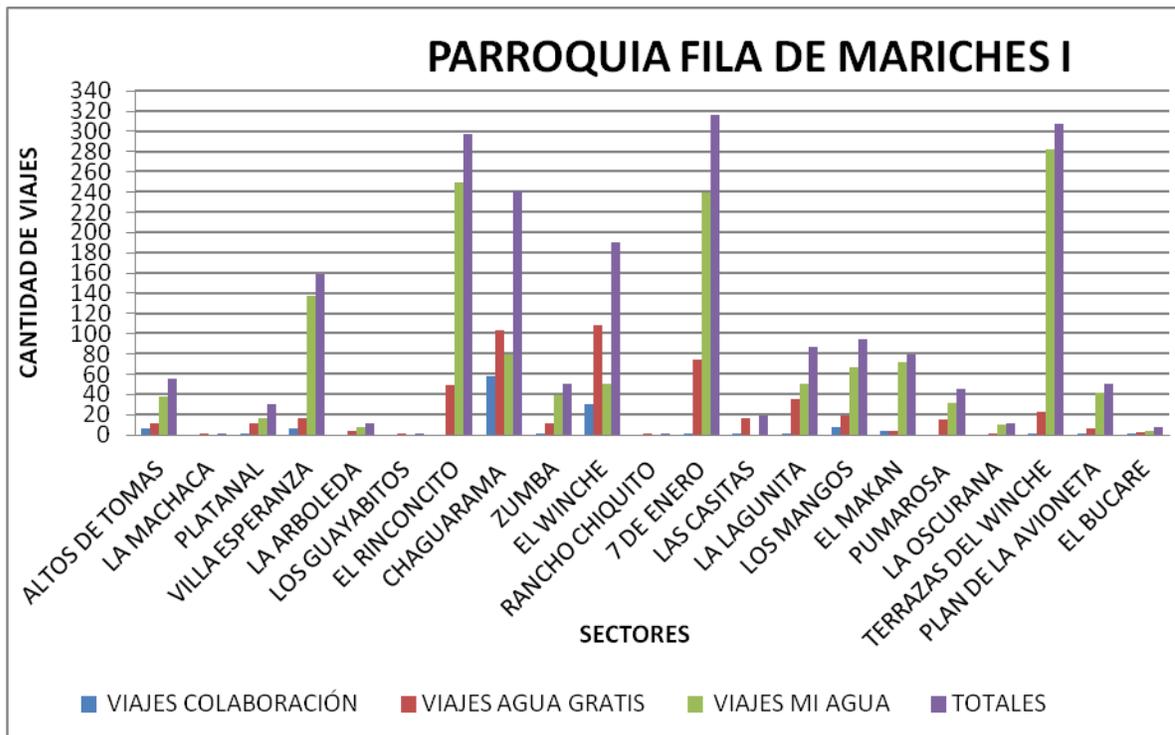


Figura 8: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010.

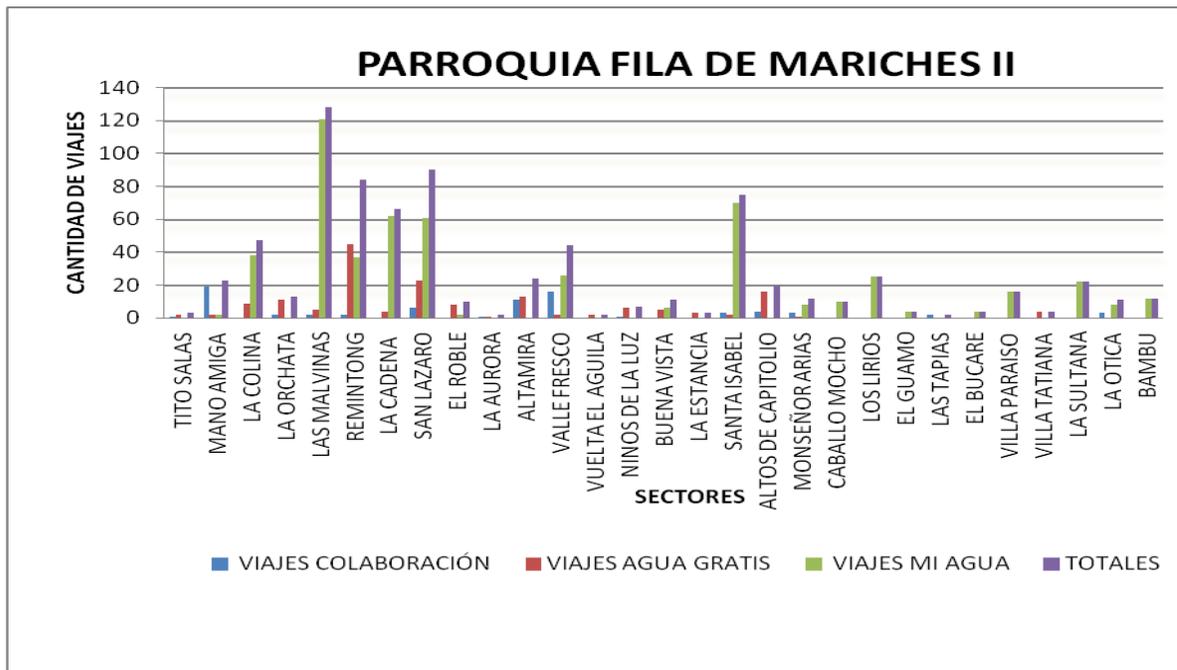


Figura 9: Camiones cisterna entregados a los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010.

Por otra parte, como se mencionó previamente, se realizó un estimado global por parroquia del número de viajes realizados por camiones privados que llenan sus cisternas en los lugares controlados por el IMAS. De acuerdo a la figura 10 durante el 2010 fueron vendidas 216 cisternas en la parroquia la Dolorita y 402 en Fila de Mariches.

En total fueron distribuidos durante el año 2010 aproximadamente 833 cisternas en la Dolorita y 3.238 en Fila de Mariches. Con base en los resultados presentados, se puede concluir que existe una elevada influencia del suministro de agua mediante camiones cisterna en estas parroquias. No obstante, es importante resaltar que este valor representa aproximadamente el 0,23 % de la dotación teórica de caudal estimada previamente, lo que significa que sería imposible pensar en abastecer la totalidad de la población de la zona en estudio a través del uso de los camiones cisterna.

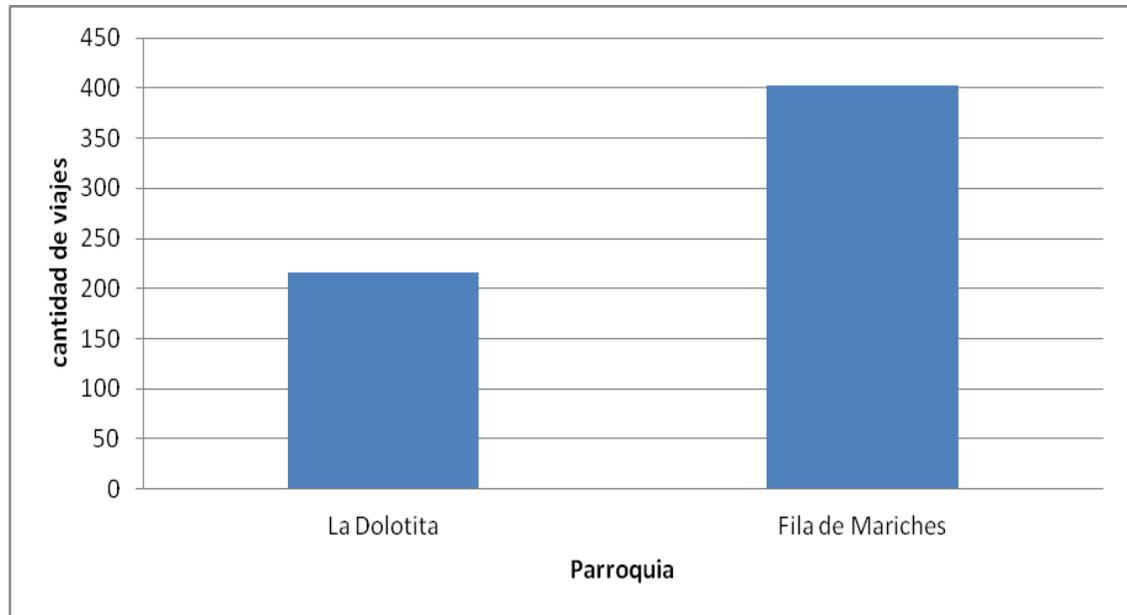


Figura 10: Camiones cisterna privados entregados en las Parroquias Fila de Mariches y la Dolorita durante el año 2010.

#### **IV.2.4. Nivel de satisfacción de los usuarios:**

##### **IV.2.4. 1. Análisis de los reportes recibidos en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento durante los años 2009 y 2010.**

Con la finalidad de realizar un análisis de los reportes diarios que se reciben en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento, se procedió a recopilar, clasificar y procesar la información correspondiente a los reportes recibidos de las Parroquias en estudio durante los años 2009 y 2010. La clasificación se hizo en base a tres modalidades: reportes por alteración de la calidad del agua, fugas de agua en las tuberías y falta del servicio de agua.

Con base a la información procesada se pudo apreciar que los cuadernos diarios de reportes son utilizados de manera indistinta tanto para reportar las quejas de los usuarios como para plasmar las distintas actividades que realizan las cuadrillas adscritas a la Gerencia de Operaciones, lo que no permite establecer una diferencia entre ambas.

En la figura 11 se muestra el resultado del procesamiento de los reportes recibidos durante el año 2009 de los distintos sectores pertenecientes a la Parroquia Fila de Mariches. La mayor cantidad de reportes corresponden a fugas de agua en las tuberías, seguidos por la falta de servicio de agua; de acuerdo a la información procesada no se recibieron quejas referentes a alteraciones en la calidad de agua distribuida en los distintos sectores. El sector denominado las Mercedes fue el que presentó mayor cantidad de quejas por fugas de agua, mientras que para falta de servicio le correspondió a la Lagunita.

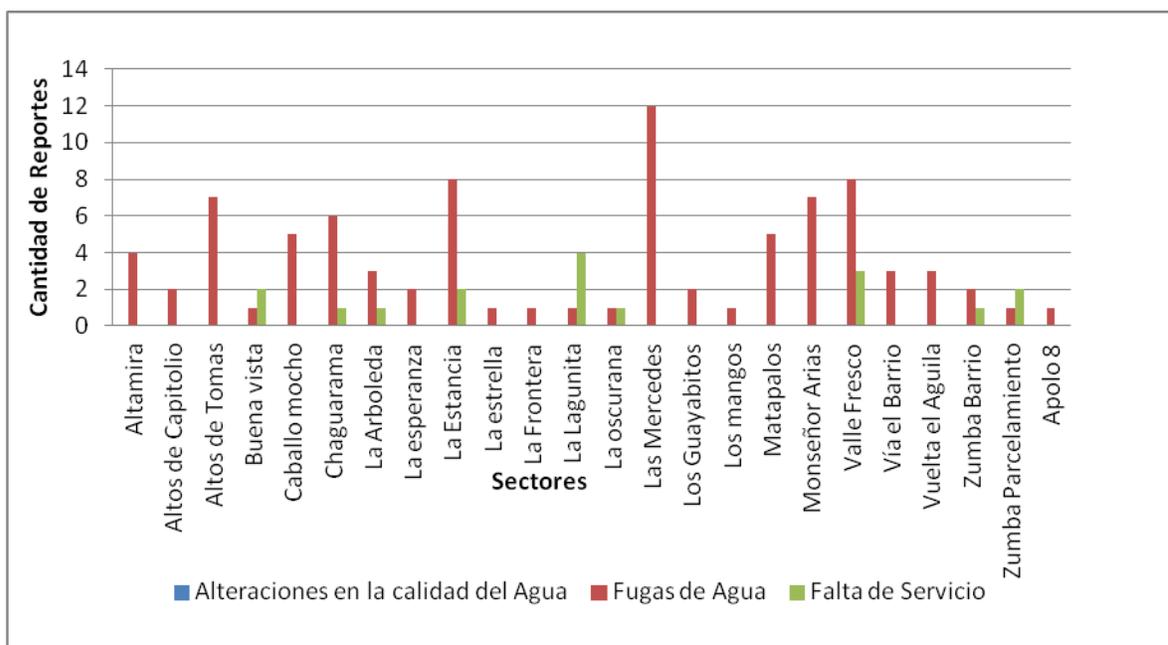


Figura 11: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2009.

En la Parroquia La Dolorita se mantiene la misma tendencia que para Fila de Mariches, es decir el mayor número de quejas corresponde a fugas de agua en las tuberías, seguidos por la falta de servicio y ausencia de reportes relacionadas con alteraciones en el agua distribuida.(Ver figura 12)

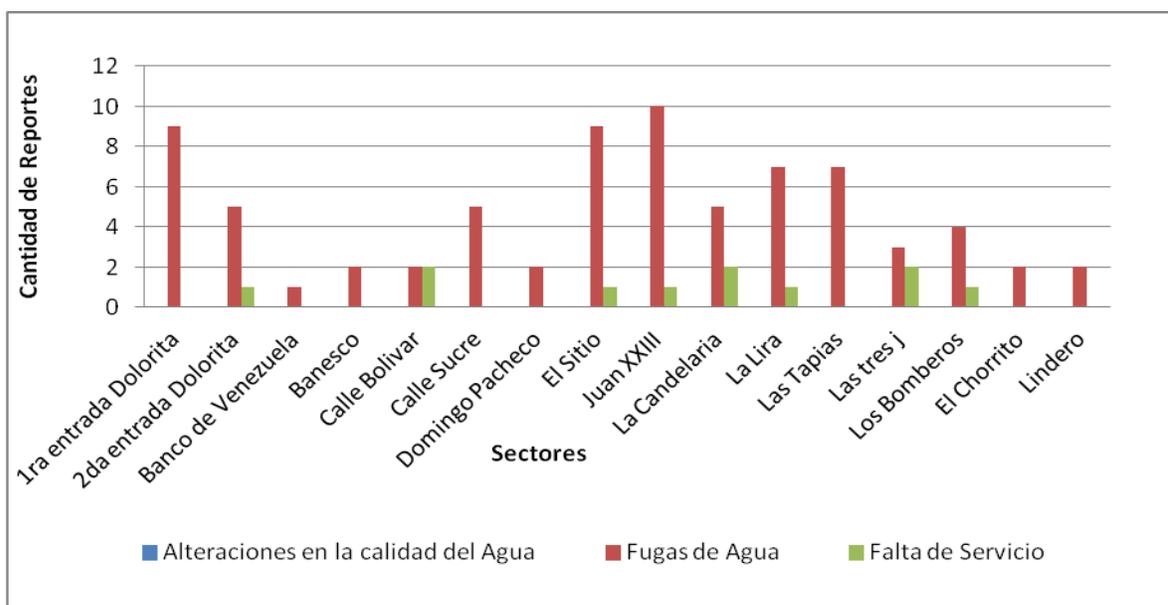


Figura 12: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2009.

Al comparar los reportes recibidos en el 2009 con los del año 2010, se observa que las fugas de agua en las tuberías sigue siendo la principal queja de los usuarios en las dos parroquias en estudio (ver figuras 13 y 14). Para el 2010 los sectores que más reportes realizaron por esta característica en Fila de Mariches fueron La Estancia, Las Tapias, El Limoncito, Valle Fresco y Las Mercedes. En cuanto a la falta de servicio sólo cinco de los 34 sectores del gráfico reportaron quejas para esta modalidad. Por otra parte, al igual que en el 2009 no se encontraron, en los cuadernos de reportes, quejas por alteraciones en la calidad del agua. Contrastando la cantidad de reportes totales recibidos en ambas parroquias, se tiene que para el año 2009 fueron recibidos 219 reportes, mientras que para el 2010 se recibieron un total de 185 reportes, lo que implicó una disminución del 18 %.

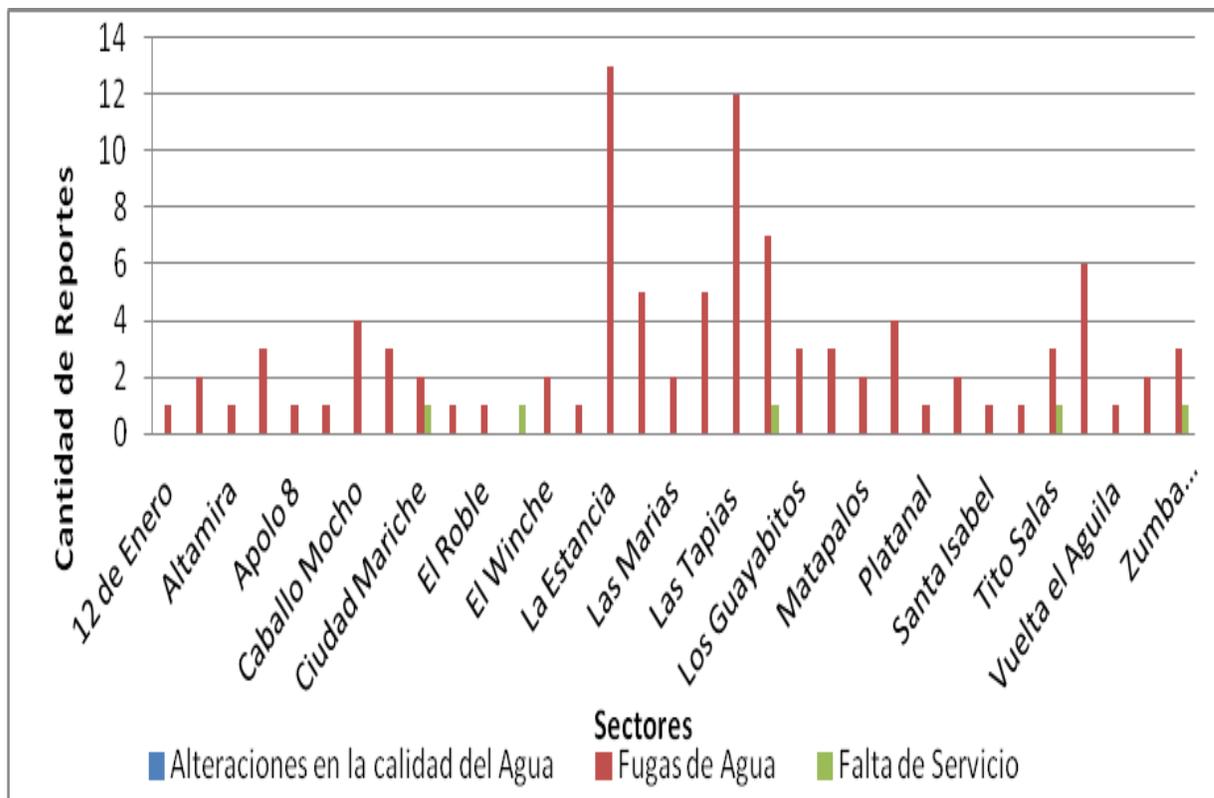


Figura 13: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia Fila de Mariches durante el año 2010

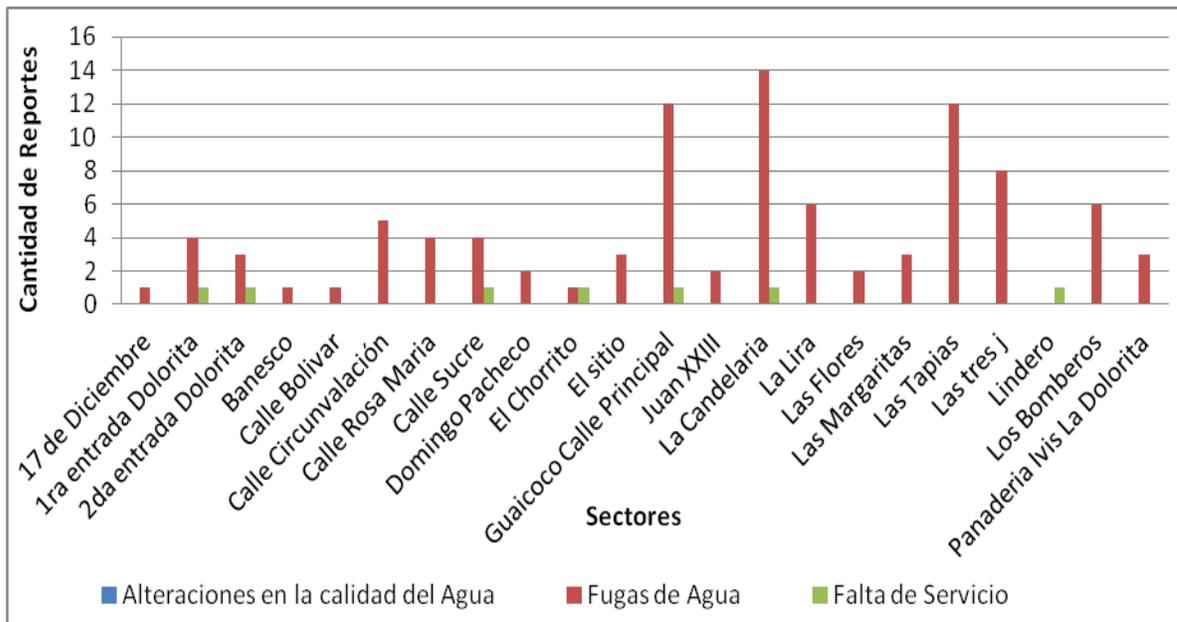


Figura 14: Reportes recibidos de los distintos sectores de la Parroquia La Dolorita durante el año 2010

En otro orden de ideas, no obstante a los resultados presentados en los gráficos y la tendencia mostrada por las modalidades estudiadas, debe mencionarse que a pesar de que el mayor número de quejas corresponden a fugas de agua en las tuberías, y que las quejas por falta de servicio y alteraciones en la calidad del agua fueron bajas en el segundo de los casos y nulas en el último, los servicios son discontinuos y se presentan ciertas alteraciones en los parámetros organolépticos en las primeras horas de apertura del servicio, por tal razón, y en vista de la necesidad de buscar un instrumento metodológico que permitiera medir lo antes mencionado, se procedió a la aplicación de una encuesta sencilla que constaba de 15 preguntas simples y que fue aplicada en un universo de 404 personas de las dos parroquias.

#### **IV.2.4. 2.Resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta que pretendía medir la calidad del servicio en las Parroquias La Dolorita y Filas de Mariches.**

##### **IV.2.4. 2.1.De la calidad y continuidad del servicio de agua potable**

En la figura 15 se aprecia que la percepción que tienen los habitantes de los sectores populares de la Parroquia la Dolorita en lo referente al servicio de agua potable es de regular a malo, 41 y 38 % respectivamente. Al compararlos con los resultados obtenidos para el caso de la Parroquia Fila de Mariches, se observa una diferencia resaltante, y es que la percepción cambia de regular a bueno, alcanzando este último el 54 %, y en conjunto un 80%.

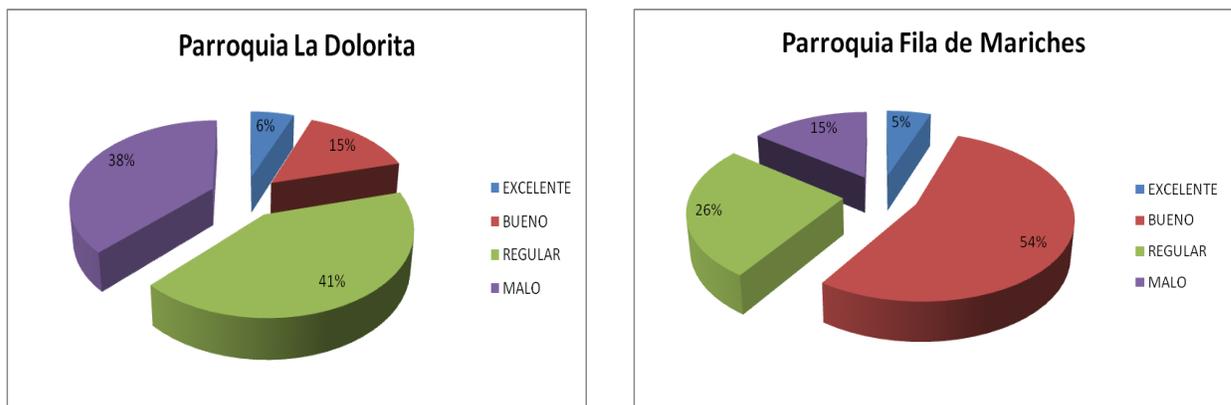


Figura 15: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo considera usted que es el servicio de agua en el sector donde vive?

El 94 y 92 % de las personas encuestadas afirman recibir el servicio de agua potable de forma discontinua (ver figura 16), lo que confirma que las parroquias en estudio presentan intermitencia en el suministro de agua por tuberías, pero a pesar de ello más del 50 % de los encuestados en Filas de Mariches consideran bueno el servicio de agua potable. Esta percepción puede atribuirse a que durante muchos años los habitantes de esta zona han sufrido grandes carencias respecto a este servicio, en los que se presentaban ciclos de suministro de hasta 40 y 50 días, los cuales han disminuido notablemente producto de la incorporación de nuevas fuentes.

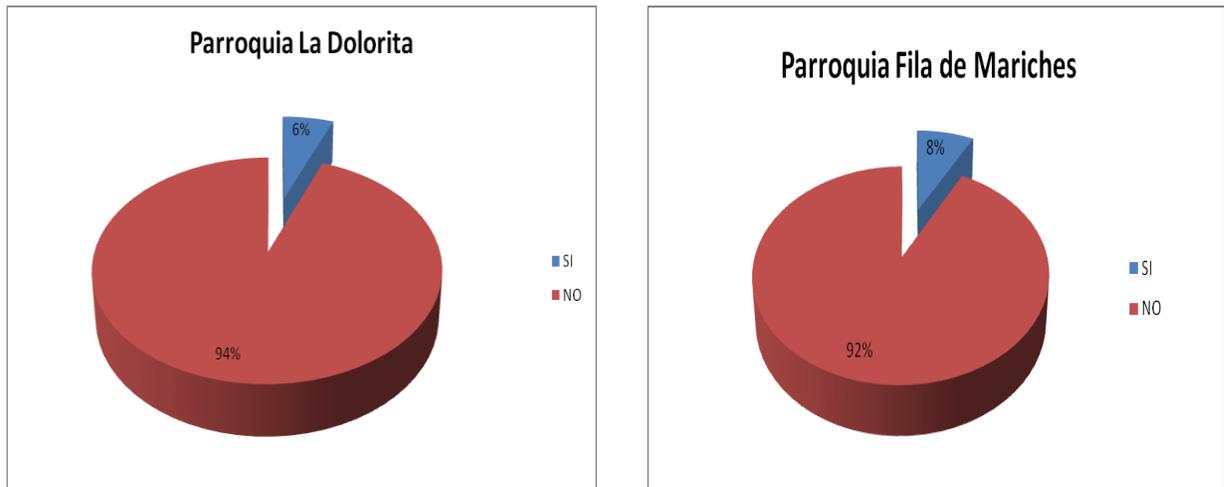


Figura 16: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Recibe el servicio de agua por tuberías de manera continua, es decir las 24 horas del día, los 365 días del año?

Referente a la duración de los ciclos de suministro, las figuras 17 y 18 muestran que en la parroquia la Dolorita más del 50 % de los encuestados reciben el agua en ciclos de servicio que se encuentran por encima de los 15 días, y disfrutan del servicio de manera continua por un período de 2 a 4 días. La parroquia Fila de Mariches presenta ciclos de servicio más cortos, ya que el 47 % dice que debe esperar entre 8 y 15 días para recibir el agua por las tuberías.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos para la percepción en la calidad del servicio, pues a medida que los periodos de intermitencia se alargan, la calidad del servicio disminuye.

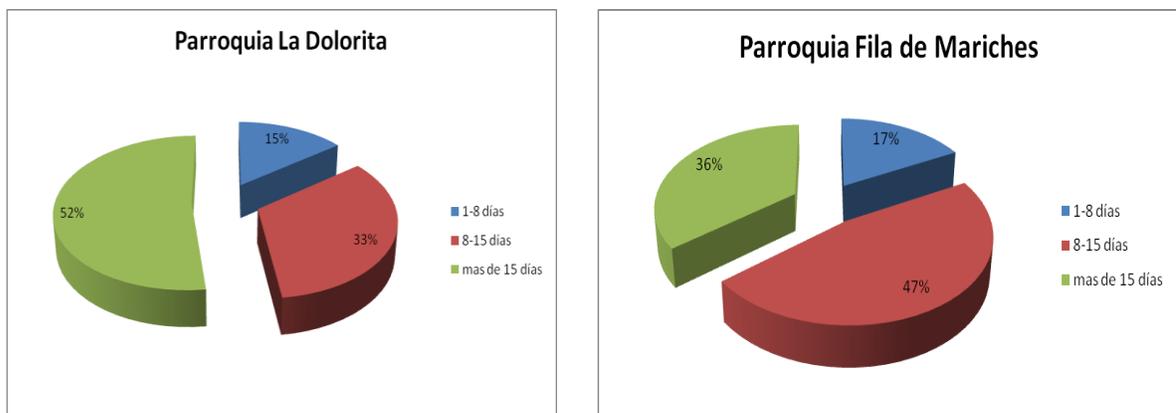


Figura 17: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cada cuánto tiempo le llega el servicio de agua a su sector?

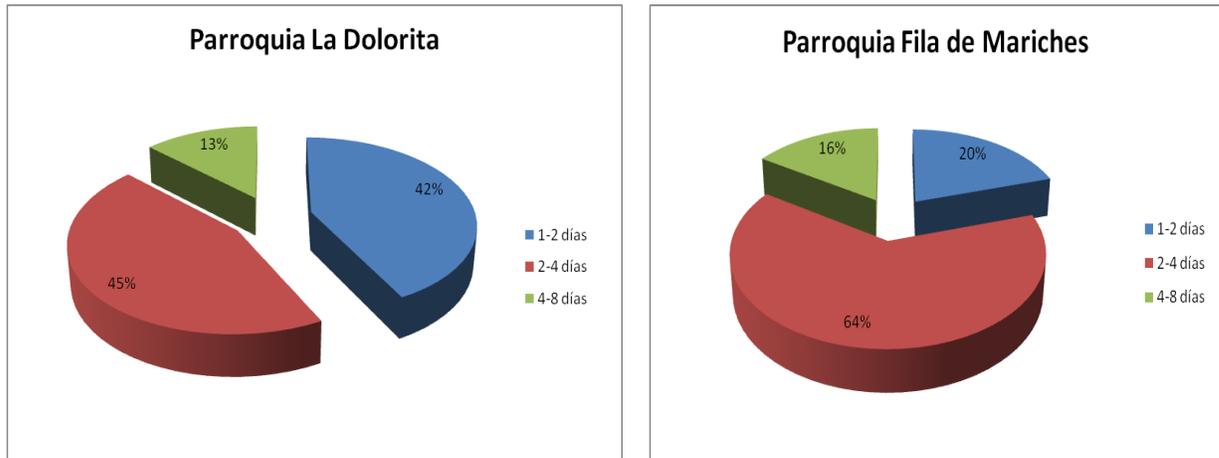


Figura 18: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Por cuánto tiempo tiene el servicio de forma permanente?

#### **IV.2.4. 2.1. De la modalidad de suministro mediante camiones cisterna**

El consumo de agua suministrada mediante camiones cisterna se presenta como una modalidad influyente en ambas parroquias, los resultados indican que alrededor del 50 % de los habitantes utiliza mensualmente camiones cisterna para abastecerse de agua (ver figura 19).

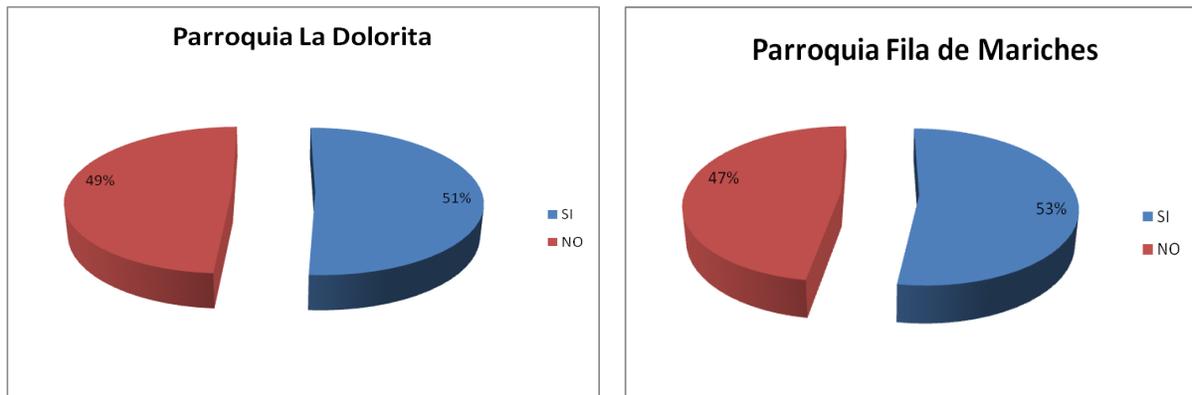


Figura 19: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Utiliza su sector la modalidad de camiones cisterna para abastecerse de agua?

De acuerdo a lo manifestado por los encuestados, este tipo de servicio es utilizado cuando los ciclos de suministro se alargan por encima del período establecido y el agua que se tenía inicialmente almacenada en los tanques y envases previstos para tal fin en los hogares se ha

agotado, de allí que la frecuencia de uso de esta modalidad sea principalmente mensual, entre 76 y 85 % (ver figura 20).

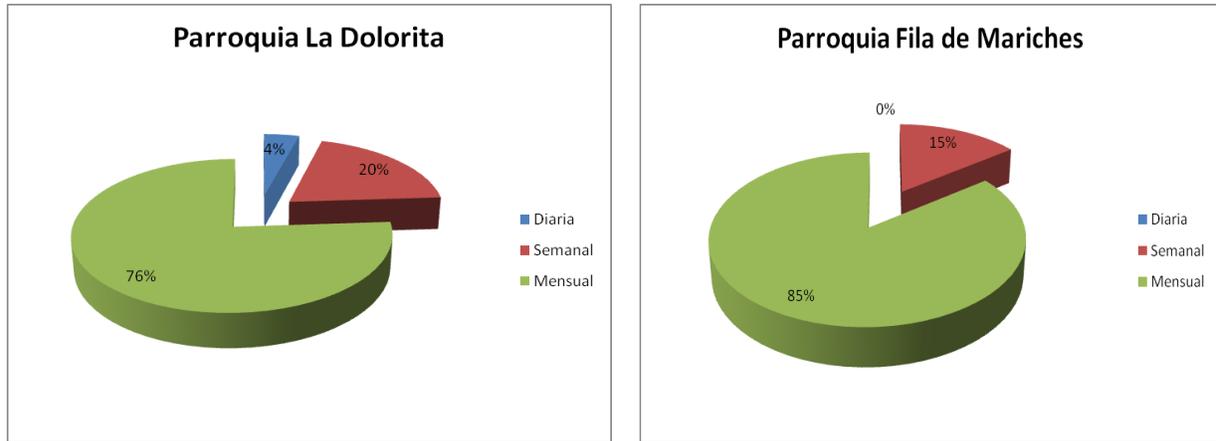


Figura 20: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Con qué frecuencia?

La figura 21 muestra que la cantidad de camiones cisterna que se utilizan mensualmente oscila con mayor frecuencia entre 1 y 5. Suponiendo un número promedio de 5 camiones y estimando una cuenta simple anual, serían alrededor de 1.320 camiones utilizados en los 22 sectores encuestados en la Parroquia la Dolorita y 2.040 en la Parroquia Fila de Mariches.

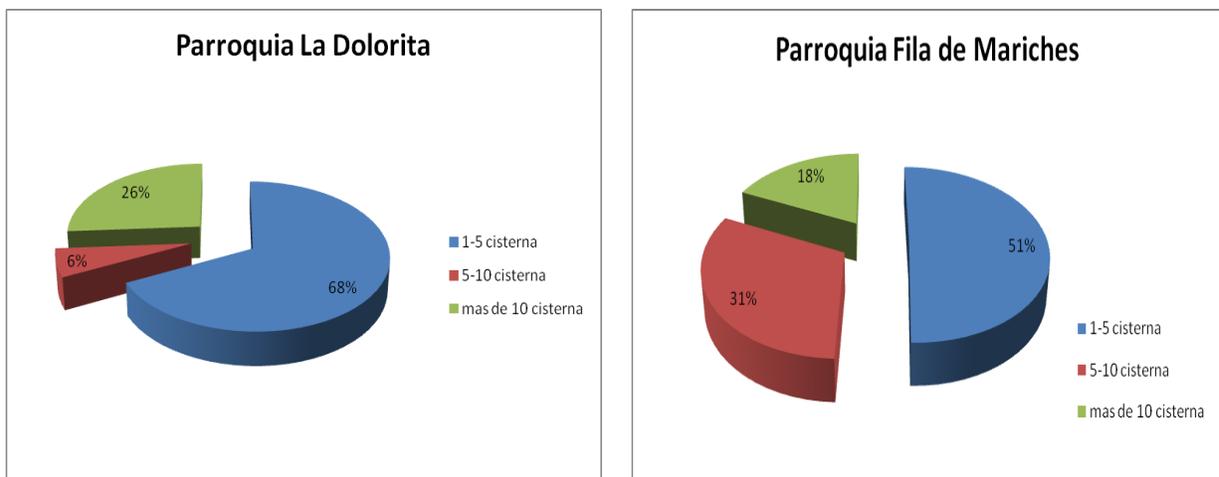


Figura 21: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Aproximadamente cuántos camiones cisterna son suministrados mensualmente a su sector?

Entre 54 y 61 % de los habitantes indican que reciben los camiones cisterna de forma gratuita (ver figura 22), lo que significa que alrededor de un 40 % paga por este servicio. Haciendo nuevamente estimaciones globales se podría decir que en La Dolorita se suministran gratuitamente 713 camiones y 607 son comprados. Al comparar estos valores con los obtenidos a partir de la información del control de camiones distribuidos por el IMAS durante el 2010, se observa que los valores coinciden en ordenes de magnitud (617 camiones entregados gratuitamente a esta parroquia). Sin embargo, para el caso de los camiones que son comprados por las comunidades existen discrepancias, quedando los valores estimados por debajo de los obtenidos a partir de la encuesta. Esto significa que existe un número importante de camiones cisterna que se venden en la comunidades sin control alguno, lo que podría generar especulación. Para el período en que se aplicó la encuesta las personas revelaron que han pagado entre Bs 10 y 15 por un tambor de 200 litros, valor superior al correspondiente a la tarifa social mensual (Bs 5).

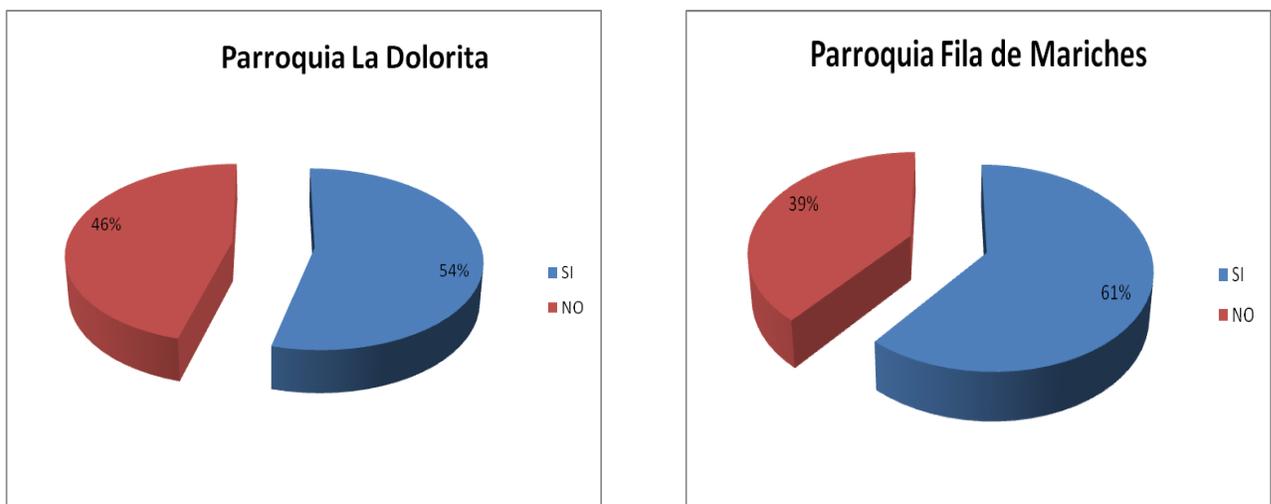


Figura 22: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Los camiones cisterna son suministrados de forma gratuita?

#### **IV.2.4. 2.3. De la Calidad del Agua que recibe por tuberías y mediante camiones cisterna**

Otro de los tópicos que se diagnosticó a través de la encuesta correspondió a la calidad del agua que llega a los usuarios por las tuberías y mediante camiones cisterna, entre el 54 y 63 % de los habitantes de los sectores La Dolorita y Fila de Mariches respectivamente, consideran que el agua que reciben es de buena calidad. (ver figura 23).

De la misma manera, tal como se aprecia en la figura 24, el 49 % de los encuestados en la Parroquia la Dolorita ha percibido algún tipo de alteración en el agua, un porcentaje menor (27 %) tuvo la misma opinión en la parroquia Fila de Mariches. Es importante mencionar que la mayoría de las personas que respondió haber observado alteraciones en el agua, especificó que las mismas se presentan en las primeras horas en que reciben el agua por las tuberías, luego del ciclo de servicio correspondiente al sector.

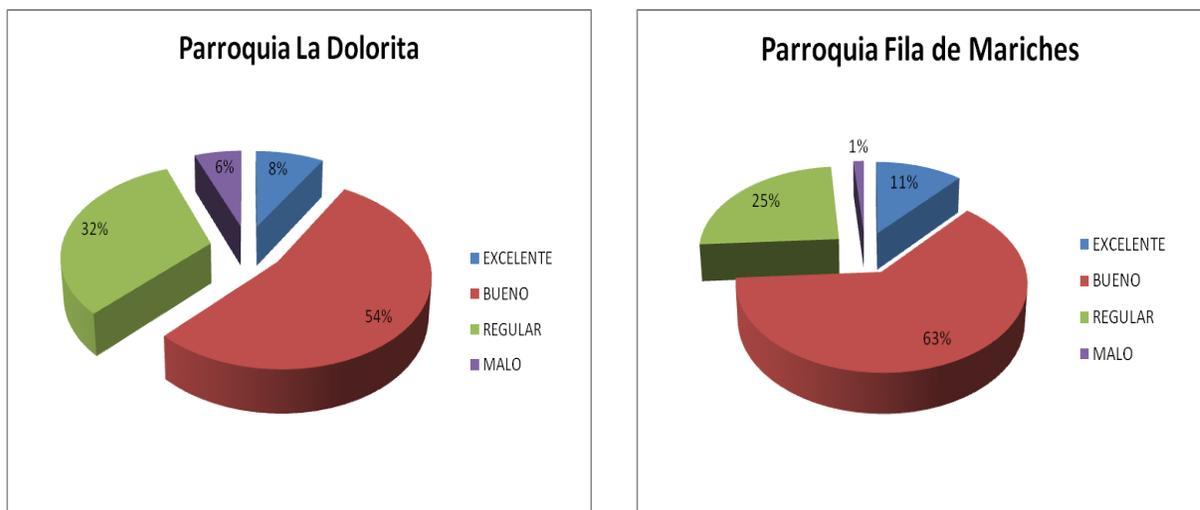


Figura 23: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Qué percepción tiene usted de la calidad del agua que recibe su sector por tuberías?

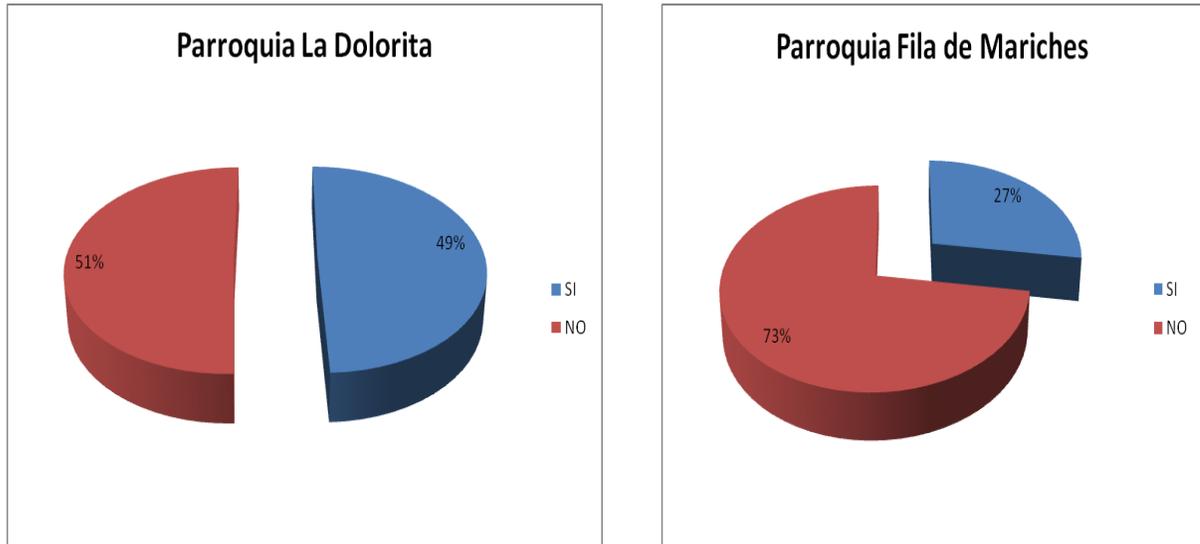


Figura 24: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua que recibe por las tuberías?

Se consideraron cuatro parámetros organolépticos para evaluar la calidad del agua que reciben los usuarios: apariencia, color, olor, sabor. En relación a los dos primeros, en las figuras 25 y 26 se observa que el 44 % de los encuestados de la Parroquia la Dolorita expresó que al inicio de los ciclos de servicio el agua presenta apariencia turbia y color amarillento, características que comienzan a mejorar una vez las redes se han saturado y la tubería ha descargado por un período de tiempo que dependerá del sector que se esté evaluando. En general expresaron que luego de transcurridas entre una y dos horas desde que el agua sale por las tuberías la misma presenta las características deseadas, es decir apariencia cristalina e incolora. Un porcentaje menor de encuestados en la Parroquia Fila de Mariches (22 %) ha percibido el agua turbia y amarillenta. Es importante recordar que las fuentes de abastecimiento son de distinta procedencia, el agua que reciben la mayoría de los sectores de la Dolorita proviene de la planta de tratamiento Ciudad de Caracas (La Guairita) ubicada a unos 11 km, mientras que los habitantes de la Parroquia Fila de Mariches reciben el agua que es distribuida desde la planta de tratamiento la Pereza, la cual se encuentra ubicada en la misma parroquia, lo que significa que el recorrido que realiza el agua para llegar a la Dolorita es más largo. Tomando en cuenta que el Alimentador Sur Filas de Mariches es una tubería con muchos años de servicio (aproximadamente 15 años), se presume que el

contacto con las paredes de la tubería por un período de tiempo más prolongado pudiera generar alteraciones mayores en los parámetros organolépticos del agua. El crecimiento de bacterias en las paredes de la tubería puede afectar a la turbidez, sabor, olor y color del agua distribuida. (Hallam, 2001)

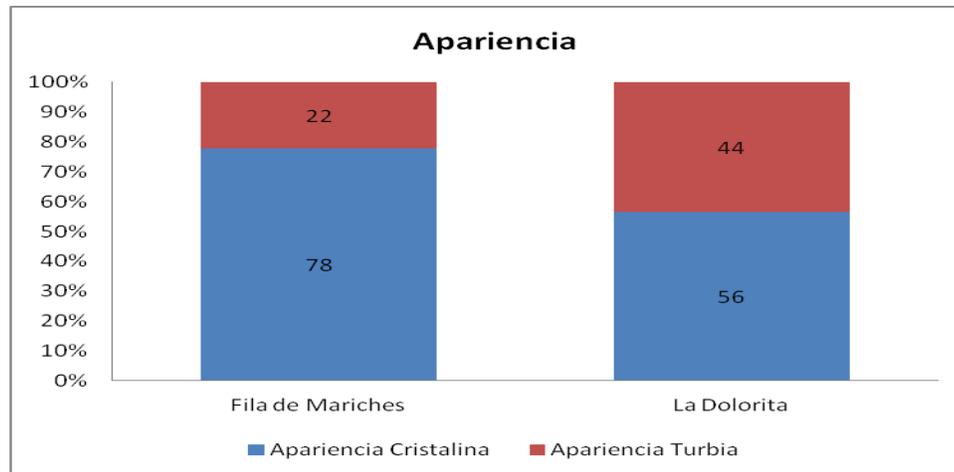


Figura 25: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Apariencia.

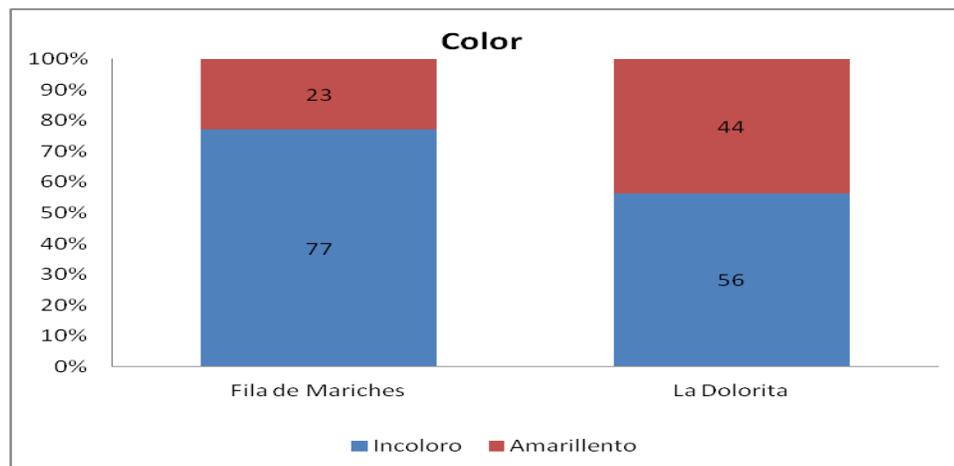


Figura 26: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías? Color.

Los parámetros de olor y sabor evidenciaron alteraciones menos significativas que la turbiedad y el color (ver figuras 27 y 28), el instrumento metodológico utilizado no incluía que las personas especificaran el olor ó sabor, sin embargo en las entrevistas realizadas a los

habitantes de los sectores encuestados, los mismos manifestaron que los olores y sabores atípicos percibidos correspondían a cloro, tierra, lodo y óxidos de las tuberías.

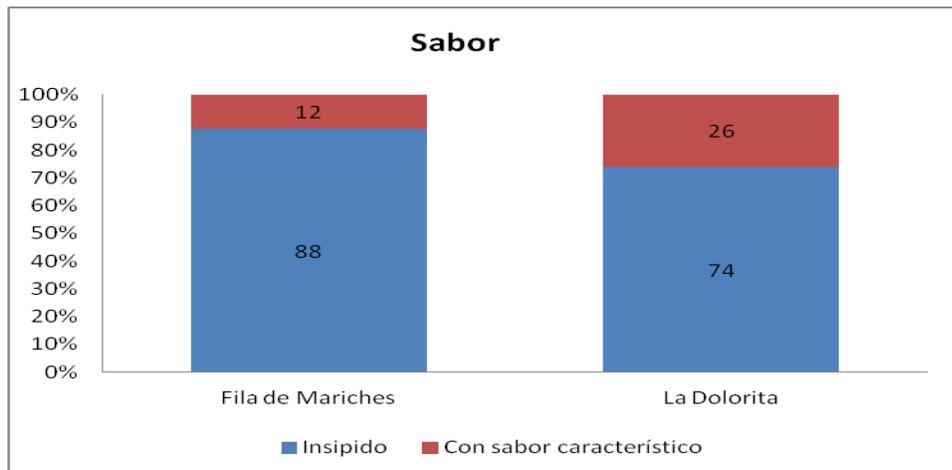


Figura 27: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Sabor.

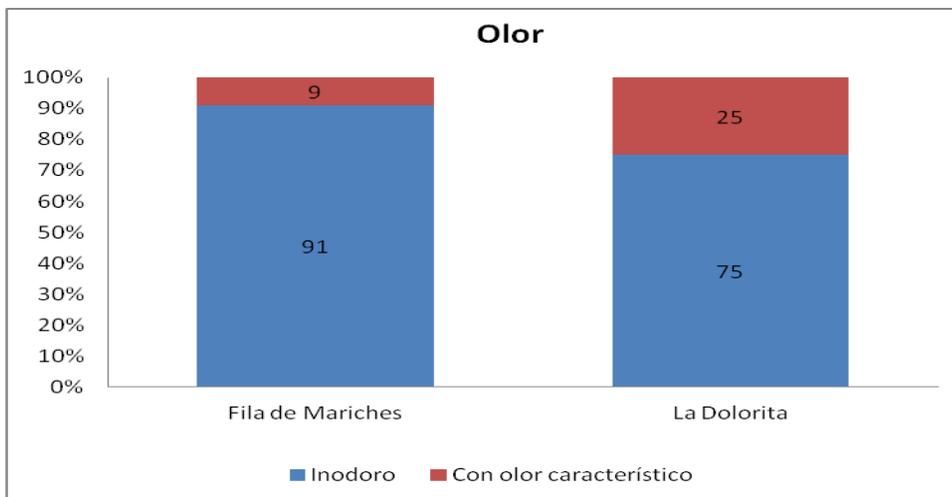


Figura 28: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo percibe las siguientes características del agua que recibe por tuberías?: Olor.

Respecto a la opinión que tienen los usuarios de la calidad del agua de los camiones cisterna, se observa en la figura 29 que para los habitantes de la Dolorita el agua es catalogada en un 46 % de calidad regular, mientras que en Fila de Mariches el 65 % de los usuarios consideran el agua de buena calidad.

Al comparar estos resultados con la opinión de la población acerca de la calidad del agua que reciben a través de las tuberías, se observan discrepancias en el caso de la Parroquia La Dolorita y la misma tendencia para la Parroquia Fila de Mariches, es decir, en la Dolorita el 54 % de las personas encuestadas consideran que el agua que reciben por las tuberías es de buena calidad mientras que sólo el 39 % mantuvo la misma opinión para el agua que reciben a través de camiones cisterna.

Es de resaltar que no existe en estas parroquias un monitoreo permanente del agua que se suministra mediante los camiones cisterna, y menos aún de las condiciones de los tanques almacenadores de estos camiones, especialmente del agua que se suministra a través de camiones privados en llenaderos no controlados por el IMAS.

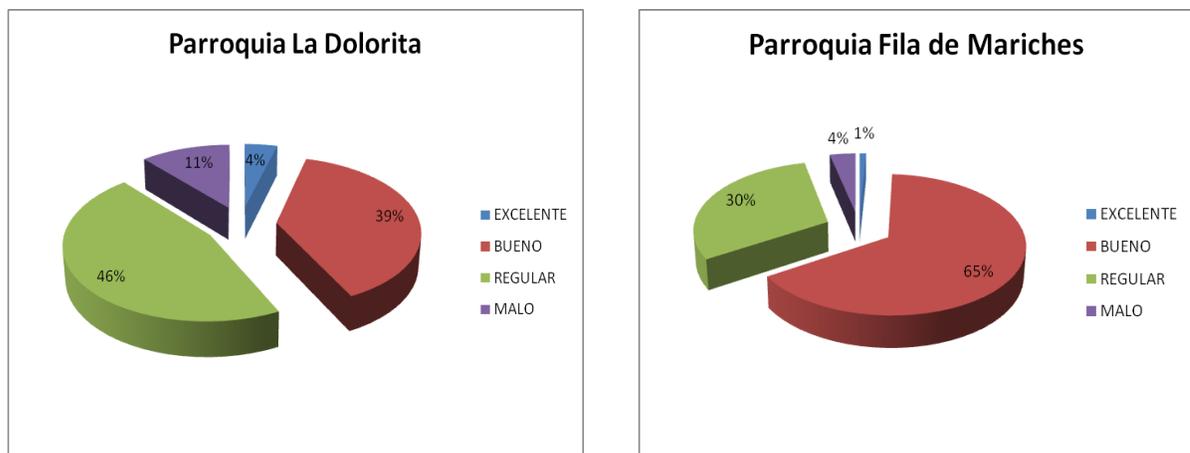


Figura 29: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿En relación al agua que recibe a través de camiones cisterna, qué opinión le merece su calidad?

#### **IV.2.4. 2.4.De los reportes y quejas de los usuarios**

En un intento por contrastar los reportes previamente analizados correspondientes a los años 2009 y 2010, se incluyeron dentro de la encuesta interrogantes asociadas a las quejas mas frecuentes de los usuarios referentes a las fallas de funcionamiento del acueducto. Los resultados indican que la falta de servicio de agua por tuberías representa la queja mas común para los sectores de las parroquias en estudio ( 49 y 64 %), seguido por las fugas de

agua en las tuberías (28 y 46 %), y con el porcentaje mas bajo, entre 8 y 5 % se ubicaron las alteraciones en la calidad del agua, estos resultados pueden ser observados en la figura 30.

Se aprecian algunas discrepancias al comparar estos resultados con las estadísticas obtenidas de los reportes, estos últimos revelaron que el mayor número de quejas recibidas correspondían a fugas de agua por las tuberías y en segundo lugar la falta de servicio, coincidiendo solo en que la queja menos frecuente correspondía a alteraciones en la calidad del agua. Las diferencias observadas pudieran estar asociadas a que al momento de recibir este tipo de queja el operario de guardia generalmente procede a responder de inmediato la solicitud, simplemente suministrando la información del por qué se ha retrasado el suministro (sin que ello implique la solución definitiva a la queja reportada), este mecanismo por consiguiente no permite a la institución obtener una estadística real de la cantidad de usuarios que no se encuentran conformes en esta parte del servicio.

A diferencia de lo explicado previamente, en el caso de los reportes por fugas de agua se hace necesario plasmarlos en el cuaderno de control diario, de manera que los trabajos de reparación puedan ser asignados y ejecutados por las cuadrillas de mantenimiento; siendo quizá está la causa de que la cantidad de reportes por fugas de agua representen la principal queja de los usuarios.

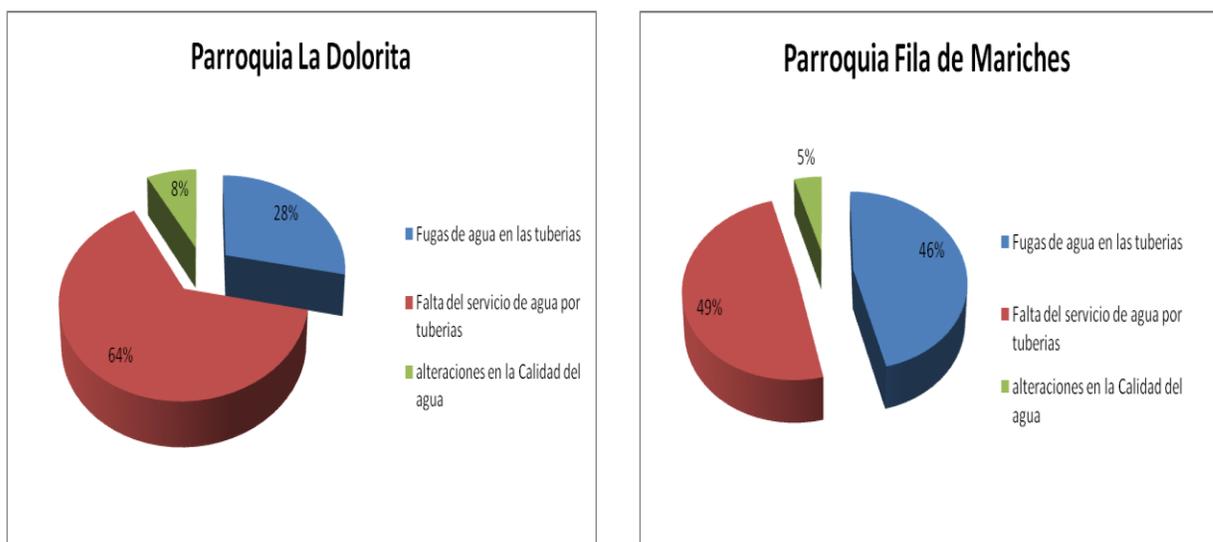


Figura 30: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Para usted cuál es la falla más frecuente en el servicio de agua y en el acueducto dentro de su sector?

La figura 31 revela que el porcentaje de usuarios que reporta las fallas a la institución es relativamente bajo, el mismo oscila alrededor del 30 %, además este grupo de personas consideran que la respuesta del instituto a sus inquietudes es de regular a mala (ver figura 32). Estos resultados indican que los mecanismos de interacción entre la institución y los usuarios presentan ciertas debilidades, por lo que deben buscarse herramientas y estrategias de gestión que permitan fortalecer la comunicación entre el ente municipal y los usuarios. Las herramientas deberán estimular la participación de las comunidades en la solución de los problemas y además deben mejorar la imagen de la institución en cuanto al manejo del servicio.

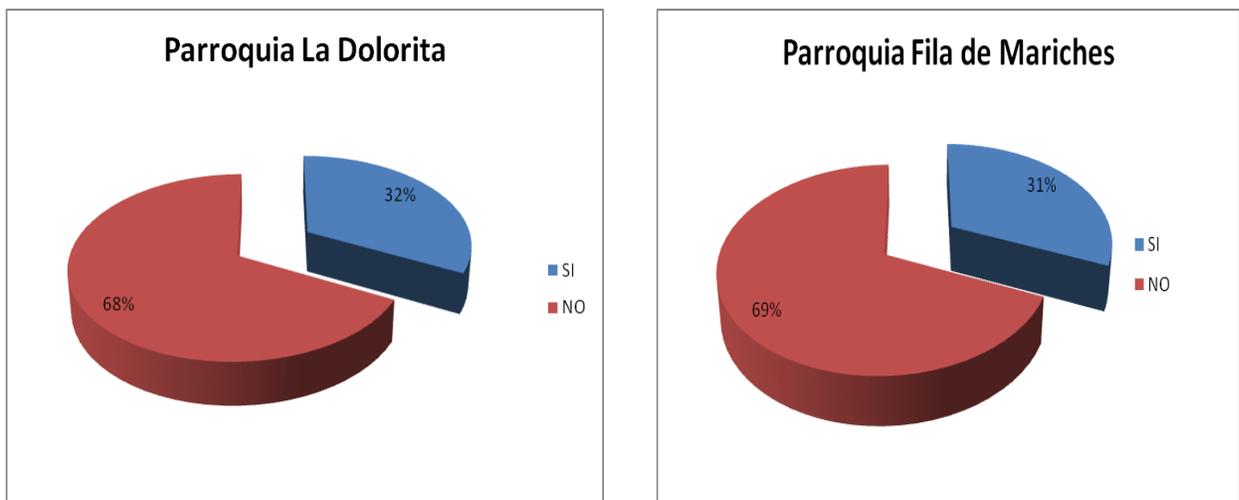


Figura 31: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Ha reportado usted a la institución encargada de manejar el acueducto algunas de las fallas mencionadas en la pregunta anterior?

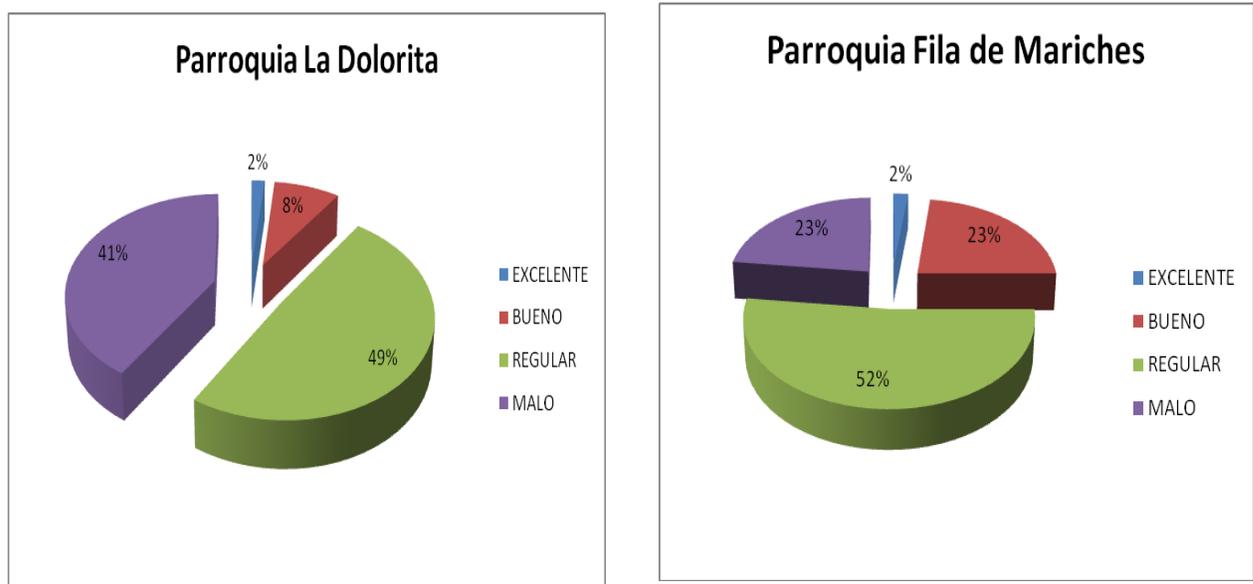


Figura 32: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo ha sido la respuesta de la institución?

Tal como se esperaba, se pudo comprobar que el porcentaje de usuarios que paga formalmente por el servicio de agua potable es muy bajo, en el caso de la Parroquia la Dolorita sólo un 8 % de los encuestados manifestó pagar el servicio, en la Parroquia Fila de Mariches el resultado indica que el servicio de agua es prácticamente gratuito. (Ver figura 33)

En este punto resulta interesante mencionar la gran influencia de la modalidad de suministro de camiones cisterna, pues tal como se observó previamente alrededor del 50 % de los encuestados usa camiones cisterna, de ese 50 % entre el 39 y 46 % paga por este servicio, los usuarios afirmaban que se han cancelado entre 12 y 15 Bs por tambor de 200 l, lo que significa que un porcentaje importante de la población paga de manera informal por el agua potable. Tomando en cuenta que los costos mencionados se encuentran muy por encima de las tarifas oficiales establecidas, debe entonces ponerse especial atención en este punto y entender que para mejorar la gestión y manejo de la institución deben implementarse medidas para el establecimiento de un programa de micro y macro medición y posteriormente estrategias de gestión de cobro que permitan incrementar las recaudaciones y que ello pueda ser reflejado en inversiones para las mejoras constantes del acueducto y por ende del servicio.

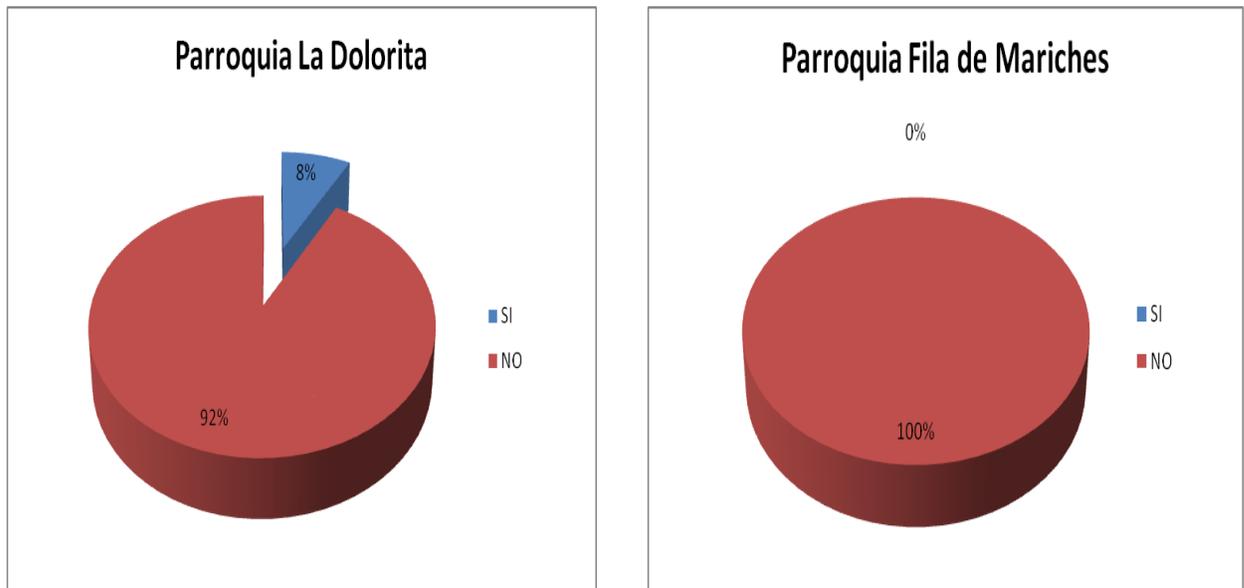


Figura 33: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Paga usted por el servicio de agua?

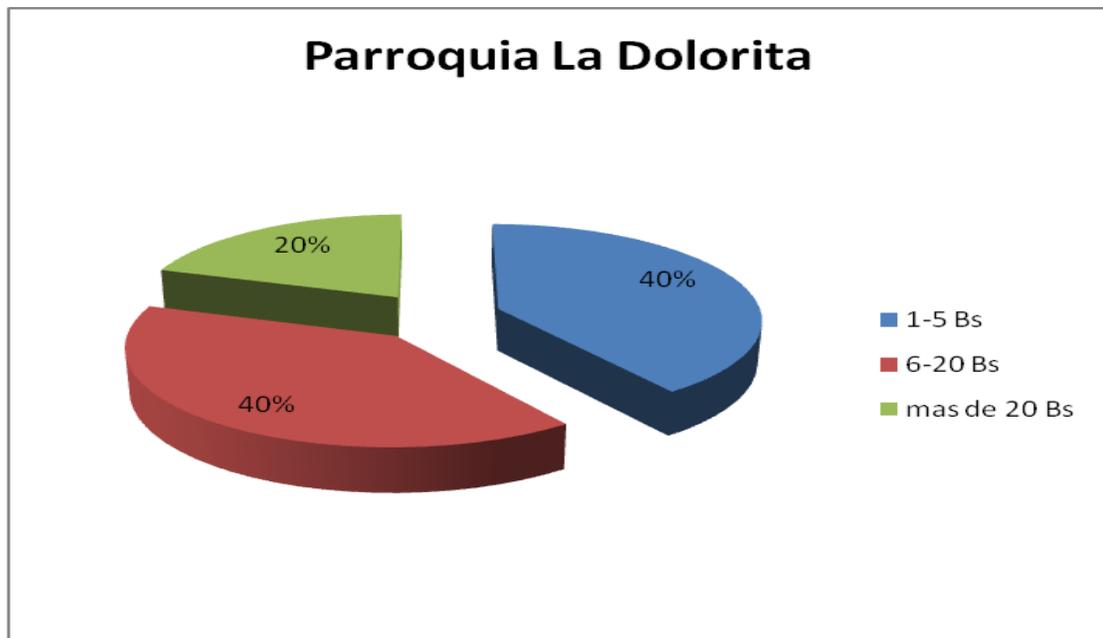


Figura 34: Resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cuánto paga usted mensualmente por el servicio de agua potable?

#### **IV.2.5. Calidad del agua abastecida:**

A continuación se presentan los resultados obtenidos del muestreo realizado en los diferentes nodos de consumo de ambas parroquias, los sectores donde se captaron las muestras fueron aquellos en los que el servicio se prestaba de forma intermitente, se descartaron aquellos que reciben agua de forma continua. En total fueron muestreados 39 puntos, se midieron in situ parámetros organolépticos básicos y en el laboratorio la presencia/ausencia de organismos coliformes totales y fecales, todo de acuerdo a lo establecido previamente en la metodología. Los valores obtenidos para cada uno de los parámetros medidos fueron comparados con los establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable Venezolana (NSCAP), esto permitió determinar las muestras que cumplían con la normativa.

En la figuras 35, se observan los resultados obtenidos para los parámetros organolépticos, en donde las muestras analizadas evidenciaron que el 31 % no cumplen con el valor máximo establecido en NSCAP para la turbiedad (5 UNT), mientras que el color y pH presentaron porcentajes iguales de incumplimiento (21 %).

Las muestras que reportaron valores de turbiedad y color por encima de la norma, corresponden a aquellas que fueron captadas en la primera hora de inicio del servicio; los puntos de muestreo en los que habían transcurrido entre 4 y 6 horas luego de iniciado el servicio, cumplieron con lo establecido en la norma para ambos parámetros. Se obtuvo un pico de turbiedad de 54 UNT correspondiente al nodo 83 de la Parroquia Fila de Mariches, este sector presentaba un ciclo de servicio de 20 días, y a pesar de que se esperó un tiempo de ½ hora para la captación de la muestra, la misma no mejoró sus condiciones organolépticas, lo que evidencia la influencia directa de la intermitencia del servicio en la calidad del agua. Investigadores especifican que la presencia de biopelículas en las redes de abastecimiento ocasiona la formación de productos que pueden deteriorar la calidad organoléptica del agua. (Knobelsdorf et al, 1997)

El 21 % de las muestras que reportaron incumplimiento por pH fueron valores que se encontraron por debajo del límite inferior establecido en el rango de la norma (6,5-8,5), en general el rango de pH se mantuvo entre 6,3 y 7,2, y coincide con los valores de muestreo de

rutina que se realizan en el agua que se suministra a través del acueducto en estudio, es decir no se obtuvieron valores atípicos que pudieran evidenciar alteraciones apreciables en el agua.

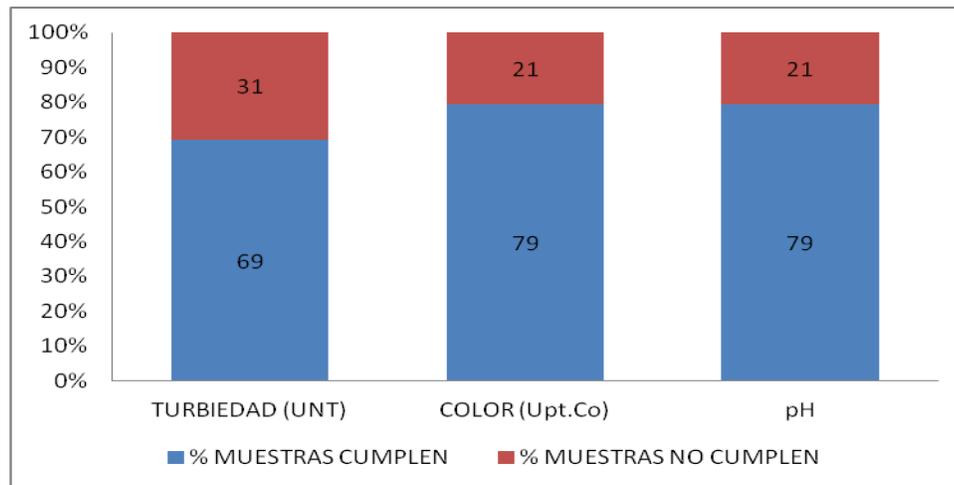


Figura 35: Resultados obtenidos para el análisis de turbiedad, Color y pH

El cloro residual libre fue otro parámetro que se midió en las muestras captadas, tal como se aprecia en la figura 36, los resultados indican que el 44 % de las muestras no cumplen con las NSCAP, de este 44 % (17 de 39 muestras), el 53 % corresponden a muestras que presentaron valores por encima de 2 mg/L y el 47 % a valores por debajo de 0,3 mg/L (8 muestras); este último valor se considera elevado si se toma en cuenta que la presencia de cloro libre en el agua es la garantía para atacar las recontaminaciones que pudiera sufrir a lo largo de la red de distribución. Durante el tiempo que el agua permanece en la red, el cloro utilizado como desinfectante reacciona ó se combina con la materia orgánica adherida a la pared de la tubería, disminuyendo su concentración y limitando así el número de células sobre las que puede actuar (Knobelsdorf et al, 1997). En el caso de los sistemas intermitentes, en los que el almacenamiento de agua en los hogares es una rutina obligatoria, estos resultados se podrían considerar de especial cuidado. La ausencia de desinfectante al inicio del ciclo de servicio implica que el agua que permanecerá almacenada por varios días se encontrará desprotegida y completamente vulnerable a la contaminación. La presencia de un desinfectante residual en el sistema de distribución es crítica para mantener un suministro de agua potable segura. (Rodgers, et al. 2011)

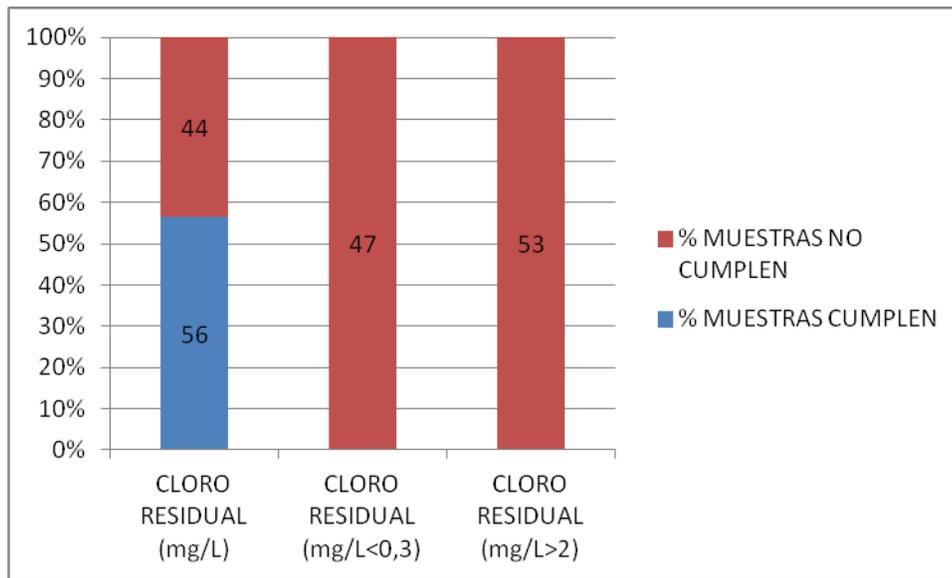


Figura 36: Resultados obtenidos para el análisis de Cloro residual

La figura 37 reporta los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados a las muestras captadas. Un porcentaje importante (38 %) resultó positivo a la presencia de bacterias coliformes totales. Un porcentaje menor (13 %), pero quizá de mayor impacto reportó la presencia de bacterias coliformes fecales. Las investigaciones han demostrado que las biopelículas que se forman en las paredes de las tuberías de distribución son la principal fuente de microorganismos. (Berry, 2006)

Valores de cloro residual libre por debajo de 0,3 mg/L, combinados con la presencia de bacterias coliformes totales y fecales en el agua se convierten en resultados de alarma, especialmente en sistemas discontinuos.

De acuerdo con lo observado durante la captación de las muestras, los hogares tienen una conexión directa desde la tubería de distribución a los depósitos de almacenamiento, esto significa que si el agua que llega al inicio del servicio presenta alteraciones en la calidad por efecto del arrastre de partículas adheridas a las paredes de la tubería, esta agua contaminada quedará almacenada y puede generar la contaminación de los tanques y del agua que posteriormente llegará al mismo.

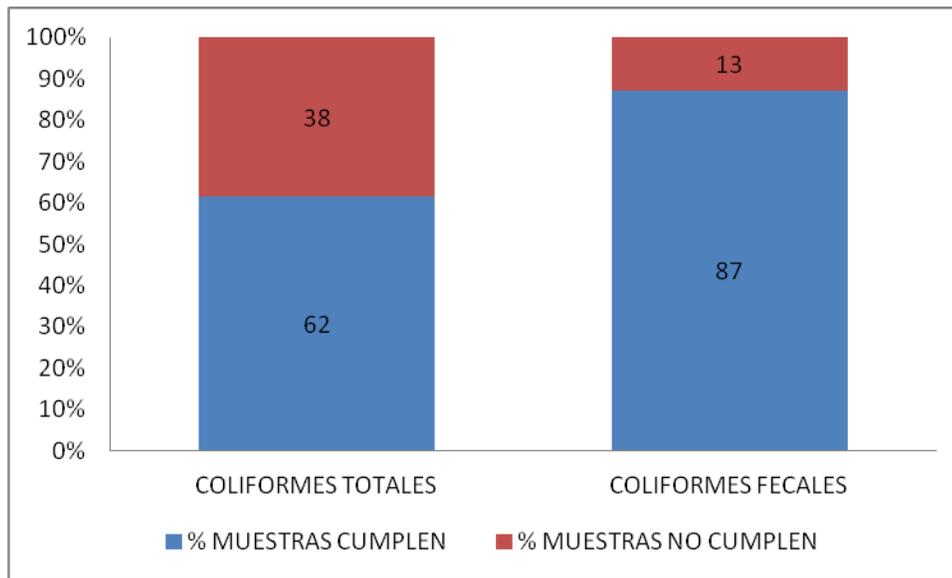


Figura 37: Resultados obtenidos para el análisis de la Presencia/ausencia de Coliformes totales y Coliformes Fecales

### **IV.3. Análisis del sistema e identificación de zonas críticas.**

#### **IV.3.1. Principales Problemas.**

1. El 70 % del agua que entra a la red de distribución proviene en su mayoría de un sistema de tratamiento manejado por Hidrocapital, por lo cual el ente municipal (IMAS), sólo se encarga de su distribución. Esta dependencia de otra institución no permite al IMAS mantener un control total sobre las operaciones y maniobras del acueducto.
2. El elevado consumo de agua en el primer tramo del recorrido del ASFM (Parroquia Petare), genera gran disminución de los caudales y las presiones, lo que posteriormente se asocia a problemas de distribución en la Parroquia La Dolorita.
3. La necesidad de incrementar las presiones para lograr una buena distribución del servicio en las zonas altas, obliga a la ejecución de maniobras que en algunos casos produce el funcionamiento inadecuado de los dispositivos instalados en la red, por ejemplo los equipos de bombeo.
4. La ausencia de dispositivos de medición de caudal genera un vacío en relación a la cantidad real de agua que entra y sale del acueducto, esto dificulta el control de pérdidas y por ende la distribución.

5. La revisión de los cuadernos de reportes y la encuesta aplicada en las Parroquias, permitieron determinar que existe una elevada frecuencia de fugas en las tuberías a lo largo de toda la red de distribución. La obsolescencia de algunos tramos y la necesidad de llevar a cabo una rutina diaria de cierre y apertura de válvulas producto del funcionamiento discontinuo, son algunos de los factores que pueden influir en este comportamiento.
6. En ocasiones el control de reportes realizado en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento no permite diferenciar entre reporte y reparación, tampoco se clasifican los mismos de acuerdo al tipo de queja y al estatus de las mismas, lo que puede generar desorganización en la planificación de las actividades diarias.
7. Se percibió una elevada apatía de los usuarios para reportar las fallas que se detectan en el acueducto (fugas, falta de servicio, alteraciones en la calidad del agua), lo que retarda la aplicación de medidas para la corrección de las mismas.
8. Las constantes reparaciones en las tuberías eleva el riesgo de contaminación del agua que circula por la red de distribución (debido a la intrusión de agentes externos a través de las roturas). En el 2009 se realizaron 169 reparaciones por fugas de agua en las tuberías de la zona en estudio, mientras que en el 2010 se ejecutaron 157.
9. El funcionamiento intermitente produce alteraciones en los parámetros organolépticos del agua (color, olor, sabor, apariencia) que llega a los usuarios, especialmente en las primeras horas de apertura del servicio. Tomando en cuenta que la mayoría de las veces la conexión del acueducto hacia los hogares se encuentra instalada directamente a los tanques y otros dispositivos de almacenamiento, se puede intuir que el agua almacenada es altamente vulnerable a la contaminación.
10. La distribución de agua mediante camiones cisterna no es controlada en su totalidad por el ente municipal, esto trae como consecuencia, entre otras, la especulación en los precios del agua que se vende a las comunidades. Además, existen fuentes externas privadas (pozos) que abastecen los tanques de las cisternas, lo que significa que tampoco se tiene un control de la calidad del agua que se distribuye.

#### IV.3.2. Identificación de zonas críticas.

Una vez descrita a detalle la zona en estudio y realizado el diagnóstico correspondiente, en esta etapa se llevó a cabo la identificación de las zonas más críticas ó vulnerables. Para este análisis se elaboraron mapas temáticos con ayuda del sistema de información geográfica ARG GIS.

En el mapa de la figura 38 se encuentran plasmados los indicadores utilizados como criterio para el análisis preliminar de vulnerabilidad en la Parroquia la Dolorita, los sectores que aparecen en el mapa son aquellos que de acuerdo con: la estadística de camiones cisterna, la encuesta aplicada, el monitoreo de calidad del agua y el análisis estadístico de los reportes, presentaron de manera frecuente un mayor índice de anomalías ó funcionamiento inadecuado. De los indicadores utilizados, los que se presentan con mayor frecuencia son: el de la percepción negativa en la calidad del servicio (15 sectores), seguido por el uso de camiones cisterna (14); el de menor frecuencia fue la percepción negativa en las respuestas de la institución a los reportes de los usuarios, no obstante, debe recordarse que los resultados de la aplicación de la encuesta en esta parroquia, indicaron que existe una elevada apatía de los usuarios a reportar las fallas en el acueducto.

Se siguió el mismo procedimiento para la Parroquia Fila de Mariches (ver mapa de la figura 39), en este caso el uso elevado de camiones cisterna fue el indicador más frecuente (13), seguido por las fugas y la percepción negativa del servicio (ambos en 10 sectores), solo seis (6) de los sectores de esta parroquia presentaron frecuencia elevada en los ciclos de servicio más largos (por encima de 15 días).

Luego de analizar los mapas se procedió a superponerlos, con la idea de sectorizar las parroquias, es decir, tal como se describió en la metodología se clasificaron las zonas como de baja, media y alta vulnerabilidad, dependiendo del número de indicadores que presentaran.

En la figura 40 se observa el mapa de vulnerabilidad de la Parroquia la Dolorita, en el mismo se pueden identificar doce (12) zonas de baja vulnerabilidad, ocho (8) de media y cinco (5) de alta vulnerabilidad, se aprecia como la zona roja es predominante en el casco central del barrio La Dolorita.

En las zonas de baja vulnerabilidad se observa que predominan las fugas de agua como el problema resaltante (en 6 de las 9 zonas), significa entonces que debe revisarse a detalle la red de tuberías, lo que debe incluir: material y edad de la tubería y las presiones de trabajo.

En las zonas de media vulnerabilidad la característica que destaca es que presentan los mismos problemas recurrentes (ver mapa 1), es decir, ciclos de servicios largos, asociados a un elevado uso de camiones cisterna y éstos desencadenan a la vez una percepción negativa en la calidad del servicio.

Por otra parte, el mapa de vulnerabilidad de la Parroquia Fila de Mariches presenta trece (13) zonas de baja vulnerabilidad, ocho (8) de media y dos (2) de alta (ver figura 41), al igual que en el caso de la Dolorita, las zonas más vulnerables predominan en sectores específicos de la parroquia; por ejemplo, Caballo Mocho y Valle Fresco que son dos sectores vecinos, y Altos de Tomas y las Flores, que también son sectores que se encuentran geográficamente muy cercanos.

En el caso de esta parroquia, en las zonas de baja vulnerabilidad se aprecia frecuentemente el indicador de alteraciones en la calidad del agua, por lo tanto debe intensificarse el monitoreo en estas zonas.

Lo descrito en los párrafos anteriores, permite concluir que este análisis puede orientar a la institución para focalizar los problemas y priorizar las medidas. Debe ponerse especial atención a las zonas que aparecen en rojo, se presume que ya en este caso las medidas a aplicar son correctivas; las zonas de vulnerabilidad media tienen que atenderse con prontitud para evitar que lleguen a niveles críticos, y en los casos de baja vulnerabilidad, deben implementarse medidas preventivas que permitan mejorar las características que los hacen sectores vulnerables y de esta manera disminuir el número de sectores que aparecen en el mapa.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y la Dolorita del estado Miranda*

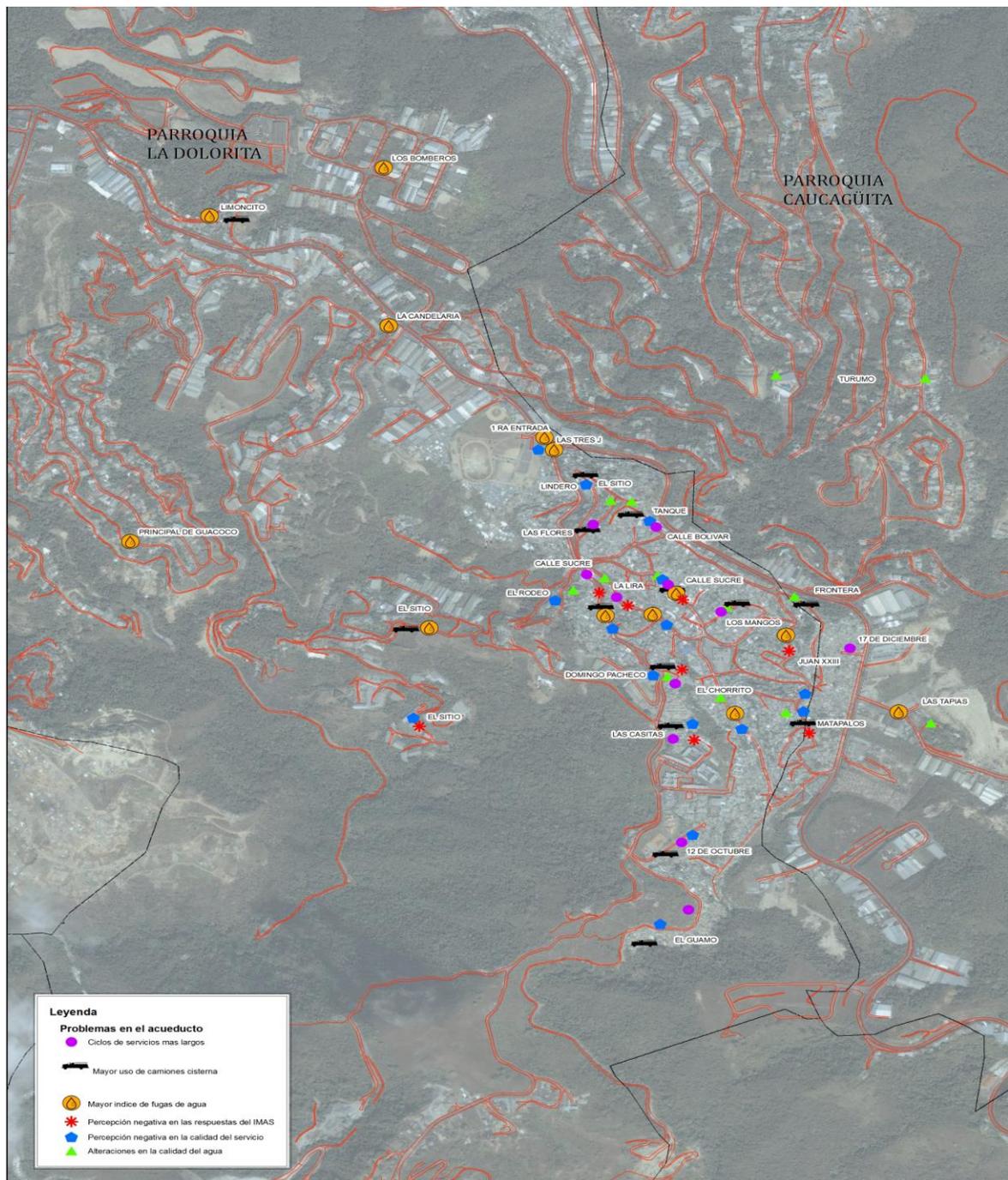


Figura 38: Mapa de indicadores de vulnerabilidad en la Parroquia la Dolorita

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y la Dolorita del estado Miranda*

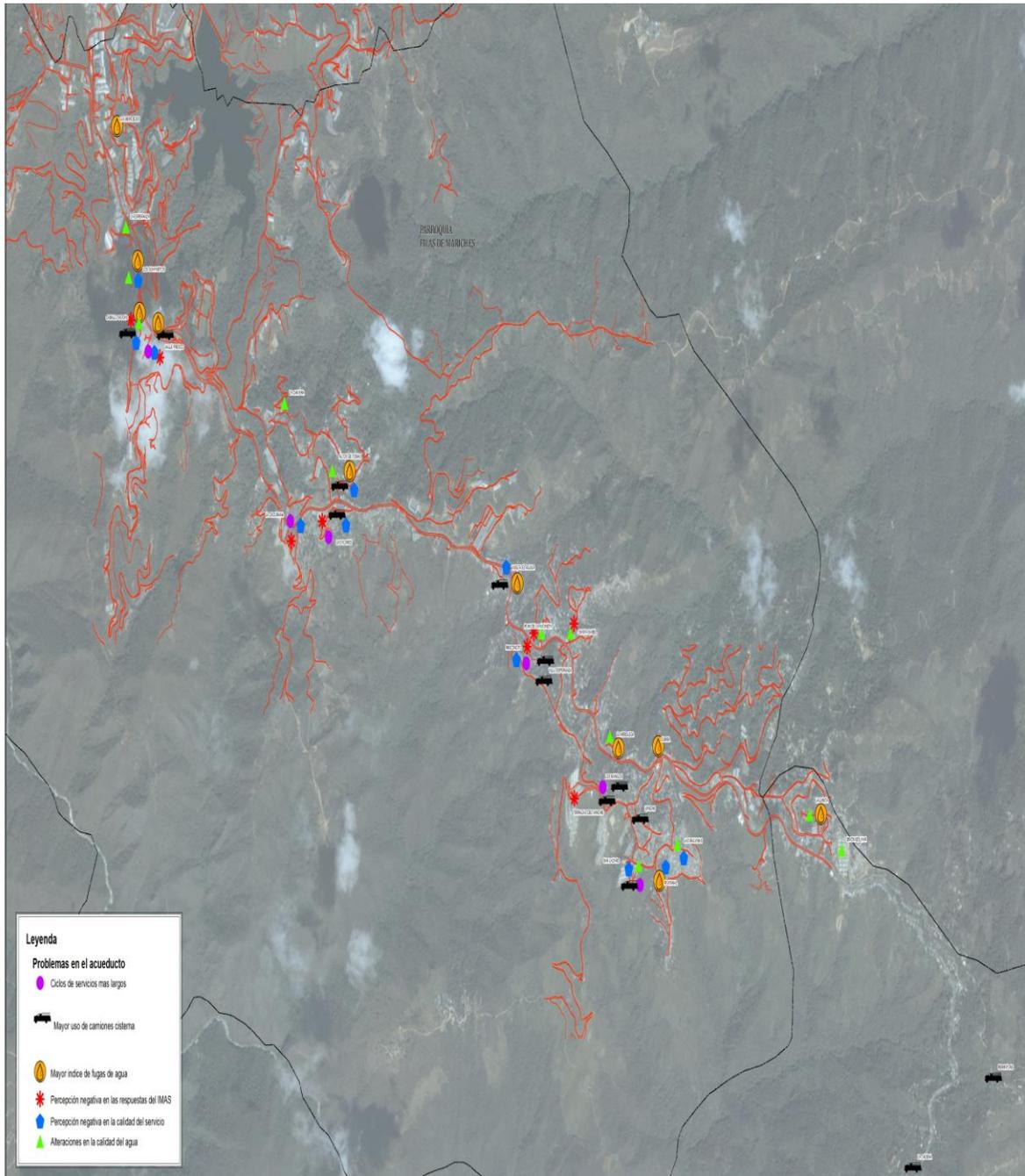


Figura 39: Mapa de indicadores de vulnerabilidad en la Parroquia Fila de Mariches.



*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y la Dolorita del estado Miranda*

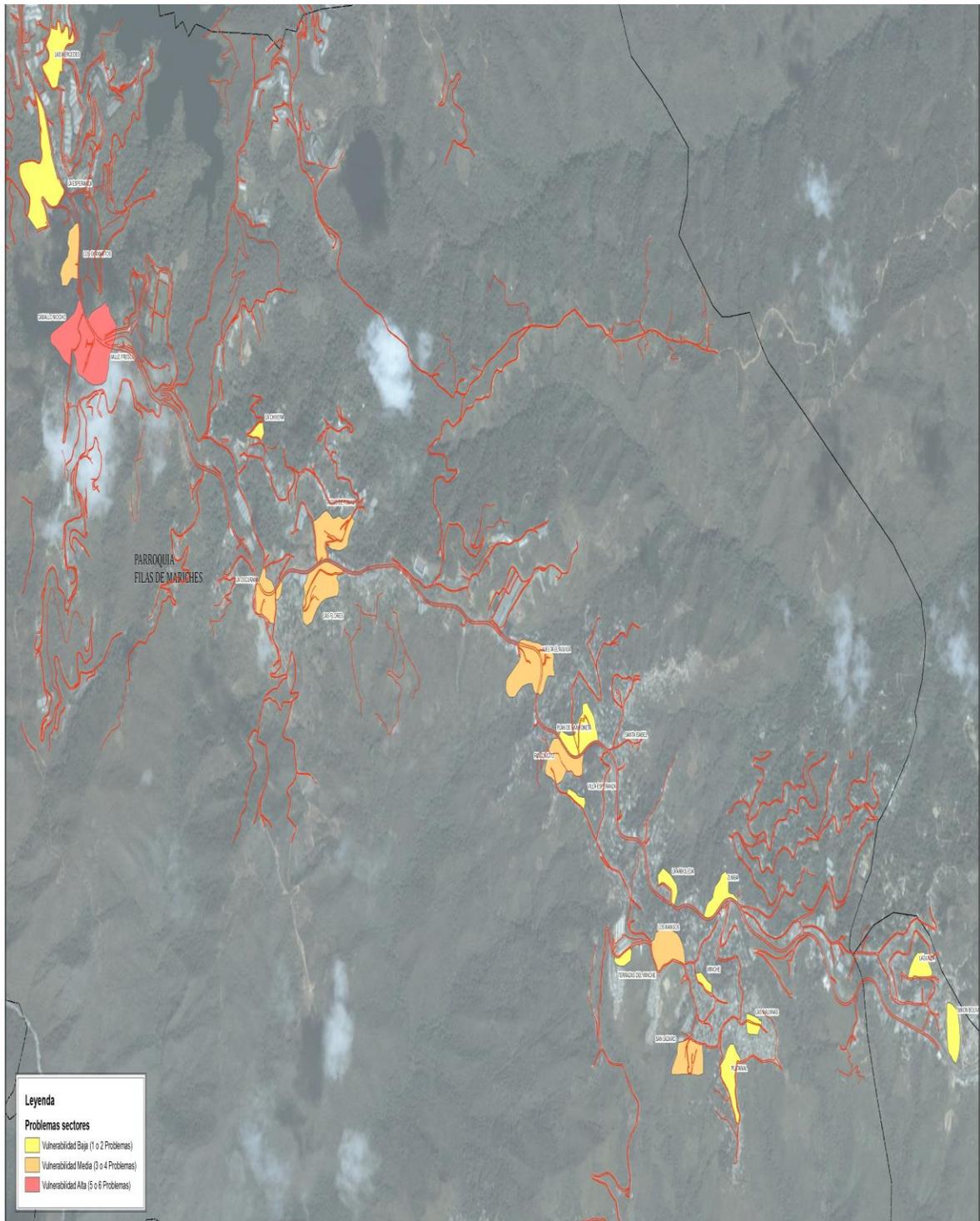


Figura 41: Mapa de vulnerabilidad de la Parroquia Fila de Mariches.

#### **IV.4. Propuestas de Gestión.**

Es claro que la principal estrategia de gestión debe ir dirigida a reducir la discontinuidad y los ciclos de servicio en las Parroquias Fila de Mariches y la Dolorita, incorporando nuevas fuentes de agua, planificando y controlando el desarrollo de nuevos urbanismo de manera mancomunada con otras instituciones, incorporando nuevas redes de distribución, entre otros. Sin embargo, la idea del presente estudio se basa en recomendar medidas que permitan minimizar el impacto sobre los usuarios de la discontinuidad del servicio de agua potable.

##### **IV.4.1. Plan de Monitoreo y control de la calidad del agua distribuida mediante Camiones Cisterna.**

El diagnóstico previo permitió determinar la elevada influencia del suministro de agua mediante camiones cisterna; de la misma manera se comprobó que no existe un plan de mantenimiento de estas unidades, así como tampoco un monitoreo continuo del agua que se almacena en estos tanques y que luego se distribuye, por lo tanto a continuación se presentan las recomendaciones para establecer el control de la calidad del agua que se distribuye a través camiones cisternas propios y privados, a saber:

###### IV.4.1.1. Inventario de los camiones.

El inventario de los camiones cisterna que abastecen sus tanques en llenaderos manejados por la institución deberá realizarse mensualmente, esto con la finalidad de controlar el flujo de camiones, reportar cambios en los mismos, desincorporación e incorporación de nuevos camiones, eficiencia en las labores de entrega del agua. El formato mostrado en la tabla VII.1 del anexo VII fue diseñado como apoyo para llevar a cabo esta labor.

###### IV.4.1.2. Control de cloro residual del agua almacenada y transportada en los tanques de los camiones cisterna.

Una vez el tanque de los camiones cisterna ha sido abastecido de agua, será necesario monitorear los cambios que ésta sufre durante el almacenamiento en estos dispositivos, previo a su entrega a la población. Para ello deberán adoptarse las siguientes pautas:

1. Utilizar la medida cloro residual como parámetro indicador de la calidad del agua. Esto significa que deben adquirirse los equipos de medición de este parámetro (comparadores de cloro).
2. El IMAS cuenta de forma permanente con personal que trabaja en el control de la distribución de los camiones cisterna a los distintos sectores del Municipio Sucre, este personal sería el más idóneo para el monitoreo de la calidad del agua. De esta manera, se evitan los costos asociados a contratación de nuevo personal. Sin embargo, previo a la implementación del plan deben dictarse charlas de capacitación y adiestramiento.
3. Se realizarán como mínimo tres (3) pruebas semanales a cada camión. Un muestreo específico implica la captación de dos (2) muestras: una en el momento en el que el cisterna se abastece de agua y la otra en el sitio de la entrega del agua a los usuarios.
4. Se captará una (1) muestra mensual por camión para someterla a los análisis bacteriológicos correspondientes.

En la tabla VII.2 del anexo VII, se presenta un formato tipo para la ejecución de este procedimiento y en la tabla 6 el indicador diseñado para hacerle seguimiento a esta medida. Es de resaltar que la implementación de este plan de monitoreo permitirá garantizar la potabilidad del agua que se distribuye a través de esta modalidad y además detectar contaminaciones puntuales ó cambios dentro de los tanques almacenadores que indiquen que el mismo debe ser sometido a limpieza y mantenimiento.

#### IV.4.1.3. Control de limpieza y desinfección de los tanques de los camiones cisterna.

Los tanques de los camiones cisterna deberán someterse a un proceso de limpieza y desinfección; el monitoreo descrito previamente permitirá determinar el momento en que el tanque de un camión cisterna requiere ser sometido a este procedimiento. No obstante, se recomienda que como mínimo la frecuencia de aplicación sea cada tres (3) meses, de acuerdo a lo establecido en la Gaceta Oficial N° 35.827.

Para el control de esta actividad se diseñó la planilla mostrada en la tabla VII.3 del anexo VII y se formuló un indicador para evaluar la eficiencia en la aplicación de esta medida (ver tabla 6, indicadores de gestión)

Como ya se mencionó, este plan solo incluye los camiones que pueden ser controlados por el IMAS. Sin embargo, debido a la elevada influencia de esta modalidad ya es conocido que una parte importante del agua es vendida por empresas privadas; y que además, pese a que existen unas normas sanitarias para el control del agua que se transporta en camiones cisterna, no hay control alguno sobre estos, por lo tanto, una recomendación adicional sería estimular la creación de una ordenanza municipal que regule el abastecimiento de agua para consumo humano a través de camiones cisterna. En países de América latina ya se han establecido este tipo de normas regulatorias, por ejemplo, la Municipalidad Metropolitana. Alcaldía de Lima, en el año 2005.

#### **IV.4.2. Recomendaciones para la implementación de un programa de limpieza de tuberías e Instalación de válvulas de limpieza en las tuberías principales.**

El catastro realizado en la primera parte del diagnóstico evidenció la ausencia de válvulas de limpieza a lo largo del ASFM, específicamente en las Parroquias Fila de Mariches y La Dolorita, se evidenció además, que uno de los mayores impactos del suministro de agua intermitente, es la alteración de la calidad del agua en la primera hora de apertura del servicio, el arrastre de biopelículas formadas en las paredes de la tubería se hace inminente al inicio de un ciclo de servicio. Montoya et al (2009), señalan que existe una correlación directa entre la presencia de biopelículas y el deterioro de la calidad del agua en las redes de distribución, así como también en la capacidad hidráulica de la tubería. Por tanto, una de las recomendaciones de especial importancia se basa en la implementación de un programa de lavado preventivo rutinario y correctivo de las redes, esto mantiene el interior de la tubería con un mínimo de material sedimentado y por ende se retarda el crecimiento de las biopelículas y la formación de incrustaciones.

En los párrafos siguientes se describen las variables a tomar en cuenta en la implementación de un programa de lavado, basado en la revisión de la bibliografía; además se recomiendan

algunos tramos de la red que pueden ser limpiados como plan piloto, puesto que, el diseño de un esquema de lavado en una red tan compleja y amplia como la revisada en esta investigación, requiere de estudios adicionales y de un grupo multidisciplinario altamente calificado y con profundo conocimiento de todo el sistema.

#### IV.4.2.1. Variables operativas a tomar en cuenta en un programa de lavado de tuberías.

Las variables operativas más importantes a tomar en cuenta dentro de un programa de lavado son: el tipo de lavado a usar (mecánico ó hidráulico a presión), diámetros y material de las tuberías, velocidades, presiones y caudales que se manejan en la red, planos de la red de distribución de aguas blancas (que incluya la configuración de válvulas), topología de la red y planos de la red de colectores de aguas servidas.

Tipo de lavado. Se recomienda un plan piloto usando el lavado hidráulico a presión unidireccional, este consiste en aislar el tramo de la red que se planea limpiar cerrando las válvulas adecuadas, se introduce el agua en un punto y toda se dirigirá en una sola dirección, hacia el hidrante ó válvula de limpieza que permitirá la salida del agua. El lavado hidráulico unidireccional (LHU) presenta gran ventaja desde el punto de vista económico y de implementación en campo (Poulin et al, 2010).

Velocidad de flujo. Dependiendo de los beneficios que se desea obtener, existe un rango de velocidades que se pueden utilizar en los LHU, Carvajal et al (2007) especifican que el rango de velocidades recomendado para el LHU se encuentra entre 1,5 y 1,8 m/s, con el fin de evitar el golpe de ariete. En la tabla VII.8 del anexo VII se pueden apreciar las velocidades y caudales requeridos en función del diámetro de la tubería.

Revisión de planos. La revisión de los planos tanto de la red que se desea limpiar como de la red de aguas servidas es de especial importancia. Esto permite determinar, en el primero de los casos la ubicación de las válvulas que deben abrirse ó cerrarse y en el segundo, la ubicación del sitio para la descarga del agua de lavado (bocas de visita de los colectores).

Longitud de tuberías. Se recomienda que los tramos de tubería que se vayan a lavar sean cortos para tener mejor control del proceso y alcanzar una mayor velocidad. La AWWA (2003) establece una distancia óptima entre 500 y 1.500 metros.

Duración del lavado. En evaluaciones de campo se ha encontrado que la mayoría de los depósitos sobre la tubería se remueven en los primeros 10 minutos de lavado. No obstante, cada caso es específico y la mejor manera de determinarlo es realizando perfiles de turbiedad, tomando muestras del agua desahogada por las válvulas de limpieza ó hidrantes.

#### IV.4.2.2. Plan piloto de lavado hidráulico unidireccional (LHU) en la zona de estudio.

Para la implementación del plan piloto se tomaron en cuenta los parámetros descritos previamente y se adaptaron a la condición particular de la zona en estudio. Los tramos propuestos para la limpieza corresponden a la tubería principal y no a redes secundarias, dado que estas necesitarán de un estudio más detallado. La fuente de agua que debe utilizarse para los lavados es la proveniente del tanque de 30.000 m<sup>3</sup> que almacena el agua que produce la Planta de Tratamiento la Pereza nueva, dado que es en este punto donde se dispone de las cantidades y caudales requeridos. Se plantea realizar cinco (5) lavados, tres (3) en la Parroquia Fila de Mariches y dos (2) en la Parroquia la Dolorita. A continuación se detalla y describe cada uno de ellos:

#### **Parroquia Fila de Mariches.**

Lavado número 1. Comprende la limpieza de 750 metros de tubería de diámetro  $\phi = 12''$ , el punto de entrada del agua es el nodo 52 y el de salida el nodo 56-A, en este último se debe instalar una válvula de línea para limitar el paso del agua hasta este punto y una válvula de limpieza para la descarga del agua de lavado. El caudal necesario para obtener una velocidad de 1,5 m/s oscila alrededor de 110 L/s. En el plano de la figura 42 se aprecia el esquema de lavado y se especifican las válvulas que deben permanecer abiertas ó cerradas para la ejecución del mismo.

Lavado número 2. Comprende la limpieza de 2.149 metros de tubería de diámetro  $\phi = 12''$ , desde el nodo 56-A hasta el nodo 63-A, no obstante se debe destacar que el punto de entrada del agua es el nodo 52, lo que significa que este lavado se debe realizar posterior al primer lavado, con ello se minimizan las pérdidas de carga en el primer tramo. En el nodo 63-A se debe instalar una válvula de línea para limitar el paso del agua hasta este punto y

una válvula de limpieza para la descarga del agua de lavado. El caudal necesario para obtener una velocidad de 1,8 m/s oscila alrededor de 131 L/s. Se incrementó la velocidad de lavado tomando en cuenta que el agua debe circular por un tramo más largo. En el plano de la figura 43 se aprecia el esquema de lavado y se especifican las válvulas que deben permanecer abiertas ó cerradas para la ejecución del mismo.

Lavado número 3. Comprende la limpieza de 1.763 metros de tubería de diámetro  $\phi = 12''$ , desde el nodo 63-A hasta el nodo 70-A, no obstante se debe destacar que el punto de entrada del agua es el nodo 52, lo que significa que este lavado se debe realizar posterior al primer y segundo lavado, con ello se minimizan las pérdidas de carga en los dos primeros tramos. En el nodo 70-A se debe instalar una válvula de línea para limitar el paso del agua hasta este punto, para este caso el trabajo de campo permitió corroborar que ya existe una válvula de limpieza en este lugar, no obstante la misma se encuentra deshabilitada, por lo que se debe proceder a su rehabilitación. El caudal necesario para obtener una velocidad de 1,8 m/s oscila alrededor de 131 L/s. en el plano de la figura 44 se aprecia el esquema de lavado y se especifican las válvulas que deben permanecer abiertas ó cerradas para la ejecución del mismo.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del estado Miranda*

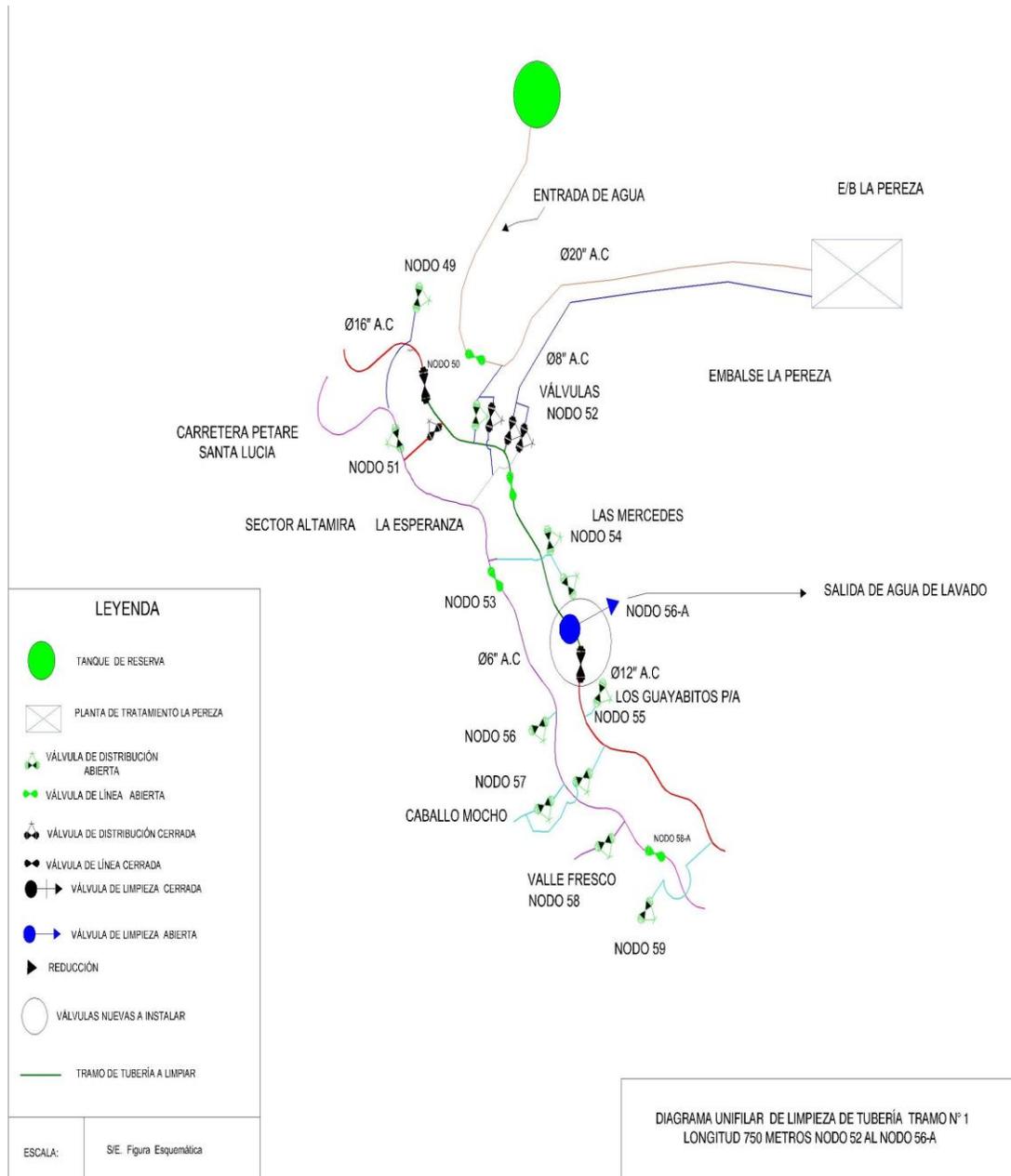


Figura 42: Esquema de lavado 1, Parroquia Fila de Mariches.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del estado Miranda*

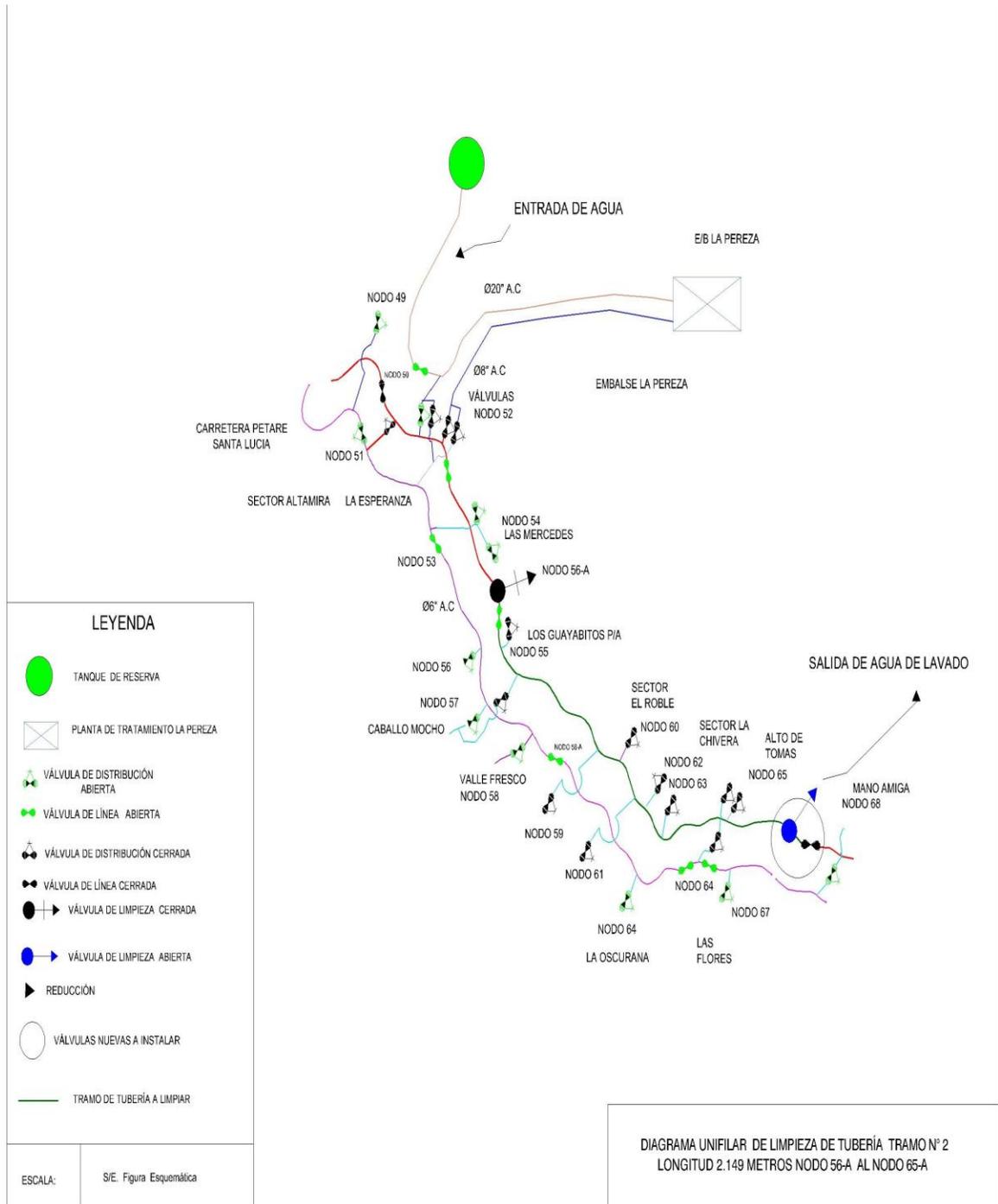


Figura 43: Esquema de lavado 2, Parroquia Fila de Mariches.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del estado Miranda*

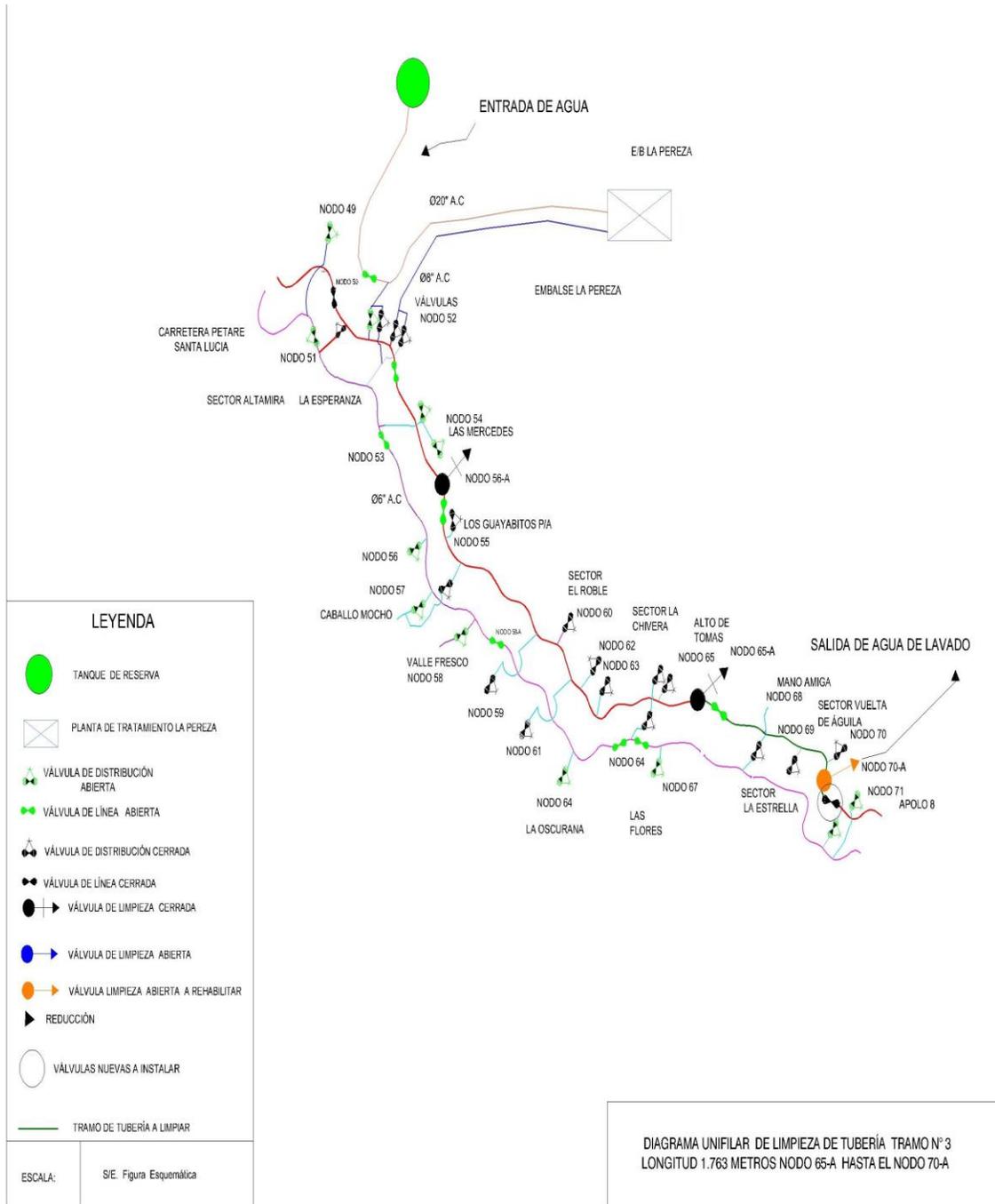


Figura 44: Esquema de lavado 3, Parroquia Fila de Mariches.

### **Parroquia La Dolorita.**

Los lavados correspondientes a la parroquia la Dolorita comprenden un tramo de la tubería que se encuentra en jurisdicción de la Parroquia Fila de Mariches, esto es porque tal como se explicó previamente, el punto de entrada del agua para todos los lavados es el nodo 52, no obstante muchos de los sectores beneficiados se encuentran en la Dolorita

Lavado número 1. Comprende la limpieza de 1.456 metros de tubería de diámetro  $\varnothing = 16''$ , el punto de entrada del agua es el nodo 52 y el de salida el nodo 48-A, en este último se debe instalar una válvula de línea para limitar el paso del agua hasta este punto y una válvula de limpieza para la descarga del agua de lavado. El caudal necesario para obtener una velocidad de 1,5 m/s oscila alrededor de 195 L/s. en el plano de la figura 45 se aprecia el esquema de lavado y se especifican las válvulas que deben permanecer abiertas ó cerradas para la ejecución del mismo.

Lavado número 2. Comprende la limpieza de 1.591 metros de tubería de diámetro  $\varnothing = 16''$ , desde el nodo 48-A hasta el nodo 43-A, no obstante se debe destacar que el punto de entrada del agua es el nodo 52, lo que significa que este lavado se debe realizar posterior al primer lavado, con ello se minimizan las pérdidas de carga en el primer tramo. En el nodo 43-A se debe instalar una válvula de línea para limitar el paso del agua hasta este punto y una válvula de limpieza para la descarga del agua de lavado. El caudal necesario para obtener una velocidad de 1,5 m/s oscila alrededor de 195 L/s. En el plano de la figura 46 se aprecia el esquema de lavado y se especifican las válvulas que deben permanecer abiertas ó cerradas para la ejecución del mismo.

En la tabla 6 (indicadores de gestión), se puede observar el indicador formulado para evaluar la eficiencia en la aplicación de esta medida.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del estado Miranda*

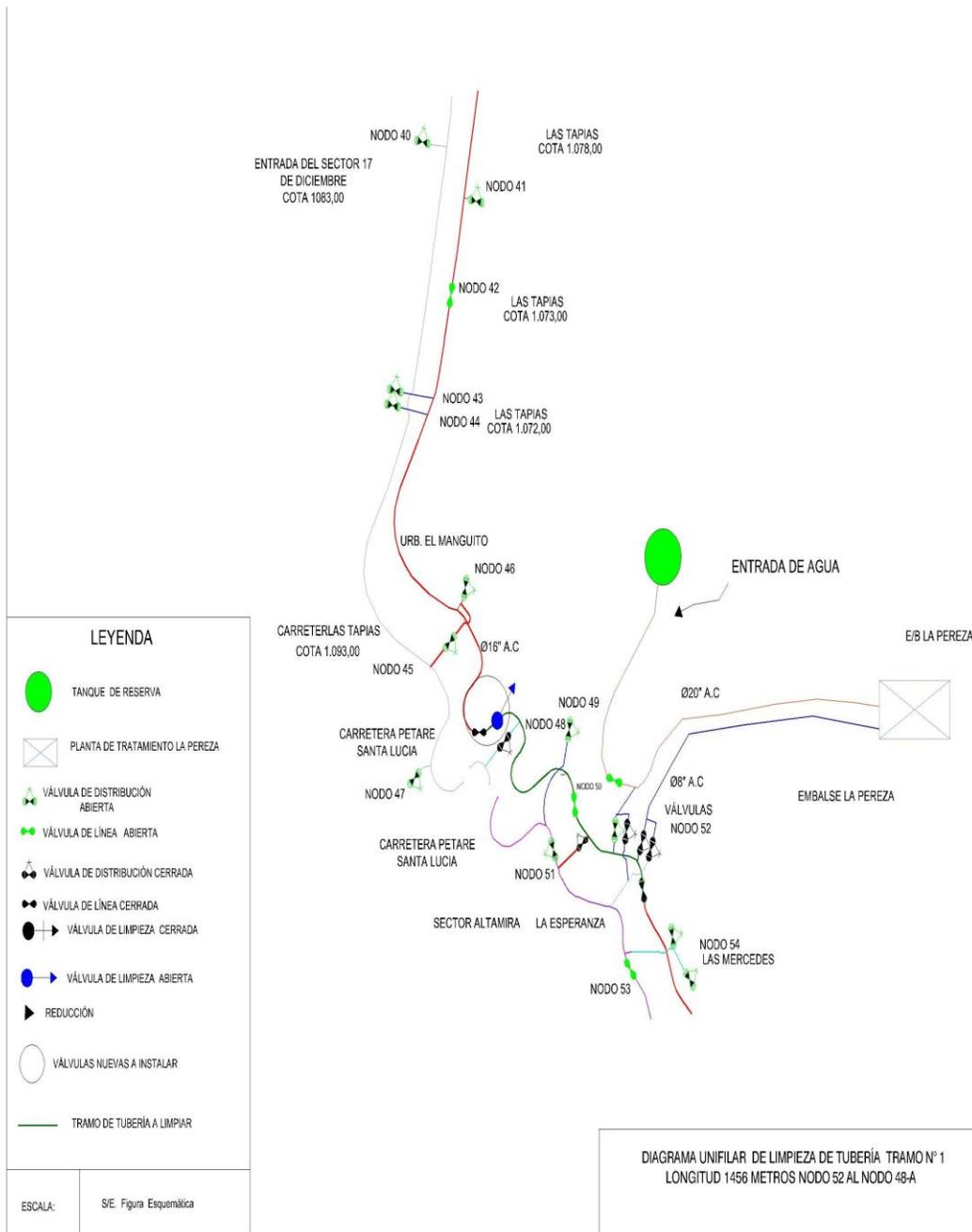


Figura 45: Esquema de lavado 1, Parroquia La Dolorita.

*Análisis de la incidencia de la discontinuidad del suministro de agua potable en la calidad del servicio en las parroquias Fila de Mariches y La Dolorita del estado Miranda*

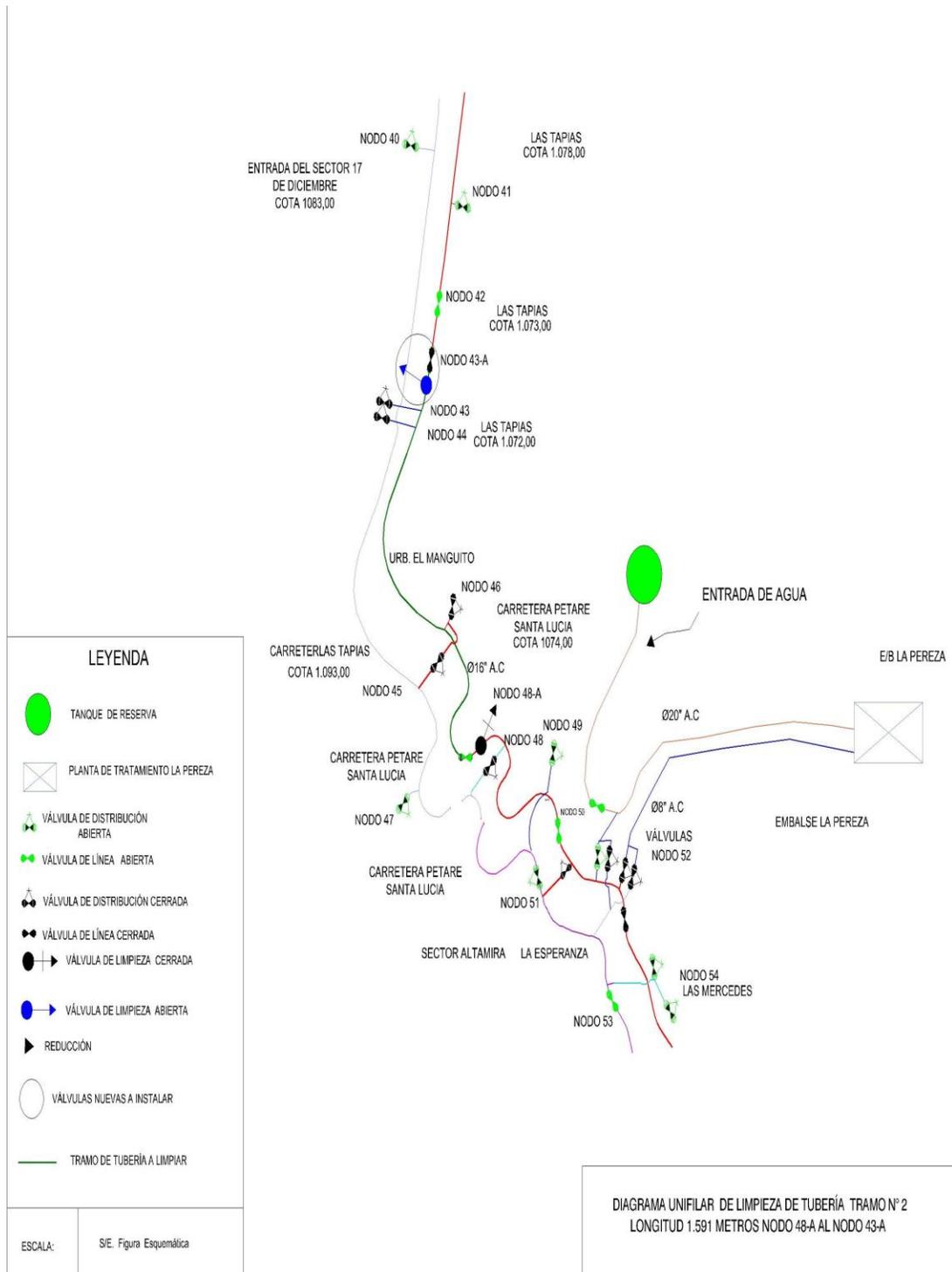


Figura 46: Esquema de lavado 2, Parroquia La Dolorita.

#### **IV.4.3. Plan de Monitoreo y control de la calidad del agua distribuida de forma intermitente a través de la red de distribución.**

Las empresas prestadoras de los servicios de agua potable siempre cuentan con un cronograma de muestro en puntos aleatorios de la red de distribución; de hecho, el IMAS realiza muestreo de rutina en las redes, siendo auditado y monitoreado por Hidrocapital. No obstante, para el caso que compete en este estudio el plan de muestreo debe estar dirigido a la captación de muestras asociadas a los ciclos de servicio. Es decir, se debe diseñar un plan que contemple la captación de muestras al inicio del ciclo de servicio. Por tanto, a continuación se describen algunas pautas y recomendaciones para la aplicación de este plan:

1. Utilizar la medida cloro residual y la turbiedad como parámetro indicador de la calidad del agua. Esto significa que deben adquirirse los equipos de medición de este parámetro (comparadores de cloro y turbidímetros de campo)
2. Para la captación de las muestras debe considerarse el hecho de que el inicio de un ciclo de servicio no necesariamente está asociado al instante en que el operador del acueducto procede a realizar la apertura ó cierre de una válvula; en algunos sectores puede transcurrir un período de tiempo de 24 horas desde que se ejecuta la maniobra hasta que llega el agua a los hogares, por esta razón, los encargados de la captación de las muestras deben ser: los operadores del acueducto, cuando la red se satura en un corto período de tiempo (menos de una (1) hora), y miembros de la comunidad, cuando la red tarda más tiempo en saturarse. En este último caso, las personas más indicadas serán miembros de los consejos comunales, líderes comunitarios del sector y personal de la institución que funge como distribuidor de agua del sector. Al igual que para los camiones cisterna, toda persona involucrada en este plan debe recibir capacitación y adiestramiento.

La implementación de este plan es de gran importancia, pues el flujo de información constante permitirá que el análisis realizado en este estudio no quede como una etapa puntual de diagnóstico, sino que se convertirá en la evaluación y control de forma permanente de los cambios y alteraciones que sufre la calidad del agua por la intermitencia.

En la tabla VII.4 del anexo VII se presenta el formato tipo diseñado para la ejecución y control de esta medida.

#### **IV.4.4. Plan de Monitoreo y control de la calidad del agua almacenada en los tanques domiciliarios.**

Previamente se han descrito tres recomendaciones con la idea de vigilar, monitorear y mejorar la calidad del agua que reciben los usuarios del servicio: monitoreo en camiones cisterna, monitoreo en redes de distribución asociado a ciclos de servicio e instalación de válvulas de limpieza en las redes principales, queda entonces un último punto que se considera altamente vulnerable, el almacenamiento de agua en los hogares. Se entiende que la alteración de la calidad del agua en los tanques domiciliarios no es competencia directa de la institución, sin embargo, la prestación de un servicio intermitente hace obligatorio el almacenamiento de agua, de allí que el IMAS debe aportar medidas que ayuden a que el agua almacenada conserve su calidad en el tiempo. Las recomendaciones en este aspecto deben dirigirse hacia dos puntos fundamentales: el monitoreo y control de la calidad del agua almacenada y, la implementación de campañas educativas en las comunidades que divulguen información en este aspecto y permitan a la población contar con las herramientas necesarias para mantener el agua en las mejores condiciones posible. Las pautas para la vigilancia y control de la calidad del agua en tanques domiciliarios serán similares a las especificadas previamente:

1. Utilizar la medida cloro residual como parámetro indicador de la calidad del agua. Esto significa que deben adquirirse los equipos de medición de este parámetro (comparadores de cloro).
2. Los captadores de las muestras deben ser miembros de los consejos comunales, líderes comunitarios del sector y personal de la institución que funge como distribuidor de agua del sector. Toda persona involucrada en este plan debe recibir capacitación y adiestramiento.
3. La captación de las muestras se realizará en puntos del sector escogidos aleatoriamente, teniendo preferencia por tanques de gran capacidad que se supone abastecen a un número mayor de usuarios (escuelas, ambulatorios, comedores,

entre otros). Se deberá captar una muestra al inicio del almacenamiento y continuar con el control diario de manera que se pueda observar el decaimiento del cloro residual.

4. La planilla de control (ver tabla VII.5 del anexo VII) será entregada al instituto para proceder al análisis de la información, la detección de anomalías generaran las medidas a que hubiere lugar, por ejemplo, recomendar la limpieza y desinfección del tanque, la utilización de métodos caseros de desinfección, entre otros.

El segundo punto a desarrollar en este plan contempla la divulgación de buenas prácticas de almacenamiento de agua en los hogares, se recomienda que las campañas informativas se realicen a través de la interacción entre la gerencia de gestión comunitaria del instituto y los consejos comunales ó líderes comunitarios. Las herramientas que pueden ser utilizadas para divulgar la información son: las charlas informativas en encuentros comunitarios, trípticos, pendones, entre otros.

La información que se trasmita a la población debe ir dirigida a aspectos fundamentales que permitan mejorar las condiciones sanitarias de almacenamiento, entre las que se pueden destacar:

1. No se debe permitir el ingreso de agentes externos a los dispositivos de almacenamiento, razón por la cual los tanques deben permanecer siempre tapados.
2. Se debe evitar el ingreso del agua que llega por la tubería durante los primeros minutos luego de iniciado el servicio. Es recomendable la instalación de válvulas de limpieza a la entrada del tanque, éstas permitirán la descarga del agua hasta que mejoren sus características organolépticas.
3. Inspeccionar de forma rutinaria las paredes de los tanques, verificar que los revestimientos se encuentren en buenas condiciones para evitar infiltración de aguas no potables. El deterioro de las paredes también puede propiciar el crecimiento de microorganismos.

4. Los tanques deben ser sometidos a un proceso de limpieza y desinfección al menos dos (2) veces por año.
5. Evitar la acumulación de desperdicios en las cercanías de los reservorios, de esta manera se erradican los focos de contaminación.
6. Al momento de utilizar el agua almacenada para el consumo humano evitar el uso de jarras ó tazas para introducir en los recipientes y buscar agua. Si muchas personas diferentes usan la misma taza y sus manos entran en contacto con el agua cuando lo hacen, esto puede propagar gérmenes al agua. De la misma manera es deseable evitar el uso del mismo envase tanto para obtener agua del recipiente de almacenamiento como para beberla, su reutilización sin ser lavada también puede convertirse en un foco de contaminación.
7. Si el agua ha permanecido almacenada por varios días, es recomendable que para su consumo se aplique un tratamiento casero de desinfección. Por ejemplo, aplicación de calor (hervir el agua).

#### **IV.4.5. Recomendaciones para la implementación de un programa de prevención de contaminación del agua que circula por la red durante la reparación de fugas ó averías.**

Las estadísticas presentadas anteriormente, evidenciaron que existe un elevado índice de fugas en la zona de estudio. Tomando en cuenta que la reparación de tuberías genera riesgo de alteraciones de la calidad del agua, se hace necesario estandarizar los procedimientos de reparaciones e intervenciones en las redes de distribución para reducir el ingreso de contaminantes. Se realizó una revisión de la norma **AWWA Standard C651-05 (2005)**, en la cual se describen las medidas preventivas que deben tomarse en cuenta al momento de reparar ó sustituir una tubería. Las recomendaciones en este sentido deben contemplar:

1. Una vez haya sido detectada una fuga de agua deberá procurarse su reparación en el menor tiempo posible, si la zona donde se presenta la fuga es de servicio intermitente, la misma debe ser reparada antes de que la tubería quede vacía. Presiones negativas pueden generar la intrusión de aguas no potables en la red.

2. La zona que será objeto de una intervención ó reparación debe aislarse, procurando que el tubo se mantenga limpio y seco.
3. Si la reparación de la tubería no puede ser culminada al término de la jornada laboral y deben suspenderse los trabajos, se debe cerrar la tubería con tapones herméticos hasta el reinicio de los trabajos. Si la tubería se encuentra enterrada y ocurre estancamiento de agua en la zanja, esta puede introducirse a la tubería y contaminarla.
4. La caja de herramientas, así como los materiales que serán utilizados en la reparación deben manejarse en las mejores condiciones de limpieza y resguardarse al máximo para evitar su contaminación.
5. Si es necesario el uso de algún tipo de lubricante en la instalación de juntas u otros accesorios, deberán ser certificados para su uso en agua potable y no deberá contribuir con malos olores.
6. Culminada la reparación se debe realizar puntualmente un tratamiento de desinfección de choque en el lugar de la avería, para ello es recomendable utilizar una solución de hipoclorito de calcio entre el 1 y 5 %. Es de la misma manera recomendable limpiar y desinfectar toda el área externa que rodea la reparación, esto evitará que agentes patógenos se aproximen al punto de la tubería que fue intervenida.
7. Luego de aplicada la desinfección es deseable la aplicación de un proceso de lavado ó purga del tramo de la red que fue intervenido.
8. Se debe coordinar el muestreo de calidad del agua en los sectores aledaños luego de efectuada la reparación. El muestreo debe contemplar análisis de parámetros físico químicos in situ, como: cloro residual libre, turbiedad, color, pH, conductividad y análisis microbiológicos. Si los resultados de los análisis bacteriológicos indican la presencia de microorganismos, se deberá proceder a aislar nuevamente la tubería y someterla a desinfección y lavado. El muestro diario se debe mantener hasta que los resultados para presencia de microorganismos resulten negativos en dos (2) muestras consecutivas.

#### **IV.4.6. Implementación de un sistema para el control de reportes.**

Uno de los problemas detectados en el diagnóstico se refería a la forma de establecer el control de reportes y quejas, ya que no se disgrega entre reporte y reparación. La recomendación en este aspecto estaría orientada al diseño e implementación de un sistema que permita mantener un control diario tanto de las actividades que desempeñan cada una de las cuadrillas adscritas a la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento, como de los reportes ó quejas que se reciben de los usuarios del servicio.

Es importante destacar, que en el proceso de ejecución de este trabajo se instaló un programa de control de reportes. Por lo que, con la idea de conocer su funcionamiento y, como su implementación ha mejorado la planificación de los trabajos diarios, se realizó una revisión general del mismo, esto permitió generar una serie de recomendaciones que pudieran complementar dicho sistema y mejorar su funcionamiento.

Básicamente el sistema está diseñado para el control diario de las actividades que se desarrollan en esta gerencia, pues al introducir un reporte se genera automáticamente una orden de trabajo, lo que evidentemente se traduce en una mejora sustancial en la planificación y control de los trabajos. No obstante, la principal falla detectada desde que se hizo el diagnóstico no ha sido subsanada; y es que, la introducción de un reporte no significa que corresponda a una queja proveniente de los usuarios del servicio. Entonces, es necesario incorporar una aplicación que diferencie el tipo de actividad que se introduce en el programa, es decir, clasificar los reportes como se explica a continuación:

1. Reporte interno: Comprende la acción de registrar en el sistema una falla interna que amerita ser atendida ó una actividad que requiere ser ejecutada, por ejemplo: revisión y chequeo de equipos de bombeo, cambio ó mantenimiento de válvulas, traslado de materiales de una estación a otra, instalación de nuevos equipos, entre otros.
2. Reporte externo: Comprende la acción de registrar en el sistema una queja, inconformidad ó reclamo proveniente de un usuario del servicio, por ejemplo: fugas de agua en las redes de distribución (tubo roto), falta de servicio de agua,

alteraciones en la calidad del agua, detección de conexiones clandestinas, entre otros.

Ambos reportes generarán una orden de trabajo que ayudara a los jefes de área en la asignación de actividades diarias a las cuadrillas, y por ende el control de las mismas. La diferencia principal al clasificar los reportes radica en el hecho de que, la información generada no solo permite el control de la eficiencia y eficacia en el desarrollo de los trabajos diarios, sino también la gestión en la atención al usuario. El conocimiento de: cuál es el tipo de queja más frecuente proveniente de los usuarios y, que sector presenta mayor índice de un tipo de queja específica, permitirá a la institución obtener información valiosa para la gestión y manejo del acueducto, pues se podrán sectorizar y priorizar las medidas preventivas y correctivas. Por ejemplo, una elevada frecuencia de fugas en un corto periodo de tiempo, proveniente de la misma zona, permitirá identificar que existe un deterioro en la tubería de distribución de ese sector en particular.

En la tabla 6 (indicadores de gestión) se puede apreciar el indicador formulado para el seguimiento, control y evaluación de los reportes.

#### **IV.4.7. Implementación de Auditorías de servicio: encuestas y buzón de sugerencias.**

Una empresa de servicios exitosa debe tener dentro de sus prioridades la orientación hacia la satisfacción del usuario, en el caso que compete, resulta difícil disminuir la brecha que separa las expectativas del usuario respecto a la oferta en la calidad del servicio del agua. Sin embargo, si se mantiene una constante interacción: comunidad (usuario)-institución, que consista en un sistema de retroalimentación a través del flujo de información, la percepción del servicio debe tender a una mejora sostenible.

El IMAS cuenta dentro de su organigrama funcional con dos (2) gerencias encargadas de mantener el flujo de información al que se hizo mención, estas son: La Gerencia de Gestión Comunitaria y la Oficina de Relaciones Públicas. Actualmente, ambas realizan constantemente encuentros con las comunidades y suministran información que permite actualizar a la población en lo referente a los trabajos que se ejecutan para mejorar el servicio.

En este sentido, a continuación se describen algunas recomendaciones que servirán como aporte de ideas para enriquecer y mejorar la gestión en este aspecto.

IV.4.5.1. Aplicación de auditorías de servicio. Estas serán de dos tipos: encuestas y buzón de sugerencias.

*IV.5.1.1. Encuestas.* La aplicación de encuestas periódicamente permitirá obtener información referente a cómo se está percibiendo el servicio en determinado momento. En el anexo VII, tabla VII.6, se puede apreciar una encuesta tipo diseñada con la finalidad monitorear la evolución de las variables asociadas a la discontinuidad.

*IV.5.1.2. Buzón de sugerencias.* Los buzones de sugerencias son una técnica bastante efectiva utilizada por las empresas prestadoras de servicios públicos para detectar fallas en la gestión. Esta técnica permite a las instituciones conocer la opinión y propuestas de los usuarios ante problemáticas puntuales. El IMAS no cuenta actualmente con herramientas de este tipo, por lo que el aporte de ideas provenientes de los usuarios puede generar medidas tendientes a las mejoras en la gestión. Además de colocarlos en las distintas sedes de la institución, es recomendable su ubicación en zonas estratégicas de la comunidad, lo que permitirá incrementar su efectividad.

Todos los planes y programas propuestos están dirigidos a mejorar la calidad del servicio, sin embargo, para dar prioridad en su aplicación, se tomaron en cuenta factores como: el impacto positivo que provocaría la medida, la facilidad y el costo de aplicación de la misma. En este sentido, el plan de monitoreo y control de la calidad del agua distribuida mediante camiones cisterna, así como el programa de monitoreo de la calidad del agua distribuida intermitentemente y el control en tanques domiciliarios, se convierten en aquellas medidas que pueden ser aplicadas de forma casi inmediata (corto plazo), pues las mismas no revierten gran complejidad ni inversiones económicas elevadas.

El programa de lavado de tuberías, a pesar de que se considera es la medida que provocará el mayor impacto positivo en la mejora de la calidad del agua, pues su aplicación implica

disminuir el riesgo de presencia en el agua de sustancias tóxicas, organismos patógenos y el rechazo sensorial por parte de los consumidores, base fundamental para garantizar la salud y bienestar de los consumidores, según Sottolano et al (2004); su aplicación es a mediano plazo, esto porque requiere de una cuidadosa planificación, disponibilidad de cantidades importantes de agua e inversiones un poco más elevadas para la instalación de las válvulas de limpieza.

El programa para el control de reportes y las auditorias de servicio también pueden ser aplicadas a corto plazo, no obstante, al colocarlas en una escala jerárquica, se daría prioridad a las mencionadas en los párrafos previos, dado que están dirigidas al mejoramiento de la gestión en la atención al usuario y no tienen implicaciones directas en la salud de la población.

#### **IV.5. Indicadores de Gestión.**

En la tabla 6 se reportan los indicadores de gestión formulados, los mismos se diseñaron con el propósito de suministrar una herramienta que permita al IMAS realizar el seguimiento, evaluación y control de las medidas, planes y programas previamente recomendados.

El nombre designado a cada indicador está directamente asociado a la medida a la cual es aplicable, también se definen sus componentes y variables, así como también la frecuencia con la que se recomienda debe ser medido.

La aplicación de las medidas antes mencionadas, junto con el uso de los indicadores, representan una propuesta para mejorar la calidad del servicio y la gestión del sistema, enmarcado en la condición específica de “suministro discontinuo”.

Tabla 6: Indicadores de Gestión

N°	INDICADOR	COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FRECUENCIA DE EVALUACIÓN	APLICABLE A MEDIDA
1	Calidad del agua distribuida mediante camiones cisterna (CAcc)	Número de muestras captadas en los tanques de los camiones al momento de la entrega a la comunidad, que cumplen con la normativa para cloro residual libre (NMCcc)	Cantidad de muestras que fueron captadas en los tanques de los camiones cisterna al momento de la entrega del agua a la comunidad, para el análisis de cloro residual libre, que cumplen con lo establecido en las normas sanitarias de calidad del agua potable.	$CAcc = \left( \frac{NMCcc}{NMTcc} \right) \times 100$	%	Porcentaje de muestras tomadas en camiones cisterna que cumplen con el parámetro de cloro residual libre, al momento de la entrega del agua a la comunidad.	Trimestral	Plan de monitoreo y control de la calidad del agua distribuida mediante camiones cisterna
		Número de muestras totales captadas en los tanques de los camiones cisterna al momento de la entrega a la comunidad (NMTcc)	Cantidad total de muestras que fueron captadas en los tanques de los camiones cisterna para el análisis de cloro residual libre.					
2	Eficacia en el mantenimiento, limpieza y desinfección de tanques de camiones cisterna (EMcc)	Número de camiones cisterna que fueron sometidos a mantenimiento limpieza y desinfección con buenos resultados (NCC)	Cantidad de tanques de camiones cisterna a los que se les aplicó limpieza y desinfección con buenos resultados	$EMcc = \left( \frac{NCC}{NCT} \right) \times 100$	%	Porcentaje de tanques de camiones cisterna sometidos a mantenimiento, limpieza y desinfección	Anual	Plan de monitoreo y control de la calidad del agua distribuida mediante camiones cisterna
		Número de camiones totales que se surten en los llenaderos controlados por el IMAS (NCT)	Cantidad de tanques de camiones cisterna totales					

Fuente: Elaboración propia.

Continua

Tabla 6: Indicadores de Gestión-continuación.

N°	INDICADOR	COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FRECUENCIA DE EVALUACIÓN	APLICABLE A MEDIDA
3	Eficacia en la atención de reportes internos (EARI)	Número de reportes ó actividades internas atendidas y resueltas (NRIR)	Cantidad de reportes ó actividades internas que fueron atendidas y resueltas	$EARI = \left( \frac{NRIR}{NTRI} \right) \times 100$	%	Capacidad de respuesta de la institución a los reportes internos en un periodo determinado.	Trimestral	Implementación de sistema de control de reportes
		Número total de reportes ó actividades internas registradas en el sistema de control de reportes (NTRI)	Cantidad total de reportes ó actividades que fueron registradas en el sistema de control de reportes					
4	Eficacia en la atención de reportes externos: quejas y reclamos de usuarios. (EARE)	Número de reportes externos: quejas ó reclamos, atendidos y resueltos (NRER)	Cantidad de reportes externos: quejas ó reclamos, que fueron atendidos y resueltos	$EARE = \left( \frac{NRER}{NTRE} \right) \times 100$	%	Capacidad de respuesta de la institución a los reportes externos (quejas ó reclamos)	Trimestral	Implementación de sistema de control de reportes
		Número total de reportes externos: quejas ó reclamos registrados en el sistema de control de reportes (NTRE)	Cantidad total de reportes externos: quejas ó reclamos, que fueron registrados en el sistema de control de reportes					
5	Efectividad en el programa de limpieza y lavado de tuberías (ELT)	Longitud de tubería que fue lavada y limpiada (LTL)	Cantidad de metros de tubería que fueron lavados	$ELT = \left( \frac{LTL}{LTPL} \right) \times 100$	%	Capacidad de la institución para aplicar mantenimiento preventivo y correctivo dirigido a la limpieza en las redes de distribución	Anual	Implementación del programa de limpieza
		Longitud de tubería que fue planificada para someterla a lavado y limpieza (LTPL)	Cantidad de metros de tubería que fueron planificados para someterlos a lavado					

Fuente: Elaboración propia.

Continua

Tabla 6: Indicadores de Gestión- continuación.

N°	INDICADOR	COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FRECUENCIA DE EVALUACIÓN	APLICABLE A MEDIDA
6	Efectividad en la realización de encuentros comunitarios (EEC)	Número de encuentros comunitarios realizados (NECR)	Cantidad de encuentros comunitarios (IMAS-COMUNIDAD) realizados	$EEC = \left( \frac{NECR}{NTEC} \right) \times 100$	%	Capacidad de ejecución de encuentros comunitarios en un periodo determinado.	Anual	Implementación de auditorías de servicio
Número total de encuentros comunitarios planificados (NTEC)		Cantidad total de encuentros comunitarios planificados						

Fuente: Elaboración propia.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

- Las estimaciones teóricas del caudal que se maneja en la zona de estudio evidenciaron que existe un déficit de agua de aproximadamente 126 l/s, esta situación se ve reflejada en la forma de suministro de agua intermitente a las parroquias en estudio.
- El suministro de agua mediante camiones cisterna presenta una elevada influencia en las parroquias en estudio. En el año 2010 fueron distribuidos 833 camiones cisterna en la Parroquia la Dolorita y 3.238 en Fila de Mariches. En el año 2011, el 50 % de la población reportó la utilización mensual de camiones cisterna.
- La ausencia de control por parte de las autoridades sobre las tarifas del abastecimiento de agua a través de la modalidad de camiones cisterna, trae como consecuencia especulación en los precios del agua que distribuyen los camiones privados. Para el período en que se aplicó la encuesta las personas revelaron haber pagado entre Bs 10 y 15 por un tambor de 200 litros, valor superior a los 5 Bs correspondientes a la tarifa social mensual
- De las quejas y reportes recibidos en la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento del IMAS durante los años 2009 y 2010, las fugas de agua en las tuberías se presenta como el reclamo más frecuente (85 %), seguido por la falta de servicio de agua (15 %) y ausencia de reportes relacionados con alteraciones en el agua distribuida (0%). En contraste, la encuesta aplicada reveló que la queja mas común para los sectores de las parroquias en estudio era la falta de servicio de agua( 49-64 %), seguido por las fugas de agua en las tuberías (28-46 %), y con el porcentaje más bajo, se ubicaron las alteraciones en la calidad del agua (5-8 %).
- El servicio de agua discontinuo genera alteraciones en la calidad del agua que circula por la red de distribución, específicamente en los parámetros organolépticos (color, olor, sabor, apariencia). Las muestras analizadas evidenciaron que el 31 % no cumplen con el valor máximo establecido en NSCAP para la turbiedad (5 UNT),

mientras que el color y pH presentaron porcentajes iguales de incumplimiento (21 %).

- El 44 % de las muestras analizadas resultaron inconformes para la presencia de cloro residual libre, de este 44 % (17 de 39 muestras), el 53 % corresponden a muestras que presentaron valores por encima de 2 mg/L y el 47 % a valores por debajo de 0,3 mg/L (8 muestras).
- El 38 % de las muestras analizadas resultó positivo a la presencia de bacterias coliformes totales. Un porcentaje menor (13 %), pero quizá de mayor impacto reportó la presencia de bacterias coliformes fecales.
- El porcentaje de usuarios que reporta fallas y quejas a la institución oscila alrededor del 30 % en las dos parroquias en estudio. De este 30 %, entre el 75 y 90 % consideran que la respuesta del instituto a sus inquietudes es de regular a mala.
- Un porcentaje muy bajo (entre el 0 y 8 %) de la población abastecida paga de manera formal por el servicio de agua. La insuficiencia de recursos se traduce en dificultades para realizar inversiones en mantenimiento, sustitución y mejoras en la red de tuberías.
- La realización de un análisis preliminar de vulnerabilidad resultó de especial utilidad para identificar las zonas prioritarias ó críticas en la zona de estudio. La Parroquia Fila de Mariches presenta trece (13) zonas de baja vulnerabilidad, ocho (8) de media y dos (2) de alta, mientras que en la Parroquia La Dolorita se identificaron doce (12) zonas de baja vulnerabilidad, ocho (8) de media y cinco (5) de alta vulnerabilidad.
- El plan piloto diseñado para la implementación de un programa de limpieza y lavado de tuberías de forma rutinaria, se compone de cinco (5) lavados, tres (3) en la Parroquia Fila de Mariches y dos (2) en la Parroquia la Dolorita. Se especifican la ubicación de las nuevas válvulas de limpieza, así como longitud de los tramos y caudales necesarios para efectuar los lavados.

## **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones específicas del análisis realizado están debidamente descritas en las medidas de gestión propuestas en este trabajo, razón por la cual a continuación se presentan aquellas recomendaciones que permitirán a futuro tener una optimización del sistema de suministro de agua potable en las parroquias Fila de Mariches y la Dolorita.

1. Implementar un sistema de control operacional con técnicas de macro-medición, telemetría y base de datos, que permita obtener información oportuna y con base en ella se tomen las decisiones operativas requeridas.
2. Implementar técnicas de monitoreo en línea para el estudio de formación de biopelículas, tal como el uso de fluorimetría ó la ubicación de zonas de medición de crecimiento de biopelículas en la red (puntos con tramos de flujo de observación con esferas de cristal ó laminas de medición directa en la pared del tubo).
3. Desarrollar estudios posteriores donde se investiguen los cambios y alteraciones que sufre la calidad del agua en los tanques de almacenamiento, tanto principales como domiciliarios.
4. Dado que el sistema estudiado es de funcionamiento intermitente, se debe tener especial cuidado en la escogencia del material de las tuberías para la instalación de nuevas redes. Estudios han demostrado que existen materiales más propensos a la formación de la biopelícula.
5. Realizar los movimientos de las válvulas que se manipulan para la apertura y cierre de los servicios de tal manera que se evite al máximo la generación de turbulencia en el agua.
6. Mantener un control estricto sobre la calidad del agua a la salida de las plantas de tratamiento. El hecho de salir a la red de distribución con parámetros por encima de los valores establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, por ejemplo, elevados valores de turbiedad, propicia que estas partículas sedimenten en las paredes de la tubería.

7. Elaborar anualmente un cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de las válvulas que son manipuladas frecuentemente para la ejecución de las maniobras de servicio.
8. Mantener el uso de los sistemas de información geográfica como herramienta para el análisis del sistema de abastecimiento.
9. Extender la formulación de indicadores de gestión para el seguimiento de todas las actividades y programas desarrollados por el IMAS, a saber: área administrativa, comercial, técnico –operativa, comunitaria, entre otras.
10. Realizar estudios posteriores para ampliar el programa de lavado, limpieza y mantenimiento de las redes de distribución principales y secundarias, se recomienda que el programa contemple estudios económicos que permitan incluirlo en el presupuesto anual, cronograma de ejecución, así como protocolos completos de implementación.
11. Implementar un sistema automatizado para el control y ejecución de las maniobras de servicio, el mismo debería contemplar la generación de un cronograma diario de maniobras, ubicación de las válvulas que deben manipularse, hora en que se apertura el servicio, hora en que se recibe el servicio, entre otros.
12. Estudiar la posibilidad de implementar otro tipo de mantenimiento interno de las tuberías, tales como: limpieza con implementos mecánicos (pigs) y recubrimientos internos con materiales como la fibra de vidrio.
13. Establecer un programa de colocación de hidrantes de doble uso: control de incendios y limpieza de tuberías
14. Realizar estudios posteriores que permitan diseñar y definir puntos de reforzamiento del tratamiento en las redes de distribución (estaciones re-cloradoras)

## **COMENTARIOS FINALES**

- El éxito de los planes correspondientes a: monitoreo y control de la calidad del agua distribuida de forma intermitente a través de la red de distribución y el monitoreo y control de la calidad del agua almacenada en los tanques domiciliarios, dependerá de la participación y el trabajo mancomunado entre el IMAS y las comunidades (consejos comunales, líderes comunitarios, mesas técnicas de agua).
- Los indicadores de gestión formulados buscan medir la eficacia y efectividad de las medidas de gestión propuestas, en términos de plan de monitoreo y control de la calidad del agua distribuida por camiones cisterna y tuberías, sistema de control de reportes y auditorías de servicio.
- Las medidas de gestión propuestas se plantean como una herramienta de mejora integral en el manejo del acueducto, con miras a incidir positivamente en la calidad del servicio, trayendo consigo beneficios al ente municipal (IMAS) y a los usuarios.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, I. (2008). Uso de la Trazabilidad como herramienta de gestión de calidad en una planta de tratamiento de agua potable. Trabajo especial de Grado. UCV. Facultad de Ingeniería, Caracas. p: 6.
2. Aguilar, L. (2006). Gobernanza y Gestión Pública. ((1ª ed). Mexico, D.F: Fondo de Cultura Económica. pp: 318-332.
3. Arocha, S. (2011). Acueductos: Fundamentos Teórico-Prácticos. 1era ed. OIKOS Impresos, C.A, Venezuela.
4. Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. (5ª ed). Venezuela: Editorial episteme, orial ediciones. pp:23-31
5. Atehortúa, F.; Bustamante, R.; Valencia, J. (2008). Sistema de gestión integral. Una sola gestión, un solo equipo. Editorial Universidad de Antioquia. 1ª edición. Colombia. pp 66-67 y 200-201.
6. AWWA. American Water Works Association. (2005). Disinfecting Water Mains. AWWA Standard C651-05. p: 6-14.
7. AWWA. American Water Works Association. (2003). Investigation of pipe cleaning methods. Awwa Research Foundation. p: 25-31
8. Battermann A, Macke S. (2001). A Strategy to Reduce Technical Water Losses for Intermittent Water Supply Systems. p:29-30.
9. Berry D, Chuanwu X, Raskin L. (2006). "Microbial ecology of drinking water distribution system". Biotechnology. 17: 297-302.
10. Bolinaga, J. (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Fundación Polar. Caracas. Tomo I. p: 17.
11. Cárdenas C., Martínez M., Rodríguez L. (2009). Indicadores de gestión de los programas académicos de campo (PAC) de la Universidad del Rosario. Bogotá: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad del Rosario. p: 9-14

12. Carvajal L., Gómez A., Ochoa S. (2007). Simulación de un Lavado hidráulico en tuberías para el control del crecimiento de biopelículas. Universidad Nacional de Colombia. Año/Vol 74. N° 152. p: 73-72.
13. Centro de Enseñanza Superior en Humanidades y Ciencias de la Educación "Don Bosco/Grupo de Asesores y Consultores. AFHA. (2005). Metodología de Muestreo. (Disponible:<http://www.cesdonbosco.com/cii/documentos/IT%20METODOLOG%20CDA%20DE%20MUESTREO.pdf>. Consultada, marzo de 2011)
14. Comité de Proyectos ISO/CD 24512. (2005). (Disponible en: <http://inni.pacinst.org/inni/WATER/N212DrinkingwaterCD%20.pdf>, consultada: octubre de 2011 )
15. Collins, H. (2006). El servicio invisible. Fundamento de un buen servicio al cliente. (1ª ed). Bogota: Ecoe Ediciones. p: 108-109.
16. Drault, N. (2008). Herramientas de Normalización para la Gestión del Agua. Hydria. 2008; año 4, N° 17. p: 10-11.
17. Environmental Protection Agency-EPA. (2005). Water Distribution System Analysis: Field Studies, Modelling and Management. A Reference Guide for Utilities". (Disponible en: <http://www.epa.gov/ord/NRMRL/pubs/600r06028/600r06028.pdf>, consultada: julio de 2011)
18. Fernández, N. (2007). Análisis preliminar de riesgo del sistema panamericano de abastecimiento de agua potable. Trabajo especial de Grado. UCV. Facultad de Ingeniería, Caracas. p: 27-28
19. Hallam N, West J, Forster C, Simm J. (2001). "The potential for biofilm growth in water distribution system". Water Research. Vol 35, N° 17: 4063-4071.
20. Hidroven (1993): Demandas Teóricas de Agua.p:1-4.
21. Hidroven (2007): "Situación actual de las empresas hidrológicas. Presentación ante la Comisión Central de Planificación". Octubre 2007. (Disponible en: [http://www.hidroven.gov.ve/ls\\_indicadores\\_gestion.php](http://www.hidroven.gov.ve/ls_indicadores_gestion.php), consultada: octubre 2011)
22. Hurtado, F. (2005). Gestión y Auditoria de la Calidad para Organizaciones Públicas. (1ª ed). Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. p: 101-103.

23. Información Estadística del Municipio Sucre (2009). Información Demográfica. Documento en línea. [http://www.alcaldiamunicipiosucre.gov.ve/contenido/wp-content/uploads/2009/07/Informacion\\_Demografica.pdf](http://www.alcaldiamunicipiosucre.gov.ve/contenido/wp-content/uploads/2009/07/Informacion_Demografica.pdf). Fecha de consulta: 15-03-2011.
24. Instituto Nacional de Estadísticas (2010): Síntesis de Estadística Estatal. Documento en línea: <http://www.ine.gob.ve/documentos/see/síntesisestadística2010/estados/miranda/index.htm>. Fecha de Consulta: Octubre 2010.
25. Knobelsdorf J, Mujeriego R. (1997). Deterioro de la Calidad del Agua por el posible desprendimiento de las biopelículas en las redes de distribución de Agua Potable. Ingeniería del Agua. Vol 4, Nº 2. p: 17-28.
26. Koppen B, Smith S, Moriarty P, Penning de Vries F, Mikhail M, Boelee E. (2010). Ascendiendo la escala del agua. Servicios de abastecimiento de agua de usos múltiples para la reducción de la pobreza. (1ª ed). La Haya. Países bajos: Centro Internacional de Agua Potable y Saneamiento, p: 28-29.
27. LeChevallier, M., Au, K-K. (2004). Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water. World Health Organization. Cornwall, UK: IWA.Publishing.p:78.(Disponible:[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/watreatpath.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/watreatpath.pdf), consultada: Octubre, 2001)
28. Mays, L. (2002). Manual de Sistemas de Distribución de Agua. (1ª ed). Madrid: McGraw-Hill. p: 1.18, 15.1-15.6.
29. Miranda F, Chamorro A, Rubio S. (2007). Introducción a la gestión de la calidad. (1ª Ed). Madrid: Delta Publicaciones Universitarias. p: 237-244.
30. Miranda, J. (2005). Gestión de proyectos: Evaluación financiera, económica, social y ambiental. (5ª ed). Bogotá: MM editores. p: 32, 46.
31. Montoya C, Loaiza D, Cruz C, Torres P, Escobar J, Delgado L. (2009). Propuesta metodológica para la localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua utilizando sistemas de información geográfica. Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Nº 49. P: 129-140.

32. Morales, Y, González O. (2001). Análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua. Ingeniería hidráulica y ambiental. Vol XXII, N° 4. p: 46-50
33. Municipalidad Metropolitana, Alcaldía de Lima. (2005). Ordenanza que Regula el Abastecimiento de Agua Potable en Camiones Cisterna en Lima Metropolitana. Ordenanza N° 746.
34. Najul, M; Blanco, H. (2003). Manejo eficiente de redes de distribución de agua potable. Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela: Caracas. p: 19-25
35. Najul, M; Blanco H. (2003). Administración del Servicio de Agua Potable. Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela: Caracas. 2003. P: 39-49, 56-70
36. National Center for Geographic Information and Analysis (1990). (Disponible: <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/182.pdf> , consultada en Julio de 2011)
37. Organización Mundial de la Salud-OMS. (2006). Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. (3ª Ed). Ginebra. P: 32-33, 81-84. (Disponible: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwg3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwg3_es_full_lowres.pdf), consultada en octubre, 2011)
38. Organización Panamericana de la Salud-OPS/Organización Mundial de la Salud-OMS. (2004). Reducción del Riesgo de los Servicios de Agua y Saneamiento frente a amenazas naturales. Publicación. Lima-Perú. p 64.
39. Organización Panamericana de la Salud-OPS/Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS. (2004). Emergencias y Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento: Guía para una respuesta eficaz. Publicación. Sao Paulo-Brasil. p: 13-19.
40. Palacios, A. (2008). Acueductos, cloacas y drenajes. Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos. Universidad Católica Andrés Bello. (2ª ed). Caracas: Ediciones UCAB. p: 33-34.
41. Poulin A., Mailhot A., Periche., N, Delorme N., Villeneuve J. (2010). Planning Unidirectional Flushing Operations as a Response to Drinking Water Distribution

- System Contamination. Journal of Water Resource Planning and Management. Vol 136, N° 6. p: 647-657.
42. República Bolivariana de Venezuela, Gobernación del estado Bolivariano de Miranda (disponible:[http://www.miranda.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1102&Itemid=241](http://www.miranda.gov.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=1102&Itemid=241), consultada: Octubre, 2011 )
  43. República de Venezuela (1998). Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. Gaceta Oficial N° 36.395. Caracas.
  44. República de Venezuela (1995). Normas Sanitarias para el Control del Agua Potable Transportada en Camiones Cisterna. Gaceta Oficial N° 35.827. Caracas.
  45. República de Venezuela (1993). Régimen tarifario para la prestación de los servicios de Acueducto y de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales. Gaceta Oficial N° 35.190. Caracas.
  46. Rodríguez, L. (2002). Evaluación de alternativas de abastecimiento de agua potable para las poblaciones de Fila de Mariches y Brisas de Turumo, Estado Miranda. Trabajo especial de Grado. UCV. Facultad de Ingeniería, Caracas. p: 37.
  47. Rodgers M, Boczek L. (2011). "Microbes and water quality in developed countries". Encyclopedia of Environmental Health. 749-756.
  48. Saenz, G. (2000). El sistema tarifario como elemento de gestión de los sistemas urbanos de agua. Universidad Autónoma de Madrid. p: 12-14 (Disponible <http://hispagua.cedex.es/Grupo1/Documentos/gestioneccosis.html>, consultada: Octubre, de 2011).
  49. Sottolano, J., Najul, M., Carrasquero, N. y Sánchez, R. (2004). Un Nuevo Enfoque para Evaluación de la Calidad de Agua Potable. Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Vol. 19, N° 3, pp. 15-20
  50. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. (2005). (21<sup>ava</sup> Ed).
  51. Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica (4<sup>a</sup> ed). México: Editorial Limusa. pp: 107-110
  52. Vairavamoorthy K, Yan J. (2007). "IRA-WDS: A GIS-based risk analysis tool for water distribution systems". Environmental Modelling & Software. 22: 951-965.

53. Velásquez, D. (2006). Estrategias de abastecimiento de agua segura en situaciones de emergencia. Trabajo de Grado de Maestría. UCV. Facultad de Ingeniería, Caracas. p: 13,20.
54. Vivanco, M. (2005). Muestreo Estadístico Diseño y Aplicaciones. (1ra Ed). Santiago de Chile: Editorial Universitaria S. A, p: 72-75.
55. [www.acme.com/planimeter](http://www.acme.com/planimeter) (consultada entre Abril y Junio de 2011)

## ANEXOS

### ANEXO I: Imágenes Satelitales tomadas para realizar el conteo de viviendas y determinar la población

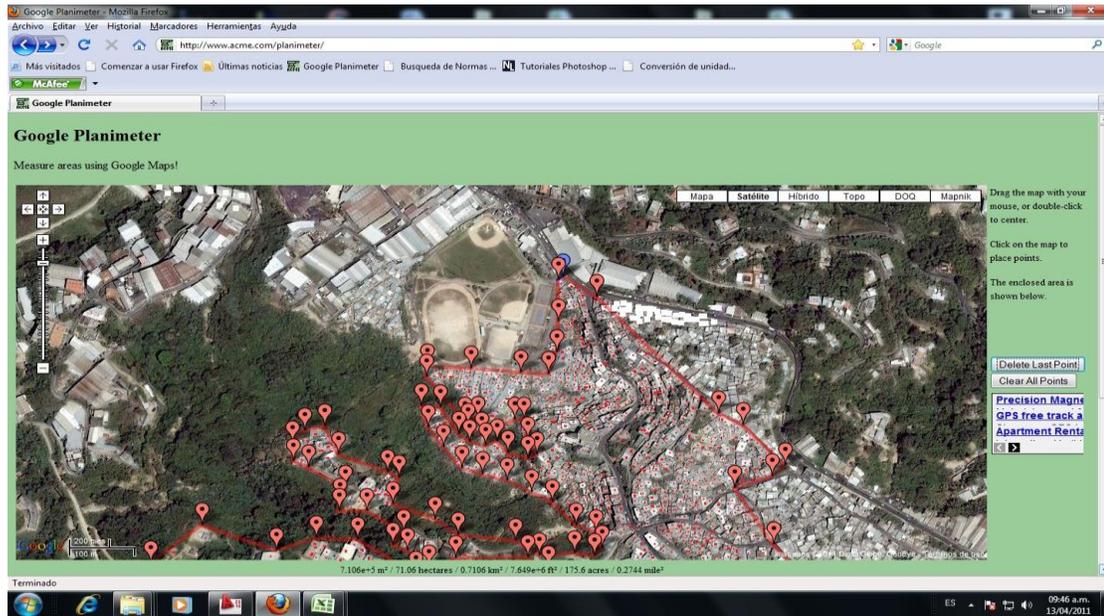


Figura.I.1. Imagen satelital correspondiente al nodo al 34. (La Dolorita, primera entrada)

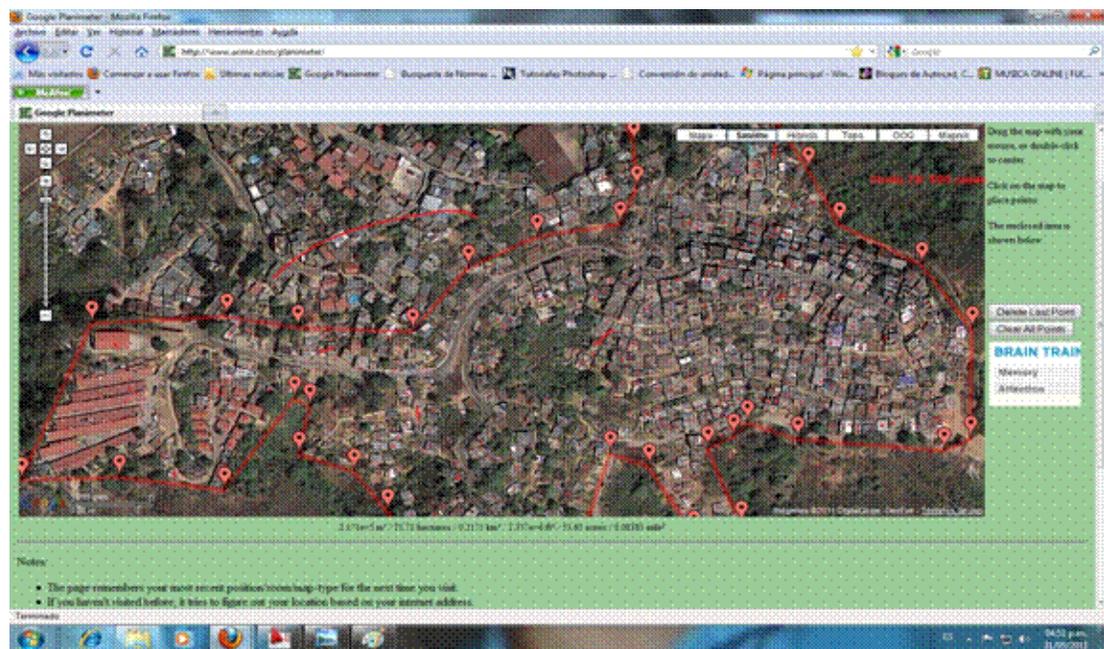


Figura.I.2. Imagen satelital correspondiente al nodo al 78. (Sector El Winche PB)

Tabla I.1. Comparación de los datos de población en nodos de consumo

<b>Nodo de consumo</b>	<b>Datos de la Alcaldía (Área estimada auto CAD)</b>	<b>Datos del INE (Área estimada auto CAD)</b>	<b>Conteo imagen satelital y encuesta</b>
<b>34</b>	25407	13539	30716
<b>35</b>	5260	2803	6979
<b>40</b>	1733	924	1493
<b>42</b>	3096	1650	4978
<b>44</b>	357	192	736
<b>54</b>	1984	1065	1682
<b>61</b>	502	270	510
<b>62</b>	305	164	371
<b>63</b>	1121	602	1412
<b>73</b>	1035	556	1507
<b>74</b>	1126	605	1354
<b>80</b>	2386	1282	2439
<b>81</b>	1564	840	2177
<b>83</b>	1507	810	1238
<b>84</b>	7682	4126	10352

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO II: Tablas detalladas del catastro actualizado del ASFM, incluye: sector, cota de terreno, progresiva, diámetro de la tubería principal, diámetro del nodo, población estimada y dotación teórica.**

**Tabla II.1. Recorrido ASFM por la Parroquia Petare**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
1	ESTACIÓN 25	NA	924,52	0+000	30	NA	NA	NA	Sala de Bombas
2	CALLE LA LINEA	NA	819,00	0+832	30	NA	NA	NA	Botadera
2-A	CALLE LA LINEA	NA	821,34	2+599.90	30	NA	NA	NA	Válvula (Punto de manómetro)
3	EL MORRO	NA	1022,00	3+487.30	30	NA	NA	NA	Válvulas
3-A	EL MORRO	6.911,00	1022,00	3+503.55		NA	317	0,91	
4	EL MORRO	42.700,00	995,00	3+744.97	30	4	1955	5,66	El nodo de consumo tiene instalado una placa orificio para la regulación de caudal
5	EL OBELISCO	NA	982,00	3+873.44	30	NA	NA	NA	Válvula
6	EL OBELISCO	533.780,31	981,13	3+876.49	12	4	24443	70,33	Se encuentra instalado punto de medición de presión. El ASFM se interconecta con el ASD para reforzarlo.
7	CALLE EL CAMPITO	NA	981,13	3+886.78	12	NA	NA	NA	Válvula
8	CALLE EL CAMPITO	134.557,00	961,91	4+048.75	12	2	6162	17,83	
9	CALLE EL MOTOR	NA	955,25	4+415.13	12	NA	NA	NA	Botadera
10-A	CALLE EL MOTOR	NA	956,34	4+586.13	30	NA	NA	NA	Ampliación

**Tabla II.1. Recorrido ASFM por la Parroquia Petare-continuación.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
10-B	CALLE EL MOTOR	NA	956,34	4+629.42	12	NA	NA	NA	Reducción
10	CALLE PRICIPAL DE SAN BLAS	32.945,00	956,34	4+629.42	12	2	1509	4,37	
10-C	SAN BLAS	NA	959,00	4+814.58	30	NA	NA	NA	Ampliación
10-D	SAN BLAS	NA	959,00	4+863.61	12	NA	NA	NA	Reducción
11	SAN BLAS	23.022,56	966,00	5+231.98	12	4	1054	3,05	El nodo de consumo tiene instalado una placa orificio para la regulación de caudal. El ASFM se interconecta con el Alimentador Norte (6")
12	SAN BLAS	23.096,16	980,00	5+286.98	12	1 1/2	528	1,53	
13	SAN BLAS	12.431,25	989,00	5+615.31	12	1	562	1,63	
14	JUVENTUD BOLIVARIANA PARTE BAJA	513.432,09	980,00	5+680.43	12	4	21515	62,25	El nodo de consumo tiene instalado una placa orificio (3/4") para la regulación de caudal. Existe manifold con cuatro salidas
15-A	JUVENTUD BOLIVARIANA PARTE BAJA	NA	1022,00	5+832.81	24	NA	NA	NA	Ampliación
15	JUVENTUD BOLIVARIANA PARTE ALTA	201.376,76	1020,03	5+904.63	24	4	1894	5,48	El nodo de consumo tiene instalado una placa orificio (1") para la regulación de caudal
16	JUVENTUD BOLIVARIANA PARTE INTERMEDIA	98.461,97	1012,00	6+005.78	24	4	4270	12,35	
17	JUVENTUD BOLIVARIANA	NA	930,00	6+190.20	24	NA	NA	NA	Botadera

Tabla II.2. Recorrido ASFM por la Parroquia La Dolorita.

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
18	GUAICOCO LAS MINAS	NA	930,00	6+256.80	24	NA	NA	NA	Botadera
19	JUVENTUD BOLIVARIANA	38.679,85	950,00	6+315.40	24	2	1383	4,0	
20	GUAICOCO LAS MINAS	36.798,06	962,00	6+370.80	24	1	1316	3,8	Se ubica en este nodo una válvula ventosa de 8"
21	GUAICOCO LAS MINAS	NA	909,00	6+599.34	24	NA	NA	NA	
22	GUAICOCO LAS MINAS	NA	917,00	6+645.23	24	NA	NA	NA	
23	GUAICOCO CALLE CIRCUNVALACIÓN	176.078,70	944,00	6+684.93	24	4	6295	18,2	
24	GUAICOCO CALLE MARA I Y II	26.798,28	946,00	6+864.37	24	2	958	2,8	
25	GUAICOCO CALLE ROSA MARIA	NA	920,00	7+305.21	24	8	NA	NA	Botadera
26	LA CANDELARIA	NA	938	7+342.76	24	8	NA	NA	Botadera
27	CARRETERA VIA EL LIMONCITO Y ZONAS ADYACENTES	695.654,55	1072,95	8+517.37	24	10	24871	72,0	
27-A		NA	1072,95	8+533.23	10	8	NA	NA	Ramal
27-B		NA	1072,95	8+533.23	10	2	NA	NA	Ramal
28	CONJUNTO INDUSTRIAL DEL ESTE	215.899,77	1072,95	8+550.84	24	8	7719	22,3	Empalma en 8" y tiene un by pas de 4" con el cual funciona actualmente
29-A	CONJUNTO INDUSTRIAL MARIA LEONZA	68.837,02	1067	8+942.42	8	4	2461	7,1	
29-B	URB. TURUMO	604.195,60	1067	8+961.09	8	4	21601	62,5	
29	FRENTE AL POLIDEPORTIVO	68.837,02	1074	9+061.34	24	8	2461	7,1	

**Tabla II.2. Recorrido ASFM por la Parroquia La Dolorita-continuación.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
30	CARRETERA PETARE SANTA LUCIA	NA	1074	9+071.41	24	NA	NA	NA	
31	ESTACIÓN DE BOMBEO LA DOLORITA	NA	1.072,00	9+094.52	10	NA	NA	NA	Sala de Bombas
31-A		NA	1073	9+103.78	8	NA	NA	NA	
32	CARRETERA PETARE SANTA LUCIA	NA	1.076,00	9+109.33	8	NA	NA	NA	
33	CARRETERA PETARE SANTA LUCIA	NA	1.079,00	9+170.87	16	8	NA	NA	Válvula
34	LA DOLORITA 1ra entrada	710.627,91	1.079,00	9+170.87	8	8	25407	73,5	
35	LA DOLORITA 1ra entrada	147.130,56	1.079,00	9+170.87	6	6	5260	15,2	
36	LA DOLORITA 2DA ENTRADA	NA	1.101,00	10+008.87	6	NA	NA	NA	Válvula
37	LA DOLORITA 2DA ENTRADA	51.840,23	1.103,00	10+0069.52	6	4	1853	5,4	
38	ENTRADA DE TURUMITO	713.865,40	1.099,00	10+142.39	16	4	25522	73,8	
39		NA	1.099,00	10+166.90	16	6	NA	NA	Válvula
40	ENTRADA DEL SECTOR 17 DE DICIEMBRE	48.481,33	1.083,00	10+444.58	6	2	1733	5,0	
41	LAS TAPIAS	175.390,00	1.078,00	10+582.46	16	1	6271	18,1	
42	LAS TAPIAS	86.602,72	1.073,00	10+780.84	6		3096	9,0	En este nodo hay dos salidas, una salida del tubo de 6" en 2" y una salida del tubo de 16" en 2"
43	LAS TAPIAS	45.284,32	1.072,00	10+839.43	16	4	1619	4,7	
44	LAS TAPIAS	26.478,58	1.072,00	10+841.63	16	2	947	2,7	

**Tabla II.3. Recorrido ASFM por la Parroquia Fila de Mariches.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
45	LAS TAPIAS	70.087,50	1.093,00	11+255.63	6	4	944	2,7	
46	LAS TAPIAS	20.278,80	1.093,00	11+255.63	16	4	273	0,8	
47	ALTAMIRA	50.261,95	1.182,00	11+746.54	6	4	677	2,0	
48	ALTAMIRA	26.648,55	1.182,00	12+430.77	16	2	359	1,0	
49	ALTAMIRA	44624,64	1182,00	13+283.88	6	6	601	1,7	
50	LAS MERCEDES, LA ESPERANZA	NA	1.183,00	13+303.87	12	NA	NA	NA	Válvula de 12" de límite de servicio entre ASFM y la Pereza.
51	LAS MERCEDES, LA ESPERANZA	NA	1.161,00	13+318.27	12	NA	NA	NA	Válvula en la línea de 6" que represa hacia el sector
52	LA ESPERANZA	159.284,25	1.168,00	13+886.10	12	6	2146	6,2	Descarga de la Pereza de los tubos de 20" y 8" a las tuberías de 12" y 6"
53	LA ESPERANZA	NA	1.163,00	14+149.77	6	NA	NA	NA	
54	LOS GUAYABITOS	147.265,09	1.163,00	14+149.77	6	2	1984	5,7	Surte al sector las mercedes en 2" y a los Guayabitos P/A en 3"

**Tabla II.3. Recorrido ASFM por la Parroquia Fila de Mariches-continuación.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
55	LOS GUAYABITOS P/A	8130,13	1.151,00	15+075.36	12	1	110	0,3	Válvula
56	LOS GUAYABITOS P/B	36312,44	1151,00	15+075.36	6	2	489	1,4	
57	CABALLO MOCHO	75959,49	1152,78	15+150.04	12	2	1023	3,0	
58	VALLE FRESCO	62928,61	1155,56	15+262.36	6	2	848	2,5	
58-A	VALLE FRESCO	NA	1151,00	15+370.07	6	NA	NA	NA	La tubería cambia de diámetro de 6" a 4" después de la válvula
59	BRISAS DE ANACO	240140,44	1070,00	15+740.25	4	2	3235	9,4	
60	ENTRADA EL ROBLE	38776,97	1130	15+792.41	12	2	522	1,5	
61	VISTA EL HATILLO	37.273,56	1110	16+123.97	4	2	502	1,5	
62	LA CHIVERA	22678,58	1107	16+180.19	4	2	305	0,9	
63	ALTO DE TOMAS P/B	83203,36	1073	16+755.05	12	2	1121	3,2	
64	LA OSCURANA	72830,05	1070,00	16+842.27	12	2	981	2,8	
65	ALTO DE TOMAS	97286,42	1045,18	17+224.27	12	4	1310	3,8	
66		NA	1045,18	17+224.27	12 Y6	NA	NA	NA	Válvula

**Tabla II.3. Recorrido ASFM por la Parroquia Fila de Mariches-continuación.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
67	LAS FLORES	140102,15	1044,00	17+323.06	4	2	1887	5,5	
68	MANO AMIGA	74745,43	1024	18+230.23	12	2	1007	2,9	TOMA DE 2" Y 1" SOBRE VENTOSA
69	SECTOR LA ESTRELLA	103882,79	1009,27	18+586.77	12	2	1399	4,0	
70	VUELTA DEL AGUILA	74259,81	999,00	18+987.26	4	2	1000	2,9	
71	APOLO Y PLAN DE LA AVIONETA	105056,38	1017,00	19+305.52	12	2	1415	4,1	Sobre el nodo de 4" se conectan dos salidas de 2", además existe interconexión con la tubería de 12" y válvula sobre la tubería de 4"
72	SANTA ISABEL	115537,74	1027,00	19+524.27	12	2	1556	4,5	
73	RANCHO CHIQUITO	76809,33	1020,00	19+759.50	12	2	1035	3,0	
74	LA ARBOLEDA 1	83608,04	1011,00	20+001.14	12	2	1126	3,3	HAY UNA VÁLVULA DE RETORNO DE 4" QUE ALIMENTA A LA TUBERÍA DE IGUAL DIAMETRO
75	LA ARBOLEDA 2	14568,68	1011,00	20+288.48	12	4	196	0,6	LA TUBEÍA SURTE UN LLENADERO DE CAMIONES CISTERNA

**Tabla II.3. Recorrido ASFM por la Parroquia Fila de Mariches-continuación.**

Nodo	Sector	Área influencia Aproximada (m2)	Cota Terreno (msnm)	Progresiva (m)	Diámetro Tubería (plg)	Diámetro Nodo (plg)	Población estimada (hab)	Dotación (L/s)	Observaciones
76	EL WINCHE P/A	251593,04	1011,00	20+288.48	12	2	3389	9,8	DOS VÁLVULAS DE 2" CONECTADOS AL TUBO DE 12
77	CARRETERA PETARE SANTA LUCIA	74664,49	1010,0	20+301.81	12	8	1006	2,9	
78	WINCHE P/B	217113,82	992,0	20+718.47	8	6	2925	8,5	EXISTE UNA CONEXIÓN AL TUBO DE 4" EN 2"
79	PARCELAMIENTO ZUMBA	150644,21	990	20+803.43	8	1 y 4	2029	5,9	Existe tanquilla con dos salidas de 4" y una salida de 1
80	ZUMBA	177130,89	980,00	21+295.12	8	4	2386	6,9	
81	Lagunita Colina	116104,3	959,00	21+882.35	8	2	1564	4,5	
82	Lagunita Colegio	276238,39	922,95	22+312.27	8	2	3721	10,8	
83	Lagunita, Remington	111895,57	922,95	22+609.85	8	4	1507	4,4	Tanquilla donde existen cuatro tomas de 2" y limite de red de 4"
84	Buena vista y San Vicente	570303,18	922,95	22+609.85	4	4	7682	22,2	La tubería se reduce de 4" a 2" y distribuye hacia la parroquia Paz Castillo

***ANEXO III: Imágenes del recorrido realizado a través del ASFM para la medición de presiones***

Las siguientes figuras (II.1 – II.5) corresponden a imágenes captadas durante el recorrido realizado a lo largo del ASFM para la medición de presiones.



Figura.III.1. Colocación de manómetro sobre el ASFM para la medición de presión.

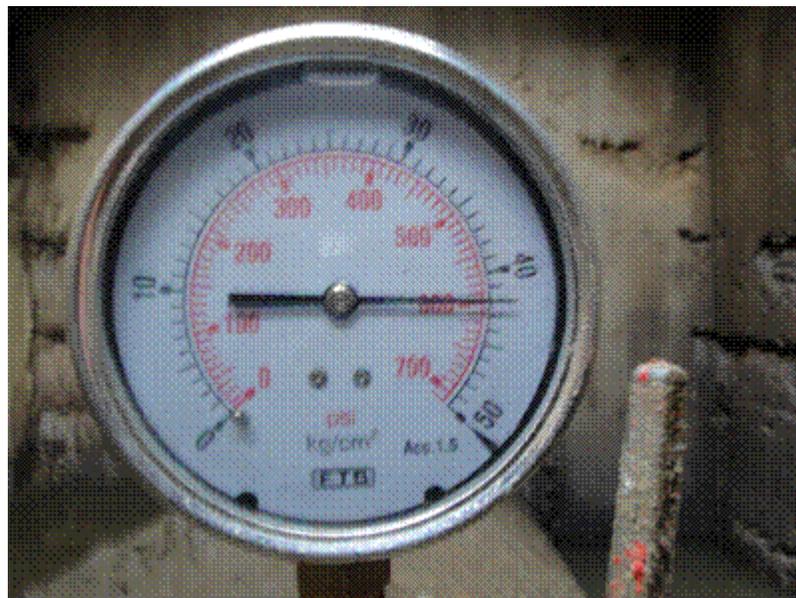


Figura.III.2. Lectura reportada por el manómetro en el primer punto de medición.



Figura.III.3. Colocación de manómetro sobre el ASFM para la medición de presión. Nodo 6



Figura.III.4. Colocación de manómetro sobre el ASFM para la medición de presión. Nodo 24

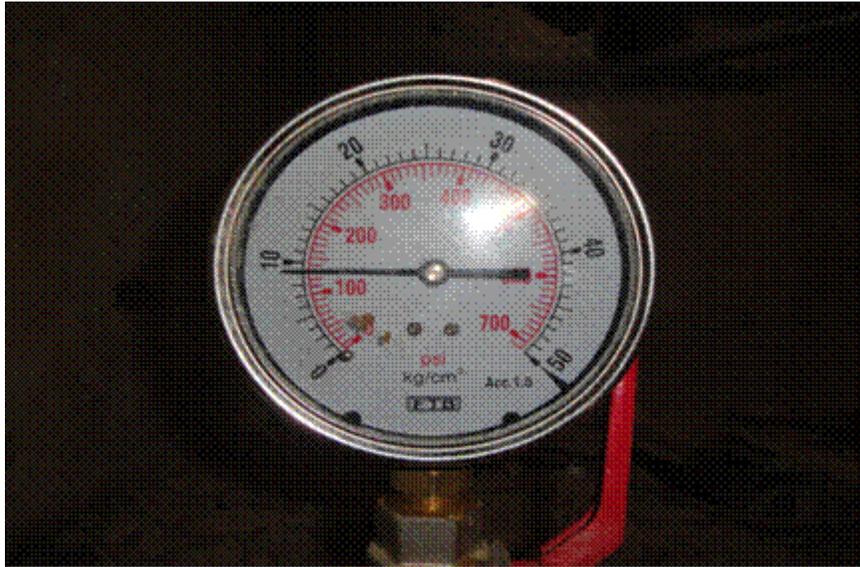


Figura.III.5. Lectura reportada por el manómetro en punto de medición.

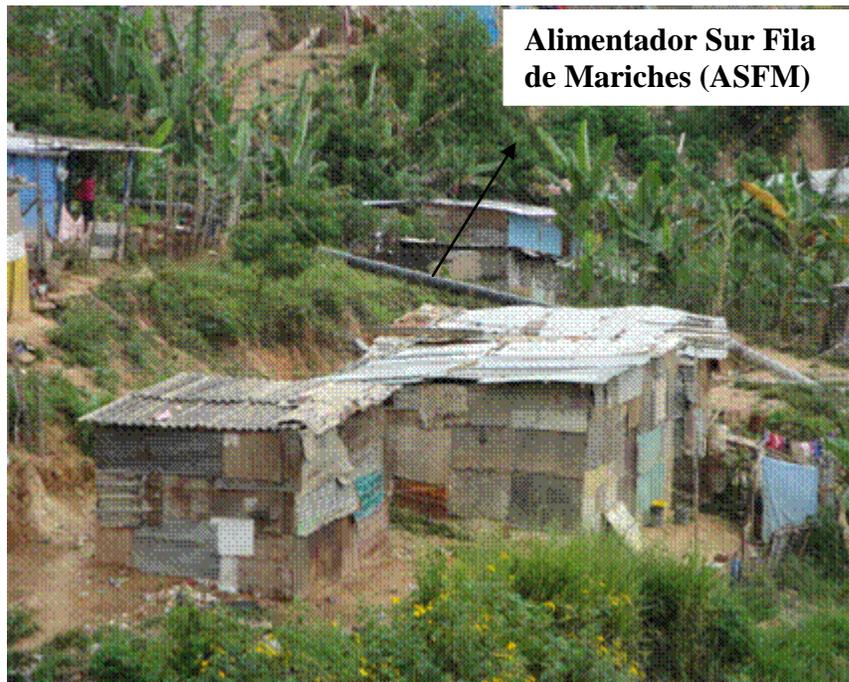


Figura.III.6. Recorrido del ASF a través del Sector San Blas.



Figura.III.7. Toma de agua ilegal detectada sobre el ASFM durante el recorrido.

**ANEXO IV: Imágenes de algunas muestras analizadas para determinar la calidad del agua en sistemas con suministro discontinuo**



Figura. IV.1. Muestras para análisis físico-químicos y microbiológicos captadas en un nodo de consumo, luego de ½ hora de abierto el servicio de agua.



Figura. IV.2. Muestras captadas para análisis microbiológicos.

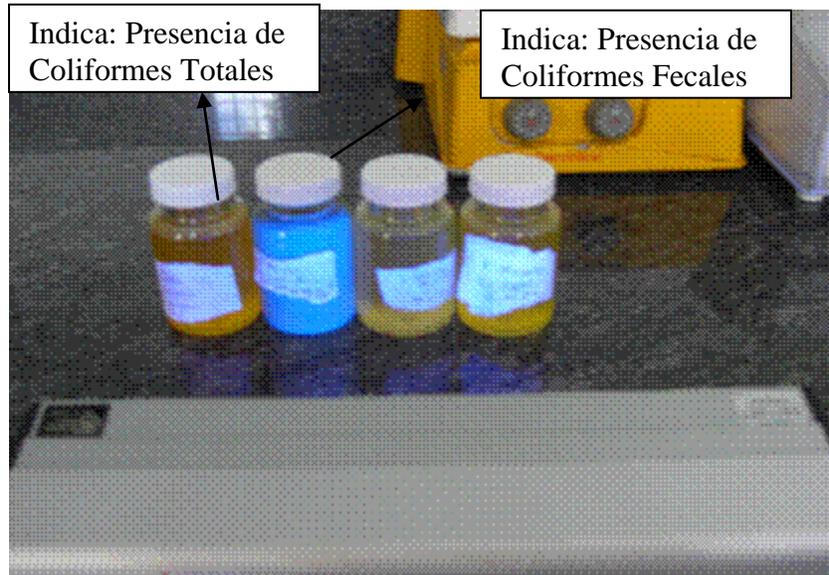


Figura.IV.3. Resultados arrojados por los análisis microbiológicos.

## **ANEXO V: Instrumento metodológico para determinar la calidad del servicio de las parroquias en estudio**

El **IMAS**, a través de la **Gerencia de Gestión Comunitaria** y la **Universidad Central de Venezuela** han diseñado el presente instrumento con la finalidad de medir la calidad del servicio de agua que se presta en los distintos sectores de las Parroquias Dolorita y Fila de Mariches del Municipio Sucre del Estado Miranda. A continuación se le presentan una serie de preguntas cortas y sencillas a las cuales debe responder marcando con una X, la respuesta que considere adecuada.

Parroquia: \_\_\_\_\_ Sector: \_\_\_\_\_

De la calidad y continuidad del servicio de agua potable

1. ¿Cómo considera usted que es el servicio de agua en el sector donde vive?  
Excelente  Bueno  Regular  Malo
2. ¿Recibe el servicio de agua por tuberías de manera continua, es decir las 24 horas del día, los 365 días del año?  
SI  NO
3. Si la respuesta a la pregunta anterior fue negativa, entonces especifique:
  - a. ¿Cada cuánto tiempo le llega el servicio de agua a su sector?

1-8 días	8-15 días	más de 15 días
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- b. ¿Por cuánto tiempo tiene servicio de forma permanente?

1-2 días	2-4 días	4-8 días
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

De la modalidad de suministro mediante camiones cisterna

4. ¿Utiliza su sector la modalidad de camiones cisterna para abastecerse de agua potable?  
SI  NO
5. ¿Con que frecuencia?  
Diaria  Semanal  Mensual
6. ¿Aproximadamente cuantos camiones cisterna son suministrados mensualmente a su sector?

1-5	5-10	más de 10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. ¿Los camiones cisterna que recibe son suministrados de forma gratuita?  
SI  NO

De la calidad del agua que recibe por tuberías y mediante camiones cisterna

8. ¿Qué percepción tiene usted de la calidad del agua que recibe su sector por tuberías?  
Excelente  Bueno  Regular  Malo
9. ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua que recibe por las tuberías?  
SI  NO



**ANEXO VI: Procedimiento de cálculo del número de muestras para la aplicación de la encuesta en las parroquias en estudio.**

Parroquia la Dolorita.

$$n = Z_{\alpha}^2 * \frac{N * S^2}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * S^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra representativa que se desea obtener

N=Tamaño de la población (119.173 hab)

Z<sub>α</sub>= Valor correspondiente a la distribución de Gauss Z<sub>α</sub>= 1.96 para α= 0,05

i= Error de la estimación (10 %)

S<sup>2</sup>= Varianza o desviación típica.

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^2$$

Ejemplo de cálculo para la pregunta 1.

Como considera usted que es el servicio de agua en el sector donde vive?

Número de encuestas=10												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
1	Excelente											0
2	Bueno								2			2
3	Regular		3	3	3						3	12
4	Malo	4				4	4	4		4		20
	(Xi-X)	0,6	-0,4	-0,4	-0,4	0,6	0,6	0,6	-1,4	0,6	-0,4	34
	(Xi-X) <sup>2</sup>	0,36	0,16	0,16	0,16	0,36	0,36	0,36	1,96	0,36	0,16	3,4

$$S^2 = \frac{0,36 + 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,36 + 0,36 + 0,36 + 1,96 + 0,36 + 0,16}{10} = 0,44$$

Se siguió el mismo procedimiento para cada una de las preguntas con varias opciones de respuesta, los valores obtenidos se reportan en la tabla V.1, luego se escogió el valor más desfavorable (0,49) para la aplicación de la fórmula general, con lo que se calculó el valor representativo de la muestra a la que debería aplicarse la herramienta metodológica.

$$n = 1,96^2 \cdot \frac{119.173 * 0,49}{0,1^2 * (119.173 - 1) + 1,96^2 * 0,49} = 189 \text{ habitantes}$$

Tabla VI.1. Varianzas calculadas para las preguntas con varias opciones de respuesta

Pregunta	varianza (S <sup>2</sup> )
1	0,44
3a	0,41
<b>3b</b>	<b>0,49</b>
5	0,09
6	0,41
8	0,36
11	0,45
12a	0,44
12b	0,41
12c	0,10
14	0,24
17a	0,25
<b>17b</b>	<b>0,49</b>





Tabla VII.3. Formato tipo para el control del mantenimiento, limpieza y desinfección de los tanques de los camiones cisterna.

<b>CONTROL ANUAL DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LOS TANQUES DE LOS CAMIONES CISTERNA</b>						
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:				MES:	AÑO:	
CODIGO DEL CAMIÓN:				N° DE LIMPIEZA:		
<b>DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>						
CAPACIDAD DEL TANQUE (L)						
CANTIDAD DE HIPOCLORITO USADO (kg)						
CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN						
TIEMPO UTILIZADO PARA LA DESINFECCIÓN (h)						
COMENTARIOS:						
<b>CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POSTERIOR AL MANTENIMIENTO</b>						
RESPONSABLE:						
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/L)	TURBIEDAD (UNT)	COLOR (UNT)	pH	CONDUCTIVIDAD	BACTERIOLÓGICO	
					COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES
COMENTARIOS:						

Fuente: Elaboración propia



Tabla VII.5. Formato tipo para el monitoreo de cloro residual en tanques de almacenamiento domiciliario.

<b>CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO</b>					
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL CONTROL:		MES:		AÑO:	
DIRECCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO*:		SECTOR:		PARROQUIA:	
<b>FUENTE DE SUMINISTRO</b>					
RED DE DISTRIBUCIÓN (DIRECTO DE LA TUBERÍA)			CAMION CISTERNA (ESPECIFICAR LLENADERO)		
<b>DATOS DEL TANQUE</b>					
CAPACIDAD (L)	MATERIAL			UBICACIÓN	
	PVC	CONCRETO	HIERRO	AEREO	SUBTERRÁNEO
<b>CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE</b>					
FECHA	HORA	CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/L)		OBSERVACIONES	
<b>COMENTARIOS GENERALES:</b>					
<b>Condiciones del tanque:</b>					
<b>Condiciones de la tapa:</b>					

Fuente: Elaboración propia

\*Especificar si el tanque corresponde a una entidad pública ó privada de servicios (escuelas, ambulatorios, comedores)

Tabla VII.6. Formato encuesta tipo para la aplicación de auditorías de servicio.

<b>ENCUESTA DE OPINION SOBRE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE</b>				
Parroquia:	Sector:	Fecha:	Frecuencia de aplicación:	Datos del encuestador:
1. Como ha percibido usted la calidad del servicio de agua potable en el sector donde vive, en los últimos tres meses?				
EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	
2. Considera que la duración de los ciclos de servicio ha disminuido?				
Sí:		No:		
3. Ha observado mejoras en la calidad del agua que llega a su hogar?				
Sí:		No:		
4. Respecto al uso de camiones cisterna, como ha sido la frecuencia en los últimos tres meses?				
Aumentó:		Disminuyó:		
5. Ha observado botes de agua frecuentes en su sector?				
Sí:		No:		
6. Considera que el IMAS ha realizado trabajos ó actividades para mejorar la calidad del servicio de agua potable?				
Sí:		No:		
7. Se siente satisfecho con las actividades y trabajos que ha realizado la institución para mejorar el servicio de agua potable?				
Sí:		No:		
8. Considera que los trabajos y actividades que se han desarrollado en su sector dan solución a los problemas que presenta el servicio de agua?				
Sí:		No:		
OBSERVACIONES:				

Fuente: Elaboración propia

Tabla VII.7. Requerimientos de caudal e hidrantes para producir una velocidad adecuada en la aplicación de un LHU.

<b>DIAMETRO DE LA TUBERÍA, PLG (mm)</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/h) (L/s)</b>	<b>NÚMERO DE HIDRANTES (60 mm)</b>	<b>NÚMERO DE HIDRANTES (100 mm)</b>
4 (100)	50 (13.9)	1	-
6 (150)	120 (33.3)	1	-
8 (200)	210 (58.3)	-	-
10 (250)	330 (91.7)	2	1
12 (300)	460 (127.8)	2	1
16 ( 410)	850 (236.1)	3	2
18 (460)	1080 (300.0)	-	2
24 (610)	1920 (533.3)	-	3

Fuente: Carvajal, L. (2007)

Tabla VII.8. Relación de Velocidad y alcances del LHU.

<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Características de la limpieza</b>
<0,9	Arrastra limo, sedimentos y se reduce la demanda de desinfectante
1,5	Elimina la biopelícula y se reduce la demanda de desinfectante
1,8	Transporta arenas en tuberías
4,0	Elimina la arena de sifones invertidos

Fuente: AWWA (2003)

