



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE DEL CANTÓN LOGROÑO, PROVINCIA MORONA SANTIAGO”**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.**

**Autor:**

Tapia Garay Dannes Alexander

**Tutora:**

MsC. María Gabriela Zúñiga R.

**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Tapia Garay Dannes Alexander con cédula de ciudadanía 1400766232, autor del trabajo de investigación titulado: Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño, provincia Morona Santiago, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 20 de abril de 2023.



---

Dannes Alexander Tapia Garay  
C.I: 1400766232

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño, provincia Morona Santiago., presentado por Dannes Alexander Tapia Garay, con cédula de identidad número 1400766232, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 20 de abril de 2023.

Ing./PhD. Tito Oswaldo Castillo Campoverde  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Firma

Ing/Mgs. Alfonso Patricio Arellano Rivadeneira  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Firma

Ing/Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Firma

Ing./MsC. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
**TUTORA**



---

Firma

### CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño, provincia Morona Santiago", presentado por Dannes Alexander Tapia Garay, con cédula de identidad número 1400766232, bajo la tutoría de Ing./MgC. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 20 de abril de 2023.

Ing./PhD. Tito Oswaldo Castillo Campoverde  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



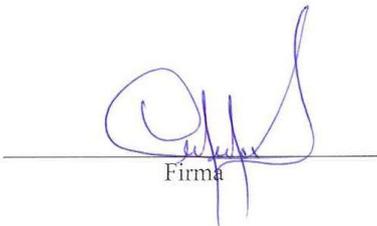
Firma

Ing/Mgs. Alfonso Patricio Arellano Rivadeneira  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

Ing/Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNA-CH-RGF-01-04-02.20  
VERSIÓN 02: 06-09-2021

## CERTIFICACIÓN

Que, **TAPIA GARAY DANNES ALEXANDER** con CC: **1400766232**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN LOGROÑO, PROVINCIA MORONA SANTIAGO**", cumple con el **1 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **OURIGINAL (URKUND)**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 22 de marzo de 2023

MsC. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
**TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

La presente Tesis la dedico a Dios y a mis padres.

A Dios por haberme dado la fortaleza y madurez necesaria para saber sobrellevar los momentos más difíciles y siempre intentar salir adelante sin perder jamás la fe ni desenfocarme de mis metas, además que gracias a él puedo disfrutar de este momento tan importante de mi vida con mis seres queridos.

A mis padres Flamarion Tapia y Nelly Garay por sus constantes consejos e inclusive regaños que me ayudaron a formarme durante mi vida estudiantil, ya que siempre se han desvelado y sacrificado por brindarme lo necesario para afrontar todos los obstáculos que pudieron presentarse durante mi formación en esta carrera tan linda como lo es ingeniería civil.

*Dannes A. Tapia G.*

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible que pueda lograr este primer sueño de todos los que deseo cumplir.

A mi tío Carlos Garay por su ayuda desinteresada con materiales para mi formación como lo es mi computadora que me acompañó durante toda mi vida estudiantil.

A todos mis compañeros y amigos especialmente Luis Q y Jhonnatan Y, que me motivaron y ayudaron con conocimientos para afrontar todo el arduo camino de formación.

A mis amigos de toda la vida Fernelly P, Ariel O, Adrian R, Marvin O, Manolo S, que me aconsejaron para poder mejorar como persona y estudiante.

A mis hermanos Rolendio, Ronald, Cumandá, Xiomara, Steven y Katerine, mis sobrinos Mateo T, Amanda T, Dydier R, Kamila O, que junto con mis padres fueron y son un pilar fundamental para inspirarme a continuar y perseguir mis sueños desde toda la vida.

A mi tutora MsC. Gabriela Zúñiga por ser mi guía y mentora en la elaboración de este trabajo de investigación y así poder culminar el último paso de mi formación como lo es la culminación de mi tesis.

Un agradecimiento especial hasta el cielo para mi amigo Kevin S, quien fue un ejemplo a no desistir nunca de los sueños, y siempre seguir adelante a pesar de las adversidades o tropiezos que se puedan presentar.

*Dannes A. Tapia G.*

## ÍNDICE GENERAL;

|  |    |
|--|----|
| DERECHOS DE AUTORÍA.....                                   | 2  |
| DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL;..... | 3  |
| CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....             | 4  |
| CERTIFICADO ANTTIPLAGIO .....                              | 5  |
| DEDICATORIA.....   | 6  |
| AGRADECIMIENTO .....                                       | 7  |
| RESUMEN.....   | 15 |
| ABSTRACT .....   | 16 |
| 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....                           | 17 |
| 1.2 INTRODUCCIÓN.....                                      | 17 |
| 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                       | 18 |
| 1.4 OBJETIVOS .....  | 19 |
| 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....                         | 20 |
| 2.2 AGUA POTABLE.....                                      | 20 |
| 2.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....                    | 20 |
| 2.4 CAUDAL.....  | 20 |
| 2.5 MÉTODO VOLUMÉTRICO .....                               | 20 |
| 2.6 BALANCE HÍDRICO .....                                  | 21 |
| 2.7 ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN.....                             | 22 |
| 2.8 RED DE DISTRIBUCIÓN .....                              | 22 |
| 2.9 CONSUMO O DEMANDA .....                                | 22 |
| 2.10 PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE .....                        | 23 |
| 2.10.1 TIPOS DE PÉRDIDAS DE AGUA .....                     | 23 |
| 2.11 FUGAS.....  | 23 |
| 2.11.1 CAUSAS DEL ORIGEN DE LAS FUGAS.....                 | 24 |
| 2.11.2 CLASIFICACIÓN DE FUGAS .....                        | 24 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.     | CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....   | 26 |
| 3.2    | ESQUEMA METODOLÓGICO.....  | 26 |
| 3.3    | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....   | 27 |
| 3.4    | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....   | 27 |
| 3.5    | ALCANCE.....   | 27 |
| 3.6    | METODOLOGÍA.....   | 27 |
| 3.7    | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....  | 28 |
| 3.7.1  | FASE I, RECOPIRAR LA INFORMACIÓN.....  | 28 |
| 3.7.2  | FASE II, ANÁLISIS DE DATOS.....  | 28 |
| 3.7.3  | FASE III, RESULTADOS.....  | 28 |
| 3.8    | POBLACIÓN DE ESTUDIO.....  | 28 |
| 3.9    | MÉTODO DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....   | 30 |
| 3.10   | OBTENCIÓN DEL CAUDAL INYECTADO.....  | 31 |
| 3.10.1 | CAUDAL INYECTADO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN LOGROÑO.....  | 32 |
| 3.10.2 | CAUDALES REGISTRADOS EN EL CANTÓN LOGROÑO.....   | 33 |
| 3.11   | RENDIMIENTOS HÍDRICOS PORCENTUALES DE LA RED EN EL CANTÓN LOGROÑO.....                                       | 40 |
| 3.12   | ELABORACIÓN DE PUNTOS DE AFECTACIÓN EN LA RED DEL CANTÓN LOGROÑO.....  | 41 |
| 4.     | RESULTADOS.....  | 41 |
| 4.1    | BALANCE HIDRICO TECNICO EN LOGROÑO.....  | 41 |
| 4.2    | RENDIMIENTO HÍDRICO PORCENTUAL GENERAL DE LA RED.....  | 52 |
| 4.3    | PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL GAD DE LOGROÑO CAUSADOS POR LAS FUGAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE..... | 59 |
| 4.4    | POLÍTICAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN FRENTE A FUGAS DE AGUA POTABLE.....  | 60 |
| 4.5    | DISCUSIÓN.....   | 62 |

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 4.6 | CONCLUSIONES .....   | 63 |
| 4.7 | RECOMENDACIONES..... | 64 |
| 5.  | BIBLIOGRAFÍA .....   | 65 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Personal que labora en entidades sin medidores de agua .....                       | 28 |
| Tabla 2. Dotaciones para edificaciones de uso específico.....                               | 29 |
| Tabla 3. Caudal inyectado a la red de distribución del cantón Logroño .....                 | 33 |
| Tabla 4. Volúmenes facturados anuales de agua .....   | 36 |
| Tabla 5. Volúmenes consumidos por las oficinas públicas en la zona urbana .....             | 37 |
| Tabla 6- Volúmenes consumidos por el taller mecánico del municipio del Logroño .....        | 37 |
| Tabla 8. Volúmenes consumidos por los baños públicos del cantón Logroño.....                | 37 |
| Tabla 8. Volumen consumido en el área del parque central de Logroño .....                   | 38 |
| Tabla 9. Caudales consumidos no registrados del año 2018 .....                              | 38 |
| Tabla 10. Caudales consumidos no registrados del año 2019 .....                             | 39 |
| Tabla 11. Caudales consumidos no registrados del año 2020 .....                             | 39 |
| Tabla 12. Caudales consumidos no registrados del año 2021 .....                             | 40 |
| Tabla 13. Rangos de eficiencia del sistema de agua potable en función del rendimiento... 41 |    |
| Tabla 14. Resumen del balance hídrico general mensual del año 2018.....                     | 41 |
| Tabla 15. Balance hídrico general mensual del año 2019 .....                                | 44 |
| Tabla 16. Balance hídrico general mensual del año 2020 .....                                | 47 |
| Tabla 17. Balance hídrico general mensual del año 2021 .....                                | 50 |
| Tabla 18. Rendimiento volumétrico general del año 2018.....                                 | 53 |
| Tabla 19. Rendimiento volumétrico general del año 2019.....                                 | 54 |
| Tabla 20. Rendimiento volumétrico general del año 2020.....                                 | 55 |
| Tabla 21. Rendimiento volumétrico general del año 2021.....                                 | 57 |
| Tabla 22. Resumen de la calificación de las redes de abastecimiento .....                   | 58 |
| Tabla 23. Resumen balance hídrico.....  | 59 |
| Tabla 24. Costo anual perdido por las fugas en la red de agua potable.....                  | 59 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación del cantón Logroño .....   | 18 |
| Figura 2. Balance Hídrico elaborado por la IWA.....  | 21 |
| Figura 3. Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable.....             | 22 |
| Figura 4. Clasificación y tipos de fugas .....   | 24 |
| Figura 5. Causas de fugas no visibles Fuente: (Fonseca & Rodríguez, 2017) .....            | 25 |
| Figura 6. Esquema metodológico de la investigación .....                                   | 26 |
| Figura 7. Diagrama balance hídrico propuesto por Cabrera.....                              | 30 |
| Figura 8. Medidor de flujo ultrasónico utilizado para la medición del caudal inyectado ... | 31 |
| Figura 9. Ubicación del tanque de reserva .....  | 32 |
| Figura 10. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2018.....                        | 33 |
| Figura 11. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2019.....                        | 34 |
| Figura 12. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2020.....                        | 35 |
| Figura 13. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2021.....                        | 35 |
| Figura 14. Resumen de volúmenes de agua potable facturados .....                           | 36 |
| Figura 15 Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2018.....      | 42 |
| Figura 16 Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2018.....                             | 43 |
| Figura 17. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2018.....                     | 43 |
| Figura 18. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2018 .....                     | 44 |
| Figura 19 Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2019.....      | 45 |
| Figura 20 Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2019.....                             | 46 |
| Figura 21 Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2019.....                      | 46 |
| Figura 22 Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2019 .....                      | 47 |
| Figura 23. Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2020.....     | 48 |
| Figura 24. Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2020.....                            | 48 |
| Figura 25. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2020.....                     | 49 |
| Figura 26. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2020 .....                     | 49 |
| Figura 27. Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2021.....     | 50 |
| Figura 28. Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2021.....                            | 51 |
| Figura 29. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2021.....                     | 52 |
| Figura 30. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2021 .....                     | 52 |
| Figura 31 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2018       | 54 |
| Figura 32 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2019       | 55 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 33 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2020 | 56 |
| Figura 34 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2021 | 58 |
| Figura 35. Mapa de afectación en la red de distribución de agua potable.....         | 60 |
| Figura 36 Políticas para mejorar la gestión ante la presencia de fugas .....         | 61 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Fuga visible en la zona urbana barrio sur .....                               | 67 |
| Anexo 2. Reparación de tubería rota .....  | 67 |
| Anexo 3. Corte servicio de agua debido a taponamiento de la red .....                  | 68 |
| Anexo 4. Localización de fuga de agua.....   | 68 |
| Anexo 5. Localización de falla en la tubería .....                                     | 69 |
| Anexo 6. Parte de tubería retirada defectuosa .....                                    | 69 |
| Anexo 7. Reparación de tubería por fuga .....  | 70 |
| Anexo 8. Rellenado de la apertura de la calle por reparación de una fuga de agua ..... | 70 |
| Anexo 9. Reparación llave de paso .....  | 71 |
| Anexo 10. Instalación toma domiciliaria.....   | 71 |
| Anexo 11. Separación de los sensores del caudalímetro .....                            | 72 |

## RESUMEN

Según el boletín estadístico de agua potable y saneamiento publicado por la Agencia de Regulación y Control del Agua en el año 2020 el Ecuador obtuvo un porcentaje promedio de 47.69% de agua no contabilizada a nivel nacional. Las pérdidas de agua potable generan grandes prejuicios tanto económicos como ambientales debido al desperdicio de este recurso de vital importancia para los seres vivos y que lamentablemente es cada vez más escaso, se creía que el nivel de agua no contabilizada en el cantón Logroño era mejor que el promedio nacional ya que aparecía con un estimado de 37.93% lo cual lo ubicaba en una calificación de "bueno", pero se tenía dudas de que ese valor sea el correcto debido a los constantes problemas de cortes de agua vividos en el cantón debido a tuberías rotas y medidores dañados, es por ello que se optó por investigar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño para conocer el verdadero volumen fugado y las pérdidas económicas que éstas generan anualmente.

La presente investigación presenta un trabajo de enfoque cuantitativo-cualitativo, debido a la cuantificación de los datos obtenidos del GAD del cantón Logroño sobre los caudales inyectados y cualitativo porque compararemos la diferencia de los resultados obtenidos de los caudales inyectados y consumidos, para lo cual se partió por obtener los datos de volúmenes facturados e inyectados. El método implementado para la estimación del volumen incontrolado fugado fue el balance hídrico mediante el cual se concluye que más del 76.03% del total del caudal inyectado se fuga, es por ésta razón que realmente el porcentaje de agua no contabilizada del cantón Logroño debería estar en la categoría de desempeño "bajo", además se obtiene que el rendimiento global del sistema tiene una calificación de "inaceptable" según las categorías propuestas por (Cabrera, Almandoz, Arregui, & García-Serra, 1999) ya que en ningún año llegan al 50%; éstas pérdidas volumétricas a su vez conllevan a pérdidas económicas anuales superiores a los \$10 000.

**Palabras claves:** Agua, Fugas, Pérdidas, Red, Rendimiento

## ABSTRACT

Drinking water losses generate significant economic and environmental damages due to the waste of this vital resource for living beings, which is becoming increasingly scarce. According to the drinking water and sanitation statistical bulletin published by the Water Regulation and Control Agency in 2020, Ecuador obtained an average of 47.69% of unaccounted water nationally. It is a fact that the level of unaccounted water in Logroño was better than the national average since it appeared with an estimated 37.93%, which placed it in a "good" rating. However, there were doubts that this value was correct due to the constant water cut problems experienced in the town because of broken pipes and damaged water meters. Therefore, the researcher decided to investigate the incidence of leaks in the potable water supply network of Logroño to determine the actual leaked volume and the annual economic losses generated annually.

This research frames a quantitative-qualitative approach due to the quantification of data obtained from the GAD of Logroño regarding injected flow rates and qualitative because we will compare the difference between the results obtained from the injected and consumed flow rates. For this reason, the researcher got data on billed and injected volumes. The water balance method was implemented to estimate the uncontrolled leaked volume. The results showed more than 76.03% of the total infiltrated flow rate leaks. These volumetric losses generate annual economic losses exceeding \$10,000. Therefore, the town's current percentage of unaccounted water should be classified as "low" performance. Additionally, it was found that the overall system performance rating is "unacceptable" according to the categories proposed by (Cabrera, Almandoz, Arregui, & García-Serra, 1999) since it never reaches 50% in any year.

**Keywords:** Water, Leaks, Losses, Network, Performance.



**Reviewed by:**

Mgs. Jessica María Guaranga Lema  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0606012607

# 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.2 INTRODUCCIÓN.

El crecimiento poblacional no se detiene y al contrario aumenta con el pasar de los años lo cual ocasiona que aumente la demanda por el agua que es un recurso limitado y esto a su vez afecta al abastecimiento. Hoy en día las personas van generando más conciencia acerca del uso responsable del agua gracias a las diferentes propagandas a favor del cuidado y preservación del agua dulce.

Para considerar que el abastecimiento de agua potable es eficiente, el sistema debe tener cobertura que satisfaga a los usuarios, la cantidad necesaria para cubrir sus necesidades y la calidad para que sea considerada agua potabilizada. Actualmente los sistemas además de cumplir con lo establecido también deben ser eficientes con el agua, por esto es importante estudiar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable (Cabrera, 2019).

Las redes de abastecimiento de agua no son más que las obras implementadas con la finalidad de distribuir de manera óptima el agua potable desde la planta de tratamiento o almacenamiento, hasta llegar a los habitantes para consumo diario.

Por más eficiente y bien construido que esté un sistema, ya sea inmediatamente o con el pasar del tiempo se van a presentar problemas, sean éstos por componentes defectuosos o mal conectados, medidores deficientes o el desgaste de las tuberías. Este tipo de problemas conlleva a la contaminación y malgasto del agua potabilizada.

En el territorio ecuatoriano según el boletín estadístico de agua potable y saneamiento publicado por la Agencia de Regulación y Control del Agua en el año 2020, se obtiene que el porcentaje de agua no contabilizada es del 47.69% y el cantón Logroño aparece con un porcentaje de agua no contabilizada de 37.98%, por lo cual se encuentra en un nivel de desempeño medio (ARCA, 2020).

Todo sistema de distribución de agua potable a presión va a presentar fugas, siendo estas únicas y con características diferentes a las de otros; razón por la cual el tomar acciones preventivas y correctivas nos permitirá disminuir al máximo las pérdidas, y así ahorrar recursos económicos e hídricos.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene por objetivo analizar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño, esto con el propósito de conocer el volumen de agua desperdiciada por fugas para de esta manera plantear soluciones que beneficien a la población.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cantón Logroño pertenece a la provincia de Morona Santiago, tiene una extensión de 1 218km<sup>2</sup>, el cantón se subdivide en las parroquias Logroño, Shimpis y Yaupi. La zona de estudio es la parroquia Logroño que tiene 790 usuarios del servicio de agua potable y una población de 2 053 habitantes.

La red de abastecimiento fue intervenida en el año 2011 y depende únicamente de un tanque de reserva detrás del colegio Logroño con una capacidad de 700 m<sup>3</sup> que brinda una cobertura del servicio de agua potable del 100% según la Agencia de Regulación y Control del Agua en el año 2020.



Figura 1. Ubicación del cantón Logroño

Fuente: Autor

En la cabecera cantonal de Logroño existe una planta de tratamiento potabilizadora que abastece de agua potable a todo el centro urbano. La cuota base para el consumo de agua es de 0.60 dólares por 10m<sup>3</sup>, lo cual es una tarifa baja y genera que la población no sea consciente del cuidado del consumo de agua. Al manejar precios bajos pueden existir fugas a lo largo de la red de distribución, así como también fugas dentro de los domicilios pero no se presentan denuncias y no se realiza un esfuerzo por repararlas.

Por otro lado, también existe un descuido por parte de las autoridades ya que no se realizan mantenimientos o chequeos periódicos para la localización de fugas, sino que actúan solo cuando las fugas son de grandes volúmenes o presentan problemas para la red de distribución, o causan daños a infraestructuras como vías, aceras y bordillos, generando así mayores perjuicios económicos por mayores costos de reparación. Por lo expuesto anteriormente el realizar un diagnóstico de la incidencia de fugas en la red de agua potable nos permitirá evitar desperdicios dando correcciones oportunas evitando así mayores gastos de mantenimiento por el aumento de daño en las redes, así como también el crear un plan de

estrategias para tratar de disminuir las fugas y de esta manera podemos ahorrar recursos públicos e hídricos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Conocer la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño.

### **Objetivos específicos**

- Recolectar datos del volumen inyectado a la red de agua potable del cantón Logroño.
- Cuantificar el volumen de agua potable que se fuga de la red de distribución.
- Definir políticas que sirvan a las autoridades del cantón para mejorar la gestión de las fugas y pérdidas de agua potable.
- Identificar las causas por las que la red sufre pérdidas, así como los lugares donde se ve más afectada la red por las fugas.

## **2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.2 AGUA POTABLE**

El agua que se encuentra en la naturaleza sin recibir ningún tratamiento que cambie sus características físicas, químicas o microbiológicas es conocida como agua cruda. En cambio, el agua potable es aquella agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido modificadas con la finalidad de garantizar que sea apta para el consumo humano (INEN, 2011).

El agua potable es un elemento indispensable para mejorar la calidad de vida de todos los seres humanos y aumentar el desarrollo social de los pueblos en el país, ayudando a evitar daños a la salud causado por enfermedades transmitidas por el agua no potabilizada (Cárdenas & Patiño, 2010).

### **2.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Los sistemas de agua potable tratan de una serie de obras cuya finalidad será el captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir por medio de una red de tuberías hasta la población beneficiada, para el correcto funcionamiento de la red se debe tener el personal calificado para manejar y controlar los sistemas de agua potable (Cárdenas & Patiño, 2010).

### **2.4 CAUDAL**

Es el volumen de agua que es conducida a través de la sección de una tubería por la unidad de tiempo, y se la puede expresar en (l/s.,m<sup>3</sup>/s., etc) (Cárdenas & Patiño, 2010).

Actualmente hay varios métodos para medir el caudal, pero en la presente investigación vamos a mencionar al método volumétrico ya que fue el utilizado para obtener el caudal inyectado a la red de distribución.

### **2.5 MÉTODO VOLUMÉTRICO**

Este método es utilizado para la determinación de caudales pequeños, ya que se trata de calcular el tiempo que demora llenarse un recipiente con medidas establecidas, la fórmula que se utiliza para este método de medición es:

$$Q = \frac{V}{t} \quad ( 1 )$$

Dónde:

Q= Caudal buscado.

V= Volumen conocido del recipiente.

t= tiempo que demora en llenarse el recipiente.

## 2.6 BALANCE HÍDRICO

Para realizar el correcto diagnóstico de un sistema de agua potable, en términos de fugas o pérdidas de agua, la herramienta escogida es el balance hídrico, el mismo que se obtiene de los registros de agua potable inyectada en la red de abastecimiento y el consumo medido de los beneficiarios del servicio, entonces el agua perdida o fugada no va a ser más que la diferencia.

Según la International Water Association (IWA), la siguiente figura nos brinda un resumen del volumen de agua que es inyectado a un sistema.

|   |                                    |   |   |  |  |
|---|------------------------------------|---|---|--|--|
| Volumen<br>Introducido<br>al Sistema<br>$m^3/año$ | Consumo<br>Autorizado<br>$m^3/año$ | Consumo<br>Autorizado<br>Facturado $m^3/año$                    | Consumo<br>Facturado<br>Medido                                | Agua<br>Comercializada<br>$m^3/año$                  |  |
|   |                                    |   | Consumo<br>Facturado No<br>Medido                             |  |  |
|   |                                    | Consumo<br>Autorizado No<br>Facturado $m^3/año$                 |   | Consumo No<br>Facturado<br>Medido                    | Agua No<br>Comercializada<br>$m^3/año$ |
|   |                                    |   |   | Consumo No<br>Facturado No<br>Medido                 |  |
|   | Perdidas de<br>agua $m^3/año$      | Perdidas Aparentes<br>$m^3/año$                                 |   | Consumo No<br>Autorizado                             |  |
|   |                                    |   |   | Errores de<br>medición y<br>manejo de<br>información |  |
| Perdidas Reales<br>$m^3/año$                      |                                    |   | Fugas de<br>transporte y/o<br>conducciones de<br>distribución |  |  |
|   |                                    | Fugas debido a<br>derrames en<br>depósitos de<br>almacenamiento |   |  |  |
|   |                                    | Fugas en<br>conexiones<br>domiciliarias                         |   |  |  |

Figura 2. Balance Hídrico elaborado por la IWA

Fuente: (Wyatt, 2010)

La presente investigación se centra en las pérdidas de agua, por lo que tomaremos en cuenta el consumo autorizado.

## 2.7 ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN

Entre el lugar de captación de agua y la planta de potabilización, así como entre este y la red de distribución hasta la población beneficiada, hay la necesidad de conducir el agua cruda o tratada para salvar distancias y accidentes geográficos entre la fuente de suministros y consumidores.

Aducción es el medio por el cual se transporta el agua cruda a presión o gravedad y conducción es el componente por medio del cual se transporta el agua tratada (Matta, 2019).

## 2.8 RED DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución de agua potable consiste en un conjunto de instalaciones cuya función es transportar el agua desde el punto o los puntos de captación y tratamiento, hasta llegar a los beneficiarios del sistema, el agua debe llegar en condiciones que satisfagan las necesidades de los usuarios (Moliá, 2007).

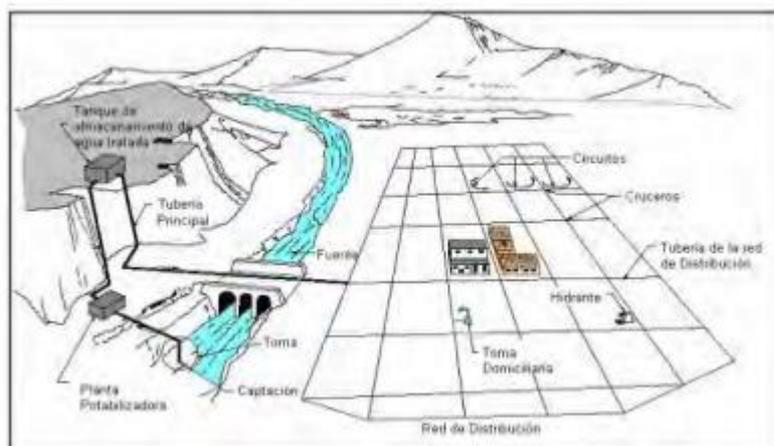


Figura 3. Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable  
Fuente: (Gutiérrez, 2016)

## 2.9 CONSUMO O DEMANDA

El consumo o demanda es el volumen de agua potable consumido durante un tiempo determinado, ya sea un cantón, algún sector de éste o sus domicilios. Los componentes que abarcan al consumo son el consumidor del agua potable, el volumen de agua consumido y por último la unidad de tiempo en el que se produce el gasto.

Los consumos medidos de agua potable siempre tendrán alteraciones o variaciones que pueden ser horarias, lo cual generaría variaciones diarias y estas a su vez dan origen a las variaciones mensuales, es por ellos que se aplica el consumo medio o promedio (Campaña & Ortega, 2016).

Existen algunas formas para obtener el consumo medio diario ( $Q_m$ ):

- Obtención del promedio del consumo diario calculado en un cantón o localidad durante un año de mediciones continuas.
- Obtener la estimación del consumo per cápita para la población futura según el periodo de diseño.
- Sumar los volúmenes asignados a cada consumidor de acuerdo con las regulaciones de la localidad.

Con todo esto podemos definir:

- Consumo medio diario es el promedio de los registros de consumos diario durante un año de mediciones.
- Consumo máximo horario es la hora de consumo máximo en el día de consumo máximo.
- Consumo máximo diario será el día de consumo máximo de las mediciones de 365 días corridos.

## **2.10 PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE**

Es el volumen de agua potable que no llega a los beneficiarios del servicio o a su vez llega, pero no puede ser medido correctamente lo cual genera los desperdicios involuntarios, esto puede ocurrir por fugas, errores en la medición y facturación, usos legales e ilegales (Medina, 2009).

### **2.10.1 TIPOS DE PÉRDIDAS DE AGUA**

Como nos lo indica Cabrera (2019) a las pérdidas de agua potable las vamos a clasificar en dos tipos:

- Pérdidas reales
  - Fugas en la red de abastecimiento
  - Desborde de reservorios
  - Fugas en conexiones domiciliarias
- Pérdidas aparentes
  - Consumos no autorizados
  - Errores al momento de realizar las mediciones
  - Errores en el manejo de los datos

## **2.11 FUGAS**

Las fugas son puntos de escape físico del agua en cualquier parte del sistema de agua potable o alcantarillado, puede darse en conducciones, a lo largo de la red de distribución,

los tanques donde se almacena el agua, las conexiones domiciliarias o dentro de las casas de los beneficiarios (Fonseca & Rodríguez, 2017).

### 2.11.1 CAUSAS DEL ORIGEN DE LAS FUGAS

Medina (2009), describió como las causas más probables para que se produzcan fugas a las siguientes:

- Consecuencia del tráfico.
- Corrosión externa o interna.
- Materiales y accesorios defectuosos.
- Presiones altas.
- Cumplir la vida útil de la tubería.
- Golpe de ariete por errores al momento de manipular el sistema.
- Movimiento de tierras.
- Errores de la mano de obra.
- Fallas geológicas y de estabilidad de los puntos de la red (p. 7).

### 2.11.2 CLASIFICACIÓN DE FUGAS

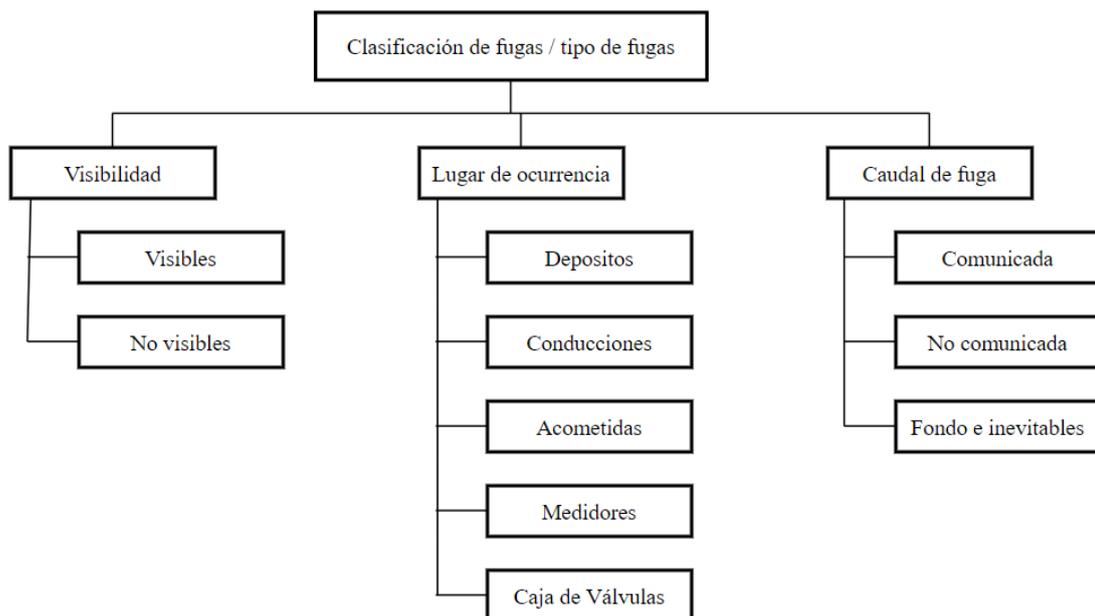


Figura 4. Clasificación y tipos de fugas

Fuente: (Fonseca & Rodríguez, 2017)

- **Fugas visibles:** Este tipo de fugas son más fáciles de encontrar ya que se las puede ubicar a simple vista con una inspección de campo.
- **Fugas no visibles:** Son las fugas de agua potable que no son vistas físicamente, pero si están ocurriendo en cualquier punto a lo largo de la red de distribución.

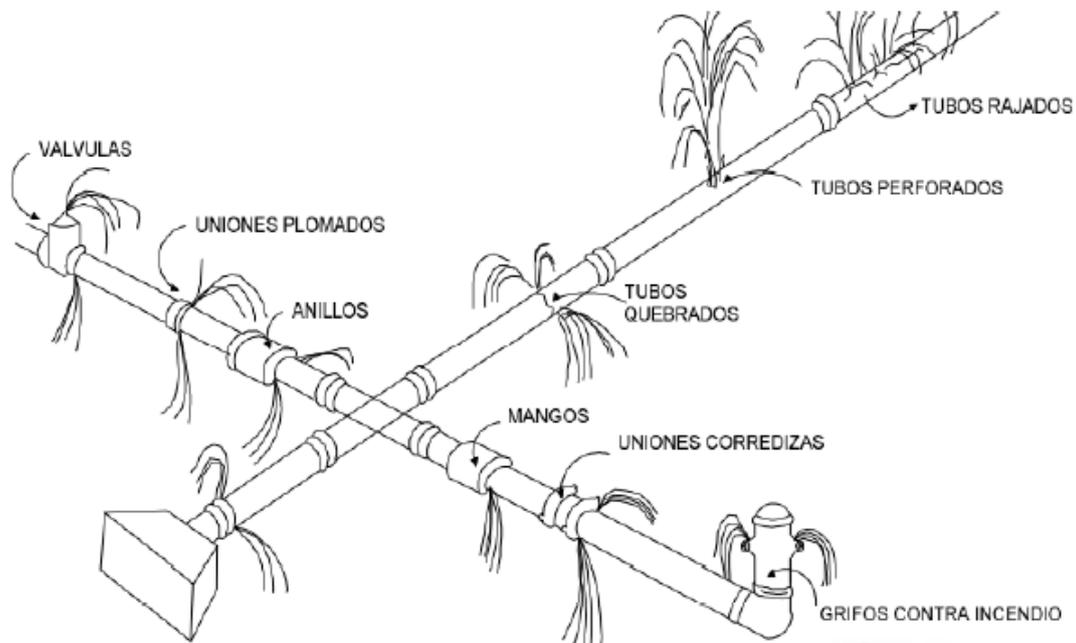


Figura 5. Causas de fugas no visibles  
Fuente: (Fonseca & Rodríguez, 2017)

Según Medina (2009) las fugas por el lugar donde ocurren se clasifican en:

- **Fugas en los depósitos:** Se producen por agrietamientos o los reboses de los niveles del agua potable.
- **Fugas en conducciones:** Este tipo de fugas se presentan por corrosión, por cargas superficiales, materiales de construcción defectuosos, errores al momento de la instalación y por el golpe de ariete debido a los cambios bruscos en la operación del sistema.
- **Fugas en acometidas domiciliarias:** Aquí es donde suelen presentarse el mayor número de fugas, y se producen por rajaduras, perforaciones o piezas flojas.
- **Fugas en medidores:** Son producto de una mala instalación, las piezas quedan flojas y la falta de hermeticidad del micromedidor.
- **Fugas en cajas de válvulas:** Son producto de la rotura de empaques o los volantes de las válvulas. (p. 7)

### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

#### 3.2 ESQUEMA METODOLÓGICO

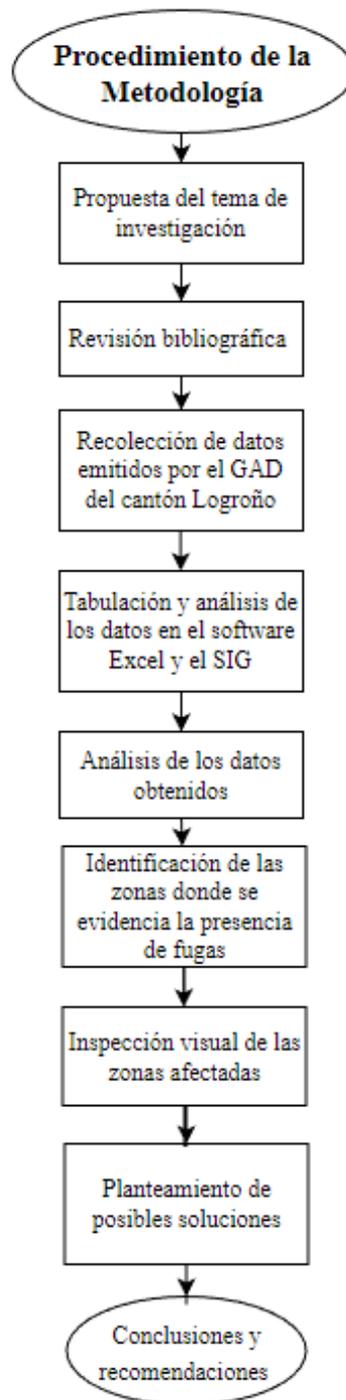


Figura 6. Esquema metodológico de la investigación  
Fuente: Autor

### **3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación presenta un trabajo de enfoque cuantitativo-cualitativo, debido a la cuantificación de los datos obtenidos del GAD del cantón Logroño sobre los caudales inyectados desde la planta potabilizadora del agua potable, hasta los usuarios y a su vez la recolección del volumen del caudal facturado, tomando en cuenta las entidades públicas que no paguen este servicio público, cualitativo debido a que compararemos la diferencia de los resultados obtenidos de los caudales inyectados y consumidos.

### **3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Arispe et al. (2020), afirma que “El diseño del estudio será de tipo no experimental, esto se debe a que en la investigación no existe manipulación de las variables, el estudio se basa en analizar el fenómeno tal y como se da en el contexto natural”, para posteriormente analizarlo. Es decir, se basa en variables y sucesos que ya se dieron sin la intervención directa del investigador.

### **3.5 ALCANCE**

El alcance de la presente investigación es de tipo exploratorio y explicativo; exploratorio porque se va a realizar una investigación de un problema que no ha sido explorado anteriormente y explicativo porque la finalidad de este trabajo es explicar las causas de las fugas y como afectan al medio ambiente y a la población en general las fugas del agua potable.

### **3.6 METODOLOGÍA**

El desarrollo del presente proyecto de investigación es el determinar la incidencia de fugas de la red de agua potable del cantón Logroño en la provincia de Morona Santiago, a través de la tabulación y análisis de los datos del caudal inyectado a la red de agua potable y los datos de los volúmenes facturados, estos datos serán proporcionados por el GAD del cantón Logroño.

Para llevar a cabo el proyecto propuesto tenemos que partir de una revisión bibliográfica con el fin de adquirir más información afín al tema de investigación. Para llevar a cabo la revisión acudiremos a distintas fuentes de información como libros y otras fuentes digitales, tal es el caso de Google académico, Scopus y repositorios de universidades nacionales y extranjeras; después se procederá a la obtención de información por parte de la entidad encargada del abastecimiento de agua potable, en este caso el GAD del cantón Logroño, una vez obtenida la información solicitada se procede a la tabulación de los datos obtenidos en el software Excel, luego de lo cual se podrá verificar y cuantificar el caudal de agua potable fugado, para posteriormente ubicarlo por zonas en el mapa de la red de abastecimiento y se procederá a una inspección visual de las zonas identificadas como puntos

de fuga del agua potable con la finalidad de crear políticas que ayuden a minimizar el volumen de agua potable fugado.

### **3.7 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.7.1 FASE I, RECOPIRAR LA INFORMACIÓN**

- Recopilación bibliográfica de la información disponible acerca de metodología para la detección de pérdidas de agua potable.
- Consulta de la información disponible del GAD del cantón Logroño, respecto al consumo de agua potable registrado de los últimos 5 años, así como el volumen de agua inyectado a la red de abastecimiento del cantón.
- Visitar los puntos donde se reporten fugas con el fin de conocer el proceso de reparación de estas.

#### **3.7.2 FASE II, ANÁLISIS DE DATOS**

- Tabular los datos obtenidos, mediante el software Excel, esto con la finalidad de realizar los cálculos respectivos para conocer el porcentaje de agua que ha sido inyectado a la red, pero no está facturado.
- Aplicar el método del balance hídrico para conocer los volúmenes fugados y calificar la eficiencia del sistema de agua potable.
- Localización de los puntos donde se han registrado fugas, en el software AUTOCAD.
- Ilustración de los lugares que presentan problemas en la red mediante una representación gráfica con puntos en el sistema de información geográfica.

#### **3.7.3 FASE III, RESULTADOS**

- Cuantificar las fugas en la red de abastecimiento de agua potabilizada en el cantón.
- Plantear posibles soluciones para un correcto manejo de la red y minimizar las fugas de esta.
- Conclusiones y recomendaciones finales.

### **3.8 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población de estudio son todos los usuarios del sistema que tienen medidores (micromedición) y constan en el catastro de usuarios del sistema.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra el número de usuarios que son beneficiarios del sistema de agua potable pero que no cuentan con medidores de agua.

Tabla 1. Personal que labora en entidades sin medidores de agua

| <b>Numero de personal por lugares de trabajo</b> |                           |
|--|---------------------------|
| <b>Lugar de trabajo</b>                          | <b>Número de personas</b> |
| Edificio municipal                               | 115                       |

|  |    |
|--|----|
| Taller mecánico                                    | 23 |
| Junta y Concejo cantonal de protección de derechos | 4  |
| Tránsito y revisión vehicular                      | 5  |
| Planta de agua potable                             | 2  |
| Recinto ferial                                     | 5  |
| Centro gerontológico                               | 10 |
| CDI Logroño  | 5  |
| Muebles sanitarios                                 | 25 |

Fuente: GAD municipal del cantón Logroño

En la Tabla 2 se muestra las dotaciones para edificaciones de uso específico.

Tabla 2. Dotaciones para edificaciones de uso específico

| Tipo de edificación                                 | Unidad                          | dotación   |
|---|---------------------------------|------------|
| Bloques de viviendas                                | L/habitante/día                 | 200 a 300  |
| Bares, cafeterías y restaurantes                    | L/m <sup>2</sup> área útil /día | 40 a 60    |
| Camales y planta de faenamamiento                   | L/cabeza                        | 150 a 300  |
| Cementerios y mausoleos                             | L/visitante/día                 | 3 a 5      |
| Centro comercial                                    | L/m <sup>2</sup> área útil /día | 15 a 25    |
| Cines, templos y auditorios                         | L/concurrente/día               | 5 a 10     |
| Consultorios médicos y clínicas con hospitalización | L/ocupante/día                  | 500 a 1000 |
| Cuarteles   | L/persona/día                   | 150 a 300  |
| Escuelas y colegios                                 | L/estudiante/día                | 20 a 50    |
| Hospitales  | L/cama/día                      | 800 a 1300 |
| Hoteles hasta 3 estrellas                           | L/ocupante/día                  | 150 a 400  |
| Hoteles de 4 estrellas en adelante                  | L/ocupante/día                  | 350 a 800  |
| Internados, hogar de ancianos y niños               | L/ocupante/día                  | 200 a 300  |
| Jardines y ornamentación con recirculación          | L/m <sup>2</sup> /día           | 2 a 8      |
| lavanderías y tintorerías                           | L/kg de ropa                    | 30 a 50    |
| Mercados  | L/puesto/día                    | 100 a 500  |
| Oficinas  | L/persona/día                   | 50 a 90    |
| Piscinas  | L/m <sup>2</sup> área útil /día | 15 a 30    |
| Prisiones   | L/persona/día                   | 350 a 600  |
| Salas de fiesta y casinos                           | L/m <sup>2</sup> área útil /día | 20 a 40    |
| Servicios sanitarios públicos                       | L/mueble sanitario/día          | 300        |
| Talleres, industrias y agencias                     | L/trabajador/jornada            | 80 a 120   |
| Terminales de autobuses                             | L/pasajero/día                  | 10 a 15    |
| Universidades                                       | L/estudiante/día                | 40 a 60    |
| Zonas industriales, agropecuarias y fabricas*       | L/s/Ha                          | 1 a 2      |

Fuente: (NEC-11, 2011)

### 3.9 MÉTODO DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El método de análisis de los datos se los realizará mediante el balance hídrico propuesto por Cabrera como se detalla en la Figura 7.

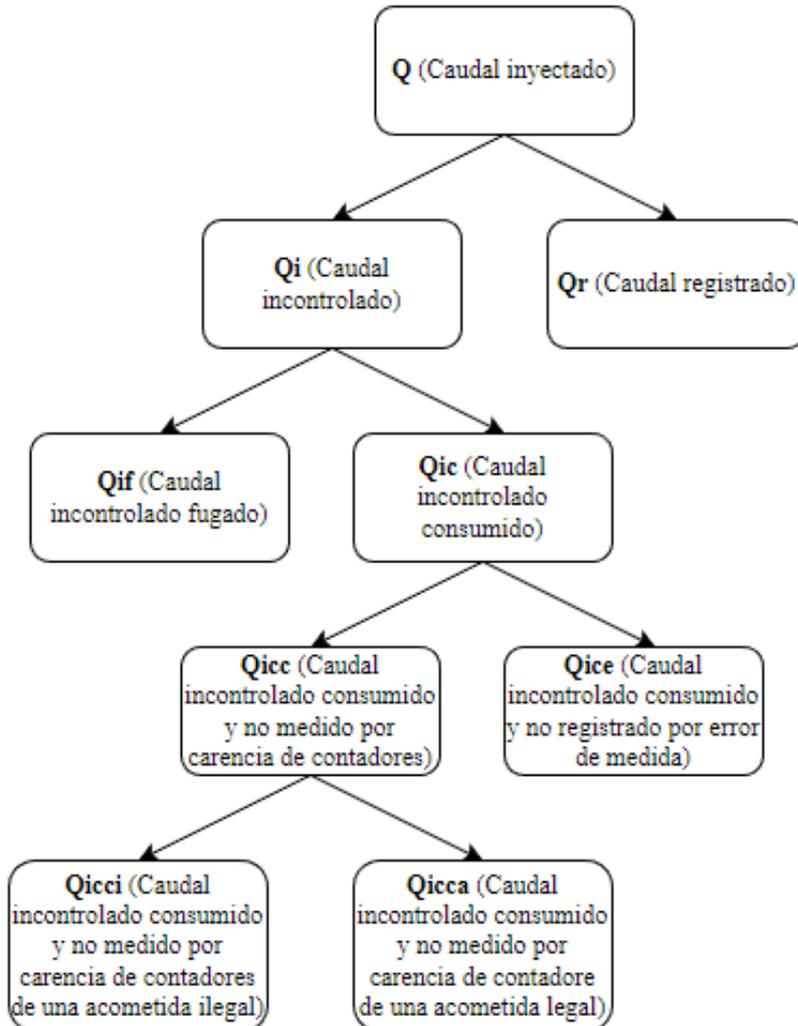


Figura 7. Diagrama balance hídrico propuesto por Cabrera

Fuente: Adaptado de (Cabrera et al., 1999)

A continuación la obtención de cada uno de los datos antes mencionados en el balance hídrico está detallado gracias a las fórmulas propuestas por (Cabrera et al., 1999):

- **Caudal inyectado (Q):** es el caudal que ingresa a la red de distribución y puede ser obtenido mediante la utilización de macro medidores o en este caso gracias al uso de un caudalímetro digital.
- **Caudal registrado (Qr):** es el caudal consumido por los beneficiarios del sistema y medido gracias a la utilización de medidores.
- **Caudal incontrolado (Qi):** volumen de agua cuyo destino se desconoce, se lo puede conocer utilizando la siguiente formula:

$$Q_i = Q - Q_r \quad ( 2 )$$

- **Caudal incontrolado consumido (Q<sub>ic</sub>):** caudal que es consumido, pero no puede ser medido.
- **Caudal incontrolado fugado (Q<sub>if</sub>):** es el caudal que se pierde a lo largo del sistema debido a las fugas existentes y por lo cual no pueden ser medidos.

$$Q_{if} = Q - (Q_r + Q_{ic}) \quad ( 3 )$$

- **Caudal suministrado (Q<sub>s</sub>):** es el caudal resultado de la suma de los caudales, registrado e incontrolado consumido.

$$Q_s = Q_r + Q_{ic} \quad ( 4 )$$

### 3.10 OBTENCIÓN DEL CAUDAL INYECTADO

La entrada de la red principal de abastecimiento de agua potable del GAD del cantón Logroño actualmente no cuenta con un macro medidor y es por lo que para la medición del caudal inyectado se optó por la utilización de equipo de medición de flujo ultrasónico modelo (TDS-100H) mostrado en la Figura 8, ya en campo se realizaron 5 mediciones para posteriormente realizar el cálculo del promedio de éstas y de esta manera minimizar el margen de error del equipo que es de  $\pm 1.0\%$ .



Figura 8. Medidor de flujo ultrasónico utilizado para la medición del caudal inyectado  
Fuente: Smarty water

### 3.10.1 CAUDAL INYECTADO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN LOGROÑO

La zona urbana del cantón Logroño depende de un solo tanque de reserva con capacidad de 700 m<sup>3</sup>, ubicado atrás de las instalaciones abandonadas del colegio de bachillerato Logroño como se lo puede observar en la Figura 9.

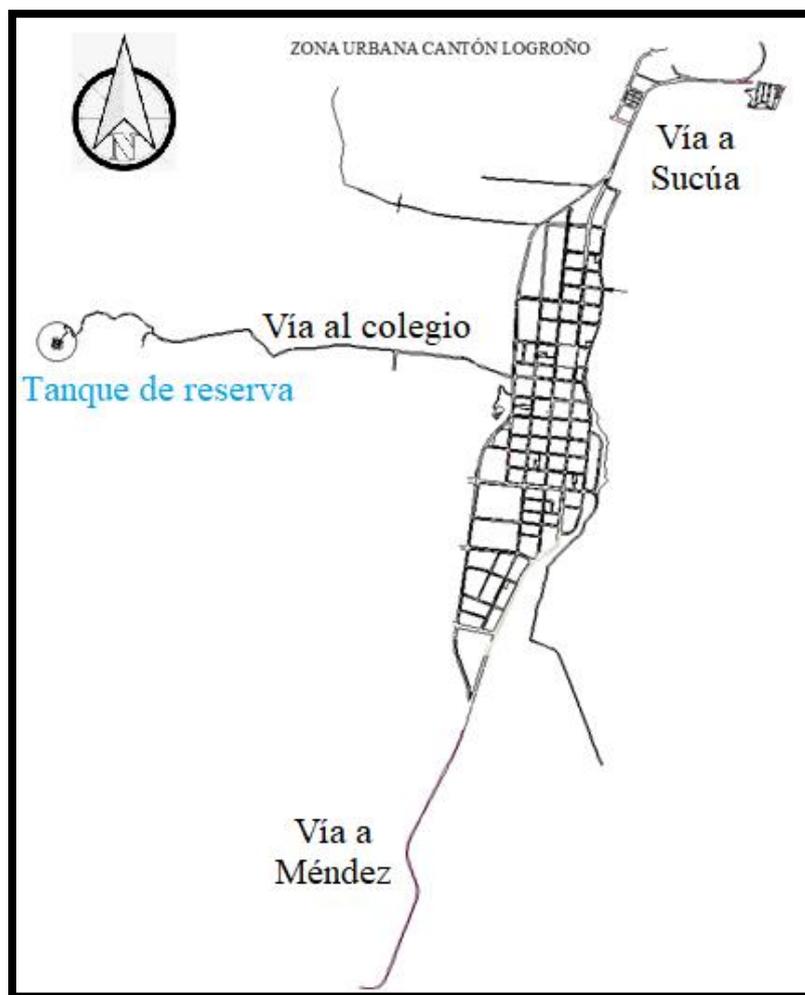


Figura 9. Ubicación del tanque de reserva  
Fuente: Autor

En la Tabla 3 se detalla la información de la tubería que conduce el agua potable desde el tanque de reserva hacia la red de distribución, la medición fue realizada con el medidor de flujo ultrasónico el día martes 6 de diciembre del 2022 por Dannes Tapia junto al personal encargado del sistema de agua potable por parte del municipio, también contiene el caudal promedio calculado.

Tabla 3. Caudal inyectado a la red de distribución del cantón Logroño

| Nombre Tanque                     | Material de la tubería | Diámetro (mm) | Caudales medidos (lt/s) | Caudal promedio (lt/s)                   | Caudal en m <sup>3</sup> /mes |
|-----------------------------------|------------------------|---------------|-------------------------|--|-------------------------------|
| Tanque de reserva tras el colegio | PVC                    | 250           | 7.5036                  | 7.542                                    | 19548.864                     |
|                                   |                        |               | 7.6088                  |  |                               |
|                                   |                        |               | 7.5978                  |  |                               |
|                                   |                        |               | 7.5512                  |  |                               |
|                                   |                        |               | 7.4486                  |  |                               |
|                                   |                        |               |                         | Caudal total anual (m <sup>3</sup> /año) | 237844.51                     |

Fuente: Autor

### 3.10.2 CAUDALES REGISTRADOS EN EL CANTÓN LOGROÑO

Los caudales consumidos registrados por los beneficiarios en la zona urbana del cantón Logroño se analizaron de forma anual desde el año 2018 hasta el año 2021.

En la Figura 10 que representa al año 2018, los registros más bajos corresponden a los meses marzo y octubre, esto debido a que en el mes de marzo se realizaron cortes de agua por problemas en la captación, mientras que en el mes de octubre se realizaron labores de apertura a las calles con la finalidad de adoquinarlas, y se realizaron cortes de agua seguidos mientras la ejecución de la obra.

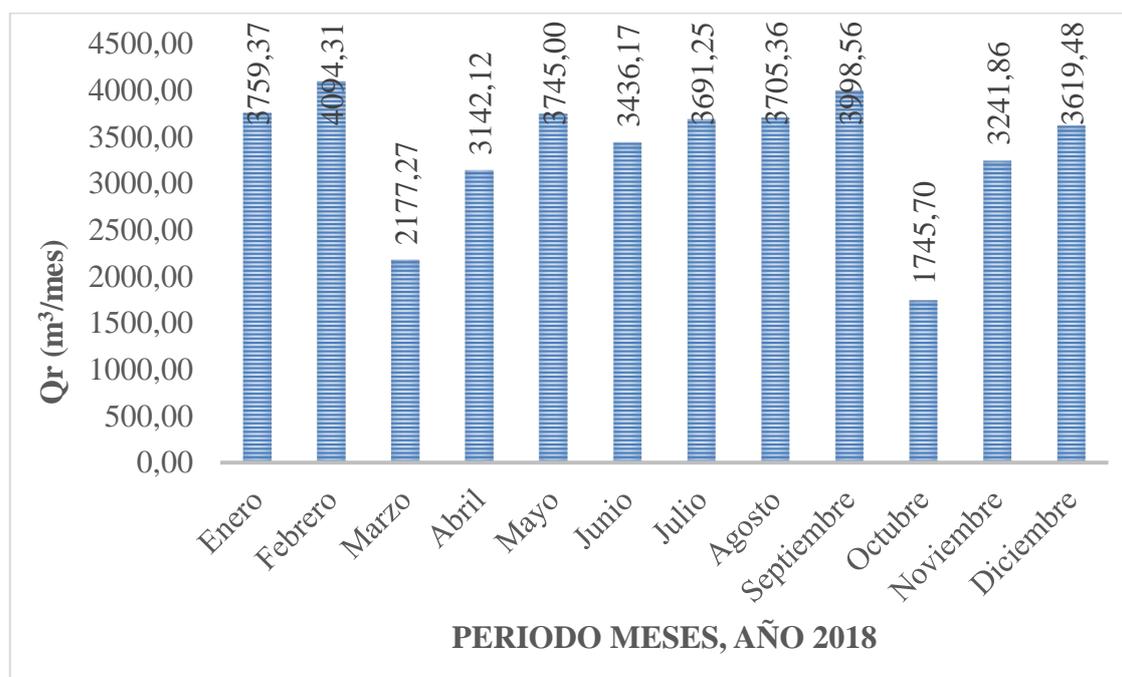


Figura 10. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2018

Fuente: Autor

La Figura 11 que contiene a los caudales facturados en el año 2019 registra el consumo registrado mínimo de ese año en el mes de noviembre, esto por problemas debido a un taponamiento de la red, fue tan grave el problema que los usuarios se abastecieron por agua potable en un tanquero.

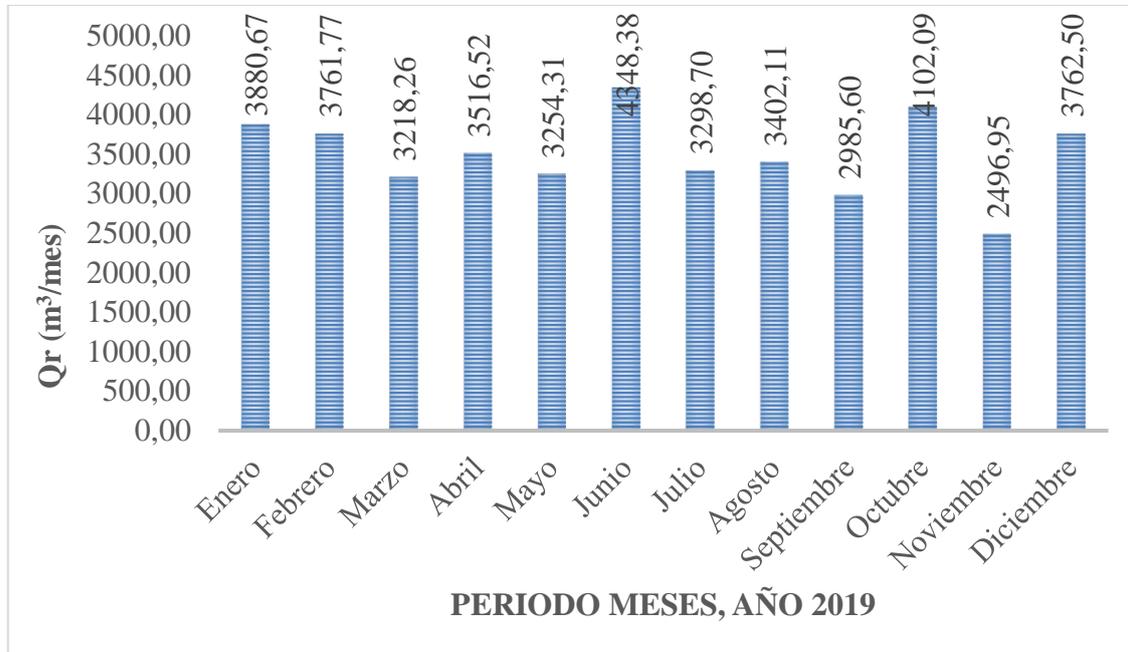


Figura 11. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2019

Fuente: Autor

El año 2020 fue un año atípico, esto debido a la pandemia que cambió todas las actividades a nivel mundial, por lo cual el consumo se puede verse sin mucha variación en los siete primeros meses, hasta que en el mes de agosto el COE Nacional redujo las restricciones y facilitó la movilidad de las personas, lo cual también influyó en un incremento significativo del registro del agua potable como se puede apreciar en la Figura 12.

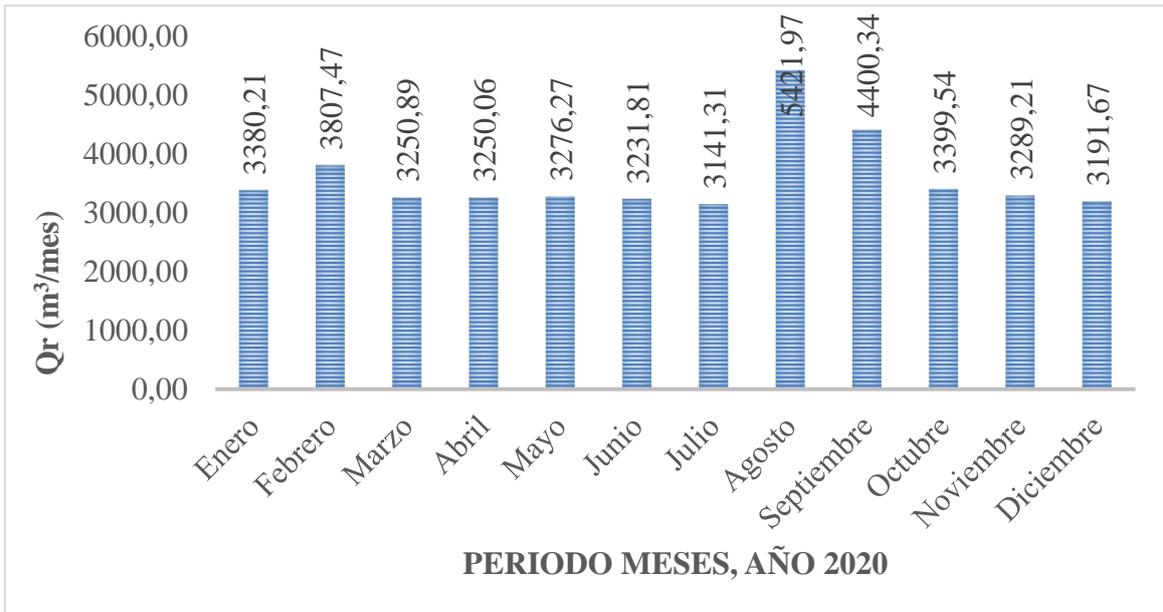


Figura 12. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2020

Fuente: Autor

En la Figura 13 vemos valores muy bajos registrados en los meses mayo, julio, agosto y noviembre esto debido a problemas en la planta de captación del agua cruda, esto derivó en la suspensión del servicio.

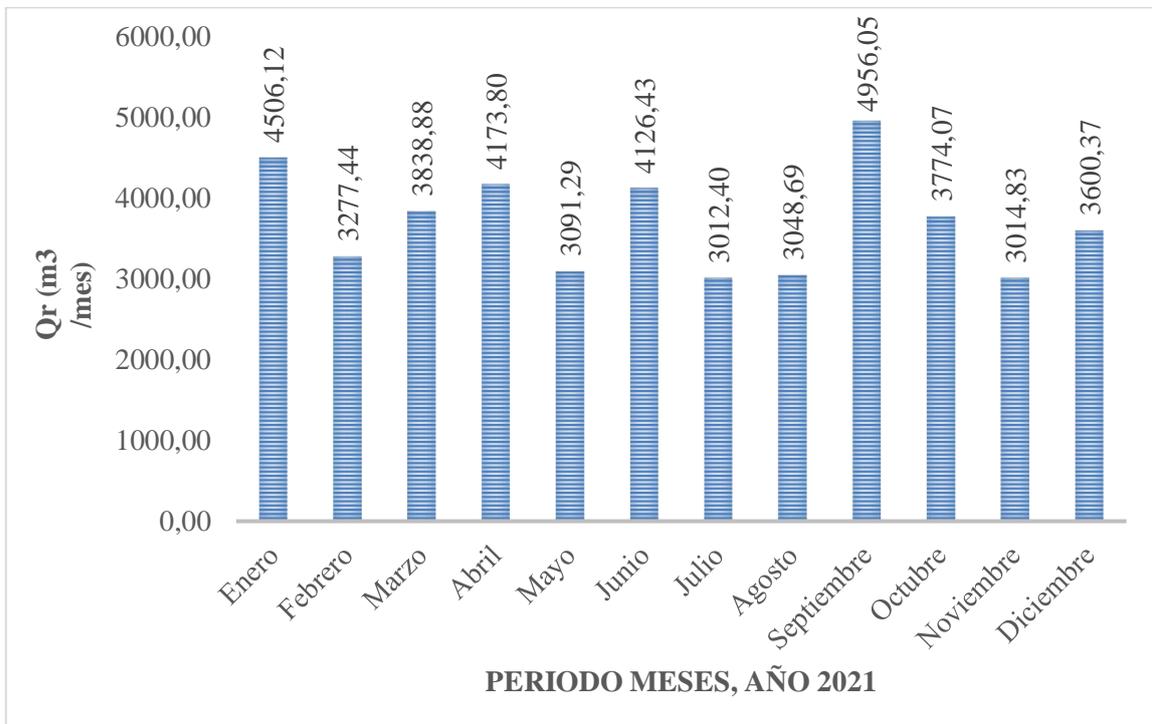


Figura 13. Caudales registrados en el cantón Logroño, año 2021

Fuente: Autor

A continuación, en la Tabla 4 se presenta el resumen anual de volúmenes facturados, como se puede observar ha aumentado, lo cual es debido al incremento del número de usuarios de la red de agua potable y el número de personas que viven en el cantón.

Tabla 4. Volúmenes facturados anuales de agua

| Año  | 2018     | 2019     | 2020     | 2021     |
|--|----------|----------|----------|----------|
| <b>Volumen Facturado m<sup>3</sup>/año</b> | 40356.46 | 42027.87 | 43040.73 | 44420.38 |

Fuente: Autor

La Figura 14, es la representación gráfica de la Tabla 4.



Figura 14. Resumen de volúmenes de agua potable facturados  
Fuente: Autor

### 3.10.2.1 CAUDALES CONSUMIDOS NO FACTURADOS EN EL CANTÓN LOGROÑO

En el cantón Logroño existen instituciones de salud, municipales, e instituciones públicas además de áreas donde se consume agua potable pero no se cobra por lo que no poseen un medidor, es debido a ello que se procede a realizar cálculos para intentar estimar el volumen de esta agua incontrolada pero consumida mediante el producto de la Tabla 1 por las dotaciones estimadas de la Tabla 2.

De la Tabla 1 primero se obtiene el número total de personas que laboran en cada uno de los lugares donde no existen medidores, entonces se estima su consumo en base a la dotación de la Tabla 2, según su lugar de trabajo.

Tabla 5. Volúmenes consumidos por las oficinas públicas en la zona urbana

| <b>Lugar de trabajo</b> | <b>Número de personas</b> | <b>Dotación</b> | <b>Unidad</b>    | <b>Volumen consumido en m<sup>3</sup>/día</b> |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|---|
| Oficinas públicas       | 146                       | 70              | lt/habitante/día | 10.22   |

Fuente: Autor

Ahora para las 23 personas que trabajan en el taller mecánico, se utiliza la dotación promedio establecida para talleres, industrias y agencias.

Tabla 6- Volúmenes consumidos por el taller mecánico del municipio del Logroño

| <b>Lugar de trabajo</b> | <b>Número de personas</b> | <b>Dotación</b> | <b>Unidad</b>         | <b>Volumen consumido en m<sup>3</sup>/día</b> |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|---|
| Taller mecánico         | 23                        | 100             | lt/trabajador/jornada | 2.3   |

Fuente: Autor

Finalmente, para conocer el consumo que generan los servicios sanitarios del cantón se procede sacar el producto del número de muebles sanitarios y la dotación establecida para los servicios sanitarios.

Los muebles sanitarios, pasan abiertos para ser utilizados todos los días de año por lo que, para conocer su volumen consumido mensualmente, basta multiplicar el volumen diario por todos los días del mes.

Tabla 7. Volúmenes consumidos por los baños públicos del cantón Logroño

| <b>Lugar de trabajo</b> | <b>Numero de muebles sanitarios</b> | <b>Dotación</b> | <b>Unidad</b>           | <b>Volumen consumido en m<sup>3</sup>/día</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|---|
| Servicios sanitarios    | 30                                  | 300             | lt/mueble sanitario/día | 9   |

Fuente: Autor

Para la estimación del consumo en el parque central, utilizamos el valor mínimo que nos brinda la NEC, puesto que estamos en una zona donde existen precipitaciones seguidas.

Tabla 8. Volumen consumido en el área del parque central de Logroño

| <b>Lugar</b>          | <b>Área m2</b> | <b>Dotación</b> | <b>Unidad</b>         | <b>Volumen consumido en m<sup>3</sup>/día</b> |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------------|---|
| <b>Parque central</b> | 7650           | 2               | l/m <sup>2</sup> /día | 15.3  |

Fuente: Autor

Luego del cálculo respectivo, se presentan los resultados de las estimaciones del caudal incontrolado pero consumido dependiendo el año en la Tabla 9, Tabla 10, Tabla 111 y Fuente: Autor

Tabla 122.

Las variaciones de los caudales que se aprecian entre meses y años son porque se tomó en cuenta únicamente días laborables en el caso de oficinas públicas y el taller mecánico municipal.

Tabla 9. Caudales consumidos no registrados del año 2018

| <b>Año 2018</b>   | <b>Oficinas publicas</b> | <b>Taller mecánico municipal</b> | <b>Servicios sanitarios públicos</b> | <b>Parque central</b> | <b>Q consumido no registrado en m<sup>3</sup>/mes</b> |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|
| <b>Enero</b>      | 224.84                   | 50.60                            | 279.00                               | 474.30                | 1028.74   |
| <b>Febrero</b>    | 204.40                   | 46.00                            | 252.00                               | 428.40                | 930.80  |
| <b>Marzo</b>      | 214.62                   | 48.30                            | 279.00                               | 474.30                | 1016.22   |
| <b>Abril</b>      | 214.62                   | 48.30                            | 270.00                               | 459.00                | 991.92  |
| <b>Mayo</b>       | 204.40                   | 46.00                            | 279.00                               | 474.30                | 1003.70   |
| <b>Junio</b>      | 214.62                   | 48.30                            | 270.00                               | 459.00                | 991.92  |
| <b>Julio</b>      | 214.62                   | 48.30                            | 279.00                               | 474.30                | 1016.22   |
| <b>Agosto</b>     | 224.84                   | 50.60                            | 279.00                               | 474.30                | 1028.74   |
| <b>Septiembre</b> | 204.40                   | 46.00                            | 270.00                               | 459.00                | 979.40  |
| <b>Octubre</b>    | 214.62                   | 48.30                            | 279.00                               | 474.30                | 1016.22   |
| <b>Noviembre</b>  | 204.40                   | 46.00                            | 270.00                               | 459.00                | 979.40  |
| <b>Diciembre</b>  | 194.18                   | 43.70                            | 279.00                               | 474.30                | 991.18  |

Fuente: Autor

Tabla 10. Caudales consumidos no registrados del año 2019

| <b>Año 2019</b>   | <b>Oficinas<br/>publicas</b> | <b>Taller<br/>mecánico<br/>municipal</b> | <b>Servicios<br/>sanitarios<br/>públicos</b> | <b>Parque<br/>central</b> | <b>Q<br/>consumido<br/>no<br/>registrado<br/>en m<sup>3</sup>/mes</b> |
|-------------------|------------------------------|--|--|---------------------------|---|
| <b>Enero</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Febrero</b>    | 204.40                       | 46.00                                    | 252.00                                       | 428.40                    | 930.80  |
| <b>Marzo</b>      | 204.40                       | 46.00                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1003.70   |
| <b>Abril</b>      | 214.62                       | 48.30                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 991.92  |
| <b>Mayo</b>       | 214.62                       | 48.30                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1016.22   |
| <b>Junio</b>      | 204.40                       | 46.00                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 979.40  |
| <b>Julio</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Agosto</b>     | 214.62                       | 48.30                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1016.22   |
| <b>Septiembre</b> | 214.62                       | 48.30                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 991.92  |
| <b>Octubre</b>    | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Noviembre</b>  | 194.18                       | 43.70                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 966.88  |
| <b>Diciembre</b>  | 204.40                       | 46.00                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1003.70   |

Fuente: Autor

Tabla 11. Caudales consumidos no registrados del año 2020

| <b>Año 2020</b>   | <b>Oficinas<br/>publicas</b> | <b>Taller<br/>mecánico<br/>municipal</b> | <b>Servicios<br/>sanitarios<br/>públicos</b> | <b>Parque<br/>central</b> | <b>Q<br/>consumido<br/>no<br/>registrado<br/>en m<sup>3</sup>/mes</b> |
|-------------------|------------------------------|--|--|---------------------------|---|
| <b>Enero</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Febrero</b>    | 194.18                       | 43.70                                    | 261.00                                       | 443.70                    | 942.58  |
| <b>Marzo</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Abril</b>      | 214.62                       | 48.30                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 991.92  |
| <b>Mayo</b>       | 194.18                       | 43.70                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 991.18  |
| <b>Junio</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 1004.44   |
| <b>Julio</b>      | 224.84                       | 50.60                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1028.74   |
| <b>Agosto</b>     | 204.40                       | 46.00                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1003.70   |
| <b>Septiembre</b> | 224.84                       | 50.60                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 1004.44   |
| <b>Octubre</b>    | 214.62                       | 48.30                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1016.22   |
| <b>Noviembre</b>  | 194.18                       | 43.70                                    | 270.00                                       | 459.00                    | 966.88  |
| <b>Diciembre</b>  | 214.62                       | 48.30                                    | 279.00                                       | 474.30                    | 1016.22   |

Fuente: Autor

Tabla 12. Caudales consumidos no registrados del año 2021

| Año 2021          | Oficinas<br>publicas | Taller<br>mecánico<br>municipal | Servicios<br>sanitarios<br>públicos | Parque<br>central | Q<br>consumido<br>no<br>registrado<br>en m <sup>3</sup> /mes |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--|
| <b>Enero</b>      | 204.40               | 46.00                           | 279.00                              | 474.30            | 1003.70  |
| <b>Febrero</b>    | 194.18               | 43.70                           | 252.00                              | 428.40            | 918.28   |
| <b>Marzo</b>      | 235.06               | 52.90                           | 279.00                              | 474.30            | 1041.26  |
| <b>Abril</b>      | 214.62               | 48.30                           | 270.00                              | 459.00            | 991.92   |
| <b>Mayo</b>       | 204.40               | 46.00                           | 279.00                              | 474.30            | 1003.70  |
| <b>Junio</b>      | 224.84               | 50.60                           | 270.00                              | 459.00            | 1004.44  |
| <b>Julio</b>      | 224.84               | 50.60                           | 279.00                              | 474.30            | 1028.74  |
| <b>Agosto</b>     | 204.40               | 46.00                           | 279.00                              | 474.30            | 1003.70  |
| <b>Septiembre</b> | 224.84               | 50.60                           | 270.00                              | 459.00            | 1004.44  |
| <b>Octubre</b>    | 214.62               | 48.30                           | 279.00                              | 474.30            | 1016.22  |
| <b>Noviembre</b>  | 194.18               | 43.70                           | 270.00                              | 459.00            | 966.88   |
| <b>Diciembre</b>  | 224.84               | 50.60                           | 279.00                              | 474.30            | 1028.74  |

Fuente: Autor

### 3.11 RENDIMIENTOS HÍDRICOS PORCENTUALES DE LA RED EN EL CANTÓN LOGROÑO

A continuación, se definen los rendimientos que nos proporciona (Cabrera et al., 1999), lo cual permite conocer la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua.

- **Rendimiento global del sistema ( $\eta_s$ ):** es el resultado que existe de la división entre el caudal registrado y el caudal inyectado a la red.

$$\eta_s = \frac{Q_r}{Q} \quad (5)$$

- **Rendimiento de la red ( $\eta_r$ ):** resultado de la división del caudal suministrado y el caudal inyectado.

$$\eta_r = \frac{Q_s}{Q} \quad (6)$$

- **Rendimiento de la gestión técnico-administrativa ( $\eta_g$ ):** es el resultado de la operación de dividir el caudal registrado para el caudal suministrado.

$$\eta_g = \frac{Q_r}{Q_s} \quad (7)$$

Como nos lo explica Cabrera et al. (1999) “una vez obtenidos los resultados del rendimiento del sistema se puede conocer la calidad de la red”, en base a los siguientes rangos de la Tabla 13.

Tabla 13. Rangos de eficiencia del sistema de agua potable en función del rendimiento

| Rango                | Calificación |
|----------------------|--------------|
| $\eta_s > 0.9$       | Excelente    |
| $0.8 < \eta_s < 0.9$ | Muy bueno    |
| $0.7 < \eta_s < 0.8$ | Bueno        |
| $0.6 < \eta_s < 0.7$ | Regular      |
| $0.5 < \eta_s < 0.6$ | Malo         |
| $0.5 < \eta_s$       | Inaceptable  |

Fuente: (Cabrera et al., 1999)

### 3.12 ELABORACIÓN DE PUNTOS DE AFECTACIÓN EN LA RED DEL CANTÓN LOGROÑO

Se realizan labores de inspección a distintas zonas donde se presentan fugas visibles y por ende reportadas de agua potable, dichos puntos de fuga se representan en el sistema de información geográfica SIG como puntos en el mapa a lo largo de la red de distribución.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 BALANCE HIDRICO TECNICO EN LOGROÑO

En la Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17 se detalla el balance hídrico global del sistema de la red de distribución del cantón Logroño en el año 2018, 2019, 2020 y 2021 respectivamente, pero para ello se procesan y comparan todos los caudales que intervienen en el balance hídrico.

Como se puede observar en la Tabla 14, a lo largo de la red de distribución del cantón Logroño se fugó en el año 2018 un volumen de 185 513.60 m<sup>3</sup>, lo que equivale al 77.18% de los 237 844.51 m<sup>3</sup> inyectados en ese año.

Tabla 14. Resumen del balance hídrico general mensual del año 2018

| Año 2018 | Q<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qr<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qi<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qic<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(%) |
|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Enero    | 20 200.49                  | 3 759.37                    | 16 441.12                   | 1 028.74                     | 15 412.38                    | 76.30      |
| Febrero  | 18 245.61                  | 4 094.31                    | 14 151.30                   | 930.80                       | 13 220.50                    | 72.46      |
| Marzo    | 20 200.49                  | 2 177.27                    | 18 023.23                   | 1 016.22                     | 17 007.01                    | 84.19      |
| Abril    | 19 548.86                  | 3 142.12                    | 16 406.74                   | 991.92                       | 15 414.82                    | 78.85      |

|                   |                   |                  |                   |                  |                   |             |
|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------|
| <b>Mayo</b>       | 20 200.49         | 3 745.00         | 16 455.49         | 1 003.70         | 15 451.79         | 76.49       |
| <b>Junio</b>      | 19 548.86         | 3 436.17         | 16 112.69         | 991.92           | 15 120.77         | 77.35       |
| <b>Julio</b>      | 20 200.49         | 3 691.25         | 16 509.24         | 1 016.22         | 15 493.02         | 76.70       |
| <b>Agosto</b>     | 20 200.49         | 3 705.36         | 16 495.14         | 1 028.74         | 15 466.40         | 76.56       |
| <b>Septiembre</b> | 19 548.86         | 3 998.56         | 15 550.30         | 979.40           | 14 570.90         | 74.54       |
| <b>Octubre</b>    | 20 200.49         | 1 745.70         | 18 454.79         | 1 016.22         | 17 438.57         | 86.33       |
| <b>Noviembre</b>  | 19 548.86         | 3 241.86         | 16 307.00         | 979.40           | 15 327.60         | 78.41       |
| <b>Diciembre</b>  | 20 200.49         | 3 619.48         | 16 581.01         | 991.18           | 15 589.83         | 77.18       |
| <b>Total</b>      | <b>237 844.51</b> | <b>40 356.46</b> | <b>197 488.06</b> | <b>11 974.46</b> | <b>185 513.60</b> | <b>77.9</b> |
|                   |                   |                  |                   |                  | <b>Promedio</b>   | <b>77.9</b> |

Fuente: Autor

La Figura 15 es la representación gráfica de la comparación que existe entre el caudal inyectado a la red de distribución de agua potable y el caudal consumido registrado.

El caudal suministrado a pesar de ser constante de 7.542 l/s varía con los meses, esto es porque no todos los meses del año tienen el mismo número de días.

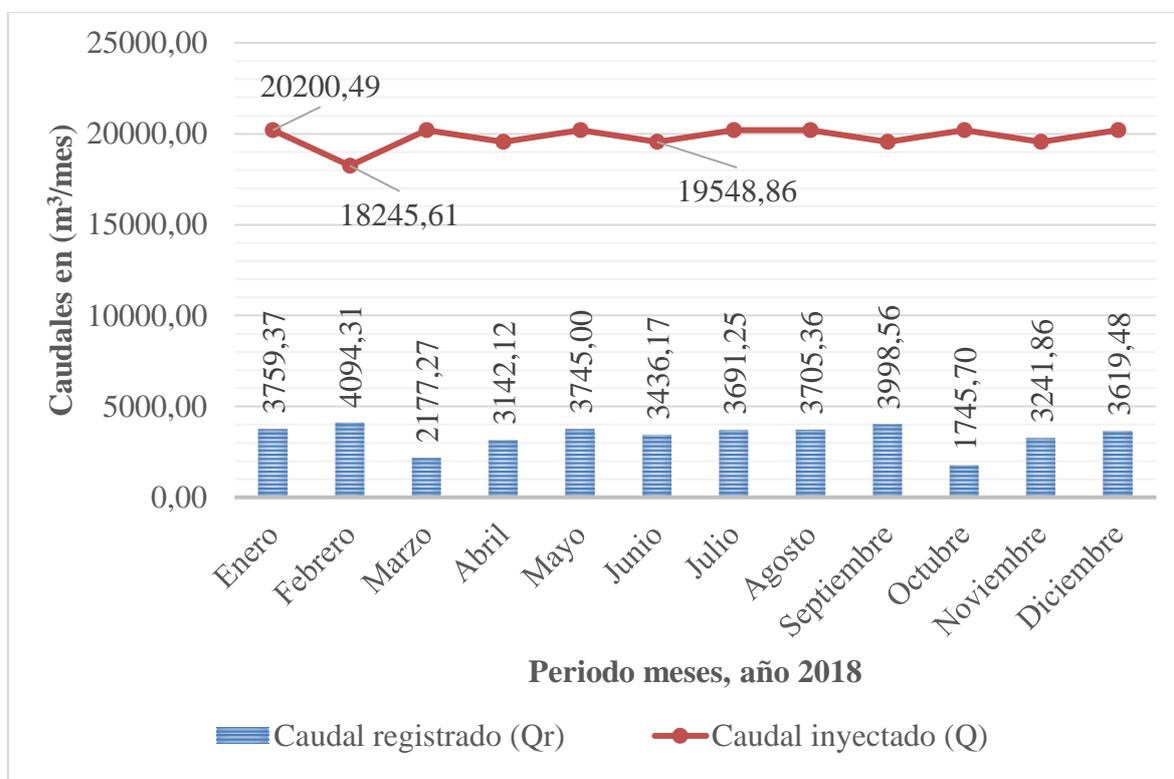


Figura 15 Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2018

Fuente: Autor

En la Figura 16 se observa que en los meses marzo y octubre existe el mayor caudal incontrolado fugado, esto debido a problemas en el sistema de agua potable debido a roturas de tuberías por trabajos en la vía que lleva al mercado municipal para adoquinarla.

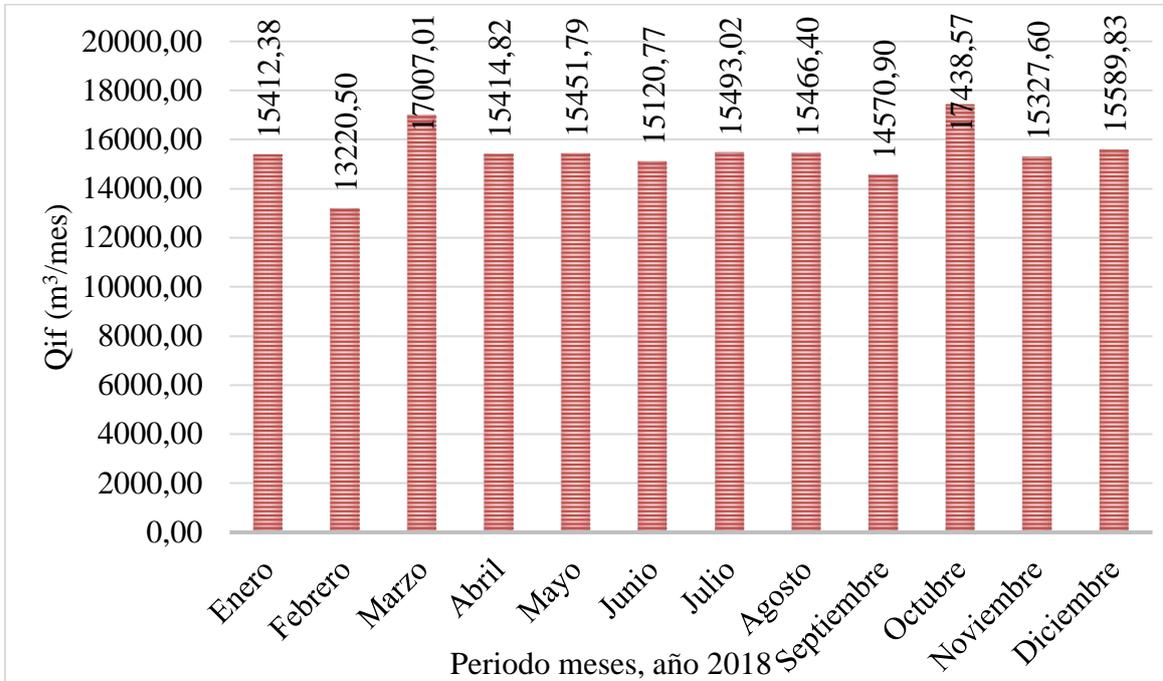


Figura 16 Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2018

Fuente: Autor

El 100% del caudal inyectado se divide en un 16.97% de caudal registrado es decir cuyo destino se conoce, pero del 83.03% se desconoce, a este se le considera como caudal incontrolado, se aprecia en la Figura 17.

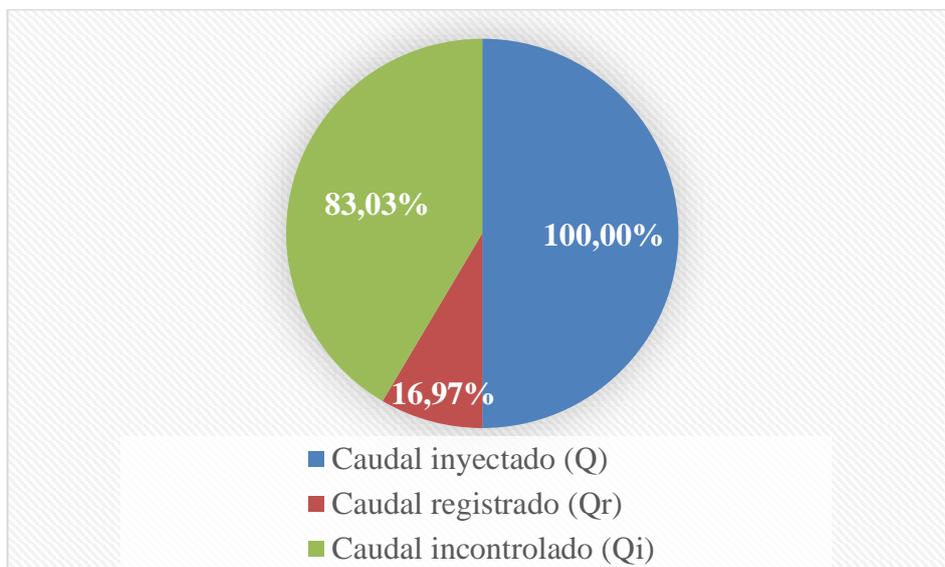


Figura 17. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2018

Fuente: Autor

A su vez el 83.03% de caudal incontrolado se subdivide en: caudal incontrolado consumido que tiene un 6.06% es decir se conoce su destino, pero no puede ser medido y el 93.94% es el caudal incontrolado fugado como se detalla en la Figura 18.

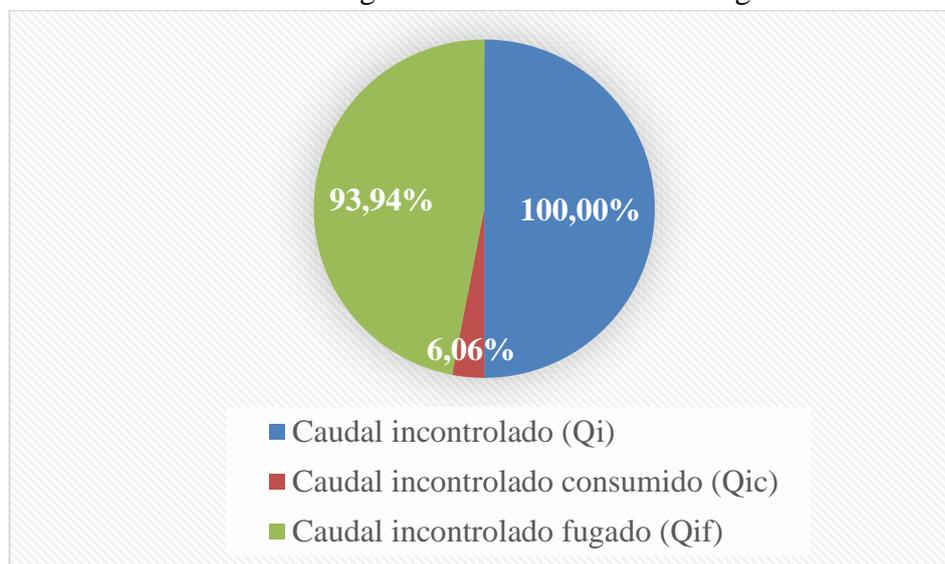


Figura 18. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2018

Fuente: Autor

En el año 2019 el caudal incontrolado fugado (Qif) fue menor si lo comparamos con el del año 2018, esto es principalmente por el aumento del caudal registrado, aun así, el porcentaje de fugas del sistema alcanzo el 77.3% del caudal inyectado como se lee en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5** lo cual se traduce en 183 829.68 m<sup>3</sup>.

Tabla 15. Balance hídrico general mensual del año 2019

| Año 2019          | Q<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qr<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qi<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qic<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(%) |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| <b>Enero</b>      | 20 200.49                  | 3 880.67                    | 16 319.82                   | 1 028.74                     | 15 291.08                    | 75.70      |
| <b>Febrero</b>    | 18 245.61                  | 3 761.77                    | 14 483.83                   | 930.80                       | 13 553.03                    | 74.28      |
| <b>Marzo</b>      | 20 200.49                  | 3 218.26                    | 16 982.24                   | 1 003.70                     | 15 978.54                    | 79.10      |
| <b>Abril</b>      | 19 548.86                  | 3 516.52                    | 16 032.34                   | 991.92                       | 15 040.42                    | 76.94      |
| <b>Mayo</b>       | 20 200.49                  | 3 254.31                    | 16 946.19                   | 1 016.22                     | 15 929.97                    | 78.86      |
| <b>Junio</b>      | 19 548.86                  | 4 348.38                    | 15 200.48                   | 979.40                       | 14 221.08                    | 72.75      |
| <b>Julio</b>      | 20 200.49                  | 3 298.70                    | 16 901.79                   | 1 028.74                     | 15 873.05                    | 78.58      |
| <b>Agosto</b>     | 20 200.49                  | 3 402.11                    | 16 798.38                   | 1 016.22                     | 15 782.16                    | 78.13      |
| <b>Septiembre</b> | 19 548.86                  | 2 985.60                    | 16 563.26                   | 991.92                       | 15 571.34                    | 79.65      |
| <b>Octubre</b>    | 20 200.49                  | 4 102.09                    | 16 098.41                   | 1 028.74                     | 15 069.67                    | 74.60      |
| <b>Noviembre</b>  | 19 548.86                  | 2 496.95                    | 17 051.92                   | 966.88                       | 16 085.04                    | 82.28      |
| <b>Diciembre</b>  | 20 200.49                  | 3 762.50                    | 16 438.00                   | 1 003.70                     | 15 434.30                    | 76.41      |

|              |               |                  |               |                  |               |
|--------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| <b>Total</b> | <b>237</b>    | <b>42 027.86</b> | <b>195</b>    | <b>11 986.98</b> | <b>183</b>    |
|              | <b>844.51</b> |                  | <b>816.66</b> |                  | <b>829.68</b> |
|              |               |                  |               | <b>Promedio</b>  | <b>77.3</b>   |

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la Figura 19, el caudal inyectado a pesar de ser constante en litros por segundo, varía a lo largo de los meses esto por el número de días que tiene cada mes, la diferencia entre las alturas del caudal registrado e inyectado es el caudal incontrolado.

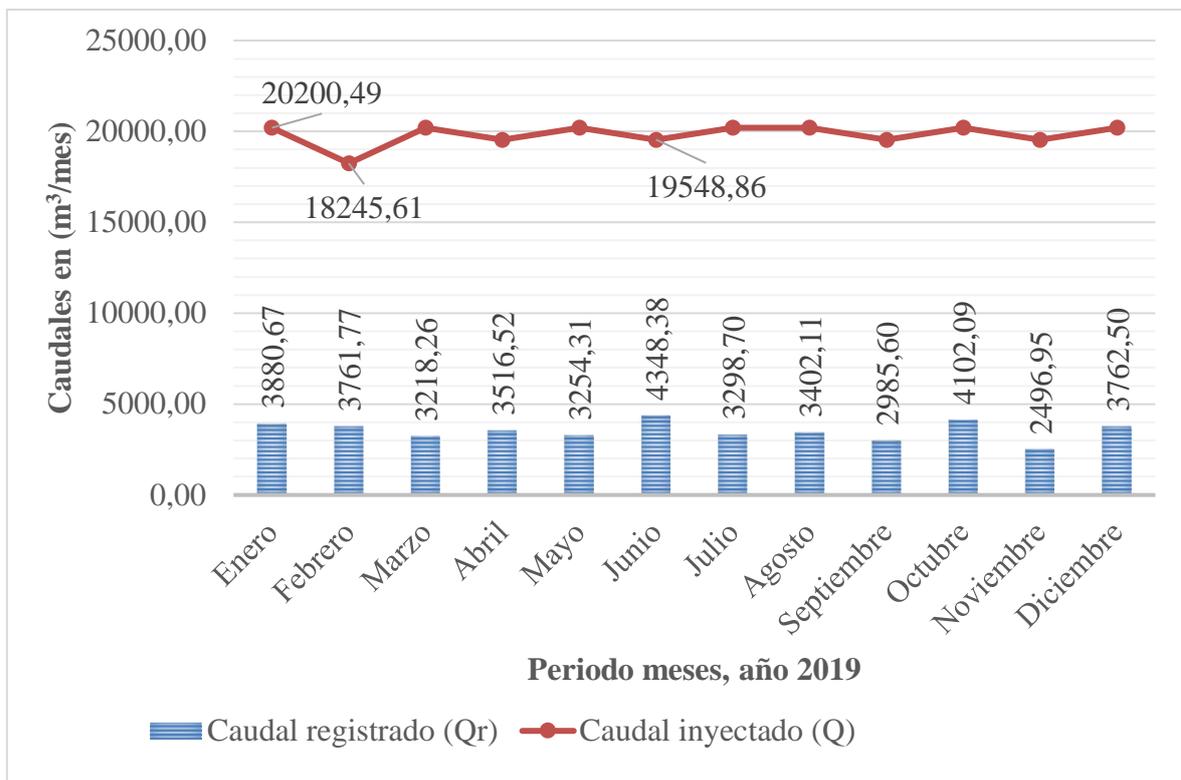


Figura 19 Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2019  
Fuente: Autor

En la Figura 20 se puede observar que el valor más bajo fue en el mes de febrero, ya que en ese mes fue el feriado de carnaval y del agua suministrada un gran volumen se destinó para la celebración de dicho feriado en lugares donde no existen medidores como el palacio municipal.

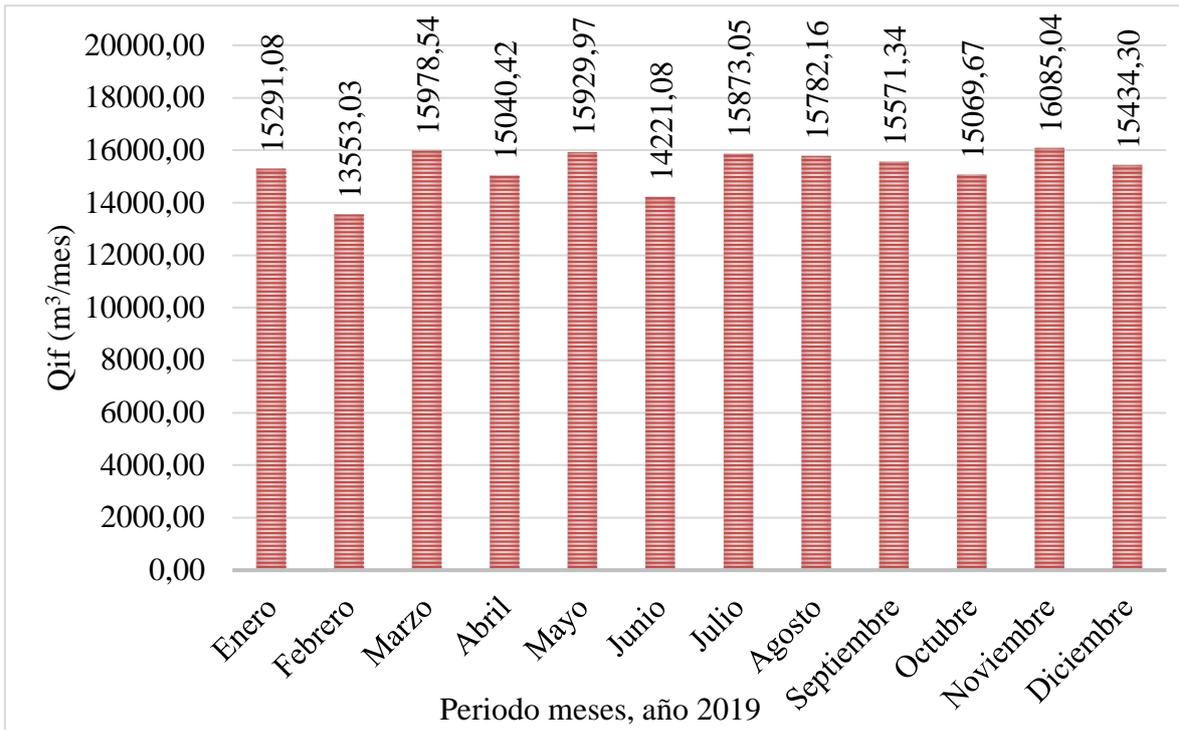


Figura 20 Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2019

Fuente: Autor

En el año 2019 se registró un aumento del caudal registrado comparado al año anterior, ya que representa el 17.67% del 100% del caudal que ingresa a la red, mientras que el caudal incontrolado fue del 82.33%, Figura 21.

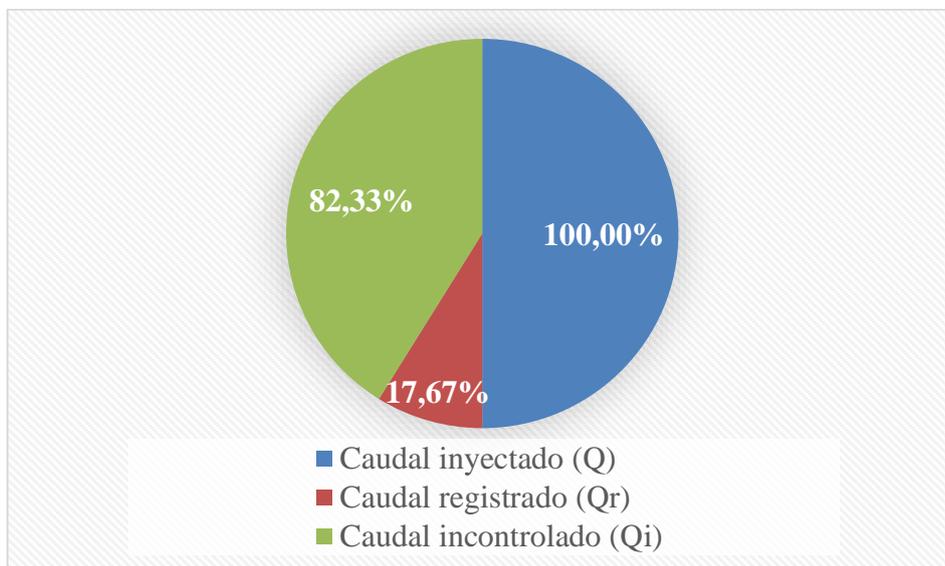


Figura 21 Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2019

Fuente: Autor

El 82.33% del Qi está conformado por un 6.12% de caudal incontrolado consumido y un 93.88% de caudal incontrolado fugado como se aprecia en la Figura 22.

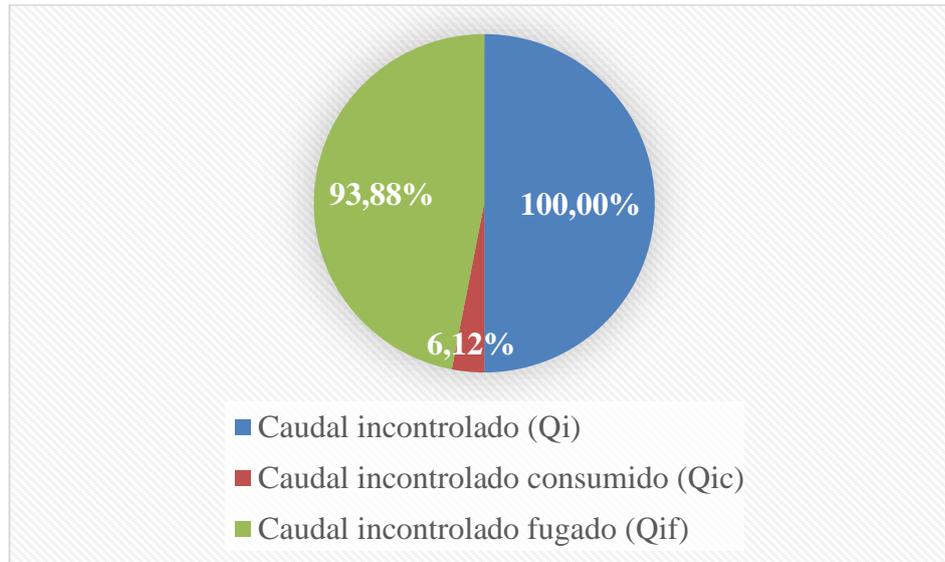


Figura 22 Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2019  
Fuente: Autor

El caudal inyectado en el 2020 fue superior a los demás años analizados en la presente tesis, esto debido a que se trata de un año bisiesto, es decir tuvo 366 días y no solo 365 días; el caudal incontrolado fugado represento el 76.9% con un volumen de 183 431.61 m<sup>3</sup>.

Tabla 16. Balance hídrico general mensual del año 2020

| Año 2020          | Q<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qr<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qi<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qic<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(%)  |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
| <b>Enero</b>      | 20 200.49                  | 3 380.21                    | 16 820.29                   | 1 028.74                     | 15 791.55                    | 78.17       |
| <b>Febrero</b>    | 18 897.24                  | 3 807.47                    | 15 089.76                   | 942.58                       | 14 147.18                    | 74.86       |
| <b>Marzo</b>      | 20 200.49                  | 3 250.89                    | 16 949.60                   | 1 028.74                     | 15 920.86                    | 78.81       |
| <b>Abril</b>      | 19 548.86                  | 3 250.06                    | 16 298.81                   | 991.92                       | 15 306.89                    | 78.30       |
| <b>Mayo</b>       | 20 200.49                  | 3 276.27                    | 16 924.22                   | 991.18                       | 15 933.04                    | 78.87       |
| <b>Junio</b>      | 19 548.86                  | 3 231.81                    | 16 317.06                   | 1 004.44                     | 15 312.62                    | 78.33       |
| <b>Julio</b>      | 20 200.49                  | 3 141.31                    | 17 059.19                   | 1 028.74                     | 16 030.45                    | 79.36       |
| <b>Agosto</b>     | 20 200.49                  | 5 421.97                    | 14 778.53                   | 1 003.70                     | 13 774.83                    | 68.19       |
| <b>Septiembre</b> | 19 548.86                  | 4 400.34                    | 15 148.53                   | 1 004.44                     | 14 144.09                    | 72.35       |
| <b>Octubre</b>    | 20 200.49                  | 3 399.54                    | 16 800.96                   | 1 016.22                     | 15 784.74                    | 78.14       |
| <b>Noviembre</b>  | 19 548.86                  | 3 289.21                    | 16 259.65                   | 966.88                       | 15 292.77                    | 78.23       |
| <b>Diciembre</b>  | 20 200.49                  | 3 191.67                    | 17 008.83                   | 1 016.22                     | 15 992.61                    | 79.17       |
| <b>Total</b>      | <b>238 496.14</b>          | <b>43 040.73</b>            | <b>195 455.41</b>           | <b>12 023.80</b>             | <b>183 431.61</b>            | <b>76.9</b> |
|                   |                            |                             |                             | <b>Promedio</b>              |                              | <b>76.9</b> |

Fuente: Autor

En la Figura 23, el caudal inyectado varía con los meses y se distingue un pico de los caudales registrado en el mes de agosto, esto ya se explicó en la Figura 12.

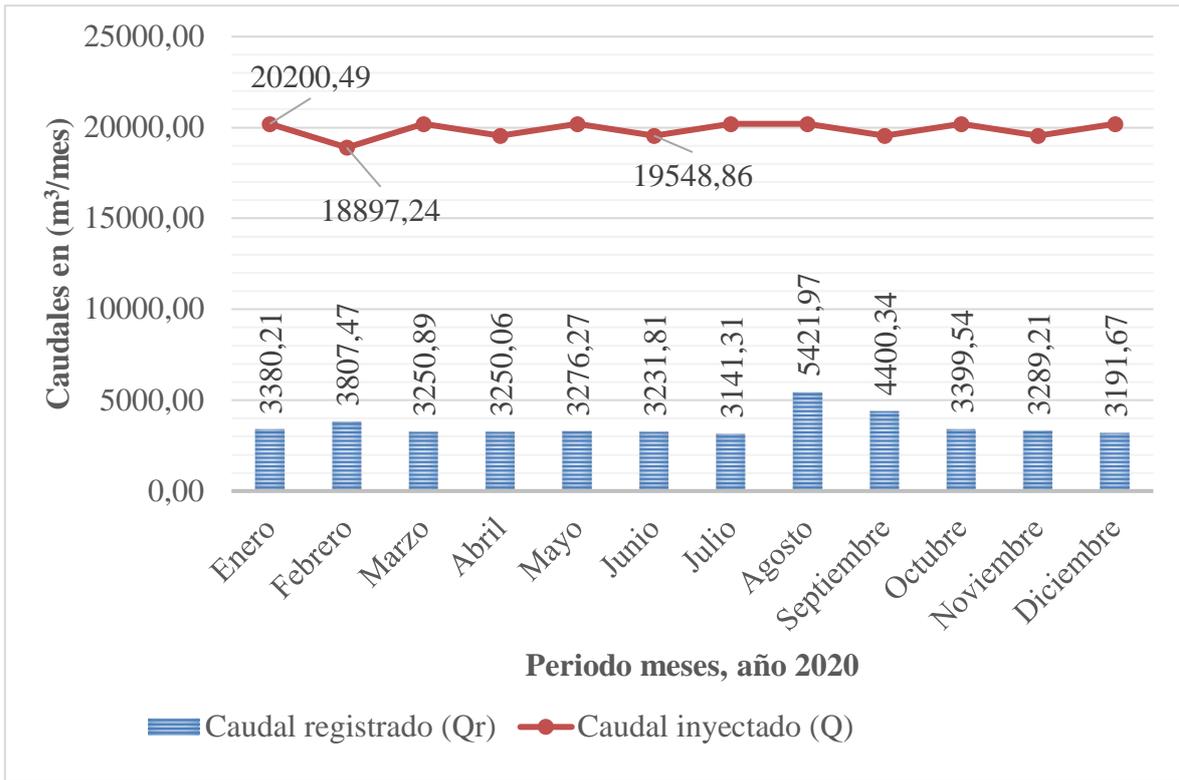


Figura 23. Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2020  
Fuente: Autor

El caudal incontrolado no tiene mucha variación, esto debido a la pandemia que modificó el estilo de vida de todas las personas esto lo podemos denotar en la Figura 24.

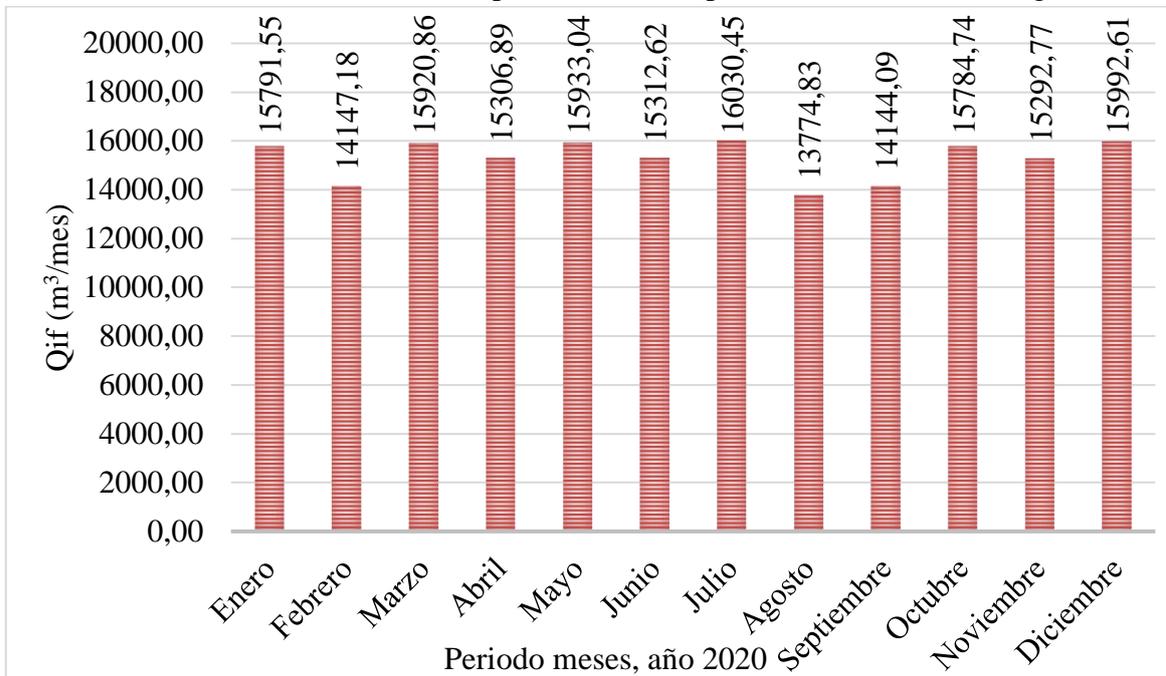


Figura 24. Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2020  
Fuente: Autor

El porcentaje del caudal registrado sigue en aumento como se aprecia en la Figura 25, ya que en este año representa el 18,05% del caudal inyectado esto puede deberse al

aumento del número de usuarios, y reparación de medidores, mientras que el caudal incontrolado alcanza el 81.95% del total del caudal que ingresa.

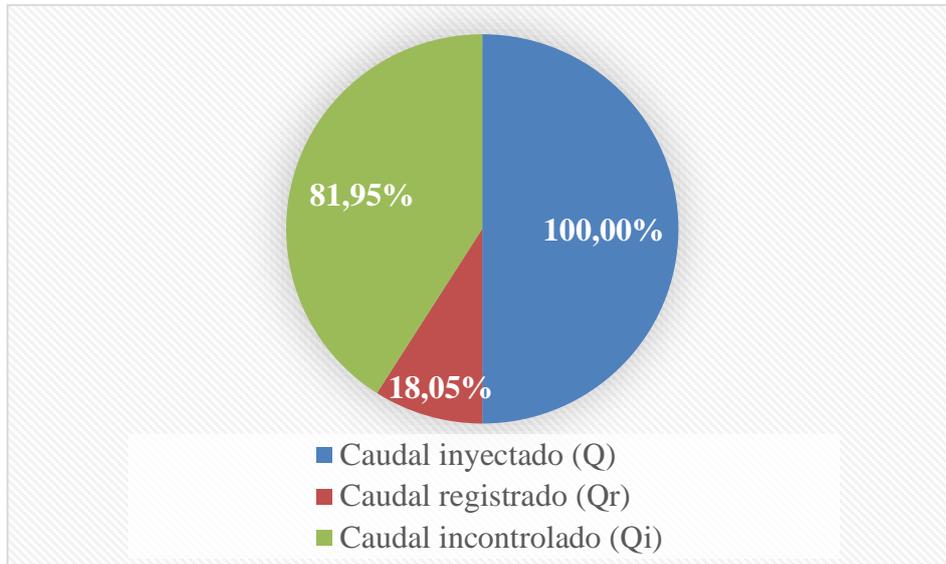


Figura 25. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2020  
Fuente: Autor

El caudal incontrolado consumido también registra un aumento al estar en el 6.15%, esto es porque el año 2020 tuvo un día más y por ende se laboraron más días. El caudal incontrolado fugado tiene el 93.85% del total del caudal incontrolado.

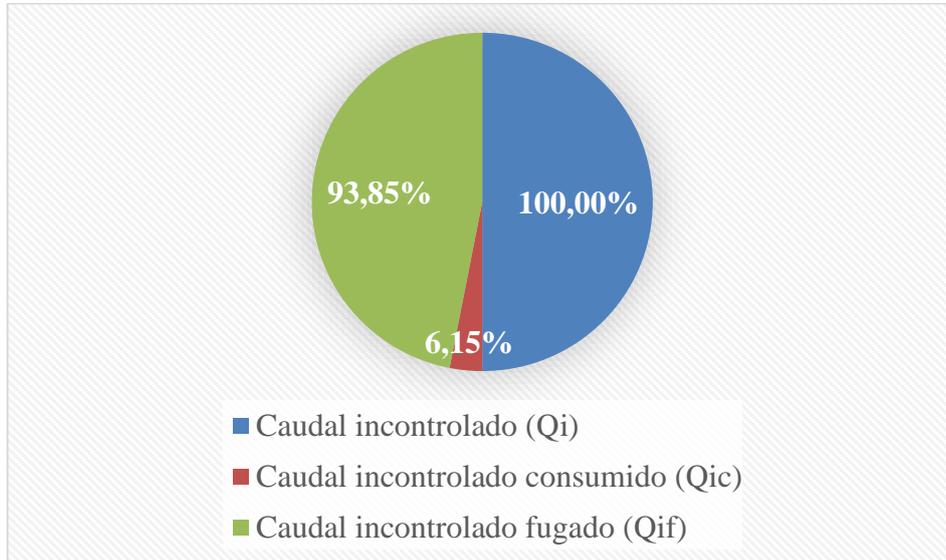


Figura 26. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2020  
Fuente: Autor

El último año de estudio es el 2021, y los resultados se resumen en la Tabla 17, se observa que el porcentaje del caudal incontrolado fugado es de 181 412.12 m<sup>3</sup> lo que representa el 76.3% del total del caudal inyectado.

Tabla 17. Balance hídrico general mensual del año 2021

| Año 2021     | Q<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qr<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qi<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qic<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif<br>(m <sup>3</sup> /mes) | Qif (%)                  |
|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Enero        | 20 200.49                  | 4 506.12                    | 15 694.38                   | 1 003.70                     | 14 690.68                    | 72.72                    |
| Febrero      | 18 245.61                  | 3 277.44                    | 14 968.16                   | 918.28                       | 14 049.88                    | 77.00                    |
| Marzo        | 20 200.49                  | 3 838.88                    | 16 361.62                   | 1 041.26                     | 15 320.36                    | 75.84                    |
| Abril        | 19 548.86                  | 4 173.80                    | 15 375.06                   | 991.92                       | 14 383.14                    | 73.58                    |
| Mayo         | 20 200.49                  | 3 091.29                    | 17 109.20                   | 1 003.70                     | 16 105.50                    | 79.73                    |
| Junio        | 19 548.86                  | 4 126.43                    | 15 422.43                   | 1 004.44                     | 14 417.99                    | 73.75                    |
| Julio        | 20 200.49                  | 3 012.40                    | 17 188.09                   | 1 028.74                     | 16 159.35                    | 79.99                    |
| Agosto       | 20 200.49                  | 3 048.69                    | 17 151.80                   | 1 003.70                     | 16 148.10                    | 79.94                    |
| Septiembre   | 19 548.86                  | 4 956.05                    | 14 592.81                   | 1 004.44                     | 13 588.37                    | 69.51                    |
| Octubre      | 20 200.49                  | 3 774.07                    | 16 426.42                   | 1 016.22                     | 15 410.20                    | 76.29                    |
| Noviembre    | 19 548.86                  | 3 014.83                    | 16 534.03                   | 966.88                       | 15 567.15                    | 79.63                    |
| Diciembre    | 20 200.49                  | 3 600.37                    | 16 600.12                   | 1 028.74                     | 15 571.38                    | 77.08                    |
| <b>Total</b> | <b>237<br/>844.51</b>      | <b>44 420.38</b>            | <b>193<br/>424.14</b>       | <b>12 012.02</b>             | <b>181<br/>412.12</b>        | <b>Promedio<br/>76.3</b> |

Fuente: Autor

Para un mejor análisis de los caudales registrados versus los caudales inyectados en el año 2021 se representa en la Figura 27, el espacio que existe entre los gráficos correspondientes corresponden al caudal incontrolado.

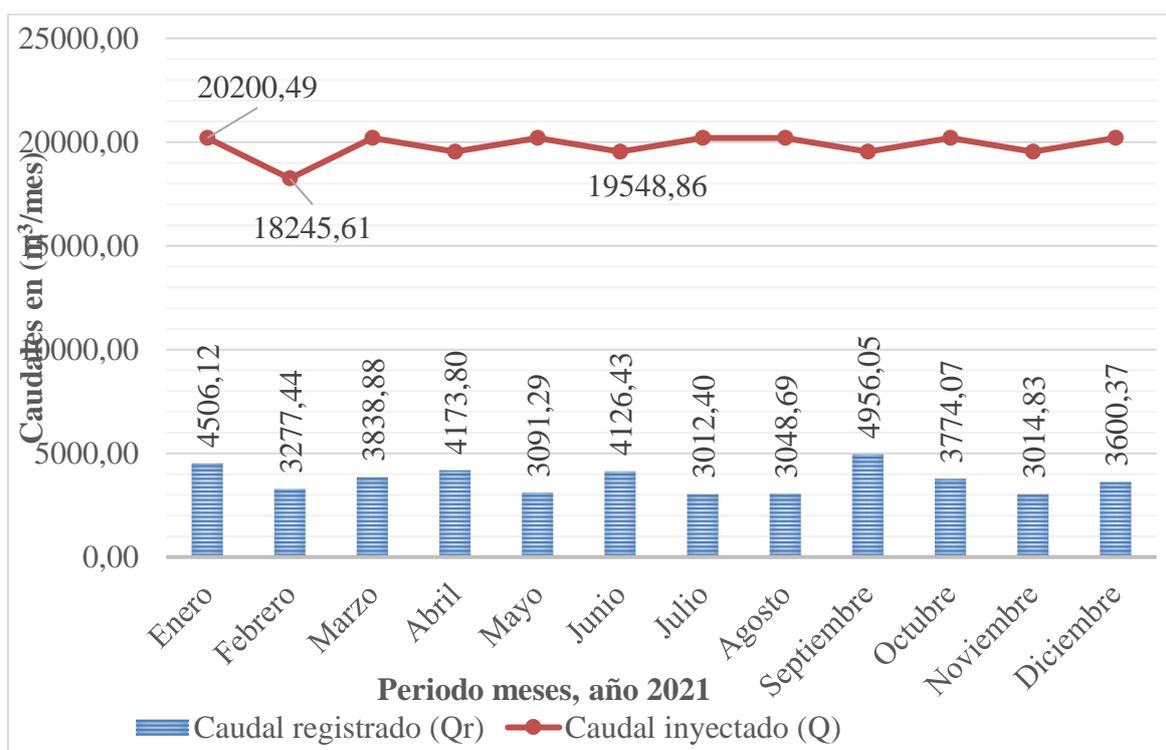


Figura 27. Comparación entre los caudales inyectados y registrados en el año 2021

Fuente: Autor

Los valores del caudal incontrolado fugado son mayores en los meses de julio y agosto (ver Figura 28), en esos meses se realizaron trabajos en distintas vías de la zona urbana, lo que en ciertos casos producía ruptura de las tuberías de agua potable y hasta repararlas ya se fugaban volúmenes de agua considerables.

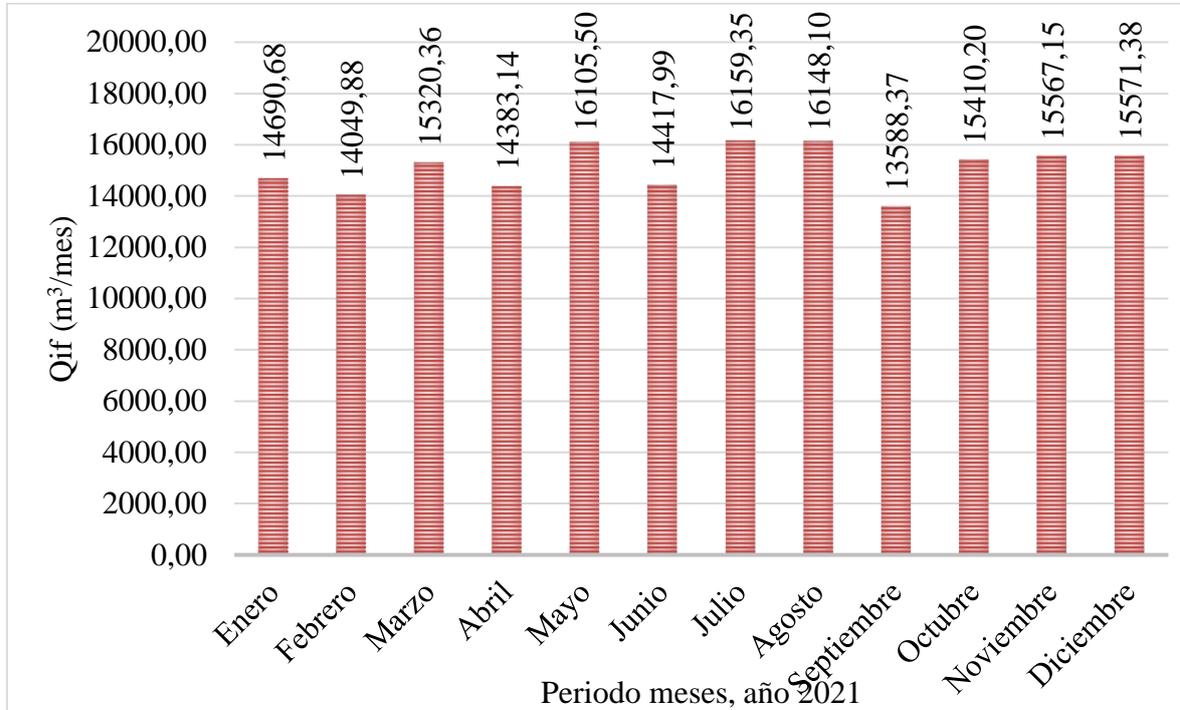


Figura 28. Caudal incontrolado fugado (Qif) en el año 2021

Fuente: Autor

El porcentaje del agua potabilizada consumida registrada es del 18.68% del 100% del caudal inyectado, mientras que el volumen del agua potabilizada incontrolada es de 81.32%.

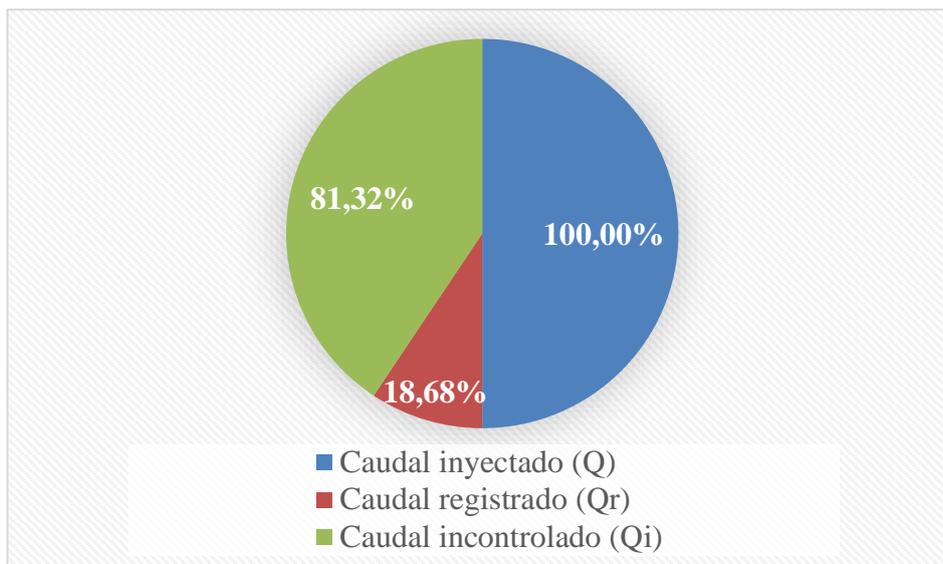


Figura 29. Comparación de porcentajes de volúmenes en el año 2021  
Fuente: Autor

El caudal del agua incontrolado del año 2021 se subdivide en el caudal incontrolado consumido que representa un 6.21% del (Qi), y el caudal incontrolado fugado que asciende al 93.79% del (Qi).

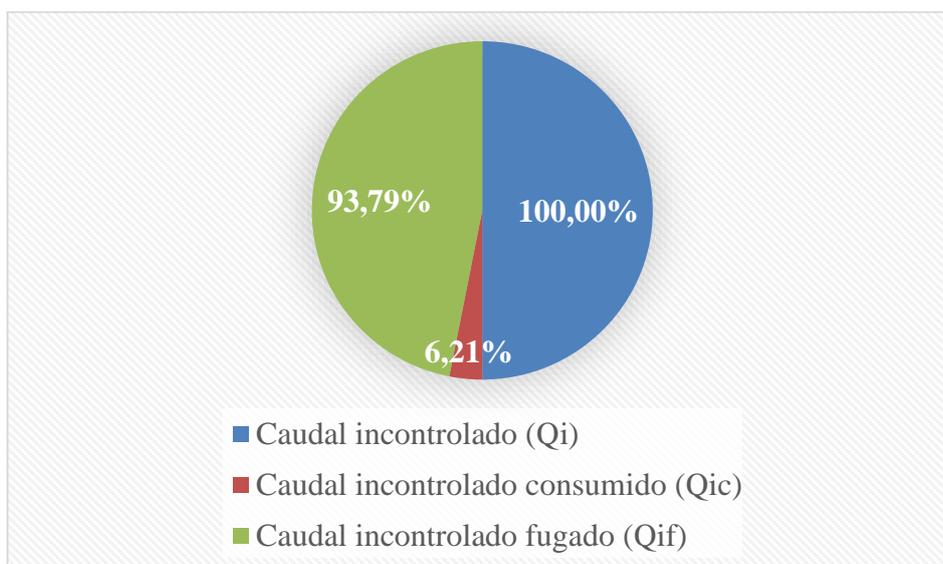


Figura 30. Porcentajes de volúmenes que conforman el Qi año 2021  
Fuente: Autor

#### 4.2 RENDIMIENTO HÍDRICO PORCENTUAL GENERAL DE LA RED

La obtención del rendimiento global ( $\eta_s$ ) de la red de agua potable en el cantón Logroño se lo realiza por periodos mensuales durante cada uno los cuatro años de estudio y se los compara con los rangos previamente establecidos en la Tabla 13 para su calificación.

En la Tabla 18 se presentan los resultados de calcular los rendimientos globales del sistema en el año 2018, el porcentaje anual de 17.02% entra en el rango de inaceptable.

Tabla 18. Rendimiento volumétrico general del año 2018

| <b>Año 2018</b>   | <b>Rendimiento Global del sistema (<math>\eta_s</math>)</b> | <b>Rendimiento de la red (<math>\eta_r</math>)</b> | <b>Rendimiento de la gestión (<math>\eta_g</math>)</b> |
|-------------------|---|--|--|
| <b>Enero</b>      | 18.61%  | 23.70%   | 78.51%   |
| <b>Febrero</b>    | 22.44%  | 27.54%   | 81.48%   |
| <b>Marzo</b>      | 10.78%  | 15.81%   | 68.18%   |
| <b>Abril</b>      | 16.07%  | 21.15%   | 76.01%   |
| <b>Mayo</b>       | 18.54%  | 23.51%   | 78.86%   |
| <b>Junio</b>      | 17.58%  | 22.65%   | 77.60%   |
| <b>Julio</b>      | 18.27%  | 23.30%   | 78.41%   |
| <b>Agosto</b>     | 18.34%  | 23.44%   | 78.27%   |
| <b>Septiembre</b> | 20.45%  | 25.46%   | 80.33%   |
| <b>Octubre</b>    | 8.64%   | 13.67%   | 63.21%   |
| <b>Noviembre</b>  | 16.58%  | 21.59%   | 76.80%   |
| <b>Diciembre</b>  | 17.92%  | 22.82%   | 78.50%   |
| <b>Promedio</b>   | <b>17.02%</b>   | <b>22.05%</b>                                      | <b>76.35%</b>  |

Fuente: Autor

En la Figura 31 se observa el resumen de los rendimientos globales del sistema de forma mensual en el año 2018 donde se obtuvieron datos de caudal incontrolado fugado mayores a los registrados en años posteriores a este, el rendimiento global del sistema fue de 17.02%, es decir muy bajo según la calificación empleada en la Tabla 13 por lo cual tiene una calificación de “inaceptable”, esto debido a que el volumen de agua incontrolado fugado fue de 185 513.60 m<sup>3</sup>/año de los 237 844.51 m<sup>3</sup>/año, que se traduce en un 77.9% de porcentaje de agua no contabilizada.

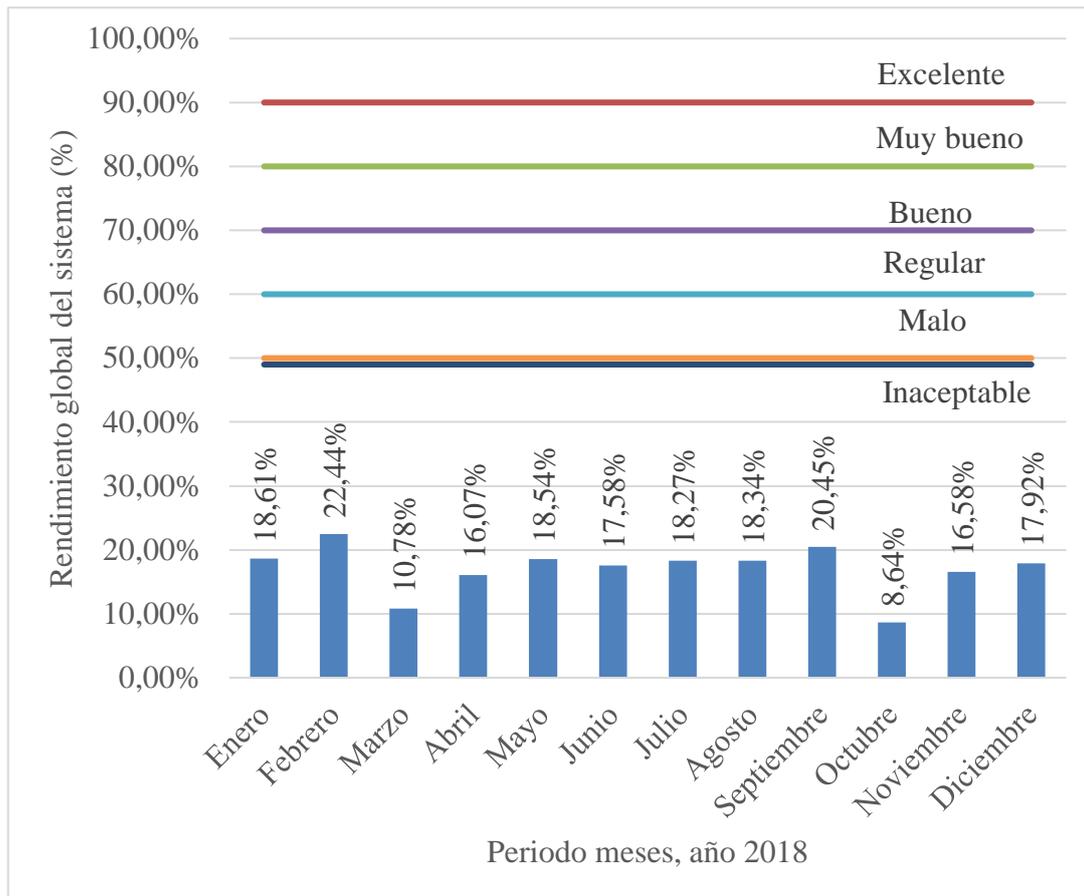


Figura 31 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2018  
Fuente: Autor

El rendimiento global del sistema en el año 2019 mostrado en la Tabla 19 es de 17.69%, lo cual se encuentra dentro del rango “inaceptable” por ser menor al 50%.

Tabla 19. Rendimiento volumétrico general del año 2019

| Año 2019          | Rendimiento Global del sistema ( $\eta_s$ ) | Rendimiento de la red ( $\eta_r$ ) | Rendimiento de la gestión ( $\eta_g$ ) |
|-------------------|---|------------------------------------|--|
| <b>Enero</b>      | 19.21%                                      | 24.30%                             | 79.05%                                 |
| <b>Febrero</b>    | 20.62%                                      | 25.72%                             | 80.16%                                 |
| <b>Marzo</b>      | 15.93%                                      | 20.90%                             | 76.23%                                 |
| <b>Abril</b>      | 17.99%                                      | 23.06%                             | 78.00%                                 |
| <b>Mayo</b>       | 16.11%                                      | 21.14%                             | 76.20%                                 |
| <b>Junio</b>      | 22.24%                                      | 27.25%                             | 81.62%                                 |
| <b>Julio</b>      | 16.33%                                      | 21.42%                             | 76.23%                                 |
| <b>Agosto</b>     | 16.84%                                      | 21.87%                             | 77.00%                                 |
| <b>Septiembre</b> | 15.27%                                      | 20.35%                             | 75.06%                                 |
| <b>Octubre</b>    | 20.31%                                      | 25.40%                             | 79.95%                                 |
| <b>Noviembre</b>  | 12.77%                                      | 17.72%                             | 72.09%                                 |
| <b>Diciembre</b>  | 18.63%                                      | 23.59%                             | 78.94%                                 |

|                 |               |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Promedio</b> | <b>17.69%</b> | <b>22.73%</b> | <b>77.54%</b> |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|

Fuente: Autor

En la Figura 32 se observa que, en el año 2019, todos los meses se encuentran por debajo del rango inaceptable, pero se registró un caudal incontrolado fugado menor al del año 2018, ya fue de 77.3%, esto por el aumento del número de usuarios del servicio de agua potable, aun con el aumento del número de medidores, el Qif fue de 183 829.68 m<sup>3</sup> de los 237 844.51 m<sup>3</sup> inyectados a la red de abastecimiento, el rendimiento global fue del 17.69%.

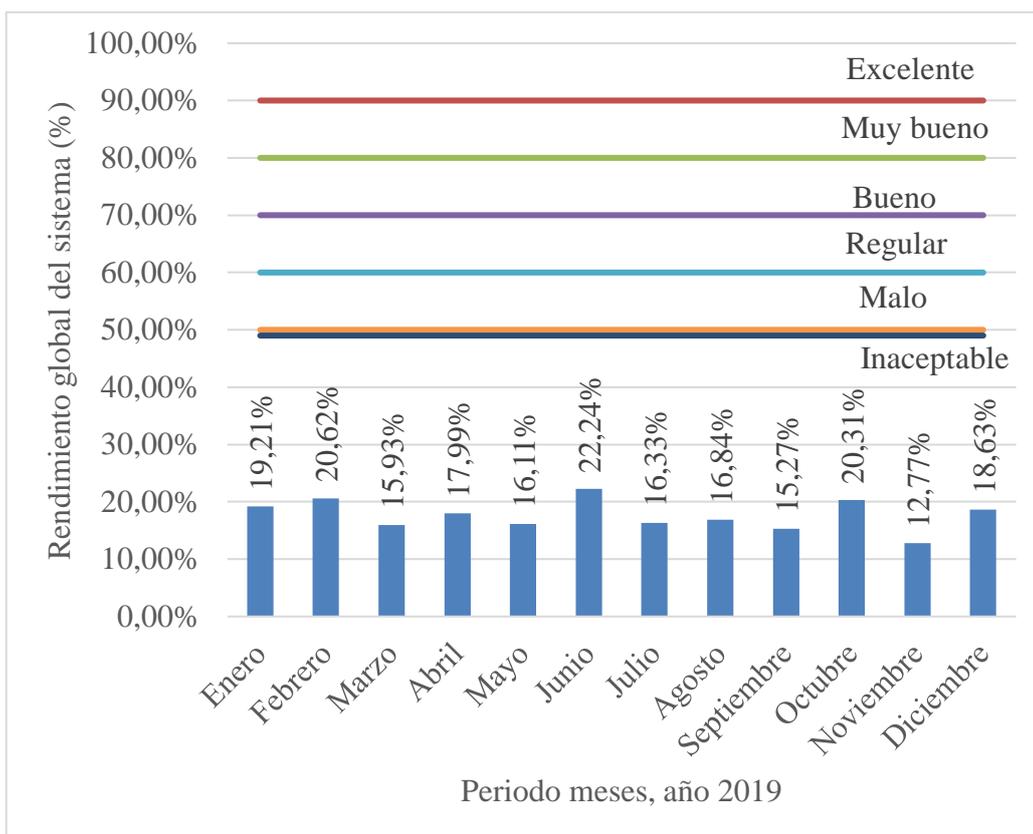


Figura 32 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2019  
Fuente: Autor

El rango general de sistema en el año 2020 es de 18.06% como se observa en la Tabla 20, a pesar de ser mayor al de los años 2018 y 2019, aun no es capaz de sobrepasar el rango de "inaceptable".

Tabla 20. Rendimiento volumétrico general del año 2020

| <b>Año 2020</b> | <b>Rendimiento Global del sistema (<math>\eta_s</math>)</b> | <b>Rendimiento de la red (<math>\eta_r</math>)</b> | <b>Rendimiento de la gestión (<math>\eta_g</math>)</b> |
|-----------------|---|--|--|
| <b>Enero</b>    | 16.73%  | 21.83%   | 76.67%   |
| <b>Febrero</b>  | 20.15%  | 25.14%   | 80.16%   |
| <b>Marzo</b>    | 16.09%  | 21.19%   | 75.96%   |

|                   |               |               |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Abril</b>      | 16.63%        | 21.70%        | 76.62%        |
| <b>Mayo</b>       | 16.22%        | 21.13%        | 76.77%        |
| <b>Junio</b>      | 16.53%        | 21.67%        | 76.29%        |
| <b>Julio</b>      | 15.55%        | 20.64%        | 75.33%        |
| <b>Agosto</b>     | 26.84%        | 31.81%        | 84.38%        |
| <b>Septiembre</b> | 22.51%        | 27.65%        | 81.42%        |
| <b>Octubre</b>    | 16.83%        | 21.86%        | 76.99%        |
| <b>Noviembre</b>  | 16.83%        | 21.77%        | 77.28%        |
| <b>Diciembre</b>  | 15.80%        | 20.83%        | 75.85%        |
| <b>Promedio</b>   | <b>18.06%</b> | <b>23.10%</b> | <b>77.81%</b> |

Fuente: Autor

En el año 2020 no existe mucha variación en el porcentaje del rendimiento del sistema a excepción del mes de agosto donde hubo un alza de restricciones de parte del COE por lo que las personas pudieron realizar distintas actividades elevándose el consumo del agua, el caudal inyectado fue de 238 496.14 m<sup>3</sup> es decir mayor a los años anteriores, esto por ser un año bisiesto, el volumen de agua incontrolada fugada fue de 183 431.61 m<sup>3</sup>, lo cual representa un 77.9 % de agua incontrolada fugada, y un rendimiento global del sistema inaceptable por ser solo del 18.06%.

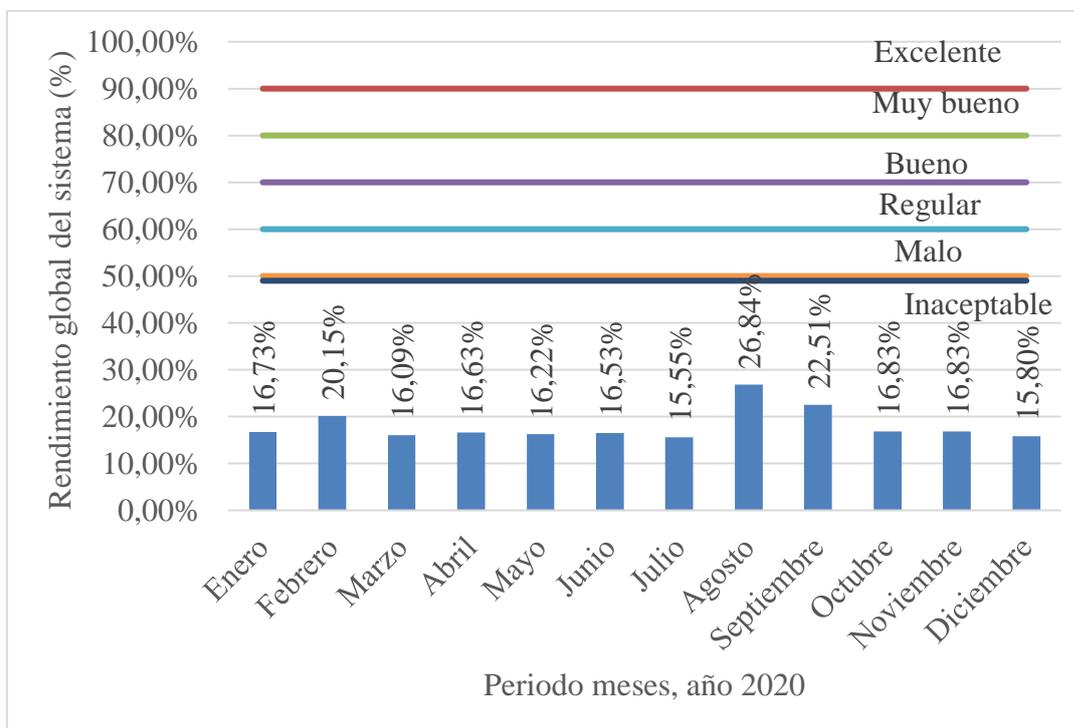


Figura 33 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2020

Fuente: Autor

El rendimiento global del sistema en el año 2021 fue el mayor de los cuatro años analizados, pero no deja de estar en el rango de “inaceptable”.

Tabla 21. Rendimiento volumétrico general del año 2021

| <b>Año 2021</b>   | <b>Rendimiento Global del sistema (<math>\eta_s</math>)</b> | <b>Rendimiento de la red (<math>\eta_r</math>)</b> | <b>Rendimiento de la gestión (<math>\eta_g</math>)</b> |
|-------------------|---|--|--|
| <b>Enero</b>      | 22.31%  | 27.28%   | 81.78%   |
| <b>Febrero</b>    | 17.96%  | 25.14%   | 78.11%   |
| <b>Marzo</b>      | 19.00%  | 21.19%   | 78.66%   |
| <b>Abril</b>      | 21.35%  | 21.70%   | 80.80%   |
| <b>Mayo</b>       | 15.30%  | 21.13%   | 75.49%   |
| <b>Junio</b>      | 21.11%  | 21.67%   | 80.42%   |
| <b>Julio</b>      | 14.91%  | 20.64%   | 74.54%   |
| <b>Agosto</b>     | 15.09%  | 31.81%   | 75.23%   |
| <b>Septiembre</b> | 25.35%  | 27.65%   | 83.15%   |
| <b>Octubre</b>    | 18.68%  | 21.86%   | 78.79%   |
| <b>Noviembre</b>  | 15.42%  | 21.77%   | 75.72%   |
| <b>Diciembre</b>  | 17.82%  | 20.83%   | 77.78%   |
| <b>Promedio</b>   | <b>18.69%</b>   | <b>23.55%</b>                                      | <b>78.37%</b>  |

Fuente: Autor

En la Figura 34 se observan valores bajos en los meses mayo, julio y agosto, esto es debido a que en esos meses presentaron problemas en el servicio del agua por roturas de la tubería lo cual ocasionó fugas.

En el año 2021 se obtuvo un caudal inyectado de 237 844.51 m<sup>3</sup> y de este volumen se fugó el 76.3% es decir 181 412.12 m<sup>3</sup>, y el rendimiento global fue de 18.69%.

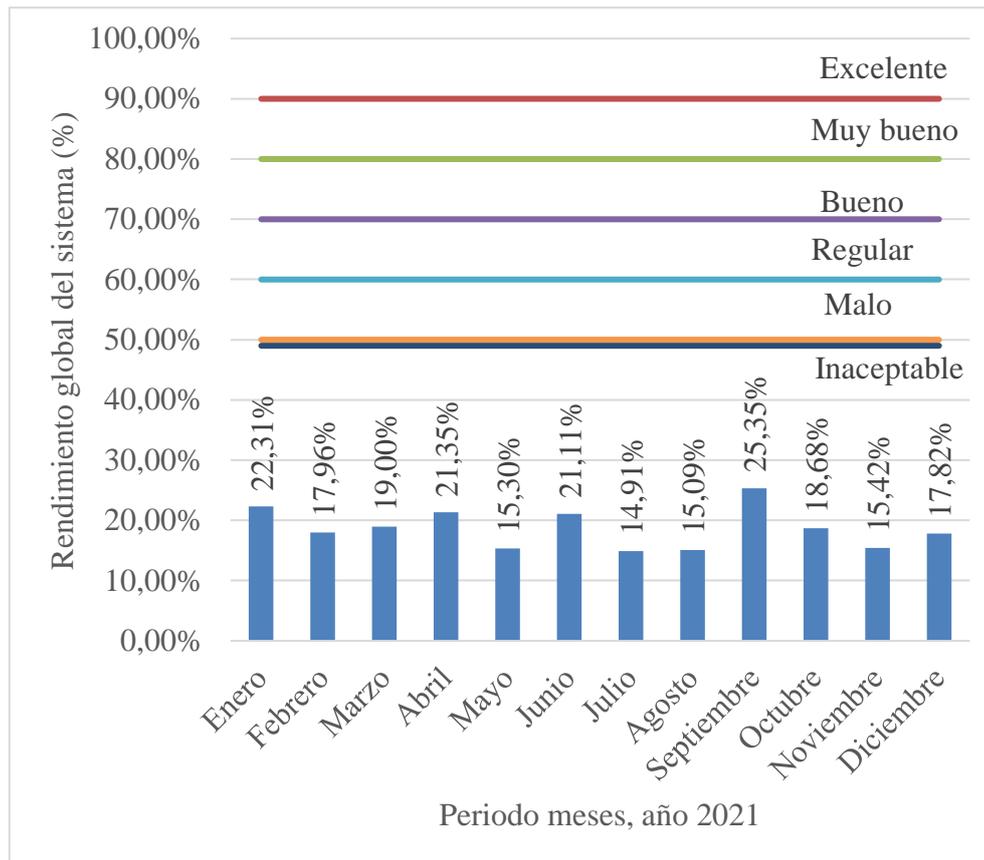


Figura 34 Resumen del rendimiento global del sistema de forma mensual en el año 2021  
Fuente: Autor

Para un mejor análisis entre los años estudiados se presenta la Tabla 22, donde se puede apreciar un resumen de la calificación sobre el rendimiento global del sistema de agua potable, la calificación de los rangos se obtienen de (Cabrera et al., 1999), se denota que a pesar de ir mejorando el rendimiento con los años, aun no es suficiente para salir del rango de menores al 50% de rendimiento y tener una calificación que no sea la de inaceptable.

Tabla 22. Resumen de la calificación de las redes de abastecimiento

| Año  | ( $\eta_s$ ) | Rango          | Calificación |
|------|--------------|----------------|--------------|
| 2018 | 17.02%       | $0.5 < \eta_s$ | Inaceptable  |
| 2019 | 17.69%       | $0.5 < \eta_s$ | Inaceptable  |
| 2020 | 18.06%       | $0.5 < \eta_s$ | Inaceptable  |
| 2021 | 18.69%       | $0.5 < \eta_s$ | Inaceptable  |

Fuente: Autor

En la Tabla 23 se puede apreciar un resumen de los volúmenes de agua potable de los años de estudio, para una comparación anual y ya no mensual entre los caudales que intervienen en el sistema de distribución. Se puede apreciar que a pesar de reducirse el Qif, aún sigue siendo un valor muy alto, lo cual afecta económicamente al GAD de Logroño por las pérdidas del líquido vital.

Tabla 23. Resumen balance hídrico

| <b>Años</b>                                | <b>2018</b><br><b>m<sup>3</sup>/año</b> | <b>2019</b><br><b>m<sup>3</sup>/año</b> | <b>2020</b><br><b>m<sup>3</sup>/año</b> | <b>2021</b><br><b>m<sup>3</sup>/año</b> |
|--|---|---|---|---|
| <b>Caudal inyectado (Q)</b>                | 237 844.51                              | 237 844.51                              | 238 496.14                              | 237 844.51                              |
| <b>Caudal registrado (Qr)</b>              | 40 356.46                               | 42 027.86                               | 43 040.73                               | 44 420.38                               |
| <b>Caudal incontrolado (Qi)</b>            | 197 488.06                              | 195 816.66                              | 195 455.41                              | 193 424.14                              |
| <b>Caudal incontrolado consumido (Qic)</b> | 11 974.46                               | 11 986.98                               | 12 023.80                               | 12 012.02                               |
| <b>Caudal incontrolado fugado (Qif)</b>    | 185 513.60                              | 183 829.68                              | 183 431.61                              | 181 412.12                              |

Fuente: Autor

#### 4.3 PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL GAD DE LOGROÑO CAUSADOS POR LAS FUGAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Las fugas en la red de abastecimiento de agua potable tienen perjuicios económicos en el GAD del cantón Logroño, para conocer las pérdidas anuales mostradas en la Tabla 24 tenemos que sacar el producto entre el volumen de agua incontrolado fugado y el costo de la tarifa mínima que se cobra por m<sup>3</sup> para la categoría residencial que es de \$0.06.

Tabla 24. Costo anual perdido por las fugas en la red de agua potable

| <b>Año</b>   | <b>Caudal incontrolado fugado (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Costos anuales</b> |
|--------------|---|-----------------------|
| <b>2018</b>  | 185 513.60  | \$11 130.82           |
| <b>2019</b>  | 183 829.68  | \$11 029.78           |
| <b>2020</b>  | 183 431.61  | \$11 005.90           |
| <b>2021</b>  | 181 412.12  | \$10 884.73           |
| <b>Total</b> | 734 187.01  | \$44 051.23           |

Fuente: Autor.

En la Figura 35 se puede apreciar las zonas donde se sufren mayores pérdidas de agua, esto debido a rupturas frecuentes de la tubería, estos puntos están marcados de color rojo, los medidores dañados están de color verde mientras que los lugares e instituciones que hacen uso del agua potable pero no tienen medidores está de color celeste.

Los puntos rojos representan a los lugares donde se ve más afectada la red, es decir se producen fugas con frecuencia por ruptura de la red de agua potable, estos lugares corresponden a: la vía a Shimpis pasando el puente sobre el río Upano, barrio Chupiankas y el barrio norte a lado del estadio, la causa más probable ante estos daños tan seguidos es la presión existente en la red por lo que debe medir y en caso de ser necesario colocar válvulas rompe presiones.

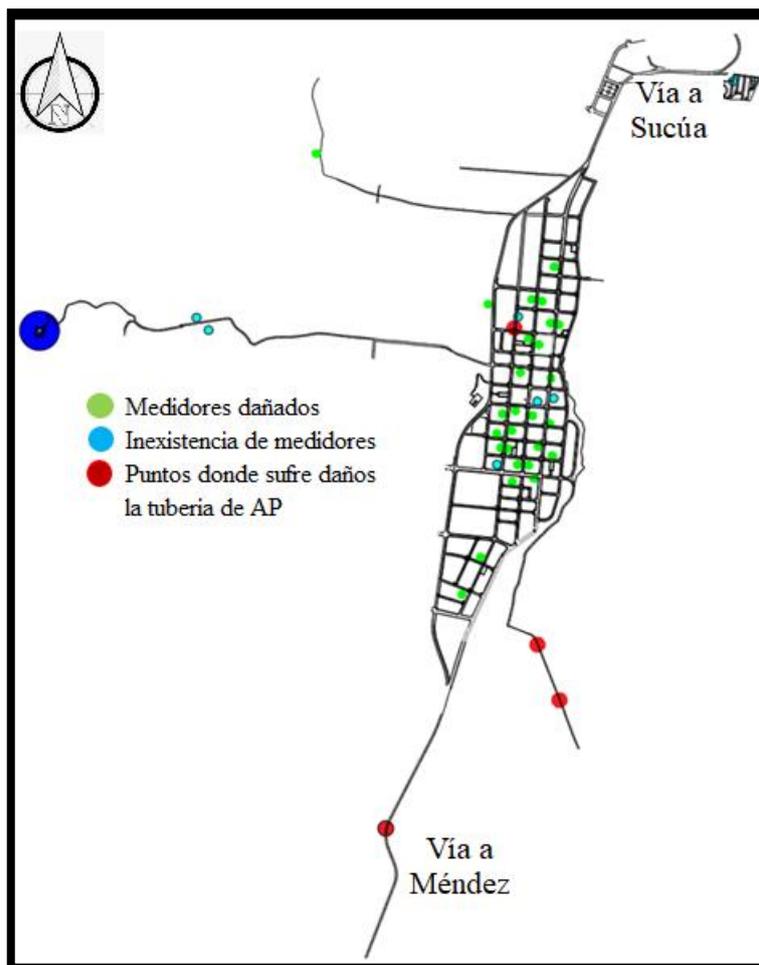


Figura 35. Mapa de afectación en la red de distribución de agua potable  
Fuente: Autor

#### 4.4 POLÍTICAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN FRENTE A FUGAS DE AGUA POTABLE

En la Figura 36 se presenta un posible plan de acción con la finalidad de mejorar la gestión del GAD del cantón Logroño, cada acción va acompañada del propósito de esta y de así manera mejorar el rendimiento de la red de agua potable, así como mejorar el servicio y la atención ante daños en la red.

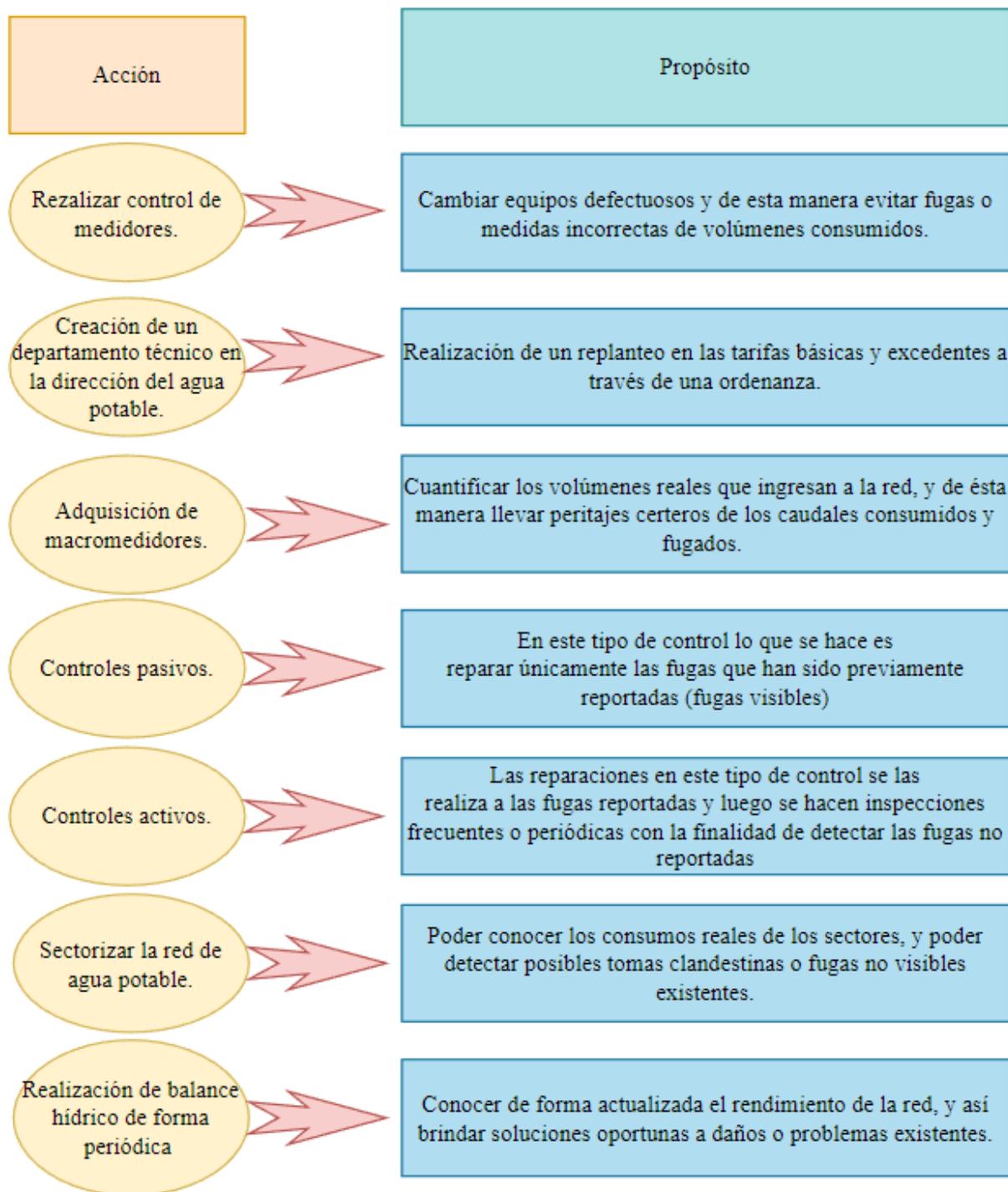


Figura 36 Políticas para mejorar la gestión ante la presencia de fugas  
Fuente: Autor

## 4.5 DISCUSIÓN

A nivel nacional según el boletín estadístico agua potable y saneamiento publicado por la Agencia de Regulación y Control del Agua en el año 2020, se obtiene que el porcentaje de agua no contabilizada es del 47.69%, en dicho boletín el cantón Logroño aparece con el porcentaje de agua no contabilizada menor al promedio nacional ya que tiene un valor de 37.93% por lo cual se encuentra en un nivel de desempeño medio, ahora con los datos obtenidos se denota que ese valor no es el correcto, puesto en la red de distribución en porcentaje de fugas es superior al 76.03% y por esta razón debería estar en la categoría de desempeño bajo.

El balance hídrico empleado fue el recomendado por Cabrera et al. (1999), donde se calificó solamente el rendimiento en base a volúmenes de agua potable, ya que la calidad de la misma no se tomó en cuenta. El volumen de agua potable si bien varía por factores climáticos o características de las fuentes hídricas, es decir no siempre el caudal inyectado es constante, en este caso se asumió que es constante de 7.542 lt/s porque no se lo pudo medir.

Los resultados del cantón Logroño demuestran un porcentaje de fugas promedio de 77.10% y rendimiento general del sistema de 17.86%, el mismo que se encuentra muy por debajo del encontrado en el cantón Guano con porcentaje de fugas de 50.79% y rendimiento general del sistema de 46.01%, y ligeramente menor al del cantón Chambo donde se obtuvieron valores de 75.75% de fugas y 23.26% de rendimiento general del sistema (Jaramillo & Oleas, 2022).

La tarifa mínima por el consumo residencial en Logroño es de \$0.06 por m<sup>3</sup> de agua potabilizada, este valor es menor al que se indica en (ARCA, 2020) donde aparece el precio de \$0.75 por m<sup>3</sup> para éste cantón, e igualmente es menor al dato nacional que es de \$1.02 por cada m<sup>3</sup>.

A pesar de que el porcentaje de agua incontrolado fugado en el cantón Logroño disminuye, en ninguno de los 4 años de estudio este porcentaje coincide con el mostrado en el boletín estadístico agua potable y saneamiento publicado por la Agencia de Regulación y Control del Agua, ya que en todos los años se fuga un porcentaje significativamente mayor y es debido a ello que el nivel de desempeño del sistema debe ser bajo.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.6 CONCLUSIONES

La red de abastecimiento de agua potable no cuenta con un macro medidor, es por ello que se realizan aforamientos diarios con la finalidad de conocer el caudal que ingresa a al sistema. Mediante este método el caudal era de 9.50 l/s, pero para una mayor precisión se optó por utilizar un caudalímetro digital dando como resultado que el caudal de agua potabilizada es de 7.54 l/s lo que genera un caudal anual de 237 844.51 m<sup>3</sup>/año. La medición mecánica difiere de la medición manual en un 20.63% que representa 1.96 l/s.

El volumen de agua potable fugado en los cuatro años de análisis fue del 77.12% que corresponden a 734 187.01m<sup>3</sup> como se observa en la Tabla 24. La disminución del volumen de fugas que se evidencia a lo largo de los años de estudio se debe al aumento de usuarios del servicio de agua potable, crecimiento poblacional y cambios de medidores nuevos.

En base a los resultados obtenidos mediante la realización de este trabajo de investigación, se sabe ahora que el cantón Logroño presenta un sistema de abastecimiento de agua potable con un rendimiento "inaceptable", lamentablemente las fugas sobrepasan el 76% del total del agua inyectada hacia la red, lo que conlleva a que el GAD del cantón pierda más de \$10 000 anuales solo en agua incontrolada fugada, tomando en cuenta el valor de \$0.06 por m<sup>3</sup>, mientras que si se toma en cuenta el valor de \$0.75 por cada m<sup>3</sup> que recomienda el ARCA las pérdidas económicas superarían los \$136 000 anuales.

Se han definido políticas para mejorar la gestión ante la presencia de fugas en la red de abastecimiento, se recomienda la creación de un departamento técnico dentro de la dirección de agua potable el mismo que es importante para realizar un replanteo en la tarifa básica fijada y los excedentes mediante una ordenanza. La finalidad de la nueva ordenanza es que el precio del agua ya no sea tan bajo y con los valores recaudados de un nuevo valor fijado se pueda emplear mejoras como mantenimientos preventivos y correctivos de fugas.

Para controlar de manera más eficiente los volúmenes de agua que inyectados a la red se recomienda la adquisición de macromedidores así como zonificar la red de distribución en la zona urbana del cantón y tener un monitoreo constante y eficaz al momento de obtener los caudales ingresados y registrados, además de las acciones y propósitos mostrados en la Figura 36.

El volumen de pérdidas de agua potable se deben a tomas clandestinas existentes a lo largo de la red, así como el desperdicio en lugares donde no existen contadores o medidores, estos lugares se encuentran a las afueras de la zona urbana y son: el relleno sanitario, recinto ferial y mecánica; otra problemática en torno a la fuga de agua son las presiones elevadas es zonas específicas a lo largo de la red de distribución, éstos lugares corresponden a: la vía a Shimpis sector la playa del rio Upano, barrio Chupiankas y el barrio norte, para mitigar este problema se recomienda la instalación de válvulas reductoras de presión en lugares estratégicos de la red de distribución.

#### **4.7 RECOMENDACIONES**

Se recomienda la implementación de políticas para realizar chequeos al estado de la red, creación de un plan de acción para actuar ante la presencia de fugas, así como revisiones de posibles tomas clandestinas de agua potable.

Se debe estudiar la presión que existe en las tuberías en los puntos donde se producen fugas recurrentes por ruptura de la tubería.

Se debe complementar con la colocación de medidores en los lugares donde existen caudales incontrolados consumidos, son los lugares que están a cargo de la municipalidad del cantón Logroño, y a su vez zonificar la red y colocar medidores al ingreso de cada zona de esta manera se puede conocer el caudal fugado por zonas y no de una forma general, lo que facilitara encontrar las causas y darles posibles soluciones.

El GAD del cantón Logroño, debe implementar mejoras al sistema con la finalidad de reducir en lo posible el volumen de agua incontrolado, para ello se debería colocar un macromedidor en la entrada de la red de distribución, así como medidores zonales o barriales para que de esta manera se pueda tener un mayor control del caudal que ingresa y se maneja en la zona urbana, además de la colocación de medidores en los lugares donde se consume agua potable pero no pagan por ello, como es el caso del palacio municipal, parque central, estadio, relleno sanitario, cancha sintética y demás lugares donde existan llaves y así poder controlar el volumen de agua utilizado y evitar desperdicios. También se debe tener un plan de acción para prevención e intervención inmediata en caso de fugas visibles, así como sectorizar la red y llevar un inventario del balance hídrico de esta manera se podría reducir las fugas y mejorar el servicio, además de cuidar el medio ambiente.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ARCA. (2020). *BENCHMARKING DE PRESTADORES DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR* Agencia de Regulación y Control del Agua *BOLETÍN ESTADÍSTICO*. Retrieved from [http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS\\_dic21\\_v02.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf)
- Arispe, C., Yangali, J., Maria, G., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). LA INVESTIGACION CIENTÍFICA. In *Universidad Internacional de Gayaquil* (Universida, Vol. 59). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR. Retrieved from <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45402.pdf>
- Cabrera. (2019). *Análisis a Largo Plazo Del Nivel Económico De Pérdidas Reales Y Aparentes En Redes De Distribución De Agua. Desarrollo De Una Herramienta De Cálculo Y Ejemplo De Aplicación*. 1–69. Retrieved from [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:f2O1y180Vh4J:scholar.google.com/+Las+virtudes,+eje+central+de+las+Inteligencias+Múltiples+Virtudes,+central+axis+of+Multiple+Intelligences+Autor+Juan+Romero+Sebastiá&hl=es&as\\_sdt=0,5%0Ahttps://pdfs.sem](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:f2O1y180Vh4J:scholar.google.com/+Las+virtudes,+eje+central+de+las+Inteligencias+Múltiples+Virtudes,+central+axis+of+Multiple+Intelligences+Autor+Juan+Romero+Sebastiá&hl=es&as_sdt=0,5%0Ahttps://pdfs.sem)
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García-Serra, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería Del Agua*, 6(4), 387. <https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Campaña, J., & Ortega, W. (2016). *Evaluación De La Red De Distribución De Agua Potable Para Determinar Pérdidas Y Fugas De La Urbanización La Colina Del Cantón Rumiñahui. Proyecto Previo a La Obtención Del Título De Ing.* ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15217>
- Cárdenas, D., & Patiño, F. (2010). *ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY*. UNIVERSIDAD DE CUENCA. Retrieved from <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- Fonseca, J., & Rodríguez, J. (2017). *Detección y localización de fugas en las redes de agua potable del acueducto Acuararrayan (San Francisco, Cundinamarca) mediante electroacústica y análisis de presiones*. UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1130&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1130&context=ing_civil)
- Gutiérrez, H. (2016). Diseño y optimización de una Red de Distribución de Agua Potable del Fraccionamiento Villa Felicidad Utilizando Diversos Métodos. *Tercera*, 8(2), 1–142. Retrieved from <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6019b0a135f62744e1786097/1612296367671/Publicaciones+Online+Academia+Journals+Juárez+2016+-+Tomo+01.pdf>
- INEN. (2011). Agua potable. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1, 2. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>

- Jaramillo, J., & Oleas, F. (2022). *INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10118>
- Matta, A. (2019). *Sistemas de acueducto (FOTOLITO A; A. MATTA, Ed.)*. Bogota: Ministerio del medio ambiente. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18918>
- Medina, G. (2009). *Políticas para el control activo de fugas*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Retrieved from [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1347/3/Medina medina Glenda.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1347/3/Medina%20medina%20Glenda.pdf)
- Moliá, R. (2007). *Abastecimiento y saneamiento urbanos (EOI)*. MADRID: EOI. Retrieved from <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45402.pdf>
- NEC-11. (2011). NEC-11, Norma Hidrosanitaria NHE Agua. *Norma Ecuatoriana De La Construcción*, 38.
- Wyatt, A. (2010). Financial Model for Optimal Management of Non-Revenue Water in Developing Countries. *Proceedings of the IWA International Specialised Conference*  *Water Loss 2010*, (June), 1–11. <https://doi.org/10.3768/rtipress.2010.mr.0018.1006>

## ANEXOS

Anexo 1. Fuga visible en la zona urbana barrio sur



Anexo 2. Reparación de tubería rota



### Anexo 3. Corte servicio de agua debido a taponamiento de la red

 **Alcaldía de Logroño**  
19 de noviembre de 2019 · 🌐

#### COMUNICADO

A la ciudadanía del cantón Logroño les informamos que los técnicos del GAD Municipal continúan solucionando el taponamiento del servicio de agua potable al cantón. Les pedimos comprensión e indicar que se está trabajando arduamente para solucionar el inconveniente el día de hoy.



### Anexo 4. Localización de fuga de agua



**Anexo 5. Localización de falla en la tubería**



**Anexo 6. Parte de tubería retirada defectuosa**



### Anexo 7. Reparación de tubería por fuga



### Anexo 8. Rellenado de la apertura de la calle por reparación de una fuga de agua



**Anexo 9. Reparación llave de paso**



**Anexo 10. Instalación toma domiciliaria**



Anexo 11. Separación de los sensores del caudalímetro

