



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

**Título del Proyecto**

“Incidencias de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad Guaranda”

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Ulloa Ocaña Bryan Antonio

**Tutor:**

MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Bryan Antonio Ulloa Ocaña** con cédula de ciudadanía **0604202481**, autor del trabajo de investigación titulado: **“INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD GUARANDA”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas es de mi 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 sesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 26 de febrero de 2024.



---

Bryan Antonio Ulloa Ocaña  
C.I: 0604202481



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.11  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

## ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 24 días del mes de ENERO de 2024, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **BRYAN ANTONIO ULLOA OCAÑA** con CC: **0604202481**, de la carrera de **INGENIERIA CIVIL** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD GUARANDA**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
**TUTORA**

## 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 DE LA CIUDAD GUARANDA”**, presentado por **Bryan Antonio Ulloa Ocaña**, con cédula de identidad número **0604202481**, bajo la tutoría de **MSc. 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.

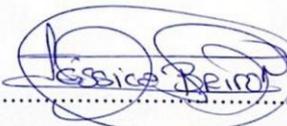
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 06 de marzo de 2024.

Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



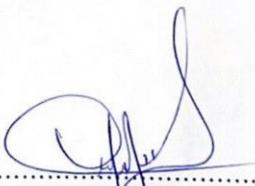
Firma

Jéssica Paulina Brito Noboa, Mgs.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

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



Firma

# CERTIFICADO ANTI-PLAGIO



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
UNACH-RGF-01-04-08.15  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

## CERTIFICACIÓN

Que, **ULLOA OCAÑA BRYAN ANTONIO** con CC: **0604202481**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD GUARANDA**", cumple con el **9 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 26 de febrero de 2024

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
TUTORA

## **DEDICATORIA**

Dedicado especialmente a Dios, por ser mi guía constante, mi fuerza en los momentos difíciles y mi fuente inagotable de inspiración. Por su amor incondicional y las bendiciones que han sido fundamentales en mi camino hacia este logro académico.

A mis queridos padres, Hugo Ulloa y Gladys Ocaña, mi profundo agradecimiento por su apoyo inquebrantable, sacrificio y amor a lo largo de mi vida y en cada etapa de mi educación. Su ejemplo de dedicación y valores han sido fundamentales en mi formación, enseñándome el valor del esfuerzo y la perseverancia, y brindándome el respaldo necesario para alcanzar mis metas.

A mis amados hermanos, Daniel y Lisseth, por su constante aliento y soporte durante este proceso. Su compañía y complicidad han sido una fuente de motivación y fortaleza en cada etapa de mi educación.

A mi familia, por su amor y comprensión y a mis amigos por su apoyo incondicional a lo largo de esta travesía. Cada uno de ustedes ha sido una parte invaluable de mi vida y de mi formación

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y las oportunidades necesarias para poder llevar a cabo este proyecto. Su gracia y bendiciones han sido una fuente constante de inspiración y guía a lo largo de este camino académico.

A mi familia, en especial a mis padres Hugo Ulloa y Gladys Ocaña, mis hermanos Daniel y Lisseth por su amor incondicional, apoyo emocional y comprensión durante los momentos difíciles. Su constante aliento ha sido mi mayor motivación para perseverar hasta el final.

También quiero agradecer a mi tutora de tesis, MSc Gabriela Zúñiga, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Sus valiosos consejos y conocimientos han sido fundamentales para dar forma a este trabajo.

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional de Chimborazo por ofrecerme la invaluable oportunidad de realizar mis estudios universitarios. Su compromiso con la excelencia académica y la provisión de recursos indispensables han sido pilares fundamentales en mi trayectoria educativa.

Finalmente, a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil. Su dedicación, conocimientos y compromiso con la enseñanza han sido fundamentales en mi formación académica y profesional.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1.    Introducción.....	13
1.2.    Zona de estudio.....	13
1.2.1.    Captaciones, capacidad y redes de distribución de agua potable .....	14
1.2.1.1.    Captaciones.....	14
1.2.1.2.    Capacidades .....	15
1.2.1.3.    Redes de distribución de agua potable de la ciudad Guaranda.....	16
1.3.    Antecedentes.....	17
1.4.    Planteamiento del Problema .....	18
1.5.    Justificación .....	18
1.6.    Objetivos.....	19
1.6.1.    General.....	19
1.6.2.    Específicos.....	19
CAPITULO II. MARCO TEORICO .....	20
2.1.    Conceptos Generales .....	20
2.1.1.    Agua Potable .....	20
2.1.2.    Red de abastecimiento .....	20
2.1.3.    Orígenes y principales causas de fugas en la Red de Abastecimiento .....	20
2.1.4.    Impactos de las Fugas en la Red de Abastecimiento de Agua Potable.....	21
2.1.5.    Balance Hídrico .....	22
2.2.    Estado del Arte .....	22
CAPITULO III. METODOLOGIA .....	24
3.1.    Descripción de la metodología .....	24
3.2.    Recopilación de la información.....	24
3.3.    Población de estudio.....	25
3.4.    Procesamiento y análisis de datos .....	26

3.4.1.	Balance hídrico técnico .....	26
3.4.1.1.	Caudal inyectado “Q” .....	27
3.4.1.2.	Caudal registrado “Qr” .....	28
3.4.2.	Rendimientos hídricos porcentuales .....	31
3.4.3.	Índice de agua no contabilizada .....	32
3.5.	Proceso de identificación de sectores críticos debido a fugas en la red de distribución .....	32
3.6.	Trabajos in situ para la reparación de fugas .....	35
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		36
4.1.	Resultados.....	36
4.1.1.	Caudal incontrolado “Qi” .....	36
4.1.2.	Caudal incontrolado consumido “Qic” .....	37
4.1.3.	Caudal incontrolado fugado “Qif” .....	37
4.1.4.	Balance hídrico técnico general.....	39
4.1.5.	Rendimientos hídricos porcentuales .....	42
4.1.6.	Pérdidas económicas anuales por fugas de agua .....	42
4.1.7.	Identificación de sitios más afectadas por presencia de fugas.....	46
4.1.7.1.	Resultados por tipos de fuga en un año .....	46
4.1.7.2.	Lugares más afectados por incidencia de fugas.....	48
4.2.	Monitoreo y reparación de fugas .....	48
4.2.1.	Operación y mantenimiento .....	49
4.3.	Soluciones recomendadas para una correcta gestión de fugas .....	50
4.4.	Discusión .....	52
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		54
5.1.	Conclusiones.....	54
5.2.	Recomendaciones .....	55
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA .....		56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Fuentes de captaciones El Arenal - Toro Guañuna - Recolector.....	15
<b>Tabla 2.</b>	Fuentes de captaciones Coandes - Línea de conducción a Guaranda.....	15
<b>Tabla 3.</b>	Capacidad de reserva de cada uno de los tanques en [m <sup>3</sup> ].....	16
<b>Tabla 4.</b>	Usuarios registrados por categorías y subcategorías de la ciudad Guaranda año 2022 .....	25

<b>Tabla 5.</b> Caudal inyectado a todo el sistema de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023 .....	28
<b>Tabla 6.</b> Caudal registrado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023 categoría Residencial. ....	29
<b>Tabla 7.</b> Caudal registrado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023 categoría No Residencial.....	30
<b>Tabla 8.</b> Calificación de la gestión de abastecimiento en función del rendimiento global del sistema $\eta_s$ . ....	32
<b>Tabla 9.</b> Rango de desempeño - Indicador de agua no contabilizada .....	32
<b>Tabla 10.</b> Caudal incontrolado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.....	36
<b>Tabla 11.</b> Caudal incontrolado consumido que no es registrado por la EP-EMAPAG de la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.....	37
<b>Tabla 12.</b> Caudal incontrolado fugado en la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.....	38
<b>Tabla 13.</b> Balance hídrico técnico general - Guaranda periodo 2019 - 2023.....	39
<b>Tabla 14.</b> Balance hídrico técnico general – Guaranda periodo 2019-2023. ....	40
<b>Tabla 15.</b> Rendimientos volumétricos anuales de toda la red de abastecimiento. ....	42
<b>Tabla 16.</b> Pliego tarifario aprobado 2021 Gradualidad 2 Grupo Residencial .....	43
<b>Tabla 17.</b> Pliego tarifario aprobado 2021 Gradualidad 2 Grupo No Residencial .....	43
<b>Tabla 18.</b> Pérdida económica anual por agua fugada.....	44
<b>Tabla 19.</b> Dotaciones recomendadas.....	45
<b>Tabla 20.</b> Proyección de habitantes en base al volumen incontrolado fugado .....	45
<b>Tabla 21.</b> Porcentaje por tipo de fuga y por mes .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la ciudad Guaranda .....	14
<b>Figura 2.</b> Esquema explicativo de las redes de distribución de la Ciudad Guaranda.....	17
<b>Figura 3.</b> Balance hídrico completo de un sistema de distribución.....	22
<b>Figura 4.</b> Esquema del procedimiento metodológico .....	24
<b>Figura 5.</b> Usuarios registrados en el periodo de análisis 2019-2023 .....	26
<b>Figura 6.</b> Registro de las fugas por parte de los usuarios .....	33
<b>Figura 7.</b> Listado de reportes de daños realizados en el mes.....	34
<b>Figura 8.</b> Ficha de reporte de trabajos realizados .....	35
<b>Figura 9.</b> Balance Hídrico General .....	41
<b>Figura 10.</b> Pérdida económica anual .....	44
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de fugas por mes.....	47
<b>Figura 12.</b> Porcentaje por tipo de fuga .....	47
<b>Figura 13.</b> Lugares de fugas registradas .....	48
<b>Figura 14.</b> Proceso de reparación de los tipos de fugas en la ciudad de Guaranda .....	49
<b>Figura 15.</b> Soluciones recomendadas para la reducción de fugas .....	51
<b>Figura 16.</b> % Índice de agua no contabilizada anual .....	52
<b>Figura 17.</b> Rendimientos hídricos porcentuales anuales .....	53

## RESUMEN

Las fugas de agua potable en redes de abastecimiento por ser difíciles de localizar provocan desperdicios de agua y reducen la eficiencia de la red, cuando se produce este problema las empresas responsables de prestar el servicio sufren importantes consecuencias financieras. Por tal motivo el presente estudio tiene como objetivo determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Guaranda, con el fin de verificar las razones por las cuales el volumen de agua incontrolado causa altas pérdidas económicas. Para esta investigación se utilizó una metodología con un enfoque cualitativo y cuantitativo, cualitativo para comprender las características de las fugas y los procesos de reparación a través de inspección in situ y cuantitativa con el procesamiento de datos sobre volúmenes inyectados y facturados para la realización del balance hídrico general propuesto por Cabrera et al. (1999), en donde se pudo obtener caudales incontrolados que van desde los 250.91 [l/s] hasta los 585.50 [l/s]; porcentajes de índice de agua incontrolada propuesto por la Agencia de Regulación y Control del Agua (2021), con un promedio de 40.15 % ubicándose así en un Rango “II-Medio” de desempeño y estando por debajo del promedio nacional de 48.35 %. Según el rendimiento global del sistema propuesto por Cabrera et al. (1999) se obtuvo una calificación de “Malo”; las pérdidas económicas ascienden hasta los \$ 846 730.50 [USD/año] por caudal incontrolado y el caudal incontrolado fugado un total de pérdida de \$ 748 863.06 [USD/año] siendo estos los valores más altos en el periodo de análisis. Con todos estos resultados obtenidos en la investigación se proponen diferentes soluciones que benefician a la entidad encargada del suministro de agua potable.

**Palabras claves:** red, agua potable, balance hídrico, rendimiento, fuga.

## ABSTRACT

Potable water leaks in supply networks, being difficult to locate, lead to water wastage and reduce the network's efficiency. When this problem occurs, the companies responsible for providing the service suffer significant financial consequences. Therefore, the present study aims to determine the incidence of leaks in the potable water supply networks of the city of Guaranda, to verify the reasons why uncontrolled water volume causes high economic losses. For this research, a methodology with a qualitative and quantitative approach was used; qualitative to understand the characteristics of the leaks and repair processes through on-site inspection, and quantitative with data processing on injected and billed volumes for the realization of the general water balance proposed by Cabrera et al. (1999), where uncontrolled flows ranging from 250.91 [l/s] to 585.50 [l/s] were obtained; percentages of uncontrolled water index proposed by the Water Regulation and Control Agency (2021), with an average of 40.15%, placing it in a "II-Medium" performance range and below the national average of 48.35%. According to the overall system performance proposed by Cabrera et al. (1999), a rating of "Poor" was obtained; economic losses amount to \$846,730.50 [USD/year] due to uncontrolled flow, with a total loss of \$748,863.06 [USD/year] from leaked uncontrolled flow, these being the highest values in the analysis period. Based on all these research results, various solutions are proposed to benefit the entity responsible for providing potable water.

**Keywords:** Network, potable water, water balance, performance, leak.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0604257881

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### ***1.1. Introducción***

Las fugas presentes en las redes de distribución es uno de los problemas más habituales ya que producen desperdicios de agua, reducen la eficiencia de las redes y provocan pérdidas financieras a las entidades responsables de la distribución de agua potable (Fuentes, Palma, & Rodríguez, 2011).

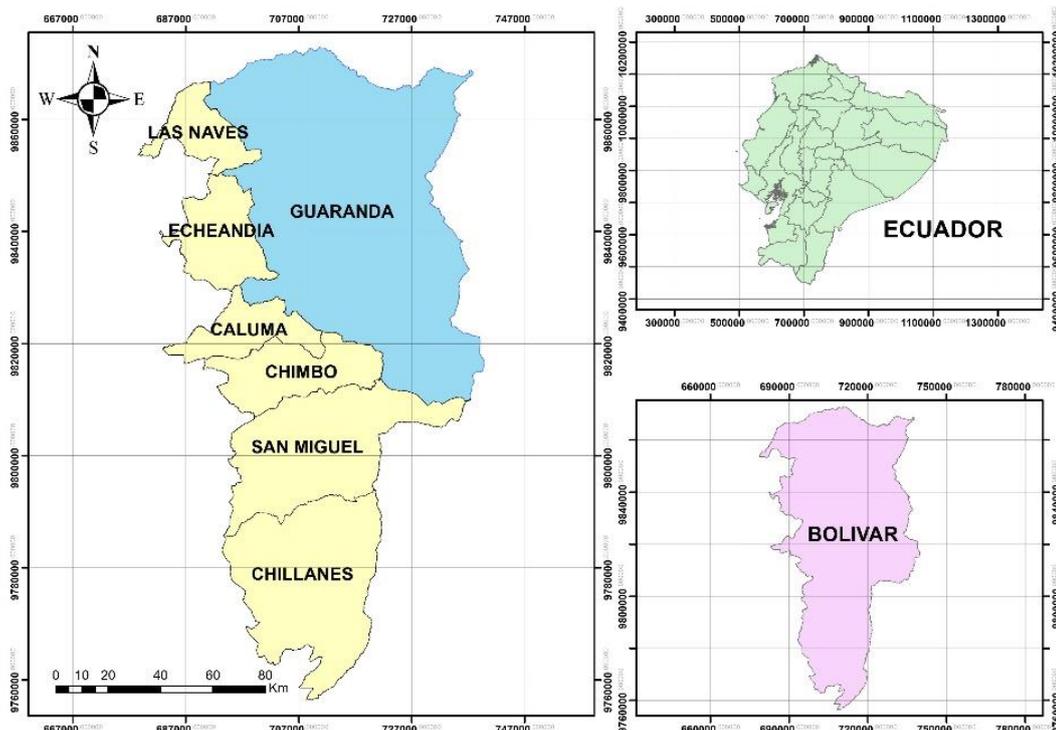
Los autores Fuentes, Palma, & Rodríguez (2011) mencionan que, en algunos países, los sistemas de suministro de agua potable pierden hasta el 50 % de las necesidades de agua de su población. Esto significa importantes pérdidas económicas y subutilización de los recursos naturales. Las fugas en las redes de agua potable son inevitables, pero se deben tomar medidas permanentes para reducir el número y el flujo de fugas. Una de las complejidades de la detección de fugas es que la mayoría de ellas son invisibles. Por lo tanto, reducirlas requiere herramientas que puedan estimar su ubicación y caudal.

Según EP-EMAPAG (2020) la ciudad de Guaranda cuenta con un servicio de agua potable por gravedad abastecido por aguas subterráneas del sector El Arenal al pie del Chimborazo. En 2003 se fundó la empresa municipal de agua potable y alcantarillado EMAPAG. Actualmente cuenta con 7 730 usuarios registrados, con un consumo promedio de 25 [m<sup>3</sup>] por familia, que utilizan el líquido esencial. Gracias a la calidad del agua cruda, se vuelve potable a través de cuatro procesos principales: aireación, sedimentación, filtración y desinfección. El caudal medio por día es de 80 [l/s], aunque para la satisfacción de la demanda actual se requieren de 46 a 60 litros por segundo, lamentablemente el sobrante se convierte en agua no contabilizada.

El propósito de la investigación es determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Guaranda, obteniendo como resultado las causas y los problemas que generan este tipo de daño. Para complementar la información anteriormente conseguida, se realizará un balance hídrico técnico, en el cual se detecte la cantidad de caudal fugado en relación con la tarifa proporcionada, verificando la pérdida económica que se produce.

### ***1.2. Zona de estudio***

La ciudad de Guaranda es la capital de la Provincia de Bolívar. Está ubicada a 2668 msnm., a solo 220 km de Quito, la capital del País y 150 km de Guayaquil, puerto principal. Localizada en la hoya de Chimbo, Guaranda se encuentra al noroeste de la Provincia de Bolívar, limitada al norte por la Provincia de Cotopaxi, al sur con los cantones Chimbo y San Miguel, al este la Provincia de Chimborazo y Tungurahua, y al oeste por los cantones de Las Naves, Caluma y Echeandía (GAD GUARANDA, 2019).



**Figura 1.** *Ubicación de la ciudad Guaranda*

**Fuente:** (Ulloa, 2023)

El ente regulador del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Guaranda es la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP-EMAPAG), la cual operará con el objetivo principal de proveer agua potable y alcantarillado. La entidad es responsable de la gestión, planificación, diseño, construcción, control, operación y mantenimiento del sistema, basado en la información proporcionada.

Según el censo poblacional de 2010 realizado por el INEC, la ciudad de Guaranda tenía 91 877 habitantes, lo que representa el 50.03 % de la población total de la provincia, 68 003 habitantes representan el sector rural (cantonal) y 23 874 el casco urbano (ciudad de Guaranda) con una edad promedio de 28 años. En el mismo año, un total de 26 829 habitantes eran abastecidos de agua mediante una red pública y 20 281 habitantes eran proporcionados por otras fuentes (INEC, 2010).

### ***1.2.1. Captaciones, capacidad y redes de distribución de agua potable***

#### ***1.2.1.1. Captaciones***

El abastecimiento a cada uno de los tanques de recolección de agua potable viene de captaciones superficiales como se detalla en la Tabla 1 y Tabla 2.

**Tabla 1.** Fuentes de captaciones El Arenal - Toro Guañuna - Recolector

Sector	Fuente	Captación	Coordenadas		Caudal [l/s]	Altitud [msnm]
			Norte [m]	Este [m]		
Arenal	Toro Guañuna	Cap. 1, 2, 3	9 836 863.50	511 720.04	8.61	4 119.57
	Yungilla	Cap. 9, 10, 8	9 838 135.93	511 076.85	6.74	4 093.11
	Pachala	Cap. 1	9 838 864.17	511 250.96	3.74	4 080.00
	Toribio	Cap. 1	9 838 833.98	511 383.77	3.86	4 090.17
	Yungilla	Cap. 1a, 1b, 2, 3, 4, 5, 6, 7	9 838 787.59	511 788.40	24.76	4 160.00
Total					47.71	-

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2011)

CorpConsul en el año 2007 midió los caudales de cada una de las fuentes de captación con un total de salida de 47.71 [l/s], como se muestra en la Tabla 1. Fuentes de captaciones El Arenal - Toro Guañuna - Recolector

**Tabla 2.** Fuentes de captaciones Coandes - Línea de conducción a Guaranda

Sector	Fuente	Recolector	Coordenadas		Caudal [l/s]	Altitud [msnm]
			Norte [m]	Este [m]		
Arenal	Coandes Culebrillas	Rec. 4	9 839 441.44	510 531.08	7.99	3 994.49
Total					7.99	-

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2011)

De igual manera CorpConsul en el año 2007 obtuvo los caudales de cada una de las fuentes de captación con un total de salida de 7.99 [l/s], como se muestra en la Tabla 2. Fuentes de captaciones Coandes - Línea de conducción a Guaranda.

### 1.2.1.2. Capacidades

Desde las estructuras de captación hasta la planta de tratamiento la conducción es totalmente a gravedad dadas las características topográficas de la zona, para el transporte de agua cruda que va desde El Arenal hasta la planta de tratamiento Chaquishca. Se utiliza tuberías de PVC y de acero. La ciudad de Guaranda cuenta con una capacidad instalada de reserva de 4 565 [m<sup>3</sup>], distribuida como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** *Capacidad de reserva de cada uno de los tanques en [m<sup>3</sup>]*

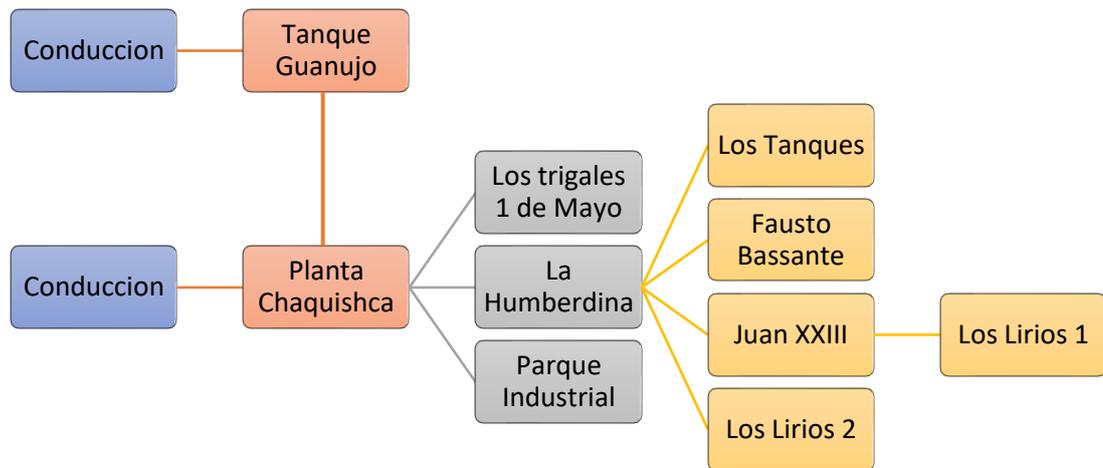
Ubicación	Tanque	Tipo	Capacidad [m <sup>3</sup> ]
Chaquishca	No. 1		500
	No. 2	Circular	500
	No. 3		800
	No. 4		800
La Humberdina	No. 1		Circular
Fausto Bassante	No. 1	Circular	20
Los Trigales	No. 1	Circular	80
1 de Mayo	No. 1	Circular	100
Los Lirios 2	No. 1	Circular	20
Juan XXIII	No. 1	Rectangular	20
Los Lirios 1	No. 1	Circular	25
Los Tanques	No. 1	Circular	800
	No. 2	Cuadrado	750
El Camal	No. 1	Circular	50
Guanujo	No. 1	-	-
P Industrial	No. 1	Cuadrado	10
Total			4 565

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2011)

### ***1.2.1.3. Redes de distribución de agua potable de la ciudad Guaranda***

Los depósitos de almacenamiento de agua de Guanujo y de la planta de tratamiento de Chaquishca se abastecen directamente desde las tuberías principales de suministro provenientes de las fuentes de captaciones.

El resto de los centros de reserva se alimentan mediante una red de entrega que inicia en la Planta Chaquishca y termina en el tanque de los Lirios 2. Para una mejor comprensión, se presenta el siguiente esquema como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Esquema explicativo de las redes de distribución de la Ciudad Guaranda  
**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2011)

### 1.3. Antecedentes

Guaranda al tener un total de 91 877 habitantes según el INEC (2010) está administrado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, que tiene como fin preservar la salud de los habitantes, el entorno ecológico y contribuir el mantenimiento de las fuentes hídricas de la ciudad de Guaranda obteniendo una rentabilidad social y económica en sus inversiones.

Según la Agencia de Regulación y Control del Agua (2021) se exponen varios indicadores que categorizan la prestación de servicios de agua potable y saneamiento, los cuales permitirán medir el nivel de eficiencia por parte de los prestadores públicos.

En el último boletín la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), recolectó y procesó la información de la prestación de los servicios públicos básicos de agua potable y saneamiento correspondiente al año 2021, en donde en la provincia de Bolívar, en especial el cantón Guaranda se encuentra en la categoría C que corresponde a los valores de eficiencia del servicio (ES) comprendidos entre  $50 \leq ES < 70$ , los cuales son identificados como aceptables (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2021).

ARCA (2021) menciona que la cobertura promedio nacional de agua potable es del 78.8 % y en la categoría C del 79.5 %. La continuidad media del servicio es del 91.03 % con una cobertura de 22 horas diarias y en la ciudad de Guaranda con un 89.7 %. El precio unitario promedio nacional del agua potable es de \$ 0.94 por [m<sup>3</sup>] y en la categoría C es de \$ 1.05 por [m<sup>3</sup>]. Se estima que la proporción de recursos hídricos no registrados en todo el país ha aumentado al 48.35 %. El último indicador, la eficiencia en la atención de quejas y reclamos, promedia el 93.00 % a nivel nacional, 91.00 % en la categoría C y 98.33 % a nivel provincial.

#### ***1.4. Planteamiento del Problema***

Actualmente, la red de distribución de agua potable de la ciudad de Guaranda, según información proporcionada por la EP-EMAPAG, ha ocasionado muchas pérdidas y fugas durante su vida útil por factores que no se pueden determinar. Estas pérdidas y fugas pueden ser visibles o no visibles y se deben principalmente a la edad de las tuberías, tomas clandestinas, daños y lecturas incorrectas en el medidor, etc. Generando pérdidas económicas para la entidad responsable de la distribución, limitando la realización de trabajos de operación y mantenimiento, aumentando la demanda de agua potable y causando molestias en la población de la ciudad.

Al mantener daños en la red de abastecimiento se registran niveles bajos de caudal inyectados en el sistema, lo que ocasiona una disminución y suspensión del servicio en diferentes sectores de la ciudad, hasta que el personal encargado pueda estabilizar la entrega del suministro de agua, la empresa encargada tiene que solicitar a la ciudadanía hacer uso racional y responsable del agua, priorizando las necesidades básicas y abasteciéndose del suministro mientras dura los inconvenientes.

Sin embargo, si estos problemas no se resuelven, las pérdidas y las filtraciones continuarán, lo que pone en peligro la estabilidad del sistema de agua potable causando problemas a la población y a la entidad encargada de la administración del sistema.

#### ***1.5. Justificación***

Dado que existen pérdidas de agua, las fugas pueden ocurrir en cualquier punto de la red en donde es imposible eliminar por completo de los sistemas de suministro, por lo tanto existe un volumen mínimo de pérdidas reales inevitables. Para la reducción del volumen es necesario realizar controles, gestiones, rehabilitaciones, reparaciones y mantenimientos (Benavides, 2013).

Teniendo en cuenta el rápido desarrollo de la ciudad, la ampliación forzada del sistema de agua potable, el fin de la vida útil de las instalaciones, la incorporación de parroquias dentro de la delimitación urbana es necesario explorar e implementar proyectos integrales de agua potable, para abordar las deficiencias actuales de los servicios básicos (EP-EMAPAG, 2020).

Este estudio brindará a las autoridades una evaluación de la red de distribución de agua potable mediante los resultados al momento de analizar el origen de pérdidas y fugas, de tal modo que se pueda aprovechar de forma eficaz el volumen inyectado y consumido, evitando desperdicios y asegurando una eficiente recaudación para la empresa encargada.

Este estudio proporcionará a las autoridades un diagnóstico actual acerca de volúmenes de agua fugada derivados del análisis de pérdidas. El propósito es permitir a las autoridades optimizar la utilización del volumen de agua inyectado, reducir los desperdicios y garantizar una mejor gestión del abastecimiento de agua potable.

## ***1.6. Objetivos***

### ***1.6.1. General***

- Determinar la incidencia de fugas en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Guaranda.

### ***1.6.2. Específicos***

- Recopilar información necesaria de la entidad encargada de la gestión de abastecimiento de agua potable.
- Realizar el balance hídrico técnico, estimando el volumen de agua incontrolada total, detectando la cantidad de agua fugada en relación con la tarifación, verificando cuanto se pierde económicamente.
- Analizar cuáles son las causas y problemas de los expedientes técnicos de operación y mantenimiento que se presentan en la red de abastecimiento de agua potable.
- Generar un mapa final de zonas con mayor incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Guaranda.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### *2.1. Conceptos Generales*

#### *2.1.1. Agua Potable*

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2019) se tratan las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua para que sea apta para el consumo humano, no contenga organismos patógenos, elementos o sustancias que puedan tener efectos fisiológicos nocivos y cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la Norma Técnica NTE INEN 1108 (revisión vigente) en observancia de lo que dicta el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 023.

#### *2.1.2. Red de abastecimiento*

Cardenas & Patiño (2010) aclaran que un sistema de abastecimiento de agua potable consta de una serie de obras necesarias para captar, canalizar, purificar, almacenar y distribuir agua de fuentes naturales, tanto subterráneas como superficiales, hasta los hogares de las personas que se beneficiarán del sistema.

#### *2.1.3. Orígenes y principales causas de fugas en la Red de Abastecimiento*

Las fugas son flujos de agua descontrolados que pueden ocurrir en cualquier momento en un sistema de agua potable; pueden ocurrir en tanques de almacenamiento, tuberías y redes, conexiones domiciliarias y viviendas (Campaña & Ortega, 2016).

**Fugas en los tanques:** se pueden dar debido a fisuras o desbordamiento. Las fugas por fisura pueden ser visibles o no visibles mientras que las de desbordamiento son muy importantes, por lo que se debe programar una inspección y mantenimiento de la válvula de control de nivel del tanque.

**Fugas en tuberías y redes:** ocurren comúnmente en juntas y en tuberías principales debido a la corrosión, tensión y sobrepresión, provocando perforaciones en la tubería. Las fugas se producen en las juntas flexibles.

**Fugas en conexiones domiciliarias:** se encuentran en juntas y en tuberías. El daño a las juntas es menos grave que el daño a tuberías y redes, pero ocurren con más frecuencia.

**Fugas en viviendas:** se presentan por mal funcionamiento de los flotadores, por desgates de empaques y por tuberías rotas o empotradas en la construcción.

#### **Principales causas**

Según Peñafiel Valla (2018) la pérdida de agua es uno de los mayores problemas que enfrentan las empresas de agua porque son inevitables, lo que significa desgastes económicos y problemas directamente con el medio ambiente. Por tanto, es importante

determinar el tipo de pérdidas, causas y consecuencias. Las pérdidas de agua son de dos tipos:

- **Pérdidas reales:** es la cantidad de agua perdida en la red, con el sistema presurizado hasta el contador del ramal. Los factores que influyen son:
  - ✓ Disponibilidad de recursos.
  - ✓ Presión de servicio.
  - ✓ Frecuencia de las roturas.
- **Pérdidas aparentes:** Corresponde a todo tipo de cantidades inexactas relacionadas con la medición del agua producida y consumida, así como a consumos no autorizados por robo o uso ilegal. Los factores son:
  - ✓ Consumos no autorizados.
  - ✓ Errores de medición.

#### *2.1.4. Impactos de las Fugas en la Red de Abastecimiento de Agua Potable*

##### **Pérdidas de Agua**

Las elevadas pérdidas de agua (pérdidas físicas o reales) y las asignaciones de agua no calculada (pérdidas aparentes de agua) debido a fugas en las redes urbanas de suministro de agua pueden ser factores que compliquen la situación del suministro de agua, especialmente en los países y regiones en desarrollo durante el período de transición.

Las pérdidas de agua reales y aparentes, así como el consumo no facturable aprobado (por ejemplo, suministro de red contra incendios) constituyen el agua no facturable (ANF) en el sistema de agua (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 2011).

##### **Impacto de la pérdida de agua potable**

El Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (2011) menciona que en la operación de los sistemas hídricos, la pérdida de agua es un claro obstáculo para el desarrollo sostenible, como se muestra en la siguiente lista de impactos potenciales.

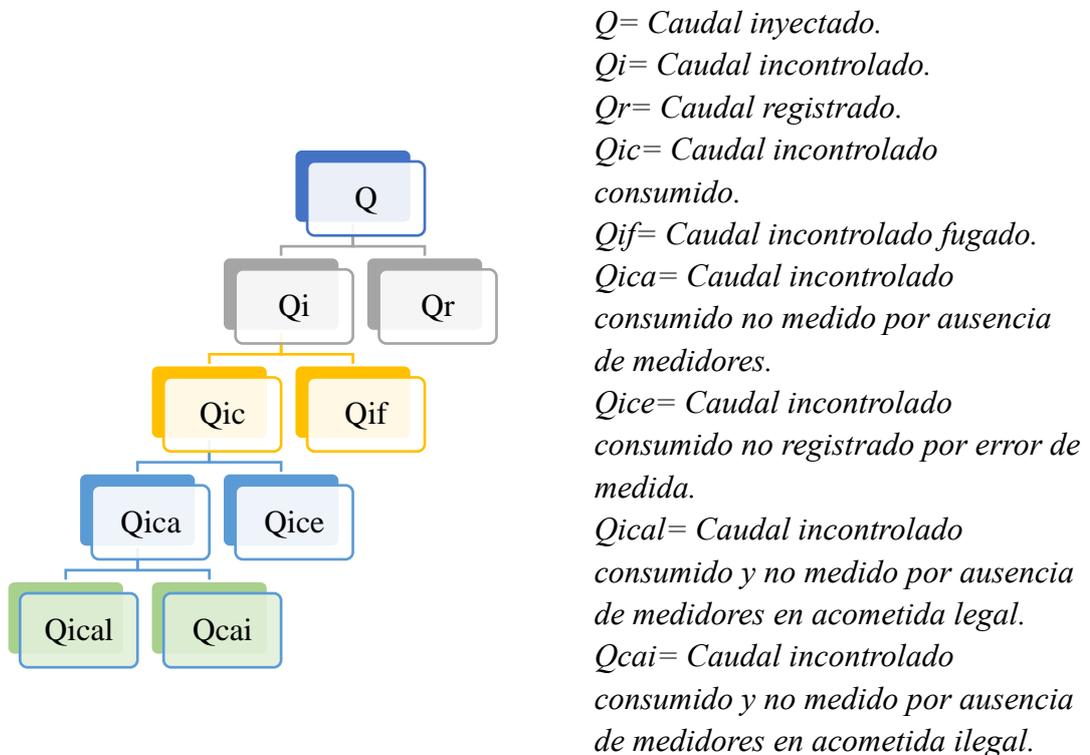
- **Impactos económicos:** las roturas y fugas de tuberías requieren reparaciones costosas y pueden causar daños importantes a la infraestructura adyacente.
- **Impactos técnicos:** las fugas provocan una reducción de la demanda de agua disponible, hasta tal punto que el sistema ya no puede funcionar de forma continua.
- **Impactos sociales:** para los consumidores existen consecuencias adversas debido a fallas en el suministro, interrupciones del servicio y suministro desigual, así como riesgos para la salud que pueden resultar de la entrada de aguas residuales.
- **Impactos ecológicos:** compensar las pérdidas aumentando cada vez más las extracciones de agua impone una presión adicional sobre los recursos

hídricos y requiere energía adicional, lo que provoca emisiones evitables de dióxido de carbono.

### 2.1.5. Balance Hídrico

Establecer un equilibrio hídrico regular es la base para prevenir pérdidas de agua. Anteriormente, estos cálculos utilizaban diferentes formatos y definiciones. La Asociación Internacional del Agua (IWA) ha establecido un grupo de trabajo sobre indicadores de desempeño y pérdidas de agua para producir datos comparables a nivel internacional (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 2011).

Cabrera et al. (1999) proponen una estructura de cuatro criterios definidos, en donde el nivel superior es siempre más general que el inferior, creándose así una estructura de árbol como se muestra en la Figura 3 por lo tanto, cada volumen de nivel inferior se incluye en uno de los dos volúmenes de nivel superior.



**Figura 3.** Balance hídrico completo de un sistema de distribución

**Fuente:** (Cabrera et al., 1999)

### 2.2. Estado del Arte

En los países que tienen economías que se encuentran en desarrollo y crecimiento, entre el 40 % y el 80 % del agua de las redes de suministro se pierden por fugas. Esta pérdida tiene importantes consecuencias económicas. Los fondos son utilizados para aumentar la producción de agua que se está perdiendo y más no para ampliar y mejorar la infraestructura existente (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 2011).

Según el ARCA (2021) al haber procesado la información brindada por 221 Gobiernos Municipales, se obtuvieron los siguientes resultados: 19 prestadores públicos de servicio de agua potable se ubican en la categoría A con un nivel “Eficiente”, para la categoría B con un nivel “Bueno” se encuentran 50 prestadores, 110 prestadores se encuentran en la categoría C con un nivel “Aceptable” y para la categoría D y E se encuentran 36 y 6 prestadores respectivamente con un nivel “Regular” y “Deficiente”.

ARCA (2021) menciona que la cobertura porcentual de los servicios de agua potable en el 2021, el promedio nacional de este indicador es del 78.8 %, para la ciudad de Guaranda que se encuentra en la categoría C nivel “Medio” de desempeño, alcanza el 79.5 % dato superior en 0.7 puntos con respecto al promedio nacional. Por otro lado, la tasa de continuidad del servicio (CS) de agua potable como promedio nacional alcanza el 91.03 %, es decir el tiempo promedio de servicio es de 22 horas. Para la ciudad en estudio que pertenece a la categoría C, el promedio de continuidad de agua potable es del 89.7 %, 1.3 puntos por debajo del promedio nacional que es del 91.0 %, en cuanto a los niveles de desempeño se encuentra en el nivel “Alto” ya que los valores están dentro del rango  $88 < CS \leq 100$  de continuidad de servicio.

Según el ARCA (2021) Guaranda pertenece a la categoría C de eficiencia del servicio, en donde a nivel municipal los GADM son los encargados de reportar la información de cada uno de los indicadores de cobertura del servicio de agua potable. Para la ciudad analizada en el año 2021 no existió información del Índice de Agua no Contabilizada (IANC) por parte de las entidades encargadas, pero en base al balance hídrico general se pudo obtener un 43.26 % de IANC, por otro lado Jaramillo & Oleas (2022) presentan un porcentaje del 50.79 % para el cantón Guano y a su vez con un 75.75 % para el cantón Chambo pertenecientes a la provincia de Chimborazo. En la investigación realizada por Achache & Gómez (2022) en el cantón de Riobamba muestran un 39 % de agua no contabilizada siendo el 8 % por pérdidas aparentes y el 31 % por pérdidas reales.

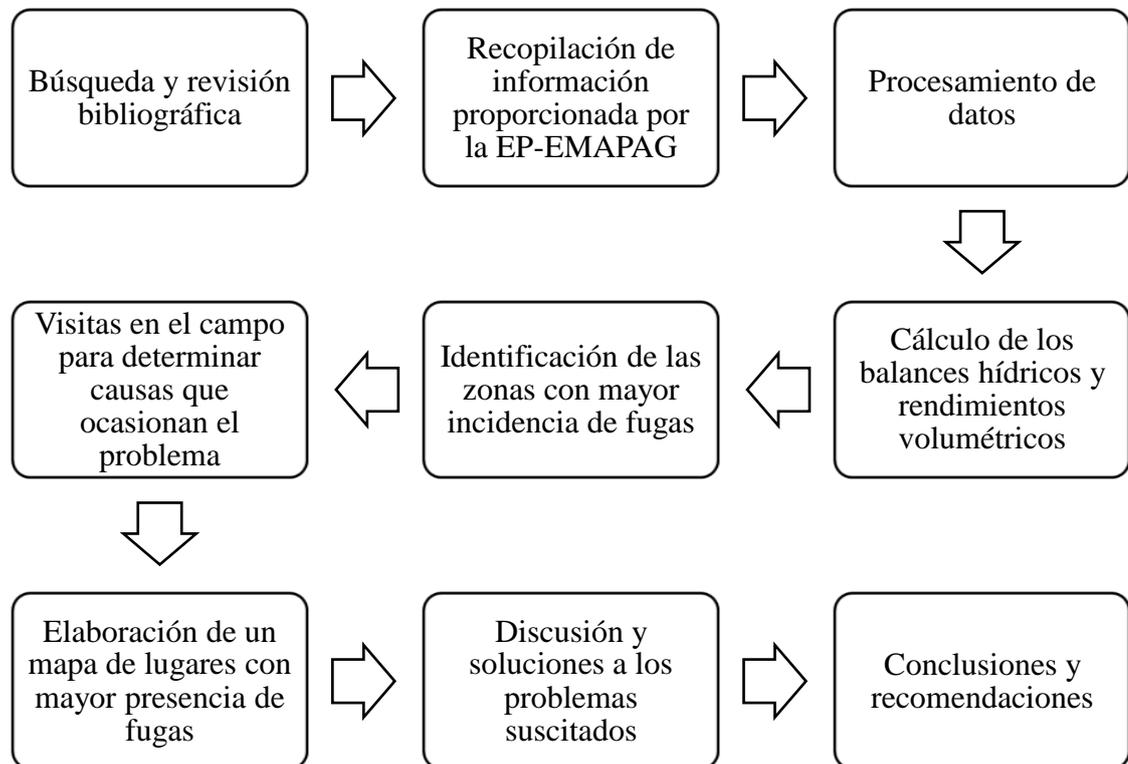
Saigua & Vimos (2023) mencionan que en los cantones de Alausí y Colta se presentan porcentajes de agua no contabilizada equivalentes al 37.77 % y 65.08 % respectivamente, siendo el primer valor menor al promedio nacional y el segundo superando al mismo, recalcan que el análisis está enfocado en las cabeceras cantonales. En la publicación realizada por Carvajal & Vargas (2023) presentan un resultado del 59 % para el cantón Chimbo que coincide con el valor propuesto por el ARCA (2021), por el contrario para el cantón San Miguel un valor del 45 % en la investigación y como resultado del ARCA (2021) un 46.77 %.

## CAPITULO III. METODOLOGIA

### 3.1. Descripción de la metodología

El presente proyecto de investigación se basa en un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo. Enfoque cuantitativo dado que en este proyecto se hará uso de proyecciones fundamentadas en métodos matemáticos y se realizará simulaciones manipulando variables como caudales y volúmenes, para calcular balances hídricos y rendimientos volumétricos que determinarán la cantidad de agua fugada e incontrolada. Enfoque cualitativo se basó en la recopilación de documentos proporcionados por el ente encargado de distribución de agua potable en la ciudad de Guaranda EP-EMAPAG y a su vez el análisis de documentos científicos investigados en cada una de las bibliotecas virtuales disponibles.

En la Figura 4 se puede observar un mapa con cada uno de los pasos para el procedimiento metodológico.



**Figura 4.** Esquema del procedimiento metodológico

### 3.2. Recopilación de la información

Desde el punto de vista del desarrollo de esta investigación, es muy importante el apoyo de la institución encargada del control del agua potable en la ciudad de Guaranda, que en este caso es la EP-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda.

Para el efecto, se solicitó a la entidad encargada mediante oficio la siguiente información:

- Planos de la red de sistema de agua potable.
- Modelo matemático de la red.
- Volumen de agua total inyectada al sistema.
- Volúmenes de consumo mensuales medidos y facturados históricos generales y por redes de distribución.
- Catastro de usuarios actualizados.
- Valores correspondientes a recaudación consumo de agua históricos.
- Expedientes técnicos de operación y mantenimiento de las redes de distribución.
- Estadística de agua no facturada (lista de instituciones que consumen agua, pero no pagan).

La información fue entregada parcialmente por la empresa EP-EMAPAG en físico por cada una de las personas encargadas a los diferentes departamentos.

### 3.3. Población de estudio

La población de estudio corresponde a todos los usuarios registrados en la entidad encargada de suministrar el servicio de agua potable EP-EMAPAG de la ciudad de Guaranda. Para ello se tomó la información brindada por parte del departamento de recaudación de la empresa, en donde la misma está comprendida desde el año 2019 hasta mayo del año 2023, con un total de 8 025 usuarios registradas en el año 2022 en cada una de las diferentes categorías y subcategorías como se puede observar en la Tabla 4.

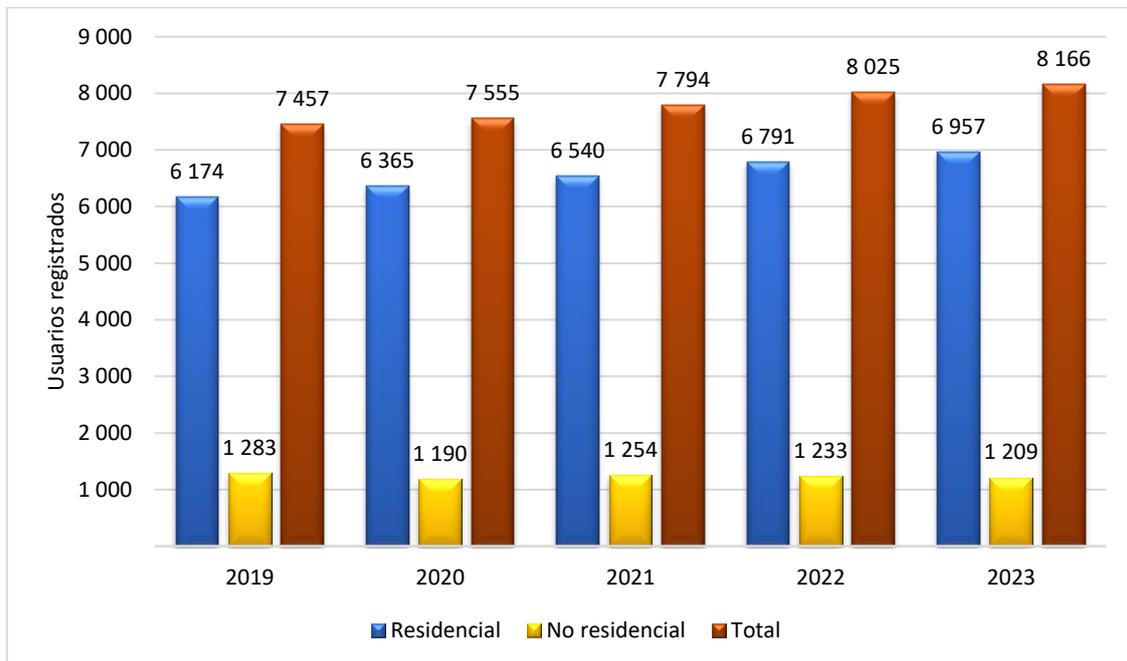
**Tabla 4.** *Usuarios registrados por categorías y subcategorías de la ciudad Guaranda año 2022*

Categoría	Subcategoría	N de Usuarios por Subcategoría	N Total de Usuarios	% que representa
<b>Residencial</b>	Doméstica	5 960	6 791	84.63%
	3era Edad	669		
	Especial Descuento	162		
<b>No residencial</b>	Productiva	1 069	1 233	15.37%
	Oficial	108		
	Oficial Descuento	5		
	Gad Guaranda	52		
<b>Total</b>			8 025	100%

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2023b)

En la Figura 5 se puede observar los usuarios registrados por parte de la entidad encargada EP-EMAPAG en cada uno de los años en estudio, comprendidos entre el

2019 hasta mayo del 2023, pertenecientes a cada categoría Residencial y No Residencial, obteniéndose un total que proviene de la sumatoria de ambas categorías.



**Figura 5.** Usuarios registrados en el periodo de análisis 2019-2023

### 3.4. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.4.1. Balance hídrico técnico

Cabrera et al., (1999) mencionan que para conocer el destino preciso de cada gota de agua que se introduce en el sistema, es necesario de una serie de procedimientos para calcular con precisión el balance hídrico, en donde se obtiene una correcta gestión técnica de las redes de abastecimiento de agua potable. Para todo esto definimos cada uno de los términos necesarios a utilizar:

“**Q**”: caudal inyectado en las redes de distribución, puede ser medido por macro medidores en cada una de las entradas al sistema.

“**Q<sub>r</sub>**”: caudal consumido por parte de cada uno de los usuarios y a su vez registrado por medio de medidores colocados en los hogares.

“**Q<sub>i</sub>**”: caudal no medido es decir incontrolado, no se conoce su finalidad o destino.

$$Q_i = Q - Q_r \quad (1)$$

**Donde:**

$Q_i$  = caudal incontrolado [m<sup>3</sup>/mes]

$Q$  = caudal inyectado [m<sup>3</sup>/mes]

$Q_r$  = caudal registrado [m<sup>3</sup>/mes]

“**Qic**”: caudal incontrolado consumido por cada uno de los usuarios, pero no es registrado por el ente regulador.

Cabrera et al. (1999) admiten un subcontaje del 4 % y otros gestores un 5 % del volumen inyectado, en este caso se utiliza el subcontaje del 5 %, debido a las fugas presentes en las instalaciones de los usuarios como también los errores de medida en los medidores.

$$Q_{ic} = 5\% * Q \quad (2)$$

“**Qif**”: caudal incontrolado perdido en cada una de las fugas producidas en las redes de abastecimiento.

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

**Donde:**

$Q_{if}$  = caudal incontrolado fugado [ $m^3/mes$ ]

$Q_{ic}$  = caudal incontrolado consumido [ $m^3/mes$ ]

“**Qs**”: caudal suministrado es el resultado de la sumatoria del caudal registrado e incontrolado consumido.

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

**Donde:**

$Q_s$  = caudal suministrado [ $m^3/mes$ ]

Gracias a la empresa EP-EMAPAG se brindaron los datos necesarios, en donde se pudo realizar el cálculo del balance hídrico técnico para la ciudad de Guaranda correspondiente al periodo 2019-2023.

#### **3.4.1.1. Caudal inyectado “Q”**

En la Tabla 5 se detalla el caudal inyectado de forma general en toda la red de distribución que abastece a toda la ciudad, brindado por parte de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP-EMAPAG) en el periodo de análisis comprendido entre 2019-2023, esto en base a la lectura de macro medidores.

Hay que tomar en cuenta que en el año 2023 solo se está analizando hasta el mes de mayo, en donde se va a obtener resultados menores tanto para el Caudal inyectado [Q], Caudal registrado [Qr], Caudal incontrolado [Qi], Caudal incontrolado consumido [Qic], Caudal incontrolado fugado [Qif], Pérdidas económicas anuales y Proyección de habitantes en base al volumen incontrolado, en comparación con los otros años de estudio.

**Tabla 5.** Caudal inyectado a todo el sistema de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023

Meses	Caudal Inyectado [Q]									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	[l/s]	[m <sup>3</sup> /mes]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /mes]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /mes]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /mes]	[l/s]	[m <sup>3</sup> /mes]
<b>Enero</b>	105	281 232	105	281 232	110	294 624	105	281 232	110	294 624
<b>Febrero</b>	110	266 112	115	288 144	120	290 304	115	278 208	120	290 304
<b>Marzo</b>	115	308 016	115	308 016	120	321 408	115	308 016	120	321 408
<b>Abril</b>	105	272 160	115	298 080	120	311 040	120	311 040	120	311 040
<b>Mayo</b>	106	283 910	110	294 624	115	308 016	120	321 408	120	321 408
<b>Junio</b>	95	246 240	108	279 936	110	285 120	117	303 264		
<b>Julio</b>	98	262 483	105	281 232	110	294 624	105	281 232		
<b>Agosto</b>	96	257 126	103	275 875	105	281 232	100	267 840		
<b>Septiembre</b>	100	259 200	110	285 120	115	298 080	98	254 016		
<b>Octubre</b>	105	281 232	111	297 302	110	294 624	95	254 448		
<b>Noviembre</b>	105	272 160	107	277 344	110	285 120	95	246 240		
<b>Diciembre</b>	102	273 197	115	308 016	110	294 624	115	308 016		
<b>Total</b>	1 242	3 263 069	1 319	3 474 922	1 355	3 558 816	1 300	3 414 960	590	1 538 784

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2023b)

### 3.4.1.2. Caudal registrado “Qr”

En la Tabla 6 y Tabla 7 se detalla el caudal registrado por la empresa EP-EMAPAG en el periodo 2019-2023 por cada uno de los usuarios de toda la ciudad de Guaranda, cabe recalcar que existen 2 categorías que son: Residencial y No Residencial, obteniéndose el total de usuarios como también el total del volumen facturado.

**Tabla 6.** Caudal registrado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023 categoría Residencial.

Caudal Registrado [Qr]												
Categoría	Residencial											
Meses	2019		2020		2021		2022		2023		Total Usuarios	Total Vol. Facturado [m³/mes]
	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]		
<b>Enero</b>	6 035	108 921	6 289	109 780	6 474	103 222	6 685	107 067	6 927	106 266	25 483	535 256
<b>Febrero</b>	6 087	108 051	6 298	118 087	6 475	110 439	6 701	100 420	6 941	107 739	25 561	544 736
<b>Marzo</b>	6 111	100 616	6 345	112 734	6 509	102 852	6 720	97 625	6 967	110 712	25 685	524 539
<b>Abril</b>	6 140	96 695	6 345	148 069	6 510	106 930	6 742	103 985	6 969	112 029	25 737	567 708
<b>Mayo</b>	6 154	99 765	6 346	93 471	6 510	110 566	6 763	101 933	6 982	100 721	25 773	506 456
<b>Junio</b>	6 160	105 834	6 352	86 734	6 526	102 566	6 776	101 392			25 814	396 526
<b>Julio</b>	6 191	107 037	6 353	93 772	6 526	102 566	6 785	97 503			25 855	400 878
<b>Agosto</b>	6 214	105 316	6 354	127 609	6 534	111 830	6 815	103 776			25 917	448 531
<b>Septiembre</b>	6 230	107 826	6 389	100 786	6 560	107 771	6 861	106 476			26 040	422 859
<b>Octubre</b>	6 252	111 663	6 404	108 495	6 596	102 471	6 882	104 775			26 134	427 404
<b>Noviembre</b>	6 258	102 063	6 440	109 216	6 608	112 146	6 882	108 998			26 188	432 423
<b>Diciembre</b>	6 261	102 487	6 468	99 702	6 648	98 623	6 885	106 853			26 262	407 665
<b>Total</b>	74 093	1 256 274	76 383	1 308 455	78 476	1 271 982	81 497	1 240 803	34 786	537 467	310 449	5 614 981

Fuente: (EP-EMAPAG, 2023b)

**Tabla 7.** Caudal registrado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda periodo 2019-2023 categoría No Residencial.

Caudal Registrado [Qr]												
Categoría	No Residencial											
Meses	2019		2020		2021		2022		2023		Total Usuarios	Total Vol. Facturado [m³/mes]
	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]	Usuarios	[m³/mes]		
<b>Enero</b>	1 292	78 033	1 279	68 786	1 262	59 300	1 246	64 582	1 218	68 244	5 079	338 945
<b>Febrero</b>	1 289	77 834	1 282	81 851	1 261	67 258	1 250	61 442	1 218	71 538	5 082	359 923
<b>Marzo</b>	1 286	64 898	1 277	75 158	1 260	60 171	1 246	63 220	1 209	64 778	5 069	328 225
<b>Abril</b>	1 283	68 429	1 277	84 547	1 259	66 990	1 233	69 805	1 208	74 871	5 052	364 642
<b>Mayo</b>	1 283	69 308	1 276	52 867	1 258	60 676	1 233	67 357	1 193	65 890	5 050	316 098
<b>Junio</b>	1 284	82 110	1 271	50 088	1 253	59 959	1 232	69 624			5 040	261 781
<b>Julio</b>	1 284	80 942	1 272	51 590	1 253	59 959	1 230	60 646			5 039	253 137
<b>Agosto</b>	1 284	67 819	271	75 179	1 250	64 716	1 231	65 708			4 036	273 422
<b>Septiembre</b>	1 280	73 851	1 271	54 755	1 250	63 140	1 228	68 941			5 029	260 687
<b>Octubre</b>	1 278	76 726	1 269	63 698	1 248	61 307	1 225	68 244			5 020	269 975
<b>Noviembre</b>	1 277	62 103	1 268	60 876	1 247	61 155	1 223	72 222			5 015	256 356
<b>Diciembre</b>	1 275	71 988	1 262	62 585	1 248	62 693	1 220	65 865			5 005	263 131
<b>Total</b>	15 395	874 041	14 275	781 980	15 049	747 324	14 797	797 656	6 046	345 321	59 516	3 546 322

Fuente: (EP-EMAPAG, 2023b)

### 3.4.2. Rendimientos hídricos porcentuales

Cabrera et al. (1999) mencionan que los rendimientos volumétricos expresados en porcentaje caracterizan la eficiencia hídrica de un sistema de agua potable. Empleando las ecuaciones, 5, 6 y 7 se pueden determinar los rendimientos que son:

**Rendimiento global del sistema  $\eta_s$ :** es la relación entre el caudal o volumen registrado y el caudal o volumen total inyectado.

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

**Donde:**

$\eta_s$  = rendimiento global del sistema

**Rendimiento de la red  $\eta_r$ :** representa la relación entre el caudal suministrado y el caudal inyectado.

$$\eta_r = \frac{Q_s}{Q} = \frac{Q_r + Q_{ic}}{Q} \quad (6)$$

**Donde:**

$\eta_r$  = rendimiento de la red

$Q_s$  = caudal suministrado ( $Q_r + Q_{ic}$ )

**Rendimiento de la gestión técnico - administrativa  $\eta_g$ :** es la relación entre el caudal registrado y el caudal suministrado.

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

**Donde:**

$\eta_g$  = rendimiento de la gestión técnico-administrativa

En función del valor porcentual  $\eta_s$  del rendimiento total del suministro, su control se puede dividir en las siguientes categorías como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Calificación de la gestión de abastecimiento en función del rendimiento global del sistema  $\eta_s$ .

Rango	Calificación
$\eta_s > 0.9$	Excelente
$0.8 < \eta_s < 0.9$	Muy buen
$0.7 < \eta_s < 0.8$	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)

### 3.4.3. Índice de agua no contabilizada

El índice de agua no contabilizada se calcula en base a la relación entre los parámetros de volumen de agua inyectado a la red y el volumen total de agua facturada.

$$IANC (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} * 100 \quad (8)$$

**Donde:**

$V_s$  = volumen inyectado

$V_r$  = volumen registrado

En la Tabla 9 se observan los rangos de desempeño y se analizan que mientras menor sea el valor del indicador mejor será su trabajo.

**Tabla 9.** Rango de desempeño - Indicador de agua no contabilizada

Categoría	Rango
Rango I - Alto	$4.8 \leq IANC \leq 30$
Rango II - Medio	$30 < IANC \leq 45$
Rango III - Bajo	$IANC > 45$

**Fuente:** (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2021)

### 3.5. Proceso de identificación de sectores críticos debido a fugas en la red de distribución

La EP-EMAPAG lleva un registro de solicitudes por parte de los usuarios sobre las fugas que existen como se puede observar en la Figura 6 en la cual se registra: nombre de usuario, teléfono, dirección, predio, fecha de solicitud y hora, número de cuenta de medidor y descripción del daño o trabajo a realizarse.

**E-P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda**

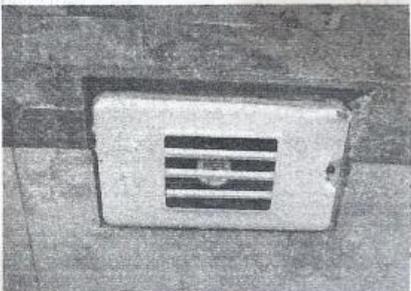
**ep-emapa**      Orden: 14319      Fecha Registro Orden: 02/05/2023 16:45:00 - PATINR

**Nombre:** JUAN BALLESTERESO      **Fecha Sol:** 02/05/2023 15:10

**Teléfono:** 0996287129      **Num\_Cta:** 6158

**Dirección:** BARRIO LA PLAYA - CALLE ESTATIRAS UQUILLAS / RIVERAS DE RIO GUARANDA

**Predio:**      **Medidor**

**Descripción del Daño o Trabajo a Realizarse**

FUGA DE AGUA POR ROTURA DE MANGUERA

**Observación del Reporte Registrado**

**Figura 6.** Registro de las fugas por parte de los usuarios

La Figura 7 muestra un listado de reporte de daños realizados en el mes, en donde se presenta el número de orden, fecha de respuesta, cuenta, nombre, dirección, descripción del daño, arreglo, listado de trabajo, entregas, estado, tipo y reporte con el fin de hacer un conteo en general de cuantas fugas se han atendido mensualmente.

LISTADO DE REPORTES DE DAÑOS REALIZADOS EN EL MES DE MAYO DE 2023												
Nº	Orden	Fecha Rep	Cuenta	Nombre	Dirección	Descripción del Daño	Arreglo	Estado Trabajo	Entregas	Estado	Tipo	Reporte Cerrado?
1	14319	2/5/2023	6158	JUAN BALLESTERESO	BARRIO LA PLAYA - CALLE ESTATIRAS UQUILLAS / RIVERAS DE RIO GUARANDA	FUGA DE AGUA POR ROTURA DE MANGUERA	SE REALIZO CAMBIO DE TRAMO DE MANGUERA EN MAL ESTADO	753	2	REALIZADO	ACOMETIDA	1
2	14320	3/5/2023	4198	RODRIGUEZ ROCIO DE LAS MERCEDES	ROCAFUERTE Y PICHINCHA	FUGA DE AGUA EN LA ACERA	NO SE UBICA LA FUGA	753	1	REALIZADO	RED	1
3	14322	4/5/2023	4570	REGULO LLANOS	CACIQUE GUARANGA- PASAJE H 7.3 A LADO DE ABG. MICHELL IDALGO	FUGA DE AGUA ANTES DEL MEDIDOR	QUEDA REPARADO EL DAÑO DE LA TUBERIA 63MM	755	2	REALIZADO	RED	1
4	14323	4/5/2023	0	CALLE	CALLE PICHINCHA Y SOLANDA / EN LA CASA DE LOS SEÑORES LLANOS..	FUGA DE AGUA EN LA CALLE	EL DAÑO QUEDA REPARADO	755	2	REALIZADO	ACOMETIDA	1
5	14324	4/5/2023	6053	GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTON GUARANDA	CALLE POVEDA Y AV. GUAYAQUIL / PARQUE EVERGEN	NO TIENE AGUA - NECESITA PARA LABORAR	EL DAÑO FUE SOLUCIONADO Y QUEDA CON AGUA	755	2	REALIZADO	ACOMETIDA	1
6	14325	4/5/2023	7352	KLEVER PATIN	URB. BALCONES DEL CHIMBORAZO / DETRAS DE LA PLAZA DE ANIMALES - EN LA CUESTA	NO TIENE AGUA DES EL DIA LUNES 01 DE MAYO	TAPONAMIENTO EN EL MEDIDOR	755	2	REALIZADO	MEDIDOR	1
7	14326	9/5/2023	7614	TENELEMA CHELA JAKSON STALYN	ALPACHACA CALLE PUBLICA-CARLOS BASANTES / A LADO DE LA DISCOTECA A 2 CUADRAS DE LA CANCHA DE UEB DE ABAJO	FUGA DE AGUA ANTES DEL MEDIDOR	EL DAÑO QUEDA REPARADO	756	1	REALIZADO	ACOMETIDA	1
8	14328	9/5/2023	1714	AUCATOMA BONILLA LUIS OLMEDO	VIA A PIRCAPAMBA / ANTES DEL CLUB DE LEON	FUGA DE AGUA EN LA VIA	EL DAÑO QUEDA REPARADO	756	1	REALIZADO	ACOMETIDA	1
9	14330	9/5/2023	4582	QUINABANDA CALUÑA SEGUNDO ANGEL	GENERAL ENRIQUEZ Y ROCAFUERTE	FUGA DE AGUA EN LA VEREDA - CAMBIO DE MANGUERA ESTA MUY DETERIORADA POR EXPLOSIÓN POR PRESIÓN DE AGUA	SE REPITE EL REPORTE	756	1	REALIZADO	RED	1
10	14331	9/5/2023	6453	ESCOBAR CORRO MARIA ELENA	BARRIO ALPACHACA - CALLE 98 / GABRIEL SECARIA	MUCHA PRESIÓN DE AGUA	QUEDA 75 DE PRESIÓN	756	1	REALIZADO	RED	1
11	14332	10/5/2023	0	RUTA 4	VIA A CHIMBO A LADO DE MOTEL VENUS FAMILIA GARCIA LADRILLERA	FUGA DE AGUA POR ROTURA DE TUBERIA PVC - A LADO DE UN TANQUE QUE REPARTE EL AGUA A MOTEL VENU Y A LA CASA DE LA FAMILIA GARCIA	EL DAÑO DE UNA TUBERIA DE 50MM QUEDA REPARADO Y CON SERVICIO	757	1	REALIZADO	RED	1

Figura 7. Listado de reportes de daños realizados en el mes

### 3.6. Trabajos in situ para la reparación de fugas

Los trabajos realizados in situ por parte de los encargados viene dado por un responsable, integrantes de la cuadrilla en donde se hace un barrido identificando que tipo de fuga existe. Con el fin de determinar los materiales y cuantos operadores se van a necesitar para reparar la misma, la ficha de la Figura 8 registra si existe una suspensión de servicio, sector, tiempo de suspensión y la descripción del trabajo realizado.

**Trabajos Realizados**

Responsable: J. RAMÍREZ Integrantes: MIGUEL KOPAZIWA - OSCOR PACHOZA  
 Fecha Reparación: 02/03/23 Hora Ini: 07:10 Fin: 09:00 Nro. Listado y Veces Entrega de Orden: 753 - 2

Materiales	Unidad	Cantidad	Orden Requer. Bodega / Compra
UNION FLEX RC 1/2	U	2	17612
DRAPA DE ROS DE 1"	U	4	17427
MANGUERA DE 1/2	MTS	2	17612

**TIPO DE FUGA**

Red:  Llave acera:  Medidor:  Hidrosuccionador:   
 Acometida:  Collarín:  Cambio definitivo:  Otros:   
 Pavimentado:  Rendoquinado:  Reempedrado:

**Suspensión del Servicio**

EL TRABAJO REQUIRIÓ LA SUSPENSIÓN DEL SERVICIO? SI ( ) NO ( ), SECTOR \_\_\_\_\_, LA RED \_\_\_\_\_  
 TIEMPO DE SUSPENSIÓN Horas: DESDE: \_\_\_\_\_ HASTA: \_\_\_\_\_

**Descripción del trabajo realizado y Estado del Servicio**

SE REALIZO CAMBIO DE TIPO DE MANGUERA EN HOA ESTADO

**Figura 8.** Ficha de reporte de trabajos realizados

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Caudal incontrolado “Qi”

En la tabla 10 se muestra el volumen no medido es decir incontrolado no facturado, en donde no se conoce su destino.

**Tabla 10.** Caudal incontrolado del sistema de abastecimiento de la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.

Meses	Caudal Incontrolado [Qi]									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]
<b>Enero</b>	35.20	94 278.00	38.33	102 666.00	49.32	132 102.00	40.91	109 583.00	44.85	120 114.00
<b>Febrero</b>	33.16	80 227.00	35.20	88 206.00	46.55	112 607.00	48.09	116 346.00	45.89	111 027.00
<b>Marzo</b>	53.20	142 502.00	44.85	120 124.00	59.13	158 385.00	54.95	147 171.00	54.48	145 918.00
<b>Abril</b>	41.29	107 036.00	25.26	65 464.00	52.90	137 120.00	52.95	137 250.00	47.89	124 140.00
<b>Mayo</b>	42.88	114 837.40	55.36	148 286.00	51.07	136 774.00	56.79	152 118.00	57.79	154 797.00
<b>Junio</b>	22.49	58 296.00	55.21	143 114.00	47.30	122 595.00	51.02	132 248.00		
<b>Julio</b>	27.82	74 504.20	50.73	135 870.00	49.32	132 099.00	45.95	123 083.00		
<b>Agosto</b>	31.36	83 991.40	27.29	73 087.20	39.09	104 686.00	36.72	98 356.00		
<b>Septiembre</b>	29.91	77 523.00	49.99	129 579.00	49.06	127 169.00	30.32	78 599.00		
<b>Octubre</b>	34.66	92 843.00	46.71	125 109.40	48.85	130 846.00	30.40	81 429.00		
<b>Noviembre</b>	41.66	107 994.00	41.38	107 252.00	43.14	111 819.00	25.08	65 020.00		
<b>Diciembre</b>	36.86	98 721.80	54.41	145 729.00	49.77	133 308.00	50.51	135 298.00		
<b>Total</b>	430.50	1 132 753.80	524.72	1 384 486.60	585.50	1 539 510.00	523.72	1 376 501.00	250.91	655 996.00

#### 4.1.2. Caudal incontrolado consumido “Qic”

En la tabla 11 se muestra el volumen incontrolado consumido que no es registrado por el ente regulador. El “Qic” se obtiene con la ecuación 2 en donde el Caudal inyectado [Q], fue entregado por parte de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP-EMAPAG).

**Tabla 11.** Caudal incontrolado consumido que no es registrado por la EP-EMAPAG de la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.

Meses	Caudal Incontrolado Consumido [Qic]									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]
<b>Enero</b>	5.25	14 061.60	5.25	14 061.60	5.50	14 731.20	5.25	14 061.60	5.50	14 731.20
<b>Febrero</b>	5.50	13 305.60	5.75	14 407.20	6.00	14 515.20	5.75	13 910.40	6.00	14 515.20
<b>Marzo</b>	5.75	15 400.80	5.75	15 400.80	6.00	16 070.40	5.75	15 400.80	6.00	16 070.40
<b>Abril</b>	5.25	13 608.00	5.75	14 904.00	6.00	15 552.00	6.00	15 552.00	6.00	15 552.00
<b>Mayo</b>	5.30	14 195.52	5.50	14 731.20	5.75	15 400.80	6.00	16 070.40	6.00	16 070.40
<b>Junio</b>	4.75	12 312.00	5.40	13 996.80	5.50	14 256.00	5.85	15 163.20		
<b>Julio</b>	4.90	13 124.16	5.25	14 061.60	5.50	14 731.20	5.25	14 061.60		
<b>Agosto</b>	4.80	12 856.32	5.15	13 793.76	5.25	14 061.60	5.00	13 392.00		
<b>Septiembre</b>	5.00	12 960.00	5.50	14 256.00	5.75	14 904.00	4.90	12 700.80		
<b>Octubre</b>	5.25	14 061.60	5.55	14 865.12	5.50	14 731.20	4.75	12 722.40		
<b>Noviembre</b>	5.25	13 608.00	5.35	13 867.20	5.50	14 256.00	4.75	12 312.00		
<b>Diciembre</b>	5.10	13 659.84	5.75	15 400.80	5.50	14 731.20	5.75	15 400.80		
<b>Total</b>	62.10	163 153.44	65.95	173 746.08	67.75	177 940.80	65.00	170 748.00	29.50	76 939.20

#### 4.1.3. Caudal incontrolado fugado “Qif”

En la tabla 12 se muestra el volumen incontrolado fugado producido por cada una de las fugas presentes en las redes de abastecimiento.

**Tabla 12.** Caudal incontrolado fugado en la ciudad de Guaranda, periodo 2019-2023.

Meses	Caudal Incontrolado Fugado [Qif]									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]	[l/s]	[m³/mes]
<b>Enero</b>	29.95	80 216.40	33.08	88 604.40	43.82	117 370.80	35.66	95 521.40	39.35	105 382.80
<b>Febrero</b>	27.66	66 921.40	29.45	73 798.80	40.55	98 091.80	42.34	102 435.60	39.89	96 511.80
<b>Marzo</b>	47.45	127 101.20	39.10	104 723.20	53.13	142 314.60	49.20	131 770.20	48.48	129 847.60
<b>Abril</b>	36.04	93 428.00	19.51	50 560.00	46.90	121 568.00	46.95	121 698.00	41.89	108 588.00
<b>Mayo</b>	37.58	100 641.88	49.86	133 554.80	45.32	121 373.20	50.79	136 047.60	51.79	138 726.60
<b>Junio</b>	17.74	45 984.00	49.81	129 117.20	41.80	108 339.00	45.17	117 084.80		
<b>Julio</b>	22.92	61 380.04	45.48	121 808.40	43.82	117 367.80	40.70	109 021.40		
<b>Agosto</b>	26.56	71 135.08	22.14	59 293.44	33.84	90 624.40	31.72	84 964.00		
<b>Septiembre</b>	24.91	64 563.00	44.49	115 323.00	43.31	112 265.00	25.42	65 898.20		
<b>Octubre</b>	29.41	78 781.40	41.16	110 244.28	43.35	116 114.80	25.65	68 706.60		
<b>Noviembre</b>	36.41	94 386.00	36.03	93 384.80	37.64	97 563.00	20.33	52 708.00		
<b>Diciembre</b>	31.76	85 061.96	48.66	130 328.20	44.27	118 576.80	44.76	119 897.20		
<b>Total</b>	368.40	969 600.36	458.77	1 210 740.52	517.75	1 361 569.20	458.72	1 205 753.00	221.41	579 056.80

#### 4.1.4. Balance hídrico técnico general

El balance hídrico técnico de la ciudad de Guaranda se presenta a continuación en la Tabla 13 en donde se muestran los resultados mensuales y totales del caudal inyectado (Q), registrado (Qr) e incontrolado (Qi), comprendidos en el periodo de análisis 2019-2023.

**Tabla 13.** Balance hídrico técnico general - Guaranda periodo 2019 - 2023.

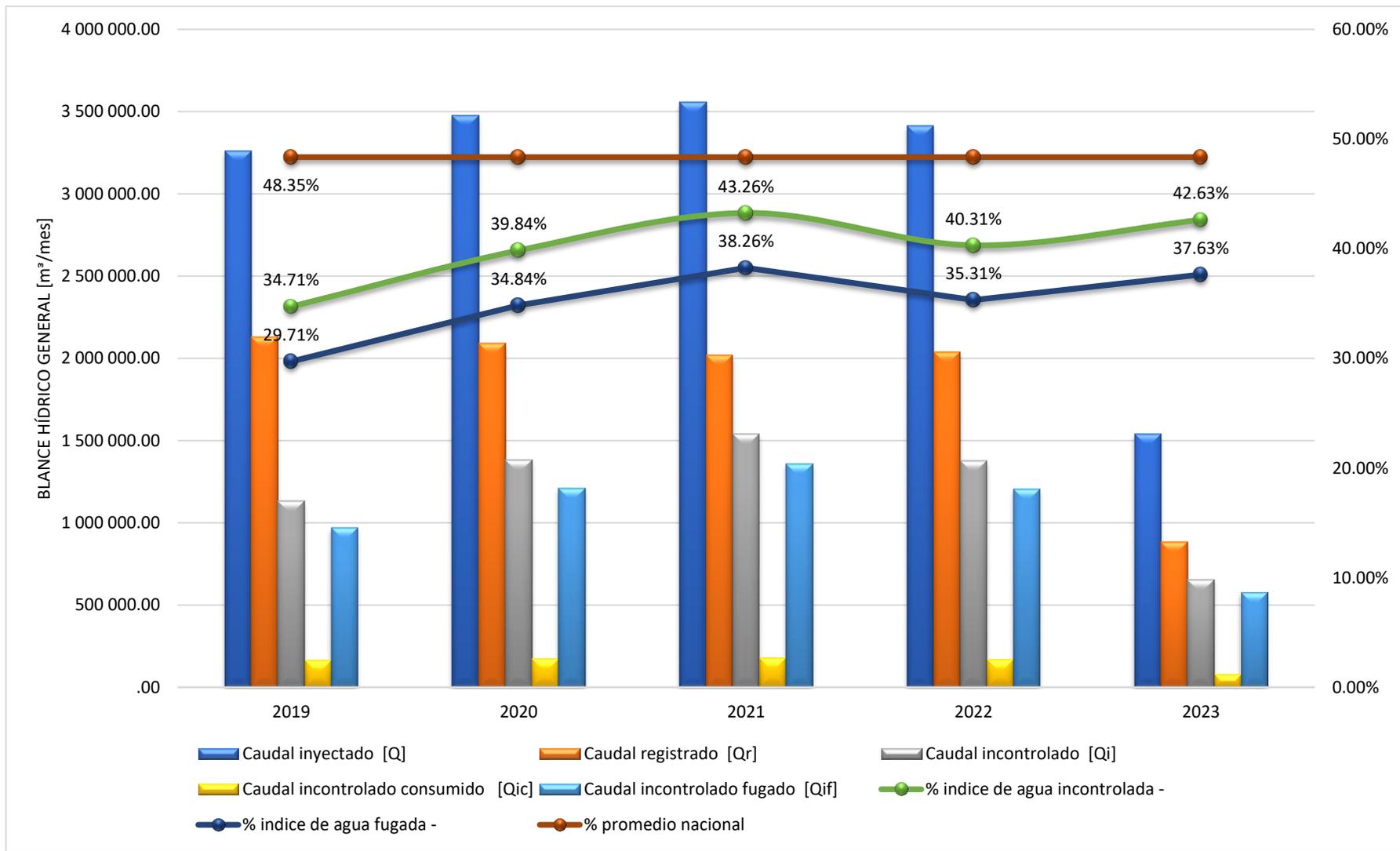
Meses	2019			2020			2021			2022			2023		
	Q	Qr	Qi	Q	Qr	Qi									
	[m³/mes]	[m³/mes]	[m³/mes]												
<b>Ene</b>	281 232	186 954	94 278	281 232	178 566	102 666	294 624	162 522	132 102	281 232	171 649	109 583	294 624	174 510	120 114
<b>Feb</b>	266 112	185 885	80 227	288 144	199 938	88 206	290 304	177 697	112 607	278 208	161 862	116 346	290 304	179 277	111 027
<b>Mar</b>	308 016	165 514	142 502	308 016	187 892	120 124	321 408	163 023	158 385	308 016	160 845	147 171	321 408	175 490	145 918
<b>Abr</b>	272 160	165 124	107 036	298 080	232 616	65 464	311 040	173 920	137 120	311 040	173 790	137 250	311 040	186 900	124 140
<b>May</b>	283 910	169 073	114 837	294 624	146 338	148 286	308 016	171 242	136 774	321 408	169 290	152 118	321 408	166 611	154 797
<b>Jun</b>	246 240	187 944	58 296	279 936	136 822	143 114	285 120	162 525	122 595	303 264	171 016	132 248			
<b>Jul</b>	262 483	187 979	74 504	281 232	145 362	135 870	294 624	162 525	132 099	281 232	158 149	123 083			
<b>Ago</b>	257 126	173 135	83 991	275 875	202 788	73 087	281 232	176 546	104 686	267 840	169 484	98 356			
<b>Sep</b>	259 200	181 677	77 523	285 120	155 541	129 579	298 080	170 911	127 169	254 016	175 417	78 599			
<b>Oct</b>	281 232	188 389	92 843	297 302	172 193	125 109	294 624	163 778	130 846	254 448	173 019	81 429			
<b>Nov</b>	272 160	164 166	107 994	277 344	170 092	107 252	285 120	173 301	111 819	246 240	181 220	65 020			
<b>Dic</b>	273 197	174 475	98 722	308 016	162 287	145 729	294 624	161 316	133 308	308 016	172 718	135 298			
<b>Total</b>	3 263 069	2 130 315	1 132 754	3 474 922	2 090 435	1 384 487	3 558 816	2 019 306	1 539 510	3 414 960	2 038 459	1 376 501	1 538 784	882 788	655 996

En la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos del balance hídrico técnico general anuales como también los % de índice de agua incontrolada y fugada.

**Tabla 14.** Balance hídrico técnico general – Guaranda periodo 2019-2023.

Descripción	Símbolo	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
		Caudal [año]					
		[m <sup>3</sup> /año]					
Caudal inyectado	[Q]	3 263 068.80	3 474 921.60	3 558 816.00	3 414 960.00	1 538 784.00	3 050 110.08
Caudal registrado	[Qr]	2 130 315.00	2 090 435.00	2 019 306.00	2 038 459.00	882 788.00	1 832 260.60
Caudal incontrolado	[Qi]	1 132 753.80	1 384 486.60	1 539 510.00	1 376 501.00	655 996.00	1 217 849.48
Caudal incontrolado consumido	[Qic]	163 153.44	173 746.08	177 940.80	170 748.00	76 939.20	152 505.50
Caudal incontrolado fugado	[Qif]	969 600.36	1 210 740.52	1 361 569.20	1 205 753.00	579 056.80	1 065 343.98
% índice de agua incontrolada	-	34.71%	39.84%	43.26%	40.31%	42.63%	40.15%
% índice de agua fugada	-	29.71%	34.84%	38.26%	35.31%	37.63%	35.15%

Se observa que existe un caudal incontrolado en el año 2021 equivalente a 1 539 510.00 [m<sup>3</sup>/año] que representa al 43.26 % de índice de agua incontrolada. Como caudal incontrolado fugado un valor de 1 361 569.20 [m<sup>3</sup>/año] con un % índice de agua fugada de 38.26 % siendo estos los valores más altos en comparación con los otros años de estudio.



**Figura 9. Balance Hídrico General**

La Figura 9 muestra el balance hídrico general anual en donde se puede observar el porcentaje índice de agua incontrolada, encontrándose en un rango “Medio” de desempeño ya que se localizan dentro de los valores comprendidos entre  $30 < IANC \leq 45$  en el periodo 2019-2023. También se observa el porcentaje índice de agua fugada en el año 2019 ubicándose en un rango “Alto” debido a que el resultado está entre  $4.8 < IAF \leq 30$ , en cambio en los años 2020 hasta 2023 se encuentran en un rango “Medio” de desempeño. Con un valor del 48.35 % como promedio nacional de agua no contabilizada propuesto por el ARCA (2021), algo muy importante es que los porcentajes índice de agua incontrolada y fugada no exceden dicho valor.

#### 4.1.5. Rendimientos hídricos porcentuales

Mediante la información brindada por la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Guaranda y también por los resultados obtenidos en base al balance hídrico técnico se obtuvieron los rendimientos volumétricos globales anuales.

**Tabla 15.** Rendimientos volumétricos anuales de toda la red de abastecimiento.

Años	Global del sistema $[\eta_s]$	De la red $[\eta_r]$	De la gestión técnico - administrativa $[\eta_g]$	Estado global del sistema
2019	65.29%	70.29%	92.89%	Regular
2020	60.16%	65.16%	92.33%	Regular
2021	56.74%	61.74%	91.90%	Malo
2022	59.69%	64.69%	92.27%	Malo
2023	57.37%	62.37%	91.98%	Malo
<b>Promedio</b>	59.85%	64.85%	92.27%	Malo

En la Tabla 15 se muestran los rendimientos volumétricos globales, de la red y de la gestión técnico-administrativa; para los años 2019 y 2020 el rendimiento global del sistema toma una calificación de “Regular” por el contrario para los años 2021, 2022 y 2023 una calificación de “Malo” con un promedio general para el periodo 2019-2023 de “Malo”.

#### 4.1.6. Pérdidas económicas anuales por fugas de agua

En las Tablas 16 y 17 la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda presenta los siguientes pliegos tarifarios para el cobro del servicio, en donde se puede observar cada uno de los grupos y categorías. Cabe recalcar que en épocas de carnaval se cobra el 10 % del valor calculado de agua potable a todos los usuarios.

**Tabla 16. Pliego tarifario aprobado 2021 Gradualidad 2 Grupo Residencial**

Grupo		Residencial			
Categoría	Doméstica	Tercera Edad	Especial Descuento		
0-10 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.38	\$ 0.38	\$ 0.38		
11 a 25 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.42	\$ 0.42	\$ 0.42		
26-40 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.48	\$ 0.48	\$ 0.48		
>40 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.55	\$ 0.55	\$ 0.55		
Otros rubros que forman el pliego					
Rubro	Doméstica	Tercera Edad	Especial Descuento	Tipo	
Carnaval	10 % del valor calculado de agua potable			Variable	
Gastos Administrativos	\$ 3.63	\$ 3.63	\$ 3.63	Fijo	
Mantenimiento	\$ 0.89	\$ 0.89	\$ 0.89	Fijo	

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2021)**Tabla 17. Pliego tarifario aprobado 2021 Gradualidad 2 Grupo No Residencial**

Grupo		No Residencial				
Categoría	Productiva	Oficial	Oficial Descuento	Gad Guaranda		
0-25 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.46	\$ 0.38	\$ 0.38	\$ 0.38	\$ 0.38	
26-50 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.50	\$ 0.48	\$ 0.48	\$ 0.48	\$ 0.48	
>50 [m <sup>3</sup> ]	\$ 0.63	\$ 0.55	\$ 0.55	\$ 0.55	\$ 0.55	
Otros rubros que forman el pliego						
Rubro	Productiva	Oficial	Oficial Descuento	Gad Guaranda	Tipo	
Carnaval	10 % del valor calculado de agua potable				Variable	
Gastos Administrativos	\$ 5.30	\$ 5.30	\$ 5.30	\$ 5.30	Fijo	
Mantenimiento	\$ 1.31	\$ 1.31	\$ 1.31	\$ 1.31	Fijo	

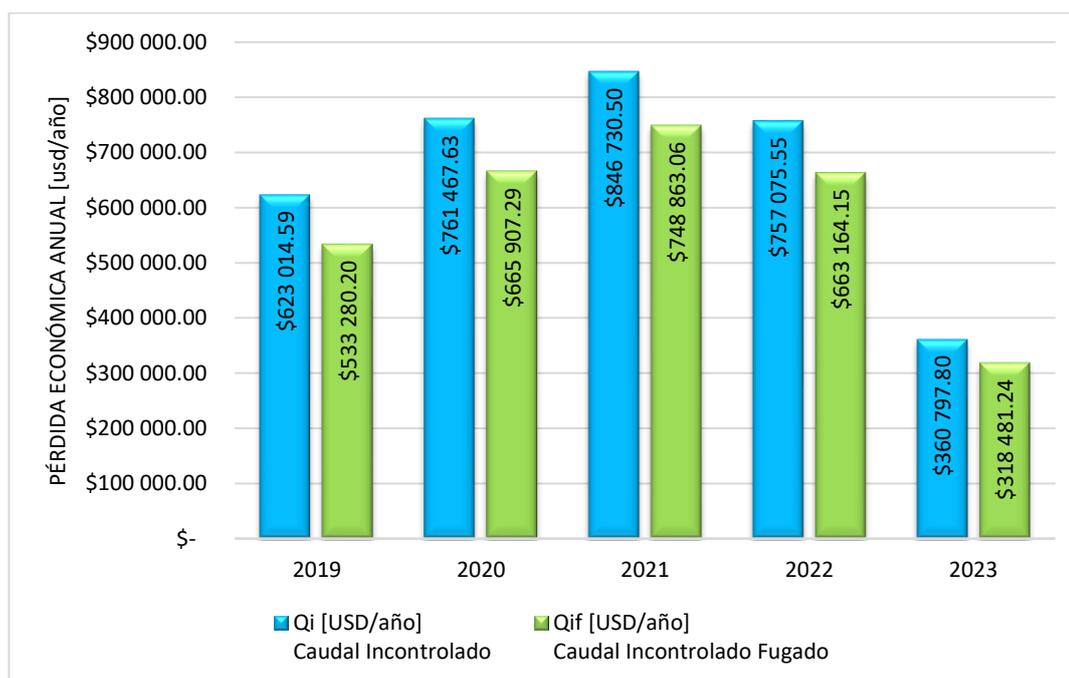
**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2021)

En la Tabla 18 se muestran los volúmenes incontrolados y fugados comprendidos en el periodo 2019-2023 para la Categoría Residencial y la No Residencial, también los costos calculados en base a las tarifas básicas por [m<sup>3</sup>].

**Tabla 18. Pérdida económica anual por agua fugada**

Años	Volumen Perdido		Tarifa	Costo Perdido	
	Qi [m³/año] Caudal Incontrolado	Qif [m³/año] Caudal Incontrolado Fugado	[m³]	Qi [USD/año] Caudal Incontrolado	Qif [USD/año] Caudal Incontrolado Fugado
2019	1 132 753.80	969 600.36		\$ 623 014.59	\$ 533 280.20
2020	1 384 486.60	1 210 740.52		\$ 761 467.63	\$ 665 907.29
2021	1 539 510.00	1 361 569.20	\$ 0.55	\$ 846 730.50	\$ 748 863.06
2022	1 376 501.00	1 205 753.00		\$ 757 075.55	\$ 663 164.15
2023	655 996.00	579 056.80		\$ 360 797.80	\$ 318 481.24
<b>Total</b>	<b>6 089 247.40</b>	<b>5 326 719.88</b>		<b>\$ 3 349 086.07</b>	<b>\$ 2 929 695.93</b>

La Figura 10 muestra la pérdida económica anual de las Categorías Residencial y No Residencial siendo el valor más alto de \$ 846 730.50 [USD/año] en el año 2021 por caudal incontrolado y por Caudal Incontrolado Fugado un costo de pérdida de \$ 748 863.06 [USD/año].



**Figura 10. Pérdida económica anual**

Es necesario predecir los usuarios y residentes que se beneficiarán de los servicios de agua potable en función de las pérdidas por fugas incontroladas. En la tabla 19 se muestra la dotación media futura [l/hab/día] que permitirá alcanzar los resultados correspondientes en función de la población de la ciudad de Guaranda.

**Tabla 19. Dotaciones recomendadas**

Población [habitantes]	Clima	dotación media futura [l/hab/día]
<b>Hasta 5000</b>	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
<b>5000 a 50000</b>	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
<b>Mas de 50000</b>	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

**Fuente:** (CPE INEN 5 Parte 9-1, 2003)

Debido al clima frío en la ciudad de Guaranda y según el INEC (2010), se cuenta con una población de 91 877 habitantes, en este caso se utiliza 200 [l/hab/día] como dotación media futura. La Tabla 20 muestra las proyecciones para el período de análisis 2019-2023.

**Tabla 20. Proyección de habitantes en base al volumen incontrolado fugado**

Años	Volumen incontrolado Fugado		Dotación [l/hab/día]	Habitantes [U]
	[m³/año]	[l/día]		
<b>2019</b>	969 600.36	2 656 439.34		13 282.20
<b>2020</b>	1 210 740.52	3 317 097.32		16 585.49
<b>2021</b>	1 361 569.20	3 730 326.58	200	18 651.63
<b>2022</b>	1 205 753.00	3 303 432.88		16 517.16
<b>2023</b>	579 056.80	1 586 456.99		7 932.28
<b>Total</b>	5 326 719.88	14 593 753.10		72 968.77

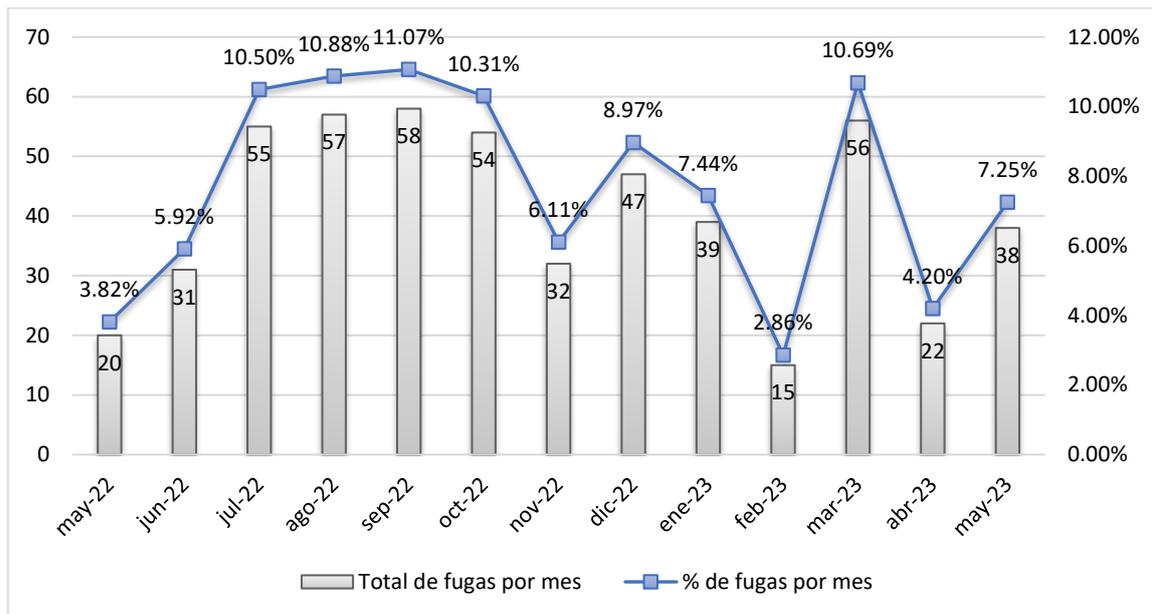
#### 4.1.7. Identificación de sitios más afectadas por presencia de fugas

##### 4.1.7.1. Resultados por tipos de fuga en un año

En la Tabla 21 se muestran los resultados del % de fugas por mes como también el % por tipo de fuga, esto en base a la información brindada por parte de la entidad encargada de suministrar agua potable en la ciudad de Guaranda EP-AMAPAG.

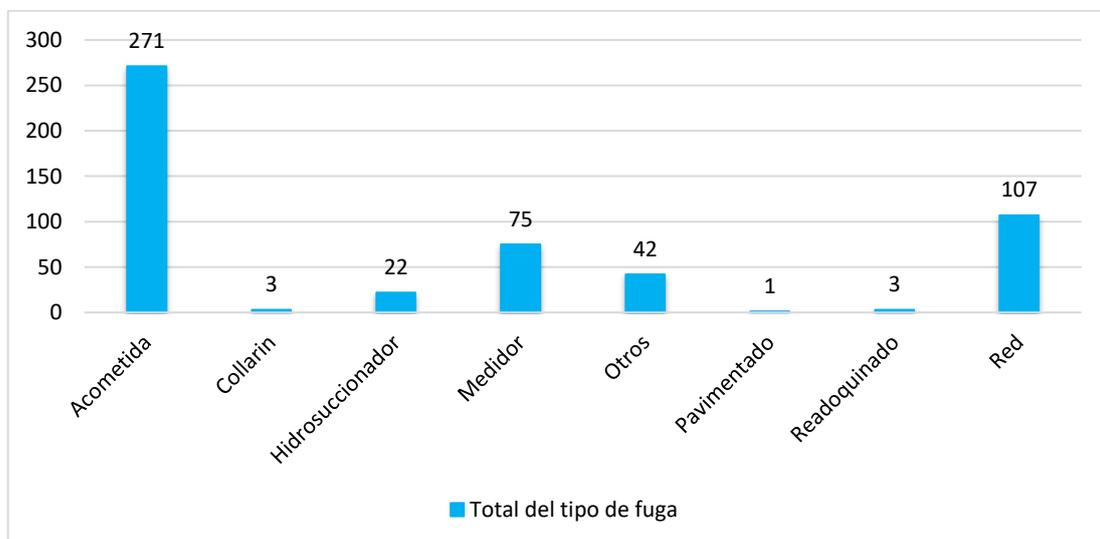
**Tabla 21.** Porcentaje por tipo de fuga y por mes

Mes	Acometida	Collarín	Hidrosuccionador	Medidor	Otros	Pavimentado	Readoquinado	Red	Total	% de fugas por mes
may-22	7	-	1	3	6	-	-	3	20	3.82%
jun-22	16	-	-	3	10	-	-	2	31	5.92%
jul-22	27	1	3	8	4	-	-	12	55	10.50%
ago-22	29	-	1	13	6	-	-	8	57	10.88%
sep-22	37	-	2	7	1	-	-	11	58	11.07%
oct-22	27	1	3	12	3	-	-	8	54	10.31%
nov-22	18	-	-	3	-	-	1	10	32	6.11%
dic-22	15	-	4	2	1	1	-	24	47	8.97%
ene-23	19	-	7	6	3	-	-	4	39	7.44%
feb-23	10	-	1	2	-	-	1	1	15	2.86%
mar-23	38	1	-	6	1	-	1	9	56	10.69%
abr-23	9	-	-	4	4	-	-	5	22	4.20%
may-23	19	-	-	6	3	-	-	10	38	7.25%
<b>Total</b>	271	3	22	75	42	1	3	107	524	100.00%
<b>% por tipo de fuga</b>	51.72%	0.57%	4.20%	14.31%	8.02%	0.19%	0.57%	20.42%	100.00%	



**Figura 11.** Porcentaje de fugas por mes

En la Figura 11 se puede observar el total de fugas reparadas por parte de las personas encargadas, siendo el mes de septiembre del año 2022 en donde ha existido una mayor cantidad de fugas con un 11.07 %, por el contrario en el mes de febrero del año 2023 se han presentado tan solo 15 fugas con un porcentaje del 2.86 %.

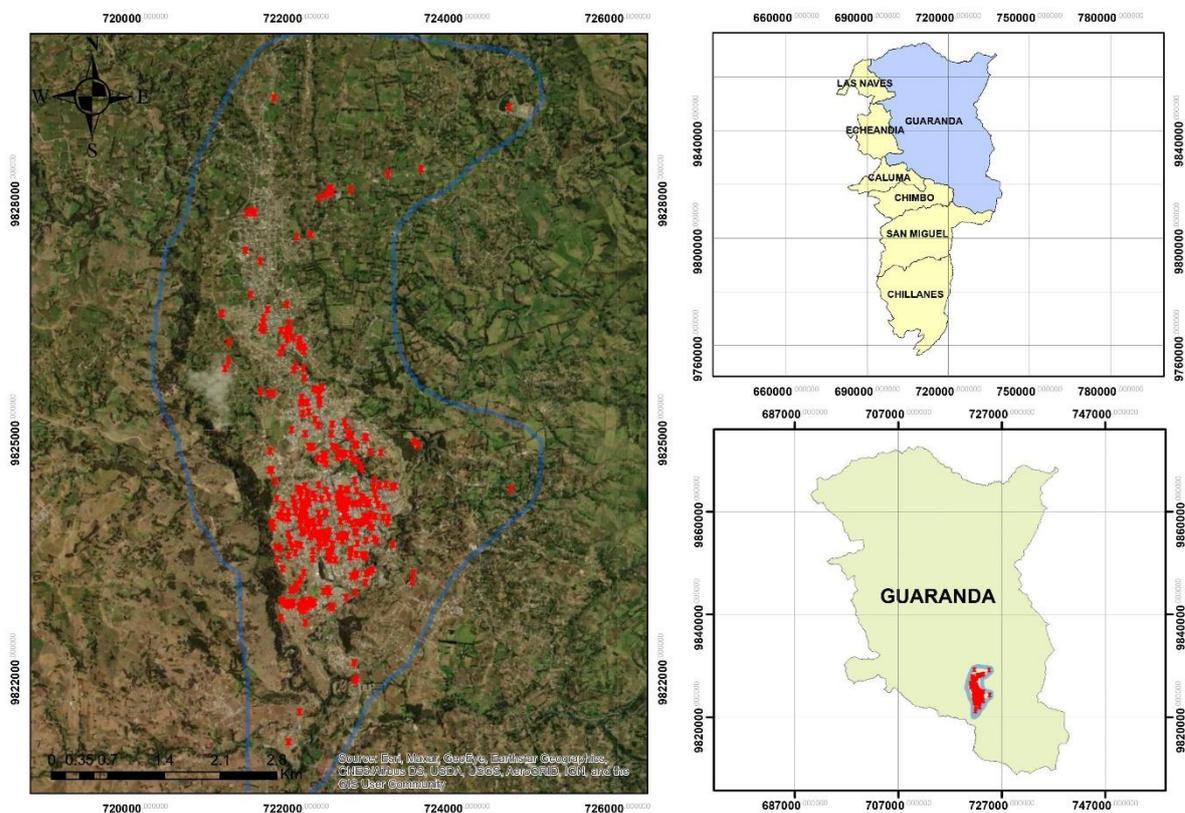


**Figura 12.** Porcentaje por tipo de fuga

La Figura 12 muestra los tipos de fugas que han sido informadas por los encargados de llevar a cabo labores de mantenimiento en la ciudad de Guaranda. Se registró un total de 271 fugas en las acometidas, lo que representa el 51.72 % del total y son las más recurrentes hasta la fecha.

#### 4.1.7.2. Lugares más afectados por incidencia de fugas

En la Figura 13 se puede observar un resumen de los lugares en donde existe una mayor cantidad de fugas, ubicadas en la cabecera cantonal y contabilizadas desde el mes de mayo del año 2022 hasta el mes mayo del año 2023.



**Figura 13.** Lugares de fugas registradas

#### 4.2. Monitoreo y reparación de fugas

Para el monitoreo y reparación de fugas presentes en la red de abastecimiento y en cada uno de los tipos de fugas en la ciudad de Guaranda, se debe cumplir un proceso que consta de cuatro fases, empezando por la notificación a la EP-EMAPAG, seguido de la observación del reporte registrado, luego los trabajos a realizarse y finalmente de la descripción del trabajo realizado y el estado del servicio como se puede observar en la Figura 14.



#### **Fase I: Notificación a la EP-EMAPAG**

- Denuncia por parte de los usuarios ya sea presencial o por llamada telefónica.
- Registro de la denuncia.



#### **Fase II: Observación del reporte registrado**

- Aviso por parte de la EP-EMAPAG a los responsables encargados de los trabajos a realizarse.
- Verificación del daño por parte del personal.
- El responsable dependiendo de la magnitud del daño asigna el personal, los materiales necesarios para la reparación y si el caso requiere la maquinaria.



#### **Fase III: Trabajos a realizarse**

- Suspensión del servicio en el lugar a realizar los trabajos.
- Reparación de la fuga.
- Abrir el servicio y verificar que el daño ha sido reparado.



#### **Fase IV: Descripción del trabajo realizado y estado del servicio**

- Entrega del informe a la EP-EMAPAG para que sea registrado en el sistema.

**Figura 14.** *Proceso de reparación de los tipos de fugas en la ciudad de Guaranda*

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2023a)

#### **4.2.1. Operación y mantenimiento**

Para la ciudad de Guaranda la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable incluyen una serie de actividades que contribuyen al adecuado y óptimo funcionamiento de todo el sistema que abastece a la población.

Con el propósito de preservar los tipos de sistemas que son: fuentes de abastecimiento, captación, conducción, tratamiento, aeración, sedimentación, desinfección, reserva, transmisión y distribución, se realizan diferentes actividades de mantenimiento con frecuencias diarias, semanales, trimestrales, semestrales, anuales y bianuales según el tipo de sistema que requiera el mantenimiento, esto con el fin de prevenir en lo más posible cualquier deterioro en las estructuras.

### ***4.3. Soluciones recomendadas para una correcta gestión de fugas***

A partir de los datos brindados por parte de la entidad encargada del suministro de agua potable en la ciudad de Guaranda EP-EMAPAG sobre el registro de tipos de fugas presentes en el transcurso de un año calendario, como también los resultados obtenidos de los caudales incontrolados, porcentajes de índice de agua no contabilizada, rendimientos volumétricos y pérdidas económicas por fugas de agua potable. El plan de mejoras y fortalecimiento a la institución debe estar orientado en un procedimiento que ofrezca diferentes soluciones. Una de ellas es que se pueda lograr reducir el porcentaje de agua incontrolada, otra y no menos importante es mejorar el accionar de respuesta por parte de la empresa a los reportes de fugas de los usuarios o habitantes de la ciudad. En la Figura 15 se puede observar de forma más detalla las soluciones recomendadas.



### **Conciencia pública y educación**

- Educar a los ciudadanos sobre la importancia del agua.
- Concientizar sobre el uso debido de agua potable y hacer uso racional del mismo.
- Proporcionar consejos de conservación e involucrarlos en programas de detección de fugas.



### **Medición y monitoreo**

- Monitorear en tiempo real fugas y explosiones.
- Instalación de medidores inteligentes en donde detectarán rápidamente problemas de pérdida de agua.
- Dar seguimiento a cada uno de los sistemas mediante información basado en datos obtenidos con el fin de dar un mantenimiento proactivo.



### **Prevención**

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo para abordar áreas potenciales propensas a fugas.



### **Zonificación de la ciudad**

- Identificar y localizar pérdidas de agua dentro de áreas específicas.
- Definir estrategias de intervención específicas para optimizar el rendimiento de la red de distribución.



### **Rehabilitación y reemplazo de materiales en los sistemas**

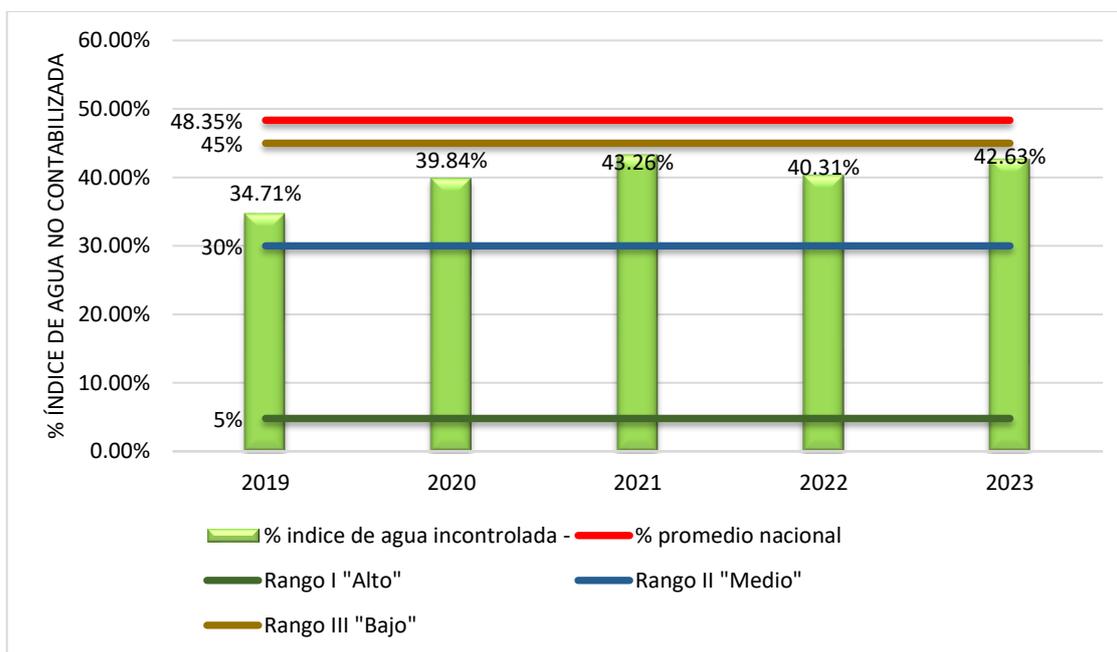
- Verificar que los materiales estén en correcto estado caso contrario reemplazarlos con una correcta instalación.

**Figura 15.** *Soluciones recomendadas para la reducción de fugas*

**Fuente:** (EP-EMAPAG, 2011)

#### 4.4. Discusión

Entre los volúmenes inyectados y registrados se obtiene el IANC, según el ARCA (2021) para el Ecuador el promedio nacional asciende a un porcentaje del 48.35 %. Con los resultados obtenidos en base a la investigación en la ciudad de Guaranda, se pudieron obtener los índices de ANC correspondientes al año 2019 de 34.71 %, año 2020 de 39.84 %, año 2021 de 43.26 %, año 2022 de 40.31 % y año 2023 que en este solo se analizó hasta el mes de mayo con un valor de 42.63 %, encontrándose así la ciudad de Guaranda en un rango "II-Medio" de desempeño según el indicador de agua no contabilizada y en una categoría "C" de Aceptable según el rango de eficiencia del servicio "ES", como se aprecia en la Figura 16.

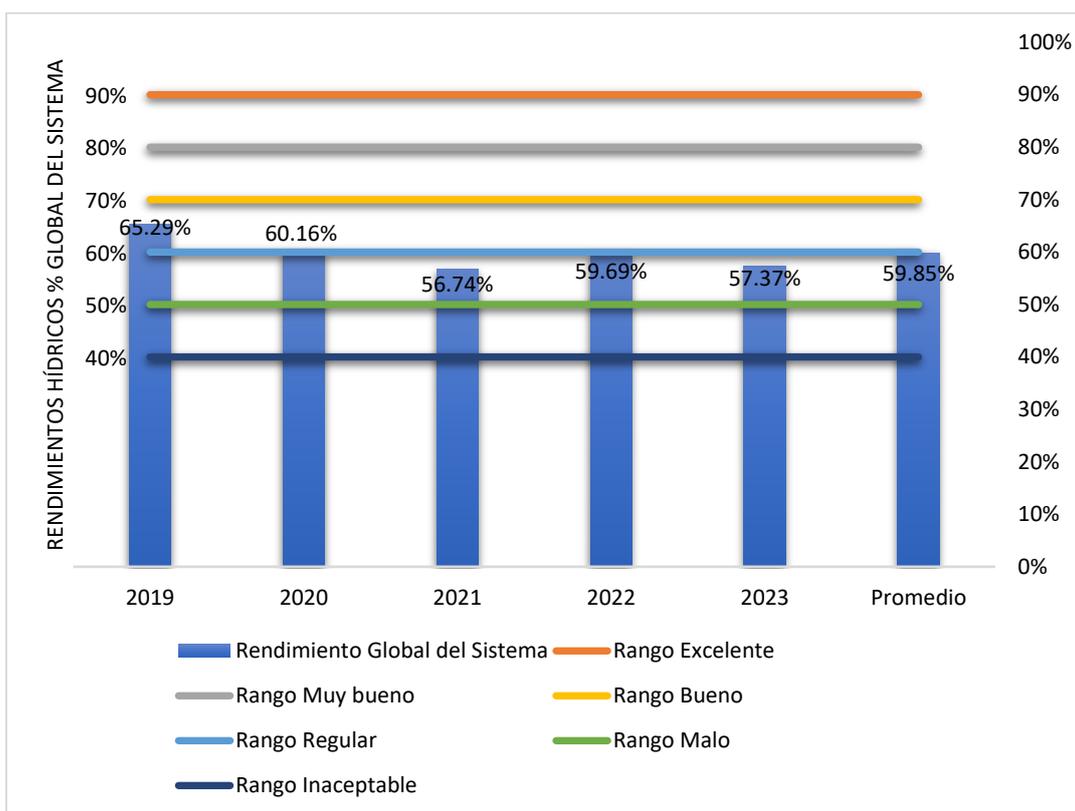


**Figura 16.** % Índice de agua no contabilizada anual

Para Achache & Gómez (2022) el porcentaje de agua no contabilizada para el cantón Riobamba fue de 45.31 % como valor más alto en el año 2021, de igual manera Saigua & Vimos (2023) en su investigación mencionan que para los cantones Alausí y Colta se obtuvieron resultados del 37.77 % y del 65.08 % respectivamente para el año 2022, por otro lado Carvajal & Vargas (2023) presentan resultados del 59 % y 45 % para los cantones Chimbo y San Miguel en el año 2021, Vilema (2023) menciona que en Guano Parroquia el Rosario el IANC fue de 67.34 %. En la ciudad de Guaranda el índice de agua no contabilizada es del 43.26 % siendo estos dos últimos resultados obtenidos en el año 2021.

En base a los resultados obtenidos del caudal incontrolado fugado se puede evidenciar que en el año 2021 con un valor de 1 361 569.20 [m<sup>3</sup>/año] equivalente al 38.26 % de AIF es el punto más alto de fuga en comparación al año 2019 que es el punto más bajo con un valor de 969 600.36 [m<sup>3</sup>/año] semejante al 29.71 % de AIF (Agua Incontrolada Fugada).

Del mismo modo Cabrera et al. (1999) en base a los rendimientos hídricos porcentuales, caracteriza la eficiencia hídrica de una red de abastecimiento mediante rangos de eficiencia, en donde el rendimiento global del sistema de la ciudad de Guaranda para el año 2019 es de 65.29 % y para el año 2020 es de 60.16 % perteneciendo así estos valores a un estado global de “Regular”, por el contrario resultados para los años 2021 de 56.74 %, año 2022 de 59.69 % y año 2023 de 57.37 % caracterizándose así con estos valores en un estado global de “Malo” y un promedio general de 59.85 % para el periodo 2019-2023 en un estado global de “Malo” como se observa en la Figura 17.



**Figura 17. Rendimientos hídricos porcentuales anuales**

Para el periodo de análisis 2019-2023 la pérdida económica sumatoria de los cinco años de estudio para las categorías Residencial y No Residencial ascienden a \$ 3 349 086.07 [USD/año] por caudal incontrolado [Qi] y por caudal incontrolado fugado [Qif] un valor de pérdida de \$ 2 929 685.93 [USD/año] en donde se hace referencia a que se pierde una gran cantidad de dinero y se necesita de acciones urgentes para tratar de reducir estos costos tan altos.

Al obtener los resultados del volumen incontrolado fugado y según la proyección que menciona CPE INEN 5 Parte 9-1 (2003) se puede analizar que en el año 2021 existió un Qif igual a 1 361 569.20 [m³/año] que es el más alto con respecto a los otros años, con una dotación de 200 [l/hab/día] se puede abastecer a un total de 18 651.63 habitantes y con respecto al periodo de estudio que va desde el año 2019-2023 con un total de 5 326 719.88 [m³/año] se puede dotar de agua potable a un total de 72 968.77 habitantes.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En la ciudad de Guaranda se realizó el balance hídrico para el periodo de análisis 2019-2023 en donde proyectó diferentes resultados como son: el porcentaje promedio de índice de agua no contabilizada con un valor del 40.15 % y el porcentaje del volumen incontrolado fugado para los cinco años que fue del 35.15 %, también se obtuvo el promedio del rendimiento global del sistema con un resultado del 59.85 % ubicándose la red en un rango de calificación “Mala”.

Expuestas cada una de las tarifas básicas por [m<sup>3</sup>] para las 2 categorías existentes en la EP-EMAPAG, la pérdida económica más alta se ha dado en el año 2021 que asciende a un valor de \$ 846 730.50 [USD/año] por caudal incontrolado y por otro lado por caudal incontrolado fugado un total de pérdida de \$ 748 863.06 [USD/año] siendo estos los valores más altos en el periodo de análisis 2019-2023.

Dado el rápido crecimiento de la ciudad como las ampliaciones forzadas del sistema de agua potable y el cumplimiento de la vida útil o periodo de diseño de las instalaciones, se ve reflejado los tipos de fugas existentes en la ciudad de Guaranda, con un total de 271 fugas producidas en la acometida y 107 fugas causadas en la red con porcentajes equivalentes al 51.71 % y 20.42 % respectivamente, son los valores más altos que se han producido en relación con los otros tipos de fugas.

Al obtener y ubicar los lugares en donde se han producido mayor cantidad de fugas reportadas por parte de los usuarios y reparadas por parte de las personas encargadas, se puede observar en el mapa en la Figura 13. Lugares de fugas registradas, que la cabecera cantonal es la que se ve con más afectaciones con respecto a las otras zonas del mapa elaborado.

## **5.2. Recomendaciones**

Ya que existen algunas redes de distribución (secundarias) a parte de la red principal que abastece a la ciudad de Guaranda se recomienda a la entidad encargada del suministro de agua potable, la toma de lecturas del caudal inyectado y su vez la medición del caudal facturado para cada una de las redes alternas, con el fin de poder realizar un balance hídrico más detallista de cada una de las redes que posee la ciudad.

Se aconseja tener un registro de volumen inyectado y volumen registrado de cada una de las redes que posee la ciudad de Guaranda con el fin de poder realizar el balance hídrico general, analizar cuál es la red que posee mayor caudal incontrolado y verificar a que zona o que barrio pertenece la red.

Ciudades, cantones o parroquias que necesiten el estudio del balance hídrico se recomienda consultar con las empresas encargadas de la producción, distribución y comercialización de agua potable, si poseen la información requerida por parte del investigador ya que datos incompletos pueden generar fallas al momento de presentar soluciones en la gestión de fugas y al realizar los trabajos de investigación.

Se recomienda la instalación de medidores inteligentes que ayudarán a la localización de problemas de derrame de agua potable, también de macromedidores que serán los encargados de verificar si el caudal está circulando de manera eficiente, por otro lado retomar el plan maestro en todas sus fases construcción operación y mantenimiento que sus actividades terminaron en el año 2013.

## CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10205>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2021). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador - Boletín estadístico 2021*. Retrieved from [https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boletín-estadístico-APS-2021\\_fn\\_v02.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boletín-estadístico-APS-2021_fn_v02.pdf)
- Benavides, H. M. (2013). *El agua no cobrada en sistemas de abastecimientos urbanos*. (November 2013). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/323613171>
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García-Serra, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería Del Agua*, 6(4), 387–399. <https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Campana, 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*. (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL). Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15217>
- Cardenas, 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 <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2589>
- Carvajal, V., & Vargas, J. (2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chimbo y San Miguel*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11190>
- CPE INEN 5 Parte 9-1. (2003). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1338-3.pdf>
- EP-EMAPAG. (2011). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE GUARANDA*.
- EP-EMAPAG. (2020). *Historia de la empresa*. 1–3. Retrieved from <http://www.anuc.co/quienes-somos.asp%0Ahttps://www.auralac.com/nuestra-empresa/quienes-somos>
- EP-EMAPAG. (2021). METODOLOGÍA - APLICACIÓN PLIEGO TARIFARIO PLIEGO TARIFARIO APROBADO 2021 GRADUALIDAD 2. *Industry and Higher Education*. Retrieved from <https://www.emapag.gob.ec/wp->

- content/uploads/2023/03/2do-plan-de-gradualidad.pdf
- EP-EMAPAG. (2023a). *Proceso de reparacion de fugas en la ciudad de Guaranda*.
- EP-EMAPAG. (2023b). *Volumen Inyectado - Facturado*.
- Fuentes, O., Palma, A., & Rodríguez, K. (2011). *Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos*. 1–9. Retrieved from [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432011000200012](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200012)
- GAD GUARANDA. (2019). La ciudad La ciudad. *Learning*, (January 2017), 1–44. Retrieved from <https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/la-ciudad/>
- INEC. (2010). Resultados del Censo INEC 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincia Bolívar. *Inec*, 8. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/bolivar.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). Gestión de Agua Potable y Saneamiento. *Agencia de Regulación y Control Del Agua*, 09. Retrieved from [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2019/Agua\\_potable\\_alcantarillado\\_2019/PRESENTACION APA 2019 V07\\_rev\\_corregido.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Agua_potable_alcantarillado_2019/PRESENTACION APA 2019 V07_rev_corregido.pdf)
- Jaramillo, J., & Oleas, F. (2022). *INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10118>
- Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. Retrieved from [https://www.nrwsee.com/files/download/61f7a478eed47ES\\_Guia para la reduccion de las perdidas de agua\\_resolucion baja.pdf](https://www.nrwsee.com/files/download/61f7a478eed47ES_Guia para la reduccion de las perdidas de agua_resolucion baja.pdf)
- Peñafiel Valla, L. (2018). Análisis de las pérdidas de agua en el sistema de abastecimiento: Caso de estudio EP-EMAPA-A. *Secretaria Nacional de Educacion Superior, Ciencia y Tecnologia*, (Instituto Politécnico de Leiria), 171. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.8/3619>
- Saigua, H., & Vimos, J. (2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones de Alausí y Colta*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10507>
- Ulloa, B. (2023). *Ubicación de la ciudad Guaranda*.
- Vilema, A. (2023). *Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Guano , parroquia el Rosario*. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11671>