



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**Evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red
de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil
posterior a la renovación de redes.**

AUTOR (ES):

Auria Yagual Fabiola Ivanova

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERA CIVIL

TUTOR:

Ing. Molina Arce Stephenson

Guayaquil, Ecuador

15 de marzo del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Fabiola Ivanova Auria Yagual**, como requerimiento para la obtención del título de **ingeniera civil**

TUTOR (A)

f. _____
Ing. Molina Arce Stephenson

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Stefany

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Auria Yagual Fabiola Ivanova**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil posterior a la renovación de redes** previo a la obtención del título de **Ingeniero civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2021

LA AUTORA

f. _____
Auria Yagual Fabiola Ivanova



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Auria Yagual Fabiola Ivanova**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil posterior a la renovación de redes**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de marzo del año 2021

LA AUTORA:

f. _____
Auria Yagual Fabiola Ivanova



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: fabiola_auria_final.doc (D99414858)
Submitted: 3/24/2021 6:41:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 5 %

Sources included in the report:

TESIS LUIS LLERENA ZUÑIGA.docx (D38878432)
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-1-12.pdf>
<https://docplayer.es/70429944-Manual-de-agua-potable-alcantarillado-y-saneamiento.html>
<https://docplayer.es/96710918-Manual-para-un-proyecto-de-eficiencia-energetica-e-hidraulica-integral-en-un-sistema-de-agua-y-saneamiento.html>
https://www.sunass.gob.pe/tallerBench2018/Publicaciones/2bibliografia/guiagiz_resumen.pdf

Instances where selected sources appear:

15

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios por haberme permitido llegar a culminar mi carrera que con altos y bajos pude llegar a culminarla. A mis padres que siempre estuvieron ahí para ayudarme con mi hijo para que pueda cumplir con mis trabajos y exámenes. A mi novio por cuidar de mi hijo y apoyarme mientras me dedicaba hacer el trabajo de titulación, quien hasta el último momento me motivó a culminarla. Gracias también a mi tía Denise que a pesar de la distancia estuvo presente en cada momento especial de mi vida. Gracias a mi Alick que, aunque no entienda muchas cosas, su compañía en las madrugadas me motivaba a culminar pronto los trabajos y su existencia es una de las razones principales de mi esfuerzo y de este gran logro.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación y todo mi esfuerzo se lo dedico a mis padres, a mi hijo, mi novio, y en especial a mi abuelo que está en el cielo porque fue quien desde pequeña me inculcó cosas buenas y a nunca dejar de aprender. Gracias mamá por el ejemplo que me diste y por enseñarme a amar lo que hago. Gracias a mi familia más cercana por siempre preguntar si ya me graduó, me motivaban a esforzarme más para culminar la carrera.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. STEFANY ALCIVAR
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. CLARA GLAS CEVALLOS
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. MELIDA CAMACHO
OPONENTE

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	2
1 Capítulo I: RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Conceptos básicos que engloban el balance hídrico.....	5
1.2.1 Red de distribución de agua potable	5
1.2.2 Volumen suministrado.....	6
1.2.3 Consumo autorizado	6
1.2.4 Agua facturada.....	6
1.2.5 Consumo medido facturado	6
1.2.6 Consumo no medido facturado	6
1.2.7 Agua no facturada	6
1.2.8 Consumo autorizado no facturado	6
1.2.9 Consumo medido no facturado	7
1.2.10 Pérdidas de agua.....	7
1.2.11 Limite confianza 95%.....	8
1.2.12 Banda de precisión.	9
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivo específico	10
2 Capítulo II: Metodología empleada.....	10

2.1	Balance Hídrico	10
2.2	Enfoque Top-down	11
2.3	Cálculo del balance hídrico	12
2.3.1	Términos y definiciones del balance de agua hídrico	12
2.4	Desarrollo de las fases del balance hídrico.	15
2.4.1	Fase I	15
2.4.2	Fase II	18
2.4.3	FASE III.....	28
3	CAPITULO III: Desarrollo del Proyecto y exposición de resultados.....	32
3.1	Ubicación	32
3.2	Análisis de datos según el año de estudio.....	34
3.2.1	Análisis del 2018-2019-2020.....	34
3.2.2	Resultados del 2018.....	36
3.2.3	Resultados del 2019.....	37
3.2.4	Resultados del 2020.....	37
3.2.5	Resultados por costo de pérdidas 2018-2019-2020.....	37
3.2.6	Tabulación de resultados e interpretación.....	39
4	CAPITULO IV: Conclusiones y Recomendaciones.....	43
4.1	CONCLUSIONES	43
4.2	RECOMENDACIONES.....	43
5	Referencias.....	44
6	Anexos.....	45

6.1	HOJA DE BALANCE HIDRICO DEL 2018.....	46
6.2	HOJA DE BALANCE HIDRICO DEL 2019.....	49
6.3	HOJA DE BALANCE HIDRICO DEL 2020.....	52

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1.- Balance Hídrico. Fuente: AWWA-M36.	14
Ilustración 2. Estructura estándar del balance de agua. Fuente: CNA, 2009	14
Ilustración 3 Organigrama de Fase I.....	15
Ilustración 4.- Hoja de Balance Hídrico.....	16
Ilustración 5.- Hoja de Balance Hídrico.....	17
Ilustración 6.- Hoja de Balance Hídrico.....	18
Ilustración 7. Curva de demanda de agua. Fuente: CNA, 2009.....	20
Ilustración 8.- Organigrama de pasos a seguir para obtener el volumen de usuarios fraudulentos.....	26
Ilustración 9.- Nomenclatura y definición de la fórmula de indicador de fugas.	28
Ilustración 10.- Origen y exactitud de datos Fuente: VAG&GIZ- Guía técnica.	31
Ilustración 11.- Ubicación del área en estudio mediante Google Earth.....	33
Ilustración 12.- Resultados del 2018.....	36
Ilustración 13.- Resultados del 2019.....	37
Ilustración 14.- Resultados del 2020.....	37
Ilustración 15.- Volumen inyectado por año.....	39
Ilustración 16.- Consumos autorizados anuales.	40

Ilustración 17.- Gráfica de pérdidas anuales.....	40
Ilustración 18.- Gráfica por costo de producción.....	41
Ilustración 19.-Gráfica por costo de venta al público.	42

Índice de tablas.

Tabla 1.- Nomenclatura y definiciones de fórmula de volumen estimado	20
Tabla 2.-Nomenclatura y definiciones de fórmula de error de exactitud.	21
Tabla 3.-Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen ajustado al inicio del periodo.	24
Tabla 4.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen ajustado al final del periodo	24
Tabla 5.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen de consumo de agua ajustado total.....	25
Tabla 6.- Volumen de fugas reparadas.....	26
Tabla 7.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen estimado de pérdidas potenciales totales.	27
Tabla 8.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen de fugas reducibles al 20%.....	29
Tabla 9.- Nomenclatura y definiciones de fórmula de la desviación estándar.	31
Tabla 10.- Costo de pérdidas anuales	38
Tabla 11.- Costo de pérdida anual con valor de venta al público.....	38

Índice de ecuaciones.

Ec. (2-1)	20
Ec. (2-2)	21
Ec. (2-3).T	24
Ec.(2-4)	24
Ec.(2-5)	24
Ec. (2-6)	25
Ec. (2-7)	26
Ec.(2-8)	27
Ec.(2-9)	28
Ec.(2-10)	28
Ec.(2-11)	29
Ec.(2-12)	31
Ec.(2-13)	31

RESUMEN

El agua dulce es de vital importancia para el bienestar y desarrollo del ser humano; sin embargo, es un recurso limitado. Aproximadamente de un 30% al 40 % de agua que se inyecta en una red se pierde, es decir no es registrada ni facturada. Esto crea un *problema económico* para la empresa de agua de cualquier ciudad o país. El objetivo de este proyecto de estudio e investigación es estimar las *pérdidas reales y aparentes* en la *red de distribución* de agua potable de un sector de la ciudad de Guayaquil partiendo de valores reales de consumos autorizados que ya constan en la base de datos del ente operador de agua. La red tiene aproximadamente seis años de haber sido renovada. Con este fin se podrá obtener las posibles causas que ha ocasionado que, al transcurrir los años posteriores a la renovación, se genere un aumento en las *mediciones en sitio*.

Palabras Claves: Recurso, *pérdidas reales*, *pérdidas aparentes*, *problema económico*, *red de distribución* y *mediciones*.

ABSTRACT

Fresh water is the main importance for the well-being and development of the human being; however, it is a limited resource. Approximately 30% to 40% of the water that is injected into a system is lost, that is not registered or invoiced. This creates an economic problem for the water company of any city or any country. The objective for this study and research project is to estimate the real and apparent losses in the system of a sector in the Guayaquil City, based on real values of authorized consumption that already appear in the database of the water operating entity. The main system is approximately six years old. For this purpose, it will be possible to obtain the causes after renovation mainly that had made an increase in the measurements on site is generated.

Key words: Resource, real losses, apparent losses, economic problem, water system y measurements.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo estudiar la 'evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil posterior a la renovación de redes'.

Su importancia radica en analizar la variación de pérdidas reales y pérdidas aparentes de agua. Se podrá estimar una pérdida económica de la empresa, posibles causas y tentativas soluciones.

El proyecto investigativo estará estructurado por capítulos. El Capítulo I es el marco teórico en donde se definen los parámetros de estudio tanto, así como identificación de la parte teórica y filosófica del proyecto.

El Capítulo II es la metodología, donde se plantea el tipo de metodóloga y procedimiento a usar para poder llevar a cabo este estudio pudiendo llegar a estructurar posibles causas.

El Capítulo III consta de los análisis, hojas de cálculo y mediciones, formulas, graficas e interpretación de los resultados obtenidos.

El Capítulo IV hace referencia a las conclusiones y recomendaciones proponiendo soluciones tentativas que se deducen luego de la interpretación de resultados, obtenidos y analizados durante el proceso.

1 Capítulo I: RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

1.1 Antecedentes

El calentamiento global es un tema que afecta directamente el mantenimiento del recurso hídrico, más que nada el agua dulce que es consumida diariamente por la humanidad. Por lo que a lo largo del tiempo se ha vuelto una necesidad reducir el consumo innecesario del agua a nivel mundial; asegurar un suministro de agua seguro, suficiente y asequible está llegando a ser una necesidad aún más urgente. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y VAG-Armaturen GmbH, 2011).

Más allá de ser una problemática hídrica, también conlleva múltiples factores a que esta escasez se dé, tales como: problemática económica de las empresas que inyectan este recurso, problemática política y técnicas que imposibiliten la adecuada distribución del agua hasta el consumidor final. Este efecto que se lo conoce como escasez económica y afecta a un gran número de países, especialmente en el África Subsahariana, el Medio Oriente y el Sur de Asia, pero también América del Sur y Central. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH, 2011)

Las empresas que se dedican a la distribución de agua a nivel mundial cuentan con una problemática importante en su proceso final, la cual se denomina pérdidas; y a su vez estas pérdidas se clasifican en pérdidas reales y aparentes. Estas pérdidas se deben a varios factores las cuales para ser detectadas necesitan un debido seguimiento o auditoria de la red.

Gran cantidad de países han implementado un fondo destinado únicamente a detectar estas pérdidas ya que 'según cálculos realizados por el Banco Mundial, basándose en un promedio de 35% del agua que ingresa al sistema y se pierde. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH, 2011).

Existen factores que influyen directamente en la pérdida de agua tanto como en volumen como en el lado monetario, contempla desde una mala toma de lectura, conexiones clandestinas de clientes, fugas muy pero muy pequeñas que generan grandes pérdidas, hasta un mal manejo del fondo de mantenimiento de accesorios y tuberías. Las pérdidas de agua más significativas son aquellas que no se encuentran superficiales, es decir que son aquellas que se encuentran varios metros por debajo de una red normal con pequeñas fugas, esto significa más pérdida de agua, demora en encontrar el daño, subcontratar a una empresa especializada para que con análisis de una base de datos y estudio de consumo actualizado pueda determinar la ubicación de la fuga y proceder a reparar.

Otra problemática sería cuando la empresa proveedora de agua ha detectado la fuga o daño en la red, tiene dos opciones reparar o renovar. Analizar el tiempo de duración de la red ya reparada versus el costo de la renovación de la red. Preferible hacer un gasto mayor y tener la seguridad de que la red funcionará y no dará problemas económicos ni técnicos por muchos años comparado a realizar un gasto menor sabiendo que tendrá poco tiempo de vida útil.

Los indicadores de desempeño son aquellos organismos que analizan el abastecimiento de la red; conjunto a esto analizan la debida distribución de agua hacia los predios. Estos indicadores de desempeño ya han sido empleados hace más de 15 años por las empresas gestoras, los cuales han dado resultados significativos. No solo se busca recuperar costos de producción por las pérdidas de agua sino también involucra mantener una red en buen estado, brindar agua de calidad a los clientes y excelente servicio final. (IWA, 2018).

Es necesario indicar que el objetivo principal de los indicadores es proporcionar información para tomar decisiones de carácter importante. Existe una gran diferencia entre datos e información. Los datos son valores que se los obtienen en campo por medio de mediciones y la información engloba aquellos elementos que permanecerán constantes durante el desarrollo del estudio hídrico.

Actualmente, existen varias vías o metodologías para reducir las pérdidas inevitables en una red de distribución de agua, Alemania es un país que no tiene la clase de problemas ya expuestos porque gestionan el debido mantenimiento periódicamente de tuberías y accesorios, finalmente evita generar un gasto destinado con el propósito de evitar futuras fugas de agua. (Paul V. Fanner, Reinhard Sturm, Julian Thornton, Roland Liemberger, Stephen E. Davis y Tanya Hoogerwerf, 2007). Ésta es una de las opciones más recomendadas por expertos para evitar destinar dinero a reparaciones, pudiendo reinvertir en un adecuado mantenimiento ya que el mal estado de las tuberías puede crear grandes pérdidas de agua para una empresa lo cual es irrecuperable.

En el sector del estudio se ha reemplazado su red de distribución hace 6 años. La red será analizada en cuatro tareas, desarrollada en el Capítulo II de este proyecto investigativo.

Se analizará en el balance hídrico del sector; los consumos medidos autorizados, se estimarán las pérdidas aparentes, estimarán pérdidas reales y por último se analizará el costo de pérdida por valor de producción y venta al público.

1.2 Conceptos básicos que engloban el balance hídrico.

A continuación, se presentarán algunos conceptos elementales para la mejor comprensión de la metodología usada en el proyecto.

1.2.1 Red de distribución de agua potable

Una red de distribución de agua potable consiste en un conjunto de tuberías y accesorios trabajando a presión variable, que tienen como finalidad abastecer a una población. Esta red parte desde su punto de captación y culmina en la utilización del consumidor. Dicha red antes de llegar a su punto final, que es la del consumidor, no llega en misma cantidad que fue inyectada a la red. Es decir, que en el recorrido de la red existieron posibles causas que generaron pérdidas.

1.2.2 Volumen suministrado

El volumen suministrado es el volumen anual que es inyectado a una red de distribución de agua potable establecida en una ciudad con el fin de satisfacer la demanda de usuarios en una zona delimitada.

1.2.3 Consumo autorizado

El consumo autorizado se subdivide en dos consumos, el consumo medido autorizado y el consumo no medido autorizado. Este consumo tiene varios tipos que son: consumo domiciliario, industrial, hotelero o comercial.

1.2.4 Agua facturada

Es el volumen anual de agua que fue entregada satisfactoriamente al cliente y ésta misma ha sido un ingreso monetario para la empresa de agua potable, se la representa con el nombre de consumo autorizado facturado.

1.2.5 Consumo medido facturado

Es aquel volumen anual de agua medido el cual ha sido pagado, en este está incluido el tipo de consumo doméstico, comercial e industrial.

1.2.6 Consumo no medido facturado

Se refiere al volumen anual de agua que no ha sido registrado por medición, pero por datos de base se genera una facturación.

1.2.7 Agua no facturada

Indica aquel volumen que es considerado una pérdida, ya que fue inyectado a la red, pero no se conoce su destino final, por lo consiguiente no se puede facturar.

1.2.8 Consumo autorizado no facturado

Es el volumen anual de agua medido y no medido el cual no ha generado un ingreso económico para empresa de agua potable, incluye también el agua de la empresa que se usa para dar limpieza y mantenimiento a las redes.

1.2.9 Consumo medido no facturado

Se refiere al consumo de agua total anual de entidades públicas, bomberos, parques públicos, etc. Estas entidades generan un volumen de salida sin ser un ingreso económico para la empresa.

1.2.10 Pérdidas de agua

Las pérdidas que aparecen en una red de distribución son causadas por varios motivos. Una de las razones más comunes de pérdidas de agua en una red es por el motivo de escaso o mal mantenimiento a los accesorios y tuberías. Algo muy sencillo, cada municipio o empresa de agua destinan un monto para mantenimiento de red, pero no siempre se cumple y ahí empiezan las pequeñas fugas. Por ejemplo, una tubería que no ha recibido debido mantenimiento y sufre un problema de cavitación, es decir que la tubería sufre por una subida o bajada de presión de forma brusca, y esta tubería se daña, por lo general cuando la tubería se daña y se encuentra muy por debajo de la superficie es casi imposible encontrar la fuga. Esta fuga no es visible y por ende no se reporta. Pasarán posiblemente meses, años hasta que sea detectada. A la empresa de agua, esta fuga le generará una pérdida tanto como de agua como monetaria, será un volumen no facturado y no medido.

1.2.10.1 Pérdidas reales.

Las pérdidas reales son aquellas pérdidas de agua o volumen de agua como la del ejemplo anterior, estas fugas se clasifican según su ubicación dentro del sistema y dependiendo su tamaño y tiempo durante el permanece latente. Según su ubicación comprende problema en válvulas, uniones y por estallidos de tuberías; así también los puntos débiles en conexiones de servicio y daños en los tanques, filtraciones o rebose de los mismos.

Según su tamaño y tiempo de fuga indican fuga superficial o fácil de detectar como uniones en grandes troncales, por otra parte, las fugas no reportadas son aquellas fugas en tuberías que están a un promedio de 50 m de presión con caudal mayor a 250 l/h y fugas de fondo de caudales menores a 25 l/h a 50 m de presión, probablemente estas nunca se detecten hasta que se repare la tubería completa por alguna falla mayor. (Deutsche Gesellschaft

für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH, 2011).

1.2.10.1.1 Pérdidas reales anuales inevitables

Las pérdidas reales anuales inevitables no se pueden eliminar en su totalidad, la ecuación de UARL con sus diversas unidades a usarse, sirve para que el gestor de agua pueda predecir en un 90% las pérdidas reales más bajas por año dependiendo de factores que esta ecuación requiere como la longitud de la red, número de conexiones, presión en el sistema y ubicación del medidor del cliente. Para buscar más precisión se debería usar un factor de precisión. Estos factores dependen de la clasificación de nivel de fuga para servicios públicos y por lo general usada en países desarrollados o en vías de desarrollo. (LIMBERGER, 2010)

1.2.10.2 Pérdidas aparentes.

Las pérdidas aparentes pueden eliminarse casi totalmente. En dicho tipo de pérdidas cabe indicar que no se debe precisamente a las fugas sino se debe también a otros factores muy importantes en la auditoria de red de distribución de agua potable tales como: mala toma de lectura del medidor, error de contabilidad, conexiones clandestinas, robo de agua, datos erróneos en parte contable o falla en medidores.

La detección y reducción de las pérdidas aparentes no reducirá las pérdidas físicas del agua sino por lo contrario generará la recuperación del ingreso perdido.

Las pérdidas aparentes están creando costos de producción sin generar ingreso monetario a la empresa de agua.

1.2.11 Limite confianza 95%

El avance de la tecnología ha avanzado en beneficio de la precisión de datos o resultados obtenidos. El software usado en cualquier ente operador tendrá su respectivo cálculo con una precisión de información del 95%, ya que el 5% se debe a errores de mediciones o errores de equipo de toma de lectura. Dentro del balance del agua, cada componente estimado debe

someterse a su correspondiente banda de precisión (+-), su valor obtenido tendrá el 95% de probabilidad. El objetivo principal de los límites de confianza es identificar aquellos componentes que poseen la mayor varianza dentro del balance porque tendrá mayor impacto en el resultado final.

1.2.12 Banda de precisión.

La necesidad de obtener datos exactos y veraces lleva a que el auditor cometa errores tanto como en la información observada, datos medidos y estimación de valores reales. Según la IWA indica que la información obtenida y detallada no brinda una fiabilidad y exactitud necesario, pero si son capaces de entregar estimaciones muy cercanas si se emplean bandas de precisión dependiendo del dato a analizar. Los rangos se explicarán del capítulo II del presente estudio investigativo.

1.2.12.1 Desviación estándar.

Consideraremos la desviación estándar como la medida indicadora de cuanta diferencia hay de los datos con respecto a la media. La desviación estándar de cada componente del balance hídrico proviene de la multiplicación por la banda de precisión de cada componente y posterior se lo divide para 1.96.

1.2.12.2 Varianza de cada componente

Las variaciones de cada componente en el balance hídrico deben sumarse para formar incertidumbre acumulada. Mientras mayor sea la varianza del componente, mayor será el impacto en los resultados finales de cada uno. La varianza forma un papel fundamental en el balance ya que mayor impacto en resultados de volumen otorga directamente una alerta al auditor para recomendar la toma de decisiones inmediatas tales como por ejemplo colocar un medidor adicional o reemplazarlo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar una red de distribución de agua que abastece a aproximadamente 3000 predios para determinar posibles causas de pérdidas en un lapso de tiempo específico.

1.3.2 Objetivo específico

Estimar pérdidas aparentes.

Estimar pérdidas reales.

Estimar pérdidas reales potenciales totales.

Identificar pérdidas reducibles.

2 Capítulo II: Metodología empleada

La metodología de investigación empleada en este proyecto es la metodología cuantitativa ya que se cuenta con una base de datos cuantificables, mediciones, periodo de tiempo y formulaciones que serán analizadas otorgando un valor tangible y real del resultado que se desea obtener. Se procederá a realizar la auditoria de una red de distribución de agua potable, usando el balance hídrico recomendado en el (CNA, 2009)

2.1 Balance Hídrico

Un balance hídrico es un método que cuantifica o mide la entrada y salida de agua de un sector en periodo de tiempo establecido. Este método permite medir las modificaciones por influencia de las actividades del hombre. Más adelante se detallarán los requerimientos, el objetivo, la información básica necesaria y procedimiento para llevar a cabo en la auditoria del agua mediante un balance hídrico. La auditoría de agua ha sido por años una herramienta necesaria y efectiva para cuantificar el consumo y pérdidas que ocurren en una red de distribución de agua potable y dentro del manejo y control de la utilidad final del agua hasta que llegue al destino final. (Rewrite, 2007).

Más allá de este proceso, método o control de ingreso y salida de agua esto es más que un simple cálculo, aquí también se involucra la cultura de los empleados que posee la empresa de agua. Inculcar los objetivos de la empresa y el correcto uso eficiente del agua es fundamental para evitar que esto se sume a una mala toma de lectura no accidental.

La metodología empleada para estimar pérdidas reales, aparentes y conocer el destino del agua suministrada es el método de enfoque Top-down (de arriba hacia abajo). Significa que el estudio inicia desde el volumen que sale de la toma principal, luego se analiza los consumos medidos autorizados, se procede con las pérdidas aparentes y después el análisis de pérdidas reales.

2.2 Enfoque Top-down

Este enfoque está dirigido en usar información de base o también llamada registros de tomas anteriores, procedimientos, límites, rangos y otros sistemas de información. El método top-down facilita el cálculo de pérdidas, partiendo de un valor ya conocido como es el volumen de agua consumido autorizado, incluyendo los volúmenes facturados, no facturados, medidos o no medidos. Otro dato de base importante serán las pérdidas aparentes, que por datos históricos o usuarios clandestinos descubiertos se puede estimar el volumen total para el presente ejercicio académico. Si se tiene el valor de ingreso a la red, el volumen de pérdidas aparentes; la resta de estos componentes nos dará el dato del volumen por pérdidas reales del sistema. Este enfoque es recomendado según la AWW-M36 P.10 para que las empresas de agua compilen su auditoria inicial de agua. No existe una operación o estimación perfecta, por este motivo existe un valor denominado incertidumbre y este valor es hallado usando las bandas de precisión, desviación estándar y la varianza. El volumen obtenido de cada componente será sometido a estos tres pasos anteriores y con ese porcentaje de precisión se facilitará el cálculo de límites: superior e inferior. Éste direccionamiento indica a generarse un cuestionamiento, los principales cuestionamientos son: ¿Cuánta agua inicialmente se pierde? ¿Y cuánto es el costo de estas pérdidas?

2.3 Cálculo del balance hídrico

En este episodio se detallarán los datos necesarios para complementar la hoja de trabajo de auditoría hídrica. Es sumamente importante definir cada uno de los componentes del balance hídrico que a su vez los resultados conformarán dicha división. Este cálculo es una evaluación confiable porque analiza no solo la pérdida en volumen sino también una pérdida financiera y evalúa la pérdida permanente de agua, más aún establece un objetivo claro para reducir pérdidas dentro de una red de distribución de agua potable.

2.3.1 Términos y definiciones del balance de agua hídrico

2.3.1.1 Volumen de ingreso a la red

Este volumen es el volumen real neto anual que se inyecta desde la captación, luego a una red de distribución de agua potable que finalmente serán dirigidas hacia los distintos sectores de redes.

2.3.1.2 Consumo Autorizado

Involucra el agua que la empresa tiene conocimiento por medio de facturación y previa medición, pero a su vez este consumo se subdivide en dos ítems que son: consumo facturado autorizado y consumo autorizado no facturado.

El balance hídrico es el estudio del ingreso y distribución del volumen suministrado a la red y éste se subdividirá en 4 segmentos para estimar pérdidas reales y aparentes en el sistema:

Consumo medido autorizado. - es aquel consumo medido en sitio a través de un lector ubicado en sitio, a su vez será un volumen facturado.

Esta división pertenece al ingreso del agua. (Revenue wáter)

Consumo no-medido autorizado. - aquí constan aquellas entidades a las que la empresa de agua tiene conocimiento que tienen un consumo mensual pero no se genera un cobro a pesar de que la empresa de agua si lo considera

como un volumen facturado por lo que es usado para el análisis de volumen consumido.

Los dos segmentos ya antes mencionados serán considerados para el volumen total facturado de la empresa proveedora de agua. A continuación, se detallará brevemente las pérdidas, tema fundamental del proyecto de investigación donde se encontrará dos tipos de pérdidas: **pérdidas aparentes** y **pérdidas reales**. Un caso muy particular en las pérdidas aparentes es el caso de conexiones clandestinas, donde la empresa conoce de la nueva conexión, pero no se encuentra registrado el predio en la municipalidad de la ciudad por ende la empresa de agua no puede generar un valor en factura para ese consumo, por ende, se lo elimina.

Las fugas son las pérdidas consideradas reales y volumen no facturado, estas fugas son muy comunes cuando no se da el respectivo mantenimiento a la red, la cavitación puede generar un daño severo a la tubería, más aún cuando ésta tiene un deterioro en sus propiedades del material, aquellas fugas que no son detectables fácilmente generan mayor pérdida económica.

Esta división pertenece al agua no contabilizada, el cual es el resultado de la diferencia entre el volumen de ingreso a la red y el volumen de consumo autorizado facturado. (Non- revenue water)

Water from Own Sources (corrected for known errors)	System Input Volume	Water Exported	Authorized Consumption	Billed Authorized Consumption	Billed Water Exported	Revenue Water
		Water Supplied		Water Losses	Unbilled Authorized Consumption	
Apparent Losses	Unauthorized Consumption		Billed Unmetered Consumption		Non-Revenue Water (NRW)	
	Real Losses		Customer Metering Inaccuracies Systematic Data Handling Errors Leakage on Transmission and Distribution Mains Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks Leakage on Service Connections up to point of Customer metering			Unbilled Metered Consumption Unbilled Unmetered Consumption
Water Imported						

Ilustración 1.- Balance Hídrico. Fuente: AWWA-M36.

En la Ilustración 2. Se muestra la estructura estándar del balance de agua. (CNA, 2009)

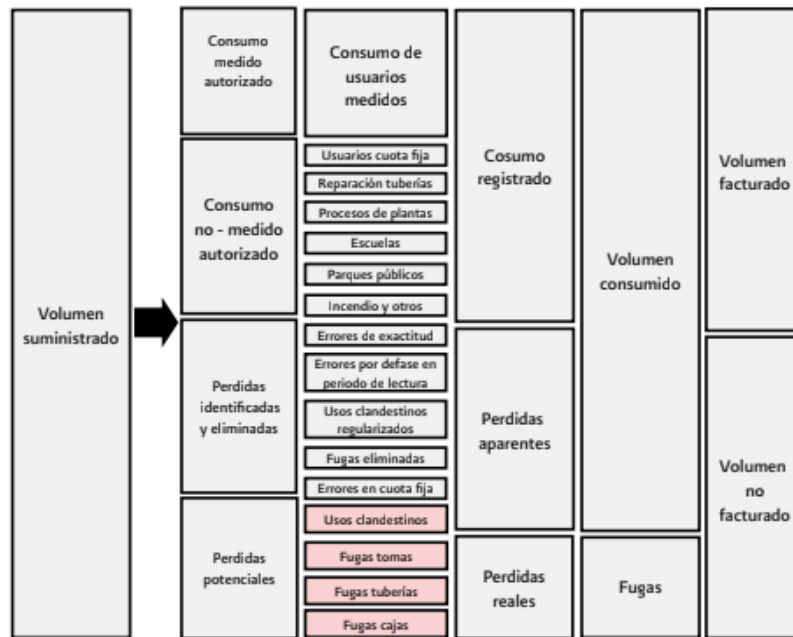


Ilustración 2. Estructura estándar del balance de agua. Fuente: CNA, 2009

Estructuralmente la Ilustración 1. De la AWWA M-36 muestra un enfoque económico, indicando que tarea pertenece a un ingreso facturado o no facturado mas no detalla con exactitud los componentes de cada tarea; también indica si existe un volumen de agua importado. La Ilustración 2. De la Comisión Nacional del Agua muestra detalladamente cada uno de los

componentes de las tareas quienes pertenecen a las pérdidas y quienes conforman el consumo registrado del balance hídrico.

2.4 Desarrollo de las fases del balance hídrico.

El método o procedimiento top-down será subdividido en tres Fases, las cuales poseen tareas y actividades que serán detalladas a continuación:

2.4.1 Fase I

En esta fase inicial, se determinará principalmente la hoja de datos y cálculos de trabajo a usar en el balance hídrico, se definirá el lapso de tiempo de análisis; es decir el inicio y fin que comprenderá la toma de medidas. Manuales de reconocimiento mundial aconsejan que el estudio sea del último año de registro y los 365 días del año completo. Se recomienda en últimas instancias determinar unidad de medida en el análisis, la cual se usará durante todo el procedimiento. Cuando no se cuenta con suficiente información recopilada por el organismo operador, es preferible que el periodo de estudio no sea de un año sino periodos menores hasta un mes y cabe señalar que los resultados obtenidos no tendrán mayor precisión.

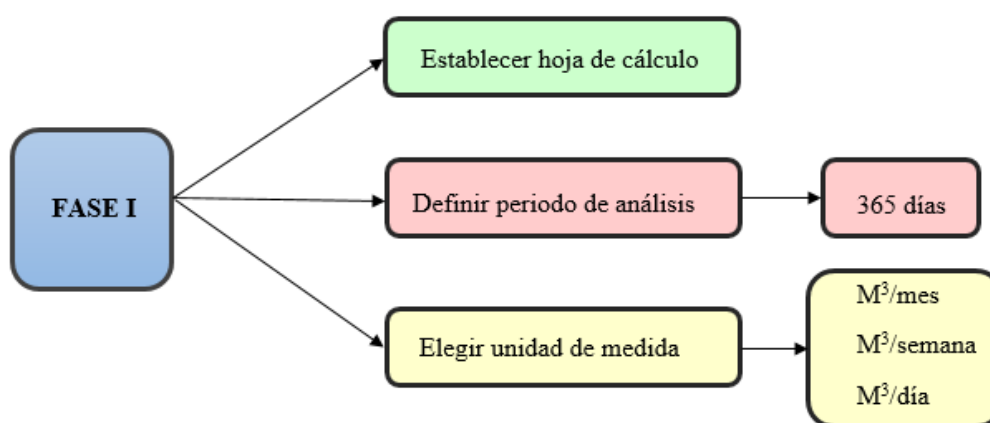


Ilustración 3 Organigrama de Fase I

2.4.1.1 Hoja de cálculo del balance hídrico

La hoja de cálculo ha sido diseñada acorde a datos históricos que maneja la empresa de agua u organismo operador. Se recomienda convertir los datos a utilizarse para el balance hídrico en metros cúbicos. (CNA, 2009)

WATER AUDIT WORKSHEET: TOP-DOWN APPROACH						
PERIODO DE ANALISIS:			a			
ZONA/ UBICACION:			NO. USUARIOS:			
RECOPIADO POR:			FECHA DE RECOPIACION DE DATOS:			
INFORMACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN						
TIPO DE CONFIGURACION DEL SISTEMA DE DITRIBUCION:			DISTRIBUCION TRATADA AL POR MENOR			
1. AGUA SUMINISTRADA						
Volumen inyectado a la red		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
			m3/a	0.5%	0	0
2. FUENTE DE CAPTACIÓN						
		Total	Unidad			
			U			
3. ERROR DE EXACTITUD EN MACROMEDIDORES						
$\text{Error} = \frac{(Q_{\text{medida}} - Q_{\text{real}})}{Q_{\text{real}}} \times 100$		Total	Unidad			
			%			
4. CONSUMO AUTORIZADO						
4.1 Volumen medido autorizado						
Cantidad		Unidad			Total	Unidad
A.Domestico		m3			(A+B+C+D+E) Volumen medido	m3/a
B.Comercial		m3				
C.Servicios publicos		m3				
D.Hotelero		m3				
E.Industrial		m3				
				Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
				2%	0	0
4.2 Volumen no medido autorizado						
Cantidad		Unidad			Total	Unidad
F.valores en las reparaciones de tuberias	0	m3/a			(F+G+H) 4.2Volumen no medido autorizado	m3/a
G.Riego de áreas verdes publicas	0	m3/a				
H.Incendio	0	m3/a				
				Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
				2%	0	0
4.3. VOLUMEN MEDIDO NO FACTURADO (IEC)						
		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
IEC			m3/a	2%	0	0
		8. Volumen total medido no facturado				
		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
Volumen consumido autorizado (4.1+4.2+4.3)			m3/a		0	0
5. PÉRDIDAS APARENTES						
5.1 Consumo por errores de exactitud en micromedidores						
Cantidad		Unidad				
I.Volumen de consumo sin corregir		m3				
J.Error de exactitud del micromedidor %:		%				
		$\text{Vol. de ajuste} = \frac{\text{Vol. de consumo medio SIN corregir}}{\left(1 + \frac{\text{Error de exactitud del micromedidor (\%)}}{100}\right)} - \text{vol. de consumo medio SIN corregir}$				
		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
P. Volumen de ajuste		0.00	m3		0	0

Ilustración 4.- Hoja de Balance Hídrico.

5.2 Consumo de agua por desfase de lecturas						
K. Volumen de consumo de agua contabilizada del mes anterior al	Cantidad	Unidad		Total	Unidad	
L. Día del mes de la toma de lecturas :		dia	Q. Volumen de ajuste para inicio del periodo		m3	$V_{cai} = V_{cama} \frac{Dtlec}{Nma}$
M. No. días del mes anterior al periodo:		dias		Total	Unidad	
N. Volumen de consumo de agua contabilizada ultimo mes del periodo:		m3				$V_{cap} = V_{caup} \frac{Nmp - Dtlec}{Nmp}$
O. No. de días del último mes del periodo		dias	R. Volumen ajustado para el final del periodo		m3	
$V_{cat} = V_{cai} + V_{cap} - V_{caup}$			S. Volumen de consumo de agua ajustado total	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a
					m3	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$
						Varianza $V = \sigma^2$
						0
						0
5.3 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados:						
T. No. de conexiones descubiertas:	Cantidad	Unidad	X=W-V	Total	Unidad	
U. No. de meses ocultas:		meses	Y=X*U	0.00	m3	
V. Consumo promedio antes de su detección:		m3/mes	Z=Y*T	0	m3	Banda de precisión AB + 5 a 50%
W. Consumo promedio de la zona: (Incluye todos los volumens autorizados medidos y no medidos, facturados)		m3/mes	A.1 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados	0	m3	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$
						Varianza $V = \sigma^2$
						0
				Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%
			5 VOLUMEN TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	0	m3/a	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$
						Varianza $V = \sigma^2$
						0
						0
6. PÉRDIDAS REALES						
6.1 Volumen de fugas reparadas						
B.1. No. de fugas reparadas:	Cantidad	Unidad				$V_{fr} = N_{fr} * Q_{pf} * T_{pf} * 0.0864$
C.1. Caudal promedio de fugas:		mm/s		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%
D.1. Tiempo promedio de permanencia de fuga:		dias				Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$
coeficiente de conversion mm/m3						Varianza $V = \sigma^2$
Segun diametro de tubería		plg	6.1 Volumen de fugas reparadas	0	m3/a	0
						0
6.2 Pérdidas potenciales totales						
6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales						
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:	Cantidad	Unidad				$V_{epp} = V_{sumacorr} - V_{masc} - V_{unma} - V_{peridel}$
I. Volumen medido no facturado		m3		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%
4.2 Volumen no medido autorizado		m3				Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$
5.2 Volumen de pérdidas aparentes identificadas y eliminadas		m3	6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales	0	m3/a	Varianza $V = \sigma^2$
						0
5.2.1 Volumen de consumo autorizado		m3				0

Ilustración 5.- Hoja de Balance Hídrico.

6.2.2 Volumen de fugas reducibles						
	Cantidad	Unidad				
G.1 Volumen actual de fugas potencial total:		m ³				
$V_{fr20\%} = V_{app} - V_{fpl} = V_{fat} - 0.2 * V_{sumacorr}$						
USO DE UARL						
H.1 Volumen de fugas que permanecerán latentes:		m ³	Lm (Km)= 30	Nc= 3328	Lp(m)= 1.5	P(m)=
$H1= \text{UARL (m}^3\text{/year)} = (6.57 \times Lm + 0.292 \times Nc + 9.132 \times Lp) \times P$						
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:		m ³				
			6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 1)	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				0	m ³ /a	0
Porcentaje teórico según estudios a considerar para reducir pérdidas	20	%	6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 2)	Total	Unidad	Banda de precisión AB Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				0	m ³ /a	0
			6. Volumen por pérdidas reales	Total	Unidad	Banda de precisión AB Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				0	m ³ /a	0
			TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	0	m ³ /a	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
			TOTAL DE PÉRDIDAS REALES	0	m ³ /a	
			TOTAL DE PÉRDIDAS DE AGUA	0	m ³ /a	0
Costo por pérdidas						
Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo por producción	\$		-
	0.00	m ³ /a				
Costo de producción	0.06	\$/m ³				
Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo Venta al público	\$		-
	0.00	m ³ /a				
Costo de venta al público	0.6	\$/m ³				

Ilustración 6.- Hoja de Balance Hídrico.

2.4.2 Fase II

2.4.2.1 Tarea 1.- Cuantificación del suministro de Agua

En este tramo del procedimiento se usarán datos históricos de volumen producido por mes e inyectado a la red. El sector cuenta con un macromedidor instalado de manera permanente que provee registros de datos o tomas de lecturas cada 15 minutos en unidades l/seg.

Para medir errores de exactitud en macromedidores, se usará el registrado en la ficha técnica del equipo entregada por el fabricante.

Volumen de producción no registrada

En este paso para aquellos sectores que no cuenten con un micromedidor, es preferible y recomendable tomar datos de bases históricas. Luego se estimarán volúmenes producidos durante el balance. Este cálculo será guiado con las siguientes especificaciones y recomendaciones (CNA, 2009):

- Equipo debe ser ultrasónico o electromagnético.
- Equipo debidamente certificado y acreditado.
- El medidor debe estar a nivel, sin pendientes.
- Los codos y válvulas deberán estar situados a distancias considerables de la ubicación del medidor para lecturas más precisas.
- Considerando el eje del medidor se debe dejar 10 diámetros aguas arriba y 5 diámetros aguas abajo.
- Es fundamental la ubicación del medidor porque la presencia de burbujas de agua o algún otro microorganismo puede ocasionar una lectura errónea.
- La toma de lectura deberá ser cada 15 a 30 minutos.
- Cuando el caudal diario tiene un rango de desfase entre más menos 5%, se toma ese valor de caudal, pero si ocurre lo contrario se deberá a preceder a retomar la prueba de campo durante 24 horas y luego de esto se elaborará la tabla de demanda de agua como se muestra en la Ilustración 3. (CNA, 2009)

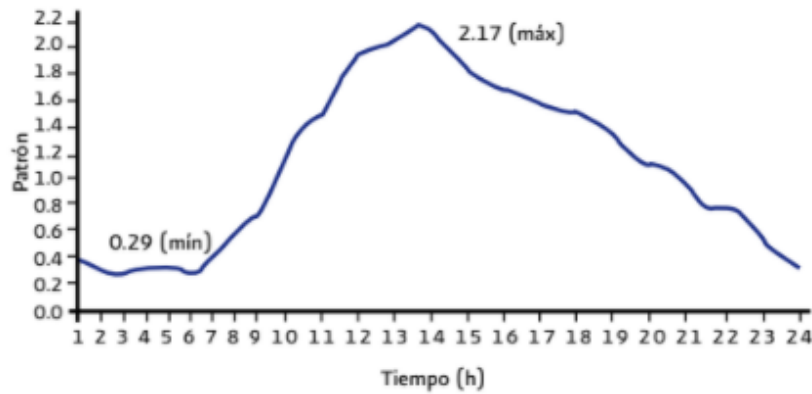


Ilustración 7. Curva de demanda de agua. Fuente: CNA, 2009.

Volumen estimado de agua producido

El volumen de las captaciones, reservorios, pozos y demás fuentes de distribución de agua se analiza mediante la fórmula (2.1) y luego se genera una base de datos de cada fuente generadora de agua por cada mes durante todo el periodo de análisis. El volumen que se obtiene por captación y por año es un volumen considerado sin corregir.

$$VepT = \sum_{i=1}^m 86.4 * Q_{mp} * \left(\frac{T_{ac} * i}{24}\right) T_{bal} \quad \text{Ec. (2-1)}$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>VepT</i>	Volumen estimado total de agua producida	m ³ /año
<i>Q_{mp}</i>	Caudal medio registrado en el equipo portátil	l/s
<i>T_{ac}</i>	Tiempo de operación anual de la captación	h/año
<i>T_{bal}</i>	Periodo de análisis del balance	días
<i>i</i>	Captación en turno	
<i>n</i>	Número total de captaciones en el sistema de agua potable	

Tabla 1.- Nomenclatura y definiciones de fórmula de volumen estimado

Corrección de volúmenes de producción por inexactitud de macromedidores instalados.

La forma más rápida, practica y económica de medir volúmenes de inexactitud es el de comparación de registros con un equipo portátil calibrado.

Fórmula para obtener el error de exactitud en %

$$Erre = \frac{(Q_{imp} - Q_{im})}{Q_{im}} \times 100 \quad Ec. (2-2)$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>Erre</i>	Error de exactitud	%
<i>Q_{im}</i>	Gasto instantáneo registrado en el macromedidor instalado	l/s
<i>Q_{imp}</i>	Gasto instantáneo registrado en el medidor portátil	l/s

Tabla 2.-Nomenclatura y definiciones de fórmula de error de exactitud.

Cuando se obtiene un resultado sea negativo indicará que el medidor está midiendo de menos (sub-medición) y por lo contrario sería macromedición.

2.4.2.2 Tarea 2.- Estimar consumos medidos autorizados

En este siguiente paso se calculará el volumen mensual autorizado total es decir la cantidad medida exacta que consumió el cliente en el mes durante el periodo de análisis por cada diferente tipo de uso o por cada categoría las cuales son: domestico, comercial, servicios públicos, industrial y hotelero.

Estos valores pueden tener errores en la toma de lectura o error en la exactitud de micromedidores por ende este valor será consumo medido autorizado sin corregir.

2.4.2.3 Tarea 3.- Estimar consumos no medidos autorizados.

Esta tarea se refiere al consumo mensual a base de estadísticas, registros en periodos pasados que la empresa gestora de agua ha registrado en su base de datos y a su vez éste registro comprende a la sumatoria de volúmenes de vaciados en las reparaciones de tuberías, riego de áreas verdes públicas y agua para combatir incendios. Es útil recalcar que este volumen de agua no

genera ingreso para la empresa. Es un volumen consumido, tomado en cuenta para el balance hídrico, pero se ubica en la zona de pérdidas potenciales.

2.4.2.4 Tarea 4.- Estimar las pérdidas identificadas y eliminadas

En esta tarea se identificarán las pérdidas que son fácil de identificar para el balance hídrico, es aquel volumen que durante un periodo de tiempo le generó un volumen de pérdida y valor económico negativo al ente operador. Las pérdidas de agua identificables consideradas por (CNA, 2009) son las siguientes:

- A) Volumen por inexactitud de micromedidores.
- B) Volumen por desfase de lectura en medidores
- C) Volumen de agua por usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados, es decir que la empresa de agua tiene conocimiento de estos usuarios y se genera un volumen estándar para este sector.
- D) Volumen por fugas detectadas y eliminadas.

Una vez más se usará el porcentaje de error de exactitud del micromedidor, como se mencionó anteriormente se usará la ficha técnica del equipo, pero también existe el muestro de campo el cual consiste en usar un micromedidor ya en campo y operativo en la red de agua potable, se realiza pruebas comparativas en campo contra un recipiente certificado y se calcula el porcentaje de error con la siguiente ecuación:

$$Erre = \frac{(Q_{imp} - Q_{im})}{Q_{im}} \times 100 \quad \text{Ec. (2-2)}$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>Erre</i>	Error de exactitud	%
<i>Q_{im}</i>	Gasto instantáneo registrado en el macromedidor instalado	l/s
<i>Q_{imp}</i>	Gasto instantáneo registrado en el medidor portátil	l/s

Tabla 2.

2.4.2.5 Muestro en campo

La determinación del error de exactitud de micromedidores no es tomada en cuenta por motivos económicos y por cuestión tiempo en varias ocasiones. Por ende, se prefiere realizar tomas con rango de tiempo llamado muestreo estadístico de campo, escogiendo aleatoriamente a un grupo equipos de prueba, esto es netamente representativo de la población en estudio. (CNA, 2009)

El muestreo de error de exactitud de campo consiste en dos equipos fundamentales, un recipiente certificado y un accesorio de conexión a la caja del domicilio y se procede con lo siguiente:

- Se debe llevar registro de los datos del usuario.
- Se conecta el micromedidor de la toma domiciliaria. No debe existir aire en la manguera.
- Se toma lectura del micromedidor.
- Unidades en que debe estar la lectura tomada es litros y decilitros.
- Se llena el recipiente calibrado hasta los 20 litros.
- Se toma nuevamente la lectura.
- Se registran los datos.
- La prueba se repite tres veces más.
- Se emplea la fórmula y se hace un promedio.

(CNA, 2009)

Cálculo del volumen de agua ajustado:

El volumen de ajuste total es incluido en el cálculo de las pérdidas nombrado consumo por error de exactitud en micromedidores. En esta ocasión el volumen de consumo sin corregir será el volumen consumido autorizado total. El porcentaje de error de exactitud en es otorgado por la empresa gestora de agua y oscila con una diferencia de 1% cada año.

$$Vol. de ajuste = \frac{Vol. de consumo medio SIN corregir}{\left(1 + \frac{Error de exactitud del micromedidor (\%)}{100}\right)} - vol. de consumo medio SIN corregir \quad Ec. (2-3).$$

Volumen de agua por desfase en periodos de lectura

Por lo general el periodo de balance hídrico no coincide con las fechas de toma de lectura de micromedidores. Es importante tener información del año anterior al año de estudio, ya que se necesitará el consumo del último mes del año anterior y el número de días. El ajuste se halla con las siguientes fórmulas:

$$Vcai = Vcama \frac{Dtlec}{Nma} \quad Ec. (2-4).$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>Vcai</i>	Volumen de consumo de agua ajustado para el inicio del periodo.	M ³
<i>Vcama</i>	Volumen de consumo de agua contabilizado en el mes anterior al periodo	M ³
<i>Dtlec</i>	Día del mes de la toma de lecturas	día
<i>Nma</i>	Número de días del mes anterior al periodo	días

Tabla 3.-Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen ajustado al inicio del periodo.

$$Vcap = Vcaup \frac{Nmp - Dtlec}{Nmp} \quad Ec.(2-5)$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>Vcap</i>	Volumen de consumo de agua ajustado para el final del periodo.	M ³
<i>Vcaup</i>	Volumen de consumo de agua contabilizado en el último mes del periodo	M ³
<i>Nmp</i>	Número de días del último mes del periodo	días

Tabla 4.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen ajustado al final del periodo

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>Vcat</i>	Volumen de consumo de agua ajustado total	M ³

$$V_{cat} = V_{cai} + V_{cap} - V_{caup}$$

Ec. (2-6).

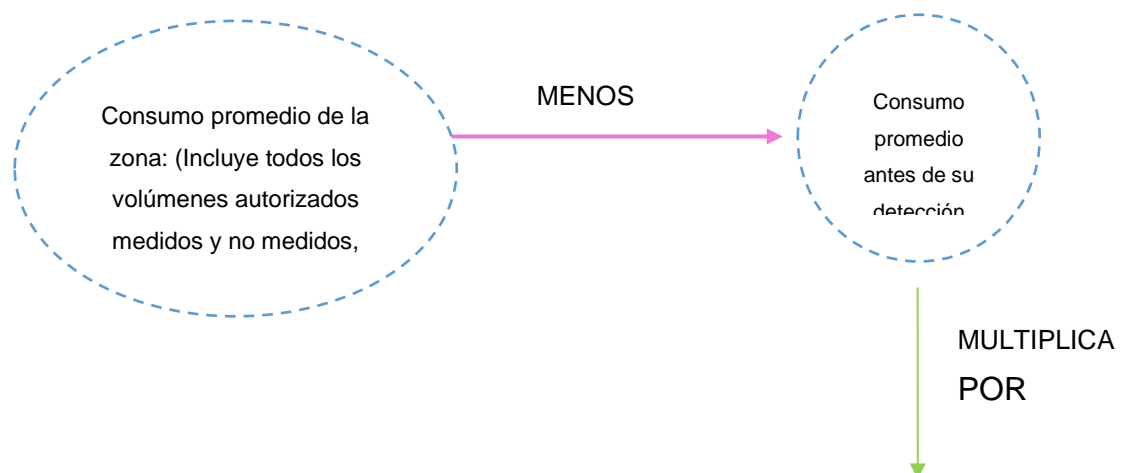
Volumen de agua generado por usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados *Tabla 5.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen de consumo de agua ajustado total.*

usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados

Esta categoría abarca aquellos usuarios que se han conectado a la red de forma clandestina pero descubiertas a tiempo por el ente operador por esta razón se denominan eliminadas porque luego de su detección ya no generó más pérdidas. Las características son las siguientes:

- A) Conexiones no autorizadas ni registradas.
- B) Conexiones autorizadas.
- C) Uso ilegal, ya que el destino del agua consumida es diferente al registrado en el ente operador.

El volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados se obtiene de la siguiente forma sencilla:



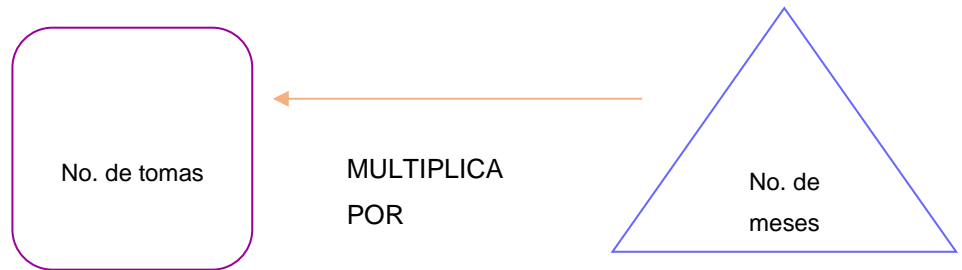


Ilustración 8.- Organigrama de pasos a seguir para obtener el volumen de usuarios fraudulentos

Volumen de fugas reparadas

Para obtener el estimado de volumen de fugas reparadas se necesita conocer la cantidad de fugas reparadas al año, conocer el caudal promedio según el diámetro de la tubería y lo más importante saber el tiempo promedio que la fuga ha permanecido oculta sin ser detectada.

Para las subdivisiones se estima el volumen con la siguiente ecuación:

Nomenclatura	Definición	Unidad
V_{fr}	Volumen de fugas reparadas	M ³
$V_{fr} = N_{fr} * Q_{pf} * T_{pf} * 0.0864$	Ecuación para el volumen de fugas reparadas	Ec. (2-7).
Q_{pf}	Caudal promedio de fugas	mmL/s
T_{pf}	Tiempo promedio de permanencia de las fugas, desde el inicio del periodo del balance de agua hasta ser reparada	días
0.0864	Coficiente de conversión de mml/s a m ³	

Tabla 6.- Volumen de fugas reparadas.

2.4.2.6 Tarea 5.- Estimación de pérdidas potenciales totales.

Este volumen es el agua que ingreso a la red desde su toma y que no se contabiliza ya sea por fugas permanentes no detectadas y por consumidores que la empresa no tiene control o detección de estos consumidores. Destino final de esta agua se desconoce. En este paso, ya se han obtenido con anterioridad ciertos datos como el volumen de suministro de agua corregido, el consumo autorizado, las pérdidas identificadas y eliminadas pero un dato histórico por lecturas es el volumen medido no facturado que se entiende que

es una pérdida existente, pero no se conoce aún su destino. Este volumen de agua se obtiene con la siguiente expresión matemática:

$$V_{epp} = V_{sumacorr} - V_{masc} - V_{unma} - V_{peridel} \quad \text{Ec. (2-8).}$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
<i>V_{epp}</i>	Volumen estimado de pérdidas potenciales totales	M ³
<i>V_{sumacorr}</i>	Volumen de suministro total de agua corregido	M ³
<i>V_{masc}</i>	Volumen consumido medido total autorizado sin corregir	M ³
<i>V_{unma}</i>	Volumen consumido total no medido autorizado	M ³
<i>V_{peridel}</i>	Volumen de pérdidas totales identificadas y eliminadas	M ³

Tabla 7.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen estimado de pérdidas potenciales totales.

Volumen consumido. - es la cantidad de agua, medida o no, que reciben los consumidores independientemente si están o no registrados en el organismo operador. Este corresponde al volumen facturado que se reporta a la empresa de agua.

Volumen suministrado. - es la cantidad de agua producida o extraída de las fuentes de abastecimiento.

Para calcular el deterioro de la tubería, toma domiciliaria y otros elementos la IWA recomienda la utilización del indicador de fugas estructural (IFE) que se obtiene de la siguiente ecuación:

Nomenclatura	Definición	Unidad
VIF	Indicador del volumen de fugas	(m3/toma/día)
UMF	Umbral mínimo de fugas	(m3/toma/día)
VOLif	Volumen de fugas en el sistema	m3
t	Tiempo de operación del sistema	días
nt	Numero total de tomas domiciliarias registradas	
A,B y C	Constantes que ponderan la variable que acompañan y que han sido determinadas con un análisis estadístico de 20 países ⁶ ; A=18, B=0.8, C=25	km
Longf	Longitud total de las tuberías de la red de distribución	km
Longt	Suma de las longitudes de todas las tomas domiciliarias	m.c.a
Pmed	Carga de presión media en la red de distribución	m3

Ilustración 9.- Nomenclatura y definición de la fórmula de indicador de fugas.

$$IFE = \frac{VIF}{UMF} = \frac{nt \frac{Volif}{tnt}}{(ALongr + Bnt + CLong)Pmed} = \frac{Volif}{d(ALongr + Bnt + CLongt)Pmed} \quad Ec. (2-9).$$

2.4.3 FASE III

2.4.3.1 Pérdidas reducibles y acciones

Aquí encontramos las famosas fugas latentes las cuales no se detectan fácilmente con aparatos. Existe un valor teórico recomendado para obtener un equilibrio económico en el tema de reducir pérdidas, éste valor oscila entre el 15% y 20 %, en el desarrollo de trabajo investigativo se analizará por dos caminos:

1) Obteniendo el volumen de fugas que permanecerán latentes usando el UARL (pérdidas reales anuales inevitables), se necesita tener como dato la longitud de la red, número de conexiones, longitud de tubería subterránea y presión promedio del año en estudio.

$$UARL \left(\frac{m3}{year} \right) = (6.57xLm + 0.292xNc + 9.132xLp)xP \quad Ec. (2-10).$$

2) Anteriormente se halló el volumen actual de fugas potencial total que es una pérdida real y a su vez éste se multiplicará por el volumen suministrado corregido.

$$V_{fr20\%} = V_{epp} - V_{fpl} = V_{fat} - 0.2 * V_{sumacorr} \quad Ec. (2-11).$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
$V_{fr20\%}$	Volumen de fugas reducibles al 20%	M ³
V_{epp}	Volumen actual de fugas potencial total	M ³
V_{fpl}	Volumen de fugas que permanecerán latentes	M ³
$V_{sumacorr}$	Volumen de suministro total de agua corregido.	M ³

Tabla 8.- Nomenclatura y definiciones de fórmula del volumen de fugas reducibles al 20%.

2.4.3.2 Beneficios de la reducción de pérdidas.

El beneficio al aplicar métodos para reducir grandes cantidades de agua perdida, representaría aproximadamente 50% de reducción de agua y beneficioso para un pronóstico de 90 millones de habitantes. (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH, 2011). ¿Qué representa o engloba lo antes presentado? Representa ahorro en costos de producción y distribución de agua. Los beneficios indirectos al reducir fugas son:

- a) Desfase en construcción de nueva infraestructura de agua y energía eléctrica.
- b) Disminución del deterioro de infraestructura existente.
- c) Reducción del mantenimiento excesivo.

(Comisión Nacional del Agua, 2009)

2.4.3.3 Beneficios por ahorro de energía eléctrica por reducción de fugas

El beneficio directo en la reducción de pérdidas de agua es en que existiría un valor contabilizado de bombeo con y sin fugas. Si existe menos carga

dinámica, existiría menos bombeo lo cual es directamente proporcional, llevando esto al ámbito económico, sería menos kilowatts-hora de consumo. Así se obtendría un resultado tangible de ahorro económico, energético e hídrico.

2.4.3.4 Costo y tiempo de la reducción y control de fugas.

Para proceder con el cálculo del costo de reducción de fugas se necesita de base los siguientes datos:

- Caudal unitario de fugas

Unidad:(l/s/fuga)

- Costo unitario de reparación

Unidad:(\$/fuga)

- Volumen total de agua de fugas por reducir para alcanzar el 20%

Unidad:(m³)

El procedimiento a seguir es el siguiente según (CNA, 2009):

- 1) Estimar número de fugas por reparar en tomas domiciliarias, cajas de válvulas y tuberías.
- 2) Dividir el volumen respectivo entre el caudal unitario de fuga.
- 3) Se multiplica este número por su costo correspondiente.
- 4) La suma de los tres costos anteriores será el costo total de la reducción de fugas.

Una vez obtenido y recopilado todos los datos de la hoja del balance hídrico, se procede a realizar la **determinación de banda de precisión** donde:

Nomenclatura	Definición	Banda de precisión
Volúmenes medidos	Ingreso en el sistema consumo medido, exportación medida	+0.1 a 2%
Volúmenes estimados	Consumo no medido, pérdidas aparentes	+5 a 50%
Volúmenes derivados	Agua no facturada, pérdidas reales	Depende de la exactitud de datos de ingreso medido y estimado

Ilustración 10.- Origen y exactitud de datos Fuente: VAG&GIZ- Guía técnica.

2.4.3.5 Banda de precisión

La banda de precisión depende de si el componente del balance que se está hallando es la fuente de salida a la red, si son pérdidas aparentes o pérdidas reales.

Se procede a la determinación de la desviación estándar de cada componente del balance hídrico con la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{Q * AB}{1.96} \quad \text{Ec. (2-12).}$$

Nomenclatura	Definición	Unidad
σ	Desviación estándar	m3
Q	Componente del balance hídrico	m3
AB	Precisión del componente	m3
<i>Vol_{sumacorr}</i>	Volumen de suministro total de agua corregido	m3

Tabla 9.- Nomenclatura y definiciones de fórmula de la desviación estándar.

2.4.3.6 Determinación de la varianza

La varianza de cada componente del balance hídrico es calculada para cada uno de forma independiente de la siguiente forma:

$$V = \sigma^2 \quad \text{Ec. (2-13).}$$

La unidad de la varianza depende de la unidad principal del volumen que se emplee en el proyecto.

3 CAPITULO III: Desarrollo del Proyecto y exposición de resultados.

En este capítulo se desarrollará el trabajo en curso. Se analizarán tres años consecutivos para ver como los resultados varían en los siguientes puntos fundamentales de investigación:

- Volumen de consumo autorizado
- Volumen de pérdidas reales
- Volumen de pérdidas aparentes

3.1 Ubicación

El proyecto en estudio comprende el sector denominado Cristo Del Consuelo, al sur de la ciudad de Guayaquil. El área comprende un promedio de usuarios registrados y medidos desde 3,328 a 3,384. El área en estudio es de 221,065.34 m².



Ilustración 11.- Ubicación del área en estudio mediante Google Earth.

Es de fundamental importancia analizar los valores obtenidos por conexiones clandestinas y por fugas porque este valor en un futuro investigativo puede ser útil para la empresa gestora de agua para tener un criterio de estudio tanto económico como para evitar usuarios clandestinos y más aun no tener pérdidas de cifras considerables de agua potable que van en aumento.

Se ha considerado un valor de error de macromedidores del 0.5% para considerarse en el valor que sale de la fuente de captación hacia la red de distribución de este sector.

Los porcentajes para consumos medidos autorizados han sido designados a criterio de estudio, es decir que el consumo doméstico al 70%, consumo comercial 20% y consumo de servicios públicos al 10%. Los porcentajes asignados al consumo no medido autorizado se detallan de la siguiente manera: vaciados en las reparaciones de tuberías el 90%, riego de áreas verdes el 8% y designado para consumo de incendio 2%.

A continuación, se plasman las hojas del balance hídrico del sector CRO-025 designado para el estudio investigativo. Cada una de ellas contempla los valores de consumo autorizado, pérdidas reales y aparentes. El volumen no medido no facturado que no se conoce su destino final, pero por medio de teoría se ubicará este valor en el ítem de volumen consumido autorizado ya que igual genera un valor representativo.

3.2 Análisis de datos según el año de estudio.

3.2.1 Análisis del 2018-2019-2020

En el año 2018 el sector cuenta con 3,328 predios registrados. El valor inyectado a la red de agua potable desde la toma fue de 1, 184,492.16 m³. El sector cuenta con una sola captación llamada “La Toma”. El porcentaje de error de macromedidores ha sido considerado el 0.5%. La banda de precisión para éste volumen ha sido considerada de 0.5%

En el año 2019 el sector cuenta con 3,358 predios registrados. El valor inyectado a la red de agua potable desde la toma fue de 1, 181,653.92 m³. El sector cuenta con una sola captación llamada “La Toma”. El porcentaje de error de macromedidores ha sido considerado el 0.5%. La banda de precisión para éste volumen ha sido considerada de 0.5%

En el año 2020 el sector cuenta con 3,384 predios registrados. El valor inyectado a la red de agua potable desde la toma fue de 1, 311,897.60 m³. El sector cuenta con una sola captación llamada “La Toma”. El porcentaje de error de macromedidores ha sido considerado el 0.5%. La banda de precisión para éste volumen ha sido considerada de 0.5%

3.2.1.1 Consumo Autorizado 2018-2019-2020

Este dato fue entregado por la empresa gestora de agua, pero a criterio propio e ingenieril se otorgó los porcentajes antes mencionado para el volumen medido autorizado y para el volumen no medido autorizado. El volumen total de consumo autorizado resulta de la sumatoria del volumen medido autorizado, volumen no medido autorizado y del volumen medido no

facturado. Cabe indicar que este volumen es sin corregir. La banda de precisión para el volumen de consumo total es del 2%, se otorgó este valor ya que es un valor medido real y así otorgarle mayor precisión.

3.2.1.2 Pérdidas aparentes

1.-Consumo por errores de exactitud en micromedidores

En este paso se necesita un valor de error de exactitud de micromedidor, el cual es -10.15%.

2.-Consumo de agua por desfase de lecturas.

El número de días del último mes del periodo es igual al número de días del último mes del periodo anterior, por ende, son 31 días, es muy importante conocer el día en que se ha tomado la lectura. Aquí se ajusta el volumen al inicio y al final del periodo. Luego para tener el volumen ajustado total se sumarán los dos volúmenes anteriores y se restará el volumen del último mes del periodo. La banda de precisión es del 2%.

3.- Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados.

Se ha estimado un valor de conexiones descubiertas el cual es el resultado del 5% de las cuentas del sector y el número de meses ocultas de igual forma estimado, no olvidemos que es un ejercicio académico acercándose a la realidad. El promedio de la zona por predio se lo obtuvo de la división entre el consumo promedio de la zona para el número de predios en el año. El porcentaje de banda de precisión fue del 50%.

Para obtener el total de pérdidas aparentes se suma literal 1, 2 y 3.

3.2.1.3 Pérdidas reales

- 1) Volumen de fugas reparadas. - Según el diámetro de la tubería se pudo obtener el caudal promedio de fugas. Se otorgó a criterio el tiempo promedio de permanencia de fugas y la cantidad de fugas reparadas. La banda de precisión del 50%.

- 2) Pérdidas reales potenciales totales. - En este punto del análisis ya contamos con todos los valores que requiere el ítem. Se resta del volumen suministrado de agua corregido los consumos autorizados totales y las pérdidas aparentes identificadas y eliminadas.
- 3) Volumen de fugas reducibles. - Aquí es fundamental y necesario calcular el UARL para hallar el volumen de fugas que permanecerán latentes. Aquí se hizo algo particular, la formula y estudio de la misma presenta dos caminos para hallar el valor. La estimación 2 arrojó un valor negativo por el cual con la estimación 1 se hizo un promedio de ambas.

Las pérdidas reales se obtienen de la sumatoria de los tres pasos anteriores ya mencionados.

3.2.2 Resultados del 2018

En el año 2018 las pérdidas aparentes son de 877,479.39 m³ y las pérdidas reales de 371,689.56 m³. El consumo autorizado es de 877,479.39m³ al año. Se hallaron los límites superior e inferior de los componentes del recuadro, se visualiza a continuación.

Resultados obtenidos en el periodo 2018					
	Volumen Inyectado a la red (m3)	Consumos Autorizados (m3)	Pérdidas Aparentes (m3)	Pérdidas Reales (m3)	Total de pérdidas de agua (m3/a)
	1,184,492.16	877,479.39	117,089.91	371,689.56	488,779
Banda de precisión	+/- 0.50%	+/- 1.83%	+/- 7.41%	+/- 37.66%	+/- 28.69%
Límite superior	-	893,531.05	125,771.45	511,662.61	629,021.49
Límite inferior	-	861,427.73	108,408.36	231,716.51	348,537.45
Comprobación de límites	-	-	357,487.96		348,537.45
(Pérdidas)	-	-	620,070.98		629,021.49

Ilustración 12.- Resultados del 2018

Los límites obtenidos para las pérdidas se asemejan mucho a los límites de las pérdidas reales, quizás la razón de que no llegan a ser iguales es por la banda de medición consideraba en un 50% ya que es alto. Es importante saber que se decidió usar el 50% para tener un punto de equilibrio para precisión de datos.

3.2.3 Resultados del 2019

En el año 2019 las pérdidas aparentes son de 121,366.86 m³ y las pérdidas reales de 366,532.46 m³. El consumo autorizado es de 886,844.02 m³ al año. Se hallaron los límites superior e inferior de los componentes del recuadro, se visualiza a continuación.

Resultados obtenidos en el periodo 2019					
	Volumen Inyectado a la red (m ³)	Consumos Autorizados (m ³)	Pérdidas Aparentes (m ³)	Pérdidas Reales (m ³)	Total de pérdidas de agua (m ³ /a)
	1,181,653.92	886,844.02	121,366.86	366,532.46	487,899
Banda de precisión	+/- 0.50%	+/- 1.83%	+/- 3.98%	+/- 38.12%	+/- 28.66%
Límite superior	-	903,035.65	126,194.27	506,267.75	627,717.97
Límite inferior	-	870,652.39	116,539.45	226,797.17	348,080.67
Comprobación de límites (Pérdidas)	-	-	352,991.44		348,080.67
	-	-	622,807.20		627,717.97

Ilustración 13.- Resultados del 2019.

3.2.4 Resultados del 2020

En el año 2020 las pérdidas aparentes son de 131,288.23 m³ y las pérdidas reales de 549,320.42 m³. El consumo autorizado es de 922,451.68 m³ al año. Se hallaron los límites superior e inferior de los componentes del recuadro, se visualiza a continuación.

Resultados obtenidos en el periodo 2020					
	Volumen Inyectado a la red (m ³)	Consumos Autorizados (m ³)	Pérdidas Aparentes (m ³)	Pérdidas Reales (m ³)	Total de pérdidas de agua (m ³ /a)
	1,311,897.60	922,451.68	131,288.23	549,320.42	680,609
Banda de precisión	+/- 0.50%	+/- 1.75%	+/- 2.39%	+/- 35.06%	+/- 28.30%
Límite superior	-	938,636.02	134,419.47	741,931.75	873,245.44
Límite inferior	-	906,267.34	128,157.00	356,709.09	487,971.87
Comprobación de límites (Pérdidas)	-	-	491,128.56		487,971.87
	-	-	870,088.75		873,245.44

Ilustración 14.- Resultados del 2020.

3.2.5 Resultados por costo de pérdidas 2018-2019-2020

El costo de pérdidas depende del valor monetario asignado. Se ha asumido un valor por costo de producción de \$ 0.06, valor referencial, ya que la empresa de agua se reserva la información. Se asumió de igual manera para

el costo de venta al público \$ 0.60. El total de pérdidas de agua ha sido multiplicado según el año por cada uno de estos valores de costo. Si la empresa genera grandes volúmenes de agua y tiene capacidad de ampliar su producción, el costo podrá ser asumido como costo de producción, pero si en ente no tiene mayor capacidad para producir y repartir grandes volúmenes de agua, el costo será a costo de venta al público y sus pérdidas serán mayores.

2018		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de producción (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 por producción (\$)
488,779	0.06	\$ 29,326.77

2019		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de producción (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 por producción (\$)
487,899	0.06	\$ 29,273.96

2020		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de producción (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 por producción (\$)
680,608.65	0.06	\$ 40,836.52

Tabla 10.- Costo de pérdidas anuales

2018		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de Venta al público (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 venta al público (\$)
488,779.47	0.60	\$ 293,267.68

2019		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de Venta al público (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 venta al público (\$)
487,899.32	0.60	\$ 292,739.59

2020		
Total de pérdidas de agua (m3)	Costo de Venta al público (\$/m3)	Costo de perdidas según valor m3 venta al público (\$)
680,608.65	0.60	\$ 408,365.19

Tabla 11.- Costo de pérdida anual con valor de venta al público.

3.2.6 Tabulación de resultados e interpretación

3.2.6.1 Volumen Inyectado a la red.

Se puede visualizar claramente que el volumen inyectado a la red de distribución de agua en los primeros dos años existe un descenso y en el tercer año incrementa aproximadamente 200,000.00 m³ más. La relación de los primeros años se puede inferir en detección de pérdidas identificadas y eliminadas a tiempo, por ende, ese volumen en exceso no se distribuyó en siguiente año. En el 2020 hubo un incremento de predios de 3328 a 3384 registrados.

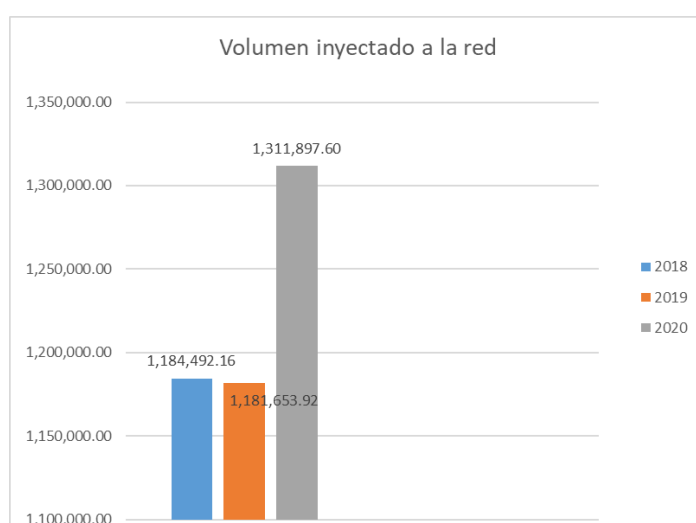


Ilustración 15.- Volumen inyectado por año.

3.2.6.2 Consumos autorizados anuales.

Los consumos anuales fueron comprendidos en consumos medidos autorizados, consumos no medidos autorizados y consumo no medido no facturado para poder obtener un valor total de consumos autorizados, se sumaron las tres tareas anteriores. Estos consumos son consumos reales, medidos en el equipo por la empresa de agua potable, estableciendo así un registro histórico. Esta tarea nos indica que por año hay un aumento de 10,000.00 entre los dos primeros años y en el último año se triplica el valor de aumento anterior; indica que de alguna otra manera hay un volumen ya contabilizado sin saber su destino final y un leve aumento de predios registrados hasta el final del estudio.

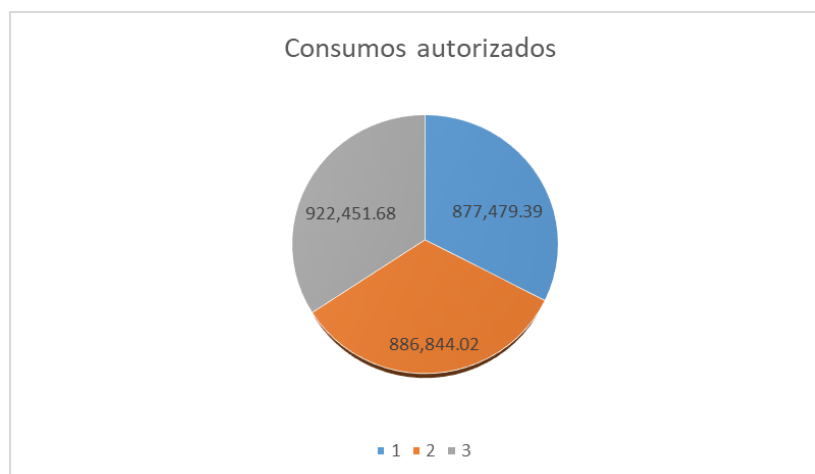


Ilustración 16.- Consumos autorizados anuales.

3.2.6.3 Pérdidas anuales.

Las pérdidas totales globales, considerando las pérdidas reales y las pérdidas aparentes se ha estimado a través del método top-down que entre el año 2018 y 2019 hubo un leve decremento posiblemente debido a acciones tomadas adecuadamente para evitar de cierta forma que las pérdidas vayan en aumento. Caso contrario ocurre en el año 2020 donde el aumento de pérdidas es notorio, aumentó aproximadamente un cincuenta por ciento de las pérdidas totales del 2019.



Ilustración 17.- Gráfica de pérdidas anuales.

Es notorio el aumento de pérdidas en el año 2020 comparado con los otros dos años, los cuales tienen una diferencia inicial mínima. Podemos observar que las pérdidas aparentes van en aumento cada año, es decir que más conexiones clandestinas, usuarios regularizados y aumento en pérdidas por desfase de lecturas. Una de las razones principales por las cuales se ha visto en aumento las pérdidas reales que son valores estimado al igual que las aparentes puede ser por la banda de precisión con la que se trabajó al 50%, esto también puede ocasionar un impacto en el resultado de las pérdidas obtenidas.

3.2.6.4 Costo de pérdidas anuales.

El costo de pérdidas dependerá del valor estimado considerado para el análisis, el cual es de \$0.06 costo de producción. Si la empresa gestora de agua tiene la capacidad de producir grandes volúmenes podrá considerar su pérdida económica con la siguiente gráfica.

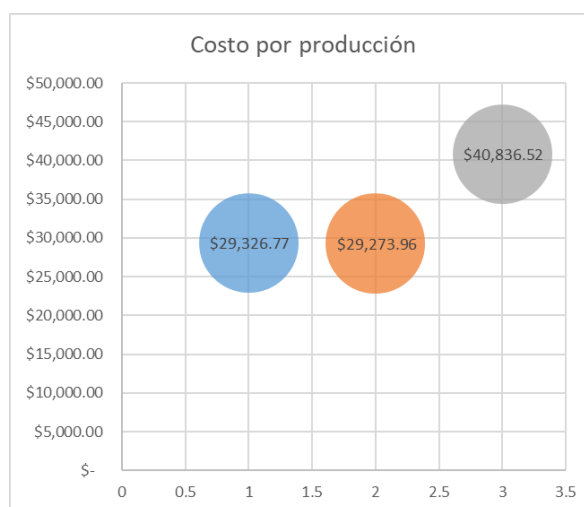


Ilustración 18.- Gráfica por costo de producción.

En este caso de igual manera el valor de venta al público estimado se ha considerado \$0.60, el valor de la tabla anterior, en este ejercicio es diez veces mayor. En caso de que la capacidad de producción de la empresa sea muy pequeña y no tenga la capacidad de ampliar su capacidad, el análisis deberá usar el valor de venta al público, contemplando mayor la pérdida económica.

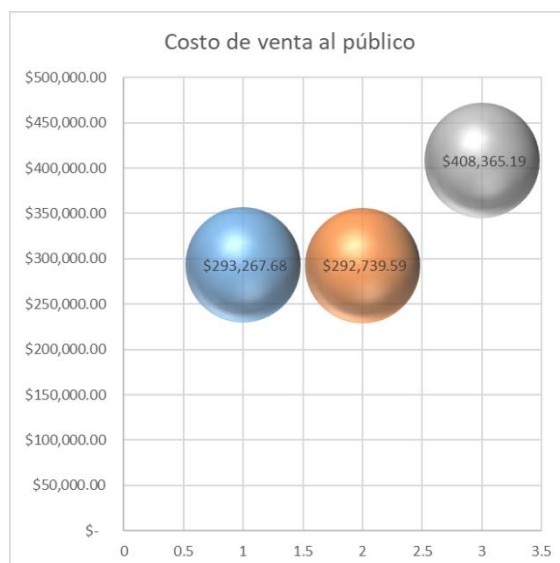


Ilustración 19.-Gráfica por costo de venta al público.

Las pérdidas reales y las pérdidas aparentes sin duda alguna van en aumento cada año a pesar de que la red haya sido renovada hace pocos años, pero qué sucede, se debe profundizar en el estudio de las pérdidas reales porque estas pérdidas a diferencia de las aparentes no se pueden reducir al 100%.

4 CAPITULO IV: Conclusiones y Recomendaciones

4.1 CONCLUSIONES

El balance hídrico y metodología propuesta nos muestra que anualmente existen variaciones de pérdidas tanto como aparentes y como pérdidas reales.

Las pérdidas reales por año habrían aumentado progresivamente, esto nos indicaría un aumento desmedido en las fugas, las cuales deberían ser detectadas y eliminadas a tiempo.

Las pérdidas aparentes englobarían en menor medida a aquellos usuarios clandestinos, los cuales han sido pocos y corresponderían a aquellos que fueron detectados y regularizados; dejando por fuera a todos aquellos usuarios clandestinos potencialmente existentes.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar más el estudio de las pérdidas que representa un volumen medido no facturado, ya que el balance sería complementado con

la ubicación u origen de este valor. El volumen medido no facturado es un volumen de consumo, que, si bien no se conoce exactamente su destino final, pero genera una pérdida en la facturación y en el volumen que se distribuye en la red.

El análisis en un futuro trabajo se debería analizar el costo para reparaciones de fugas y detección de conexiones clandestinas en base a la metodología propuesta.

Se sugiere complementar la metodología con el método botton-up para realizar una mejor estimación de pérdidas aparentes por usuarios fraudulentos,

5 Referencias

- CNA. (2009). *Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable*. Coyoacán.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH. (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua. En D. G.-A. GmbH, *Guía para la reducción de las pérdidas de agua* (pág. 3).
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and VAG-Armaturen GmbH. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*.
- IWA. (2018).
- Limberger, R. (2010). *NRW new approach*.
- Mideplan y Pontificia Universidad Católica de Chile. (1997). *Reducción de pérdidas en sistemas de agua potable*. Santiago.
- Muñoz, P. (29 de Marzo de 2017). *ISSUU*. Obtenido de ISSUU: https://issuu.com/pilarmunoz2/docs/metodologia_para_elaborar_balan ce_h
- Mutikanga, H. (2012). *Water Loss Management- Tools and methods for developing countries*. Delft.
- Paul V. Fanner, Reinhard Sturm, Julian Thornton, Roland Liemberger, Stephen E. Davis y Tanya Hoogerwerf. (2007). *LEAKAGE MANAGEMENT*. Denver.
- Rewrite, A. M. (2007). *Water Audits and Loss Control*.
- Thornton. (2008). *Water Loss Control Manual*.

6 Anexos

6.1 HOJA DE BALANCE HIDRICO DEL 2018

WATER AUDIT WORKSHEET: TOP-DOWN APPROACH								
PERIODO DE ANALISIS:		ENERO-DICIEMBRE 2018		a				
ZONA/ UBICACION:		CRO-025// CRISTO DEL CONSUELO-GUAYAQUIL		NO. USUARIOS: 3328				
RECOPIADO POR:		FABIOLA AURIA		FECHA DE RECOPIACION DE DATOS:				
INFORMACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION								
TIPO DE CONFIGURACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION:			DISTRIBUCION TRATADA AL POR MENOR					
1. AGUA SUMINISTRADA								
Volumen inyectado a la red		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$		
		1,184,492.16	m ³ /a	0.5%	3022	9,130,451		
2. FUENTE DE CAPTACION								
		Total	Unidad					
		1	U					
3. ERROR DE EXACTITUD EN MACROMEDIDORES								
$\left[\frac{Q_{medida} - Q_{real}}{Q_{real}} \right] \times 100$		Total	Unidad					
		0.50%	%					
4. CONSUMO AUTORIZADO								
4.1 Volumen medido autorizado								
	Cantidad	Unidad		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
A.Domestico	560,439	m ³						
B.Comercial	160,125	m ³	(A+B+C+D+E)					
C.Servicios publicos	80,063	m ³	Volumen medido autorizado	800,627	m ³ /a	2%	8170	66,743,326
D.Hotelero	0	m ³						
E.Industrial	0	m ³						
4.2 Volumen no medido autorizado								
	Cantidad	Unidad		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
F.Vaciados en las reparaciones de tuberias	43,204	m ³ /a						
G.Riego de áreas verdes publicas	3,840	m ³ /a	(F+G+H)					
H.Incendio	960	m ³ /a	4.2 Volumen no medido autorizado	48,004	m ³ /a	2%	490	239,944
4.3. VOLUMEN MEDIDO NO FACTURADO (IEC)								
				Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
		IEC	8. Volumen total medido no facturado	28,848	m ³ /a	2%	294	86,655
Volumen consumido autorizado (4.1+4.2+4.3)				Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
				877,479	m ³ /a	1.83%	8189.622951	67,069,924

6. PÉRDIDAS REALES									
6.1 Volumen de fugas reparadas									
		Cantidad	Unidad	$V_{fr} = N_{fr} * Q_{pf} * T_{pf} * 0.0864$					
B.1.No. de fugas reparadas:		20.00	u						
CL.Caudal promedio de fugas:		444.00	mm/l/s						
D1. Tiempo promedio de permanencia de fuga:		180.00	dias	Total	Unidad	Banda de precisión AB +/- 5 a 50%	Desviación estándar	Varianza	
coeficiente de conversión mm/m3		0.0864				$\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	$V = \sigma^2$		
Segun diametro de tubería		0.50	plg	138,102	m3/a	50%	35,230	1,241,155,776	
6.2 Pérdidas potenciales totales									
6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales									
		Cantidad	Unidad	$V_{epp} = V_{sumacorr} - V_{masc} - V_{unma} - V_{peridel}$					
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:		1,178,570	m3						
I. Volumen medido no facturado		28,848	m3	Total	Unidad	Banda de precisión AB +/- 5 a 50%	Desviación estándar	Varianza	
4.2.Volumen no medido autorizado		48,004	m3			$\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	$V = \sigma^2$		
5.2.Volumen de pérdidas aparentes identificadas y eliminadas		117,090	m3	184,000	m3/a	50%	46,939	2,203,258,295	
5.2.1 Volumen de consumo autorizado		800,627	m3						
6.2.2 Volumen de fugas reducibles									
		Cantidad	Unidad	$V_{fr20\%} = V_{epp} - V_{fpl} = V_{fai} - 0.2 * V_{sumacorr}$					
G.1 Volumen actual de fugas potencial total:		184,000	m3						
USO DE UARL		$H1 = \text{UARL (m}^3\text{/year)} = (6.57 * Lm + 0.292 * Nc + 9.132 * Lp) * P$							
H.1 Volumen de fugas que permanecerán latentes:		33,112	m3	Lm (Km)= 30	Nc= 3328	Lp(m)= 1.5	P(m)= 28		
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:		1,178,570	m3	Total	Unidad	Banda de precisión AB +/- 5 a 50%	Desviación estándar	Varianza	
						$\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	$V = \sigma^2$		
			6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 1)	150,888	m3/a	50%	38,492	1,481,627,994	
			6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 2)	-51,714	m3/a	50%	-13,192	174,034,901	
Porcentaje teórico según estudios a considerar para reducir pérdidas		20	%	Total	Unidad	Banda de precisión AB +/- 5 a 50%	Desviación estándar	Varianza	
			6. Volumen por pérdidas reales	371,690	m3/a	37.7%	71414.82315	5,100,076,966	
				Total	Unidad	Banda de precisión AB +/- 5 a 50%	Desviación estándar	Varianza	
TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES				117,090	m3/a				
TOTAL DE PÉRDIDAS REALES				371,690	m3/a				
TOTAL DE PÉRDIDAS DE AGUA				488,779	m3/a	29%	71552.05232	5,119,696,191	
Costo por pérdidas									
Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo por producción	\$	29,326.77				
Costo de producción	488,779.47	m3/a							
	0.06	\$/m3							
Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo Venta al público	\$	293,267.68				
Costo de venta al público	488,779.47	m3/a							
	0.6	\$/m3							

5. PÉRDIDAS APARENTES

5.1 Consumo por errores de exactitud en micromedidores

$$\text{Vol. de ajuste} = \frac{\text{Vol. de consumo medio SIN corregir}}{\left(1 + \frac{\text{Error de exactitud del micromedidor (\%)}}{100}\right)} - \text{vol. de consumo medio SIN corregir}$$

	Cantidad	Unidad
I. Volumen de consumo sin corregir	886,844	m3
J. Error de exactitud del micromedidor %:	-11.15	%

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
P. Volumen de ajuste	111,292	m3	2%	1136	1,289,666

5.2 Consumo de agua por desfase de lecturas

	Cantidad	Unidad
K. Volumen de consumo de agua contabilizada del mes anterior al periodo:	75,913	m3
L. Día del mes de la toma de lecturas :	15.00	día
M. No. días del mes anterior al periodo:	31	días
N. Volumen de consumo de agua contabilizada ultimo mes del periodo:	72,797	m3
O. No. de días del último mes del periodo	31	días

	Total	Unidad
Q. Volumen de ajuste para inicio del periodo	36,732	m3

$$V_{cai} = V_{cama} \frac{Dtlec}{Nma}$$

	Total	Unidad
R. Volumen ajustado para el final del periodo	37,573	m3

$$V_{cap} = V_{caup} \frac{Nmp - Dtlec}{Nmp}$$

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
S. Volumen de consumo de agua ajustado total	1,508	m3	2%	15	237

$$V_{cat} = V_{cai} + V_{cap} - V_{caup}$$

5.3 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados:

	Cantidad	Unidad
T. No. de conexiones descubiertas:	83.95	Unidad
U. No. de meses ocultas:	6.00	meses
V. Consumo promedio antes de su detección:	5.00	m3/mes
W. Consumo promedio de la zona: (Incluye todos los volumens autorizados medidos y no medidos, facturados	22.01	m3/mes

	Total	Unidad
X=W-V	17.01	m3
Y=X*U	102.05	m3
Z=Y*T	8,567	m3
A.1 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados	8,567	m3

	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
	50%	2185	4,776,288

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
(S+A.1+5.3)					
5 VOLUMEN TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	121,367	m3/a	3.98%	2463	6,066,190

6. PÉRDIDAS REALES						
6.1 Volumen de fugas reparadas						
	Cantidad	Unidad				
B.1.No. de fugas reparadas:	24.00	u				$V_{fr} = N_{fr} * Q_{pf} * T_{pf} * 0.0864$
C1. Caudal promedio de fugas:	444.00	mml/s				
D1. Tiempo promedio de permanencia de fuga:	180.00	días				
coeficiente de conversión mml/m3	0.0864		0.1 * C1 * D1 * 0.0864			
Segun diámetro de tubería	0.50	plg	6.1 Volumen de fugas reparadas	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				165,722	m3/a	50% 42,276 1,787,264,317
6.2 Pérdidas potenciales totales						
6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales						
	Cantidad	Unidad				
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:	1,175,746	m3				$V_{epp} = V_{sumacorr} - V_{masc} - V_{unma} - V_{peridel}$
I. Volumen medido no facturado	24,733	m3				
4.2 Volumen no medido autorizado	54,762	m3	1.1-4.2-5.2			
5.2 Volumen de pérdidas aparentes identificadas y eliminadas	121,367	m3	6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				167,535	m3/a	50% 42,738 1,826,576,157
5.2.1 Volumen de consumo autorizado	807,349	m3				
6.2.2 Volumen de fugas reducibles						
	Cantidad	Unidad				
G.1 Volumen actual de fugas potencial total:	167,535	m3				$V_{fr20\%} = V_{epp} - V_{rpl} = V_{rat} - 0.2 * V_{sumacorr}$
USO DE UARL						
H.1 Volumen de fugas que permanecerán latentes:	33,369	m3	Lm (Km)= 30	Nc= 3358	Lp(m)= 1.5	P(m)= 28.01
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:	1,175,746	m3				
			6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 1)	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				134,166	m3/a	50% 34,226 1,171,411,860
Porcentaje teórico según estudios a considerar para reducir pérdidas	20	%	6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 2)	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				-67,614	m3/a	50% -17,249 297,512,847
			6. Volumen por pérdidas reales	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50% Desviación estándar $\sigma = \frac{Q * AB}{1.96}$ Varianza $V = \sigma^2$
				366,532	m3/a	38.1% 71293.5143 5,082,765,181
			TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	121,367	m3/a	
			TOTAL DE PÉRDIDAS REALES	366,532	m3/a	
			TOTAL DE PÉRDIDAS DE AGUA	487,899	m3/a	29% 71336.04539 5,088,831,371
Costo por pérdidas						
Total de pérdidas de agua	487,899.32	m3/a	Costo por producción	\$	29,273.96	
Costo de producción	0.06	\$/m3				
Total de pérdidas de agua	487,899.32	m3/a	Costo Venta al público	\$	292,739.59	
Costo de venta al público	0.6	\$/m3				

6.3 HOJA DE BALANCE HIDRICO DEL 2020

WATER AUDIT WORKSHEET: TOP-DOWN APPROACH								
PERIODO DE ANALISIS:	ENERO-DICIEMBRE 2020		a					
ZONA/ UBICACION:	CRO-025// CRISTO DEL CONSUELO-GUAYAQUIL		NO. USUARIOS:	3384				
RECOPIADO POR:	FABIOLA AURIA		FECHA DE RECOPIACION DE DATOS:					
INFORMACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN								
TIPO DE CONFIGURACION DEL SISTEMA DE DITRIBUCION:	DISTRIBUCION TRATADA AL POR MENOR							
1. AGUA SUMINISTRADA								
Volumen inyectado a la red	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$			
	1,311,897.60	m3/a	0.5%	3347	11,200,251			
2. FUENTE DE CAPTACIÓN								
	Total	Unidad						
	1	U						
3. ERROR DE EXACTITUD EN MACROMEDIDORES								
$Err = \frac{(Q_{medida} - Q_{anillo})}{Q_{prom}} \times 100$	Total	Unidad						
	0.50%	%						
4. CONSUMO AUTORIZADO								
4.1 Volumen medido autorizado								
	Cantidad	Unidad						
A.Domestico	562,386	m3	(A+B+C+D+E) Volumen medido	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
B.Comercial	160,682	m3		803,409	m3/a	2%	8198	67,208,086
C.Servicios publicos	80,341	m3						
D.Hotelero	0	m3						
E.Industrial	0	m3						
4.2 Volumen no medido autorizado								
	Cantidad	Unidad						
F.Vaciados en las reparaciones de tuberías	83,958	m3/a	(F+G+H) 4.2Volumen no medido autorizado	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
G.Riego de áreas verdes públicas	7,463	m3/a		93,287	m3/a	2%	952	906,121
H.Incendio	1,866	m3/a						
4.3. VOLUMEN MEDIDO NO FACTURADO (IEC)								
				Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
	IEC		8. Volumen total medido no facturado	25,756	m3/a	2%	263	69,071
				Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
	Volumen consumido autorizado (4.1+4.2+4.3)			922,452	m3/a	1.75%	8257.316693	68,183,279

5. PÉRDIDAS APARENTES

5.1 Consumo por errores de exactitud en micromedidores

$$Vol. de ajuste = \frac{Vol. de consumo medio SIN corregir}{\left(1 + \frac{Error de exactitud del micromedidor (\%)}{100}\right)} - vol. de consumo medio SIN corregir$$

	Cantidad	Unidad
I. Volumen de consumo sin corregir	922,452	m3
J. Error de exactitud del micromedidor %:	-12.15	%

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q+AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
P. Volumen de ajuste	127,579	m3	2%	1302	1,694,744

5.2 Consumo de agua por desfase de lecturas

	Cantidad	Unidad
K. Volumen de consumo de agua contabilizada del mes anterior al periodo:	72,797	m3
L. Día del mes de la toma de lecturas :	17.00	día
M. No. días del mes anterior al periodo:	31	días
N. Volumen de consumo de agua contabilizada ultimo mes del periodo:	72,652	m3
O. No. de días del último mes del periodo	31	días

	Total	Unidad
Q. Volumen de ajuste para inicio del periodo	39,921	m3
R. Volumen ajustado para el final del periodo	32,811	m3

$$Vcai = Vcama \frac{Dtlec}{Nma}$$

$$Vcap = Vcaup \frac{Nmp - Dtlec}{Nmp}$$

$$Vcat = Vcai + Vcap - Vcaup$$

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 0.1 a 2%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q+AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
S. Volumen de consumo de agua ajustado total	80	m3	2%	1	1

5.3 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados:

	Cantidad	Unidad
T. No. de conexiones descubiertas:	33.84	Unidad
U. No. de meses ocultas:	6.00	meses
V. Consumo promedio antes de su detección:	5.00	m3/mes
W. Consumo promedio de la zona: (Incluye todos los volúmenes autorizados medidos y no medidos, facturados y no facturados, y las pérdidas aparentes)	22.88	m3/mes

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q+AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
X=W-V	17.88	m3			
Y=X*U	107.27	m3			
Z=Y*T	3,630	m3			
A.1 Volumen de consumo de agua de usuarios fraudulentos y clandestinos regularizados	3,630	m3	50%	926	857,485

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q+AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
(S+A.1+5.3)					
5 VOLUMEN TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	131,288	m3/a	2.39%	1598	2,552,229

6. PÉRDIDAS REALES

6.1 Volumen de fugas reparadas

Cantidad	Unidad		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$	
B.1.No. de fugas reparadas:	28.00	u						
C1.Caudal promedio de fugas:	444.00	mm/l/s						
D1. Tiempo promedio de permanencia de fuga:	180.00	dias						
coeficiente de conversión mm/m ³	0.0864							
Segun diámetro de tubería	0.50	plg	6.1 Volumen de fugas reparadas	193,342	m3/a	50%	49,322	2,432,665,321

$V_{fr} = N_{fr} * Q_{pf} * T_{pf} * 0.0864$

6.2 Pérdidas potenciales totales

6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales totales

Cantidad	Unidad		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$	
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:	1,305,338	m3						
I. Volumen medido no facturado	25,756	m3						
4.2 Volumen no medido autorizado	93,287	m3						
3.4 Volumen de pérdidas aparentes identificadas y eliminadas	131,288	m3	6.2.1 Volumen estimado de pérdidas reales potenciales	251,598	m3/a	50%	64,183	4,119,485,003
5.2.1 Volumen de consumo autorizado	803,409	m3						

$V_{epp} = V_{sumacorr} - V_{masc} - V_{unma} - V_{peridel}$

6.2.2 Volumen de fugas reducibles

Cantidad	Unidad		Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$	
G.1 Volumen actual de fugas potencial total:	251,598	m3						
USO DE UARL								
H.1 Volumen de fugas que permanecerán latentes:	33,369	m3						
I.1. Volumen de suministro total de agua corregido:	1,305,338	m3						
			6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 1)	218,229	m3/a	50%	55,671	3,099,220,898
Porcentaje teórico según estudios a considerar para reducir pérdidas	20	%	6.2.2 Volumen de fugas reducibles (Estimación 2)	-9,469	m3/a	50%	-2,416	5,835,456
			6. Volumen por pérdidas reales	549,320	m3/a	35.1%	98271.0877	9,657,206,678

$V_{fr20\%} = V_{epp} - V_{fpl} = V_{fat} - 0.2 * V_{sumacorr}$

$H1 = \text{UARL (m}^3\text{/year)} = (6.57 * Lm + 0.292 * Nc + 9.132 * Lp) * P$

Lm (Km)= 30 Nc= 3358 Lp(m)= 1.5 P(m)= 28.01

	Total	Unidad	Banda de precisión AB + 5 a 50%	Desviación estándar $\sigma = \frac{Q + AB}{1.96}$	Varianza $V = \sigma^2$
TOTAL DE PÉRDIDAS APARENTES	131,288	m3/a			
TOTAL DE PÉRDIDAS REALES	549,320	m3/a			
TOTAL DE PÉRDIDAS DE AGUA	680,609	m3/a	28%	98284.0725	9,659,758,908

Costo por pérdidas

Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo por producción	\$	40,836.52
Costo de producción	680,608.65	m3/a			
	0.06	\$/m3			
Total de pérdidas de agua	Cantidad	Unidad	Costo Venta al público	\$	408,365.19
Costo de venta al público	680,608.65	m3/a			
	0.6	\$/m3			



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Auria Yagual Fabiola Ivanova** con **C.C: # 0929027886** autor/a del trabajo de titulación: **evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil posterior a la renovación de redes** previo a la obtención del título de **ingeniera civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **15 de marzo del 2021**

f. _____

Nombre: **Auria Yagual Fabiola Ivanova**

C.C: **0929027886**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Evolución de pérdidas aparentes y reales en una zona de red de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil posterior a la renovación de redes.		
AUTOR(ES)	Auria Yagual Fabiola Ivanova		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Stephenson Molina Arce		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de marzo del 2021	No. PÁGINAS:	DE 54
ÁREAS TEMÁTICAS:	Hidrología, Hidráulica y Abastecimiento de agua		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Recurso, pérdidas reales, pérdidas aparentes, problema económico, red de distribución y mediciones.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	El agua dulce es de vital importancia para el bienestar y desarrollo del ser humano; sin embargo, es un recurso limitado. Aproximadamente de un 30% al 40 % de agua que se inyecta en una red se pierde, es decir no es registrada ni facturada. Esto crea un <i>problema económico</i> para la empresa de agua de cualquier ciudad o país. El objetivo de este proyecto de estudio e investigación es estimar las <i>pérdidas reales y aparentes</i> en la <i>red de distribución</i> de agua potable de un sector de la ciudad de Guayaquil partiendo de valores reales de consumos autorizados que ya constan en la base de datos del ente operador de agua. La red tiene aproximadamente seis años de haber sido renovada. Con este fin se podrá obtener las posibles causas que ha ocasionado que, al transcurrir los años posteriores a la renovación, se genere un aumento en las <i>mediciones</i> en sitio.		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-963091145	E-mail: faby_ivanova@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			