

# Análisis del uso de una aplicación móvil para reducir el agua potable no contabilizada

*Analysis of the use of a mobile application to reduce non-revenue drinking water.*

Julio Roberto Orozco Mazariegos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Investigador independiente, Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: jr.mazariegos25@gmail.com

Recibido: 23/11/2022

Revisión: 20/06/2023

Aceptado: 27/06/2023

## Resumen

La gestión eficiente de sistemas de abastecimiento de agua potable requiere una micro medición precisa. En áreas rurales de Guatemala, la lectura manual de contadores presenta puntos críticos propensos a errores. Con el objetivo de mejorar este proceso, se realizó una investigación en la Aldea El Tizate, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala, para evaluar una aplicación móvil como herramienta eficiente para la lectura de contadores en áreas rurales. Se desarrolló una aplicación para dispositivos Android® utilizando Google AppSheet®, que permitió registrar los consumos y el tiempo utilizado para cada lectura en 28 usuarios de la comunidad. Se comparó con la lectura manual tradicional, cronometrando el proceso y analizando las diferencias en tiempos y resultados. Los resultados revelaron una diferencia promedio de 1.50 segundos en el tiempo de lectura entre el método manual y la aplicación móvil. Además, se observó una mayor precisión en el 82% de las lecturas utilizando la aplicación móvil. Esta investigación destaca la importancia de abordar la problemática de la lectura manual de contadores de agua potable en áreas rurales de Guatemala, enfocándose en reducir los errores. La implementación de una aplicación móvil demostró mejorar la precisión y eficiencia en el proceso de lectura. Estos hallazgos resaltan la relevancia de adoptar soluciones tecnológicas para mejorar la gestión de sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales.

**Palabras claves:** error de medición, lectura de contador de agua, administración de acueductos, contador de agua, tecnología para suministro de agua potable, servicio de agua.

## Abstract

Efficient management of drinking water supply systems requires a water meters. In rural areas of Guatemala, reading of water meters presents critical points prone to errors. To improve this process, research was conducted in the village of El Tizate, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, Guatemala, to evaluate a mobile application as an efficient tool for reading a water meter in rural areas. This application was developed for Android® devices using Google AppSheet®, which allowed recording consumption and the time used for each reading of 28 users of the community. It was compared with traditional manual reading, timing the process, and analyzing the differences in times and results. The results revealed an average difference of 1.50 seconds in reading time between the manual method and the mobile application. In addition, higher accuracy of reading was observed in 82% of the readings using the mobile application. This research highlights the importance of addressing the problem of manual reading of drinking water meters in rural areas of Guatemala, focusing on reducing errors. The implementation of a mobile application was shown to improve accuracy and efficiency in the reading process. These findings highlight the relevance of adopting technological solutions to improve the management of drinking water supply systems in rural communities.

**Key words:** measurement error, water meter reading, water supply administration, water meter, technology for drinking water supply, water service.



## Introducción

La correcta gestión de los sistemas de distribución de agua potable es crucial para garantizar el suministro adecuado y la eficiencia en su utilización. Uno de los aspectos clave en esta gestión es la lectura precisa de los contadores de agua, ya que proporciona información fundamental para la facturación y el análisis del estado del sistema. Sin embargo, es evidente que existe la necesidad de actualizar los procesos de lectura de contadores, especialmente en el contexto de la gestión de servicios básicos en Guatemala, donde se enfrentan desafíos significativos.

La motivación detrás de esta investigación surge de la necesidad de mejorar la gestión del agua potable en las áreas rurales de Guatemala, considerando los problemas existentes en la gestión de los servicios básicos y la falta de utilización de tecnología en este campo. La aplicación de nuevas tecnologías, como las aplicaciones móviles, pueden brindar una solución para agilizar y mejorar los procesos de lectura de contadores en estos contextos, generando un impacto positivo en la eficiencia y calidad de la gestión del recurso hídrico.

A nivel mundial el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2019 estimaron que 2,200 millones de personas no contaban con acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2021).

A nivel de Guatemala la disponibilidad hídrica es de 97 mil millones de metros cúbicos al año, lo que podría utilizarse para cubrir el abastecimiento del vital líquido para 14.90 millones de habitantes (Chiroy, 2021, citado en Villagrán, 2021), por lo tanto, la correcta gestión del recurso debe ser priorizado para el bienestar de los habitantes del país.

Para innovar y mejorar la administración del agua en 2005 el Organismo Ejecutivo nombró una Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- la cual fue transitoria sin lograr implementar acciones que promoviera la modernización de la administración del recurso hídrico.

Los programas de gestión de los sistemas de agua potable en las áreas rurales del país pueden aparentar ser funcionales ya que generan ingresos monetarios, sin embargo, cada vez se vuelven más obsoletos y lentos

ya que no generan un valor agregado para la correcta gestión del recurso hídrico. Los resultados de esta investigación tienen como objetivo evaluar si la implementación de una aplicación móvil puede reducir los tiempos y errores en la lectura y transcripción de consumos en contadores de agua potable en el área rural de Guatemala. Además, se busca identificar la cantidad de agua no contabilizada que estos errores pueden representar como parte de las pérdidas aparentes.

Según las definiciones actuales proporcionadas por Lambert & Hirner (2000), las pérdidas de agua en los sistemas de distribución de agua se dividen en dos categorías: pérdidas reales y pérdidas aparentes. Las pérdidas reales se refieren a la cantidad física de agua que se pierde desde el sistema presurizado hasta el punto de medición de los usuarios. Estas pérdidas incluyen fugas, roturas de tuberías y desbordamientos. Por otro lado, las pérdidas aparentes se relacionan con el consumo no autorizado, como el robo o uso ilegal de agua, y también engloban errores asociados con la medición de la producción y el consumo. Por lo tanto, los resultados de este estudio serán de gran importancia para determinar si la utilización de nuevas tecnologías realmente puede mejorar los procesos establecidos de lectura, cálculo de consumo y facturación en las comunidades rurales, transformando la forma en que se recolecta y actualiza la información del consumo de agua potable.

El estudio se enmarca en la importancia de la gestión eficiente del agua potable, considerando las recomendaciones de Elías Martínez & Salguero Monroy (2004) quienes determinan algunos indicadores de agua no contabilizada y establecen un porcentaje de pérdidas comerciales y físicas, planteando estrategias para reducir la cantidad de agua no contabilizada y con esto las pérdidas del recurso hídrico y su equivalente financiero.

En relación con la utilización de sistemas informáticos para la lectura de contadores de agua potable el proyecto Nexos Locales, impulsado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en su página web brinda algunos indicadores sobre la implementación de una aplicación para lectura de contadores y facturación inmediata en el municipio de San Rafael Pie de La Cuesta, San Marcos, donde el proceso de facturación fue reducido de 44 a 9 días. Agencia de los Estados

Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], 2022).

Los países que brindan más información sobre diseño de aplicaciones para la lectura de contadores son Ecuador, Perú y España, tal como lo estudia Parreño Heredia (2016) quien realiza un análisis para la detección de fraudes y fugas de contadores mediante una aplicación web que ayude la eficiencia en la gestión del servicio de agua potable, en su trabajo concluye que es posible mejorar la aplicación utilizada desarrollando un sistema en tiempo real para ejecutar un análisis inmediato e identificar patrones de consumo para predecir anomalías futuras.

Otro avance importante en la automatización de los medidores de agua es la incorporación de la telemetría, ya que esta permite una transmisión segura, rápida y precisa de las mediciones, minimizando errores y costos (Sánchez Alonso, 2018). En este tipo de aportes tecnológicos se ha podido determinar que la telemetría puede reducir al menos el 10% del agua no facturada, evitando así aumentos en las tarifas y beneficiando a la economía familiar (Quishpe, 2008).

El desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo de la red de agua potable, como se propone en el estudio de Reyes Herrera (2020), puede facilitar la comunicación entre los usuarios y las autoridades encargadas del suministro de agua, permitiendo reportar fugas o problemas con los medidores de manera sencilla y práctica.

La implementación de tecnologías como páginas web es otra opción que permite optimizar el proceso de toma de lectura de medidores de agua potable debido a la automatización de ingreso de lecturas en campo (Guzmán Vargas & López Rozas, 2017).

La estructura de este estudio se divide en tres secciones principales: materiales y métodos, resultados y discusión de resultados. En la sección de materiales y métodos, se describirá en detalle el diseño experimental, los instrumentos utilizados y los procedimientos implementados para llevar a cabo la investigación. Los resultados obtenidos se presentarán en la sección correspondiente, donde se mostrarán los datos recopilados y se analizarán de manera rigurosa. Por último, en la sección de discusión de resultados, se interpretarán los hallazgos obtenidos.

## Materiales y método

### Método

Este trabajo presenta una investigación cuantitativa con alcance descriptivo, siendo un tema que no se ha documentado en Guatemala sirve de base para determinar el impacto que una aplicación móvil genera en los tiempos y errores de lectura en los contadores de agua potable y cómo esto afecta el porcentaje de agua no contabilizada

El estudio se realizó basándose en la observación y la recolección de registros de lectura de contadores, tanto de forma manual como utilizando la aplicación desarrollada.

### Variables

Las variables cuantitativas continuas consideradas en este estudio son el tiempo utilizado para la toma de lectura de contadores y el consumo en metros cúbicos registrado al momento de la lectura. Estas variables son analizadas al realizar el proceso de lectura de contadores por el método manual tradicional que sigue la comunidad sin aplicación del móvil (variable independiente) y la lectura utilizando la aplicación del móvil (variable dependiente).

### Población y muestra

Considerando que el estudio incluyó la medición de tiempos, el tamaño de la muestra fue definido por el cálculo del número de observaciones utilizando un método estadístico para definir el número de unidades experimentales suficientes para detectar una diferencia significativa (Nave Herrera, 2022), en el cual se definen las condiciones detalladas en la ecuación 1.

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2} \quad (1)$$

Nivel de confianza = 95%

Z = 2.487 (parámetro estadístico para un nivel de confianza del 95%)

$\sigma$  = 9.01 (desviación estándar esperada, según prueba piloto realizada)

e = 4.50 segundos (error de estimación máximo aceptado, según prueba piloto)

La desviación estándar esperada se estimó efectuando una prueba piloto en la cual se realizó la lectura de un contador de forma manual y utilizando la aplicación móvil registrando el tiempo tomado por cada método en 10 ocasiones, asimismo, el error de estimación máximo está definido como la mitad de la desviación estándar esperada, definida en esta prueba piloto.

Los resultados de la prueba piloto realizada se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1: Tiempos de lectura de contadores en prueba piloto.**

No. Lectura	Tiempo método manual (seg)	Tiempo con aplicación (seg)	Diferencia
1	45.85	36.00	9.85
2	49.60	36.00	13.60
3	37.82	40.00	-2.18
4	41.73	38.00	3.73
5	24.22	36.00	-11.78
6	31.60	42.00	-10.40
7	28.88	39.00	-10.12
8	36.28	42.00	-5.72
9	37.79	33.00	4.79
10	32.08	39.00	-6.92

Con estos datos se estimó una media de las diferencias de tiempos de -1.52, una varianza de 81.18 y una desviación estándar de 9.01, lo que a su vez establece un error máximo esperado de 4.50 segundos.

Por lo tanto, el cálculo de observaciones utilizadas para el estudio según la ecuación (1) dio como resultado 25 observaciones. A este valor se adicionó un factor de reposición del 12% considerando que al momento de realizar las mediciones no se tuviera acceso a un contador de agua potable, por lo tanto, el número de observaciones final fue de 28 contadores, para lo cual se procedió a acompañar a uno de los fontaneros de la comunidad en una de sus rutas para realizar mediciones por ambos métodos; manual y utilizando la aplicación en viviendas seleccionadas de forma aleatoria.

### Procedimientos estadísticos

El estudio utilizó técnicas estadísticas y gráficas para organizar y procesar los datos obtenidos en las lecturas de contadores como medidas de tendencia central, media y moda y medidas de variabilidad como varianza y desviación estándar. En cuanto al análisis de la diferencia de tiempos en las lecturas de contadores de forma manual y utilizando una aplicación móvil se

realizó una prueba de hipótesis unilateral planteando una hipótesis nula y alternativa para determinar el valor del estadístico de prueba con una significancia del 95% y así determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula planteada.

La hipótesis nula planteada para el estudio fue que con la implementación de una aplicación móvil no se reduce el tiempo de lectura en más del 15% de la media del tiempo utilizado de forma manual.

La hipótesis alternativa fue que con la implementación de una aplicación móvil se reduciría el tiempo de lectura de medidores en más de un 15% de la media del tiempo utilizado de forma manual.

Para el análisis de los errores cometidos en las lecturas tanto de forma manual como utilizando la aplicación móvil se compararon las medidas de tendencia central de ambos métodos de lectura, determinando el porcentaje de lecturas que presentan diferencia.

### Materiales

Se desarrolló una aplicación por medio de la herramienta Google AppSheet® la cual podrá ser utilizada en teléfonos inteligentes Android® que trabajen con sistema operativo a partir de la versión 4.2 Jelly Bean.

Esta aplicación utilizo un servidor web y una hoja de cálculo de Google® donde se ingresó la base de datos de los usuarios a quienes se les realizó lectura, utilizando esta base de datos para posterior acceder a la información recolectada.

La aplicación asigna a cada lectura un código único para evitar errores por duplicidad de datos, asimismo permite seleccionar al usuario al cuál se le realizó la lectura de consumo identificándolo con el nombre, la dirección y mes de lectura. El campo de ingreso de lectura del contador obliga al operario a ingresar la lectura con decimales, aunque el valor sea cero, esto para asegurar la exactitud de la información.

Otro aspecto importante de la aplicación es la posibilidad de capturar una fotografía del contador visitado para confirmar que la lectura se realizó de manera correcta, es importante mencionar que este proceso puede ser automatizado utilizando otras

aplicaciones de paga para la transcripción de caracteres de una fotografía a texto, sin embargo este estudio no contempla este alcance. Finalmente, la aplicación registra de forma automática la hora de inicio y fin del ingreso de datos para el cálculo de tiempo demorado en el proceso. En la figura 1 se observa una imagen capturada de la pantalla de ingreso de datos de la aplicación.

**Figura 1: Captura de pantalla de ingreso de datos de la aplicación móvil utilizada.**

La información recolectada por la aplicación migra a una hoja de cálculo ordenando la información de cada usuario por columnas según los parámetros ingresados para luego poder ser utilizadas para el cálculo de consumo y cuota a pagar, ya sea por medio de hojas de cálculo con fórmulas predeterminadas o ingresándolas a algún software dedicado a este proceso, actualmente en esta comunidad este proceso es realizado por medio de calculadora anotando el consumo y calculando la cuota de forma manual.

El tiempo utilizado por el fontanero para realizar la lectura del contador fue medido utilizando un

cronómetro digital por medio de una aplicación de teléfono móvil.

## Resultados

### Tiempos de lectura de contadores de agua

Para el análisis de tiempo se midió el tiempo que se tomaba en realizar la lectura con aplicación y sin aplicación, obteniendo los resultados de la tabla 2, donde aparte de los datos se muestra la diferencia de tiempos entre ambos métodos.

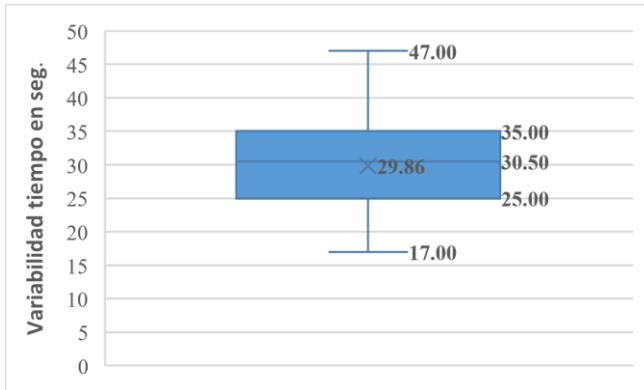
**Tabla 2: Tiempos de lectura de contadores por cada método de análisis.**

No. Contador.	Tiempo de lectura manual (seg.)	Tiempo de lectura con aplicación móvil (seg.)	Diferencia de tiempos lectura manual y con aplicación (seg.)
1	28	28	0
2	20	19	1
6	25	22	3
7	35	31	4
8	21	23	-2
9	31	32	-1
11	47	37	10
14	31	34	-3
20	26	25	1
31	33	27	6
32	21	23	-2
35	37	26	11
38	17	21	-4
39	35	36	-1
44	38	35	3
46	25	23	2
56	23	23	0
145	21	35	-14
148	33	25	8
149	28	26	2
150	35	36	-1
153	28	26	2
154	37	33	4
155	36	31	5
157	28	24	4
159	30	35	-5
160	31	26	5
162	36	32	4

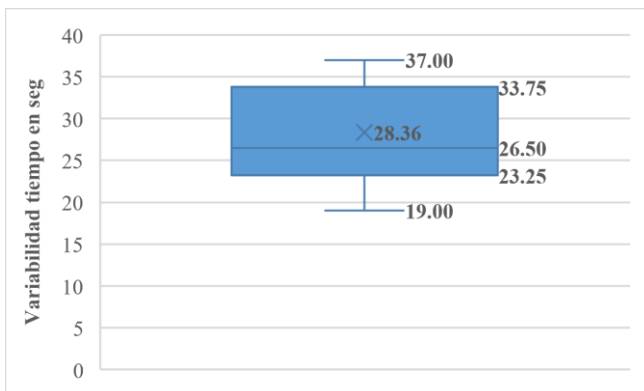
De acuerdo con la información obtenida el tiempo que el fontanero demora en hacer la lectura del contador sin aplicación tiene una media de 29.86 segundos por usuario con una desviación estándar de 5.37 segundos. Como se puede observar en la figura 2, la distribución de datos se encuentra muy cercana a la media por lo que tienen una distribución normal. Al utilizar la aplicación móvil el tiempo medio presenta una media de 28.36 segundos y una desviación estándar de 6.83 segundos.

La figura 3 nos demuestra de igual manera que los datos siguen una tendencia que nos indica que se encuentran en una distribución normal.

**Figura 2: Estadísticos de los tiempos de lectura realizados sin la aplicación móvil.**



**Figura 3: Estadísticos de los tiempos de lectura realizados con la aplicación móvil.**



En cuanto a la diferencia de tiempos que toma la lectura con y sin aplicación la media es de 1.50 segundos por lecturas teniendo una desviación estándar 4.95 segundos y una varianza de la muestra de 24.48 segundos. Estos datos serán utilizados para el cálculo del estadístico de muestra y la prueba de hipótesis unilateral.

Considerando que la hipótesis nula planteada para el estudio fue que la implementación de una aplicación móvil no reduce el tiempo de lectura en más del 15% de la media del tiempo utilizado de forma manual, y dado que el tiempo medio de lectura sin aplicación fue de 29.86 segundos, el límite de la hipótesis nula y alternativa se estableció en 4.50 segundos. Por lo tanto, las hipótesis nula y alternativa quedan de la siguiente manera:

$$H_0 \leq 4.50 \text{ segundos.}$$

$$H_a > 4.50 \text{ segundos.}$$

La zona de aceptación y rechazo fue determinada de acuerdo con la tabla “t-student” donde el valor crítico con un nivel de significancia del 95% y un tamaño de muestra de 28 datos es de 1.7033.

El estadístico de prueba se calculó utilizando la ecuación 2 indicada a continuación.

$$t = \frac{X - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (2)$$

Donde:

X = media de la muestra tomada.

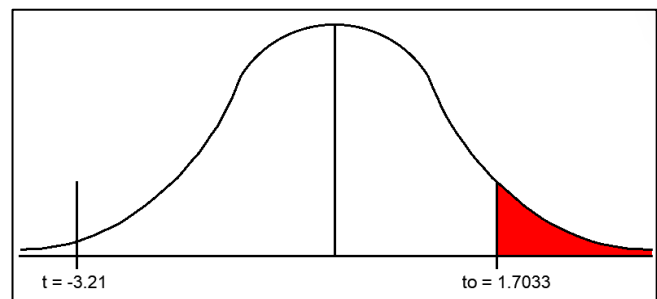
μ = media de hipótesis.

σ = desviación estándar de la muestra.

n = número de datos de la muestra.

Reemplazando los valores del estudio en la ecuación 2, se obtiene que el estadístico de prueba es igual a -3.21, lo cual se ubica dentro de la curva normal como se indica en la figura 3.

**Figura 4: Ubicación de estadístico de prueba utilizado en el estudio.**



Observando la figura 4, el estadístico de prueba se encuentra dentro de la zona de aceptación, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir que la implementación de una aplicación móvil para la lectura de contadores no reduce el tiempo de lectura en más del 15% de la media del tiempo utilizado de forma manual, por lo que la diferencia entre métodos no se vuelve significativa en este proceso.

### Consumo no contabilizado

El consumo no contabilizado se determinó con la diferencia entre el volumen registrado sin aplicación y el registrado con aplicación. Los datos obtenidos en el estudio se muestran en la tabla 3 con su correspondiente diferencia.

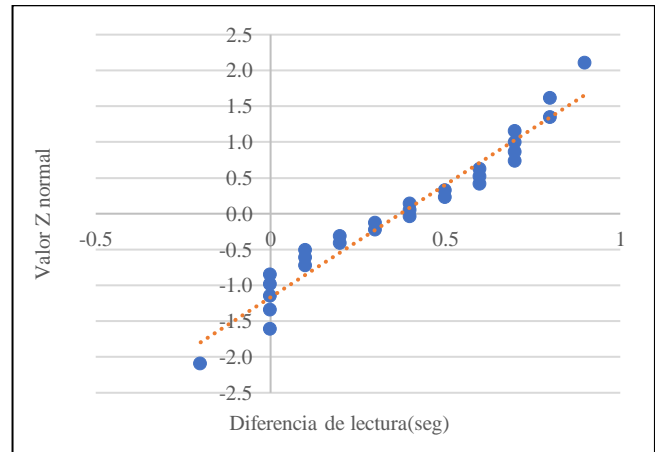
**Tabla 3: Diferencia entre lecturas por método manual y utilizando una aplicación móvil**

No. Contador.	Lectura con aplicación móvil (m <sup>3</sup> )	Lectura con el método manual (m <sup>3</sup> )	Diferencia de lecturas (m <sup>3</sup> )
1	120.70	120.00	0.70
2	126.40	126.00	0.40
6	22.40	22.00	0.40
7	201.70	201.00	0.70
8	238.00	238.00	0.00
9	210.80	210.00	0.80
11	31.00	31.00	0.00
14	67.40	67.00	0.40
20	24.60	24.00	0.60
31	77.80	77.00	0.80
32	205.20	205.00	0.20
35	279.60	279.00	0.60
38	27.00	27.00	0.00
39	144.00	144.00	0.00
44	13.70	13.00	0.70
46	9.10	9.00	0.10
56	181.90	181.00	0.90
145	99.00	99.00	0.00
148	256.60	256.00	0.60
149	84.30	84.00	0.30
150	2.80	3.00	-0.20
153	113.50	113.00	0.50
154	11.30	11.00	0.30
155	182.10	182.00	0.10
157	304.10	304.00	0.10
159	225.20	225.00	0.20
160	115.70	115.00	0.70
162	154.50	154.00	0.50

La prueba de normalidad por medio de un gráfico de cuantiles de la diferencia entre lecturas refleja se muestra en la figura 5. Al observar esta figura los datos siguen una tendencia acercándose a una línea aproximadamente recta, lo cual indica que tienen una distribución normal, por lo que se puede afirmar que la

diferencia entre ambos métodos es significativa. Este análisis da como resultado que se tiene una media de 0.37 metros cúbicos por usuario que no son contabilizados por el método manual, con una varianza de 0.10 y una desviación estándar de 0.31 segundos.

**Figura 5: Comparación de cuantiles diferencia entre lectura de ambos métodos**



### Discusión de resultados

#### Tiempos de lecturas de contadores de agua

Como se puede observar en la tabla 2, los tiempos tanto de lectura manual como utilizando la aplicación móvil son similares, teniendo muy pocas diferencias lo cual se ve reflejado en la media de tiempo utilizado por cada método, teniendo únicamente 1.50 segundos de diferencia.

Estos resultados se asemejan a lo publicado por Guzmán Vargas & López Rozas (2017) quienes en su estudio realizaron 382 lecturas de contadores ingresando la información en fichas de forma manual y utilizando el sistema de información desarrollado, concluyendo que en ambos métodos requieren la misma cantidad de tiempo ya que el proceso de lectura utilizando los dos sistemas les tomó dos horas y cuarenta y cuatro minutos, igual a 25.76 segundos por lectura, sin embargo, utilizar un sistema informático reduce el trabajo de una futura digitación en sistemas comerciales disminuyendo los errores que conlleva esta acción.

El resultado de este estudio permite demostrar que el uso de la aplicación móvil en el proceso de lectura de los contadores de agua no reduce significativamente los tiempos de lectura posiblemente esto derivado de la poca práctica del personal que realiza la toma de lecturas, lo cual en un futuro podría con mayor destreza si tener alguna reducción significativa, sin embargo, a partir de este hallazgo, si es visible que la utilización de aplicaciones móviles para registrar estas lecturas, evitan errores de traslado de información a los sistemas informáticos utilizados para llevar la cuenta corriente de cada usuario.

### **Error en los datos de lectura de contadores**

Los resultados de este estudio mostraron una diferencia de 82% entre las lecturas realizadas con aplicación y las realizadas sin esta, lo que indica la existencia de un volumen de agua no contabilizada como resultado del método de lectura empleado.

La principal causa de estas discrepancias se debe a la omisión de decimales en las lecturas manuales realizadas por los fontaneros quienes por facilidad no registran este dato. En contraste, la aplicación móvil obliga al operario a ingresar los decimales, lo que garantiza una mayor precisión en la recopilación de datos. Además, se identificaron otras intervenciones del operario que pueden generar errores, como la transcripción incorrecta de las lecturas hacia usuarios equivocados, lecturas ilegibles debido a tachones o al mal estado del libro de anotaciones.

Ruiz Chicaiza & Paguay Sánchez (2017) determinaron en una muestra de 158 medidores de agua que el 74.05% de estas presentan errores por lecturas ilegibles, medidores sin lectura o información incorrecta, aunque incluyen entrevistas a fontaneros quienes dan un valor aproximado de errores identificados en campo, los cuales se asemejan a los presentados en este estudio.

Aunque la aplicación móvil también puede presentar errores en campo, su implementación reduce significativamente la intervención humana en el procesamiento posterior de las lecturas. La aplicación realiza de manera automática la digitación de los datos en una hoja de cálculo, lo que facilita el cálculo del consumo y la determinación de la cuota a pagar por cada usuario. Esta ventaja observada en este estudio es

similar a lo que menciona Guato Chifla (2015), quien sostiene que una aplicación móvil disminuye los errores de digitación en la obtención del consumo de agua potable, asegurando así una facturación precisa y generando satisfacción en los clientes

### **Consumo no contabilizado**

La relevancia del resultado presentado en este estudio es considerable, ya que evidencia que la omisión de decimales en la lectura manual de los contadores de agua potable conlleva una cantidad significativa de agua no contabilizada. El error medio estimado de 0.37 m<sup>3</sup> por usuario se traduce en una diferencia de 10.40 m<sup>3</sup> de agua no contabilizada en las 28 viviendas analizadas en este estudio.

Sin embargo, la magnitud de este problema se vuelve aún más significativa cuando se considera el impacto a nivel comunitario. Al extrapolar estos resultados a la totalidad de viviendas en la comunidad de Aldea El Tizate que cuenta con 338 viviendas con contadores de agua potable, se estima que se podría llegar a tener 125.06 metros cúbicos de agua no contabilizada. Es importante destacar que esta cantidad de agua no se incluye en el cálculo de las tarifas y, por lo tanto, no se factura a los usuarios.

Dado que la tarifa que los usuarios deben pagar por metro cúbico de agua se calcula dividiendo el costo total de operación y mantenimiento del sistema del mes entre el total de metros cúbicos consumidos por toda la comunidad, el agua no contabilizada tiene un impacto directo en esta tarifa. Por lo tanto, la falta de facturación de esta cantidad de agua no solo representa una pérdida de ingresos significativa para el comité de agua, sino que también distorsiona el cálculo de las tarifas, lo que puede generar desequilibrios financieros y dificultades para cubrir los costos operativos y de mantenimiento del sistema.

### **Conclusiones**

El estudio se centró en el análisis del uso de una aplicación móvil y su impacto en la reducción del porcentaje de agua no contabilizada. Esto implica que los resultados y conclusiones se limitan a las características y funcionalidades específicas de esa aplicación en particular. Para obtener una imagen más completa y generalizable, sería beneficioso examinar el uso de diferentes aplicaciones móviles o incluso



explorar el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas.

La diferencia entre las medias de tiempo utilizado para realizar lecturas de contadores de forma manual y utilizando una aplicación móvil fue de 1.50 segundos por contador, lo cual no disminuye el tiempo del proceso de lecturas en campo de manera significativa. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que con la implementación de una aplicación se puede disminuir el tiempo utilizado para la digitación de las lecturas, el cálculo de consumo, cobro y facturación, mejorando la gestión del sistema de abastecimiento de agua potable.

En el 82% de las lecturas realizadas se tiene una diferencia en el consumo registrado entre ambos métodos, lo cual representa una media de 0.37 m<sup>3</sup> de agua omitidos por el método manual en cada usuario. Si este valor es escalado al total de usuarios de la comunidad puede alcanzar un valor de agua no contabilizada de 125.06 m<sup>3</sup> al mes, los cuales no son retribuidos económicamente afectando los ingresos del comité encargado de la administración del abastecimiento de agua potable y afectan directamente el cálculo de la tarifa mensual por metro cúbico también afectando a los usuarios.

El reconocimiento y la clasificación del tipo de pérdidas es fundamental para una gestión eficiente de los sistemas de distribución de agua y para implementar medidas adecuadas que reduzcan las pérdidas ya sean reales o aparentes y mejoren la sostenibilidad del suministro de agua potable.

Estos resultados resaltan la necesidad de abordar eficientemente los errores en la lectura de los contadores de agua, implementando medidas y tecnologías que permitan una recopilación de datos precisa y confiable. Reducir la cantidad de agua no contabilizada no solo tiene un impacto económico positivo, sino que también contribuye a la sostenibilidad y eficiencia del sistema de abastecimiento de agua, asegurando una gestión adecuada de este recurso vital y mejorando la equidad en la distribución de costos entre los usuarios.

## Agradecimientos

El autor agradece al comité de agua de la aldea El Tizate, San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, por el apoyo para realizar el estudio de campo y el acceso a la información histórica del consumo de agua potable de la comunidad.

A Catholic Relief Services (CRS) y la Pastoral Social Caritas de los Altos, por el apoyo para establecer comunicación con los líderes de la comunidad de la aldea El Tizate.

## Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos del autor.

## Conflicto de interés

El autor declara no tener ningún tipo de conflicto de interés que pudiera haber influido en esta investigación.

## Como citar este documento

Orozco Mazariegos, J.R. (2023). Análisis del uso de una aplicación móvil para reducir el agua potable no contabilizada. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 18(1), Artículo e 1526.

<https://doi.org/10.36829/08ASA.v18i1.1526>

## Consentimiento informado

No aplica.

## Contribuciones de autor

Conceptualización, trabajo de campo, tabulación, análisis y escritura: J.R.O.M.

## Referencias

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID]. (2022). Nexos Locales. [Página Web]. Recuperado el 23 de marzo de 2022 de <https://www.usaid.gov/es/guatemala/programs/nexos-locales>
- Elías Martínez, C. & Salguero Monroy, S. (2004). *Análisis del agua no contabilizada y propuesta para su control, en Planes de Bárcenas, zona 3 de Villa Nueva, Guatemala*. [Tesis de Maestría, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala].

- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF]. (2021). 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. [Página Web]. Recuperado el 22 de marzo de 2022 de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable>
- Guato Chifla, J. (2015). *Implementación de una aplicación para sistema operativo Android que permitirá la sincronización de las lecturas registradas en los medidores del sistema de agua potable en el cantón Pelileo*. [Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería en Sistemas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato]. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1335>
- Guzmán Vargas, J., & López Rozas, L. (2017). *Sistema de información para toma de lecturas de agua potable de la EPS SEDACUSCO S.A.* [Tesis de Licenciatura, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Privada Telesup]. <https://repositorio.utelesup.edu.pe/handle/UTELESUP/775>
- Lambert, A., & Hirner, W. (2000). *Losses from water supply systems: a standard terminology and recommended performance measures*. International Water Association.
- Nave Herrera, O. (2022, 10 mayo). Entrevista personal. Recuperado de [fedenave@profesor.usac.edu.gt](mailto:fedenave@profesor.usac.edu.gt)
- Parreño Heredia, F. (2016). *Sherdroplet Holmes: sistema Big Data para la detección de fraude y fugas en contadores de agua*. [Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha]. <https://ruidera.uclm.es/server/api/core/bitstreams/28493414-de4d-4c1d-b489-b89a324cdd57/content>
- Quishpe, M. (2008). *Telemetría o telectura para los medidores de agua potable en el Centro del DMQ*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Gerencia Empresarial, Instituto de Altos Estudios Nacionales]. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/215>
- Reyes Herrera, A. (2020). Diseño de una aplicación móvil híbrida para el monitoreo de la red de agua potable. [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán]. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2765>
- Ruiz Chicaiza, C. E., & Paguay Sánchez, S. J. (2017). *Sistema de cobro de agua potable de la comunidad el socorro utilizando el framework ASP.NET MVC*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/9090>
- Sánchez Alonso, J. (2018). *Lecturas de medición de agua por telemetría y su transmisión inalámbrica en Zipaquirá*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/20935>
- Villagrán, G. (2021). Recordando la importancia de cuidar el vital líquido. [Página Web del Diario de Centroamérica]. Recuperado el 23 de marzo de 2022 de <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/recordando-la-importancia-de-cuidar-el-vital-liquido/>