



ALTERNATIVES FOR REUSE AND SAVINGS OF DRINKING WATER DUE TO DISCONTINUITY IN SUPPLY

ALTERNATIVAS DE REÚSO Y AHORRO DE AGUA POTABLE POR DISCONTINUIDAD EN EL ABASTECIMIENTO

GÓMEZ TORRES, L. M.¹; BONILLA GRANADOS, C. A.²; ZAFRA MEJÍA, C.³

¹*Ph D. Luisa Marina Gómez Torres. Programa de Ingeniería ambiental, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Manuela Beltrán, email: luisa.gomez@docentes.umb.edu.co, orcid.org/0000-0002-4700-5939*

²*Msc. Carlos Alexis Bonilla Granados. Programa de Ingeniería civil, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, e-mail: carlosalexisbg@ufps.edu.co, orcid.org/0000-0002-4558-4615*

³*Ph D. Carlos Zafra Mejía. Programa de Ingeniería ambiental, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Francisco José de Caldas, email: czafra@udistrital.edu.co, orcid.org/0000-0002-4061-4897*

Universidad Manuela Beltrán

Bogotá. Carrera 1 # 0-60, Bogotá D.C., Colombia.

Tel: 57-1-5460600, Fax: 57-1-5460600

E-mail: luisa.gomez@docentes.umb.edu.co

Resumen

Colombia es el tercer país con mayor cantidad de agua en el mundo, pese a esto, 13.8 millones de habitantes no tienen acceso al agua potable. Actualmente en Villa del Rosario (Norte de Santander, Colombia), se presenta un elevado desarrollo urbanístico debido a la necesidad de vivienda en la región, pero la infraestructura del acueducto existente presenta falencias importantes que no permiten garantizar la continuidad en la prestación del servicio. El servicio es prestado en promedio dos veces por semana, y las acciones de mejora para solucionar esta problemática están planteadas a mediano y largo plazo debido a la inversión económica para dar soluciones de fondo. Por esto, se hace necesario evaluar alternativas de reúso y ahorro del agua como una medida de solución a corto plazo para disminuir el consumo y poder garantizar que el volumen almacenado pueda durar más días. Se analizó el consumo básico de una vivienda midiendo el volumen gastado en las actividades diarias, donde se pudo determinar que los aparatos críticos en los que se pueden implementar alternativas de ahorro y reúso de agua mediante su aprovechamiento como aguas grises son la lavadora, el sanitario y la ducha; dando como resultado una reducción del consumo promedio mensual de una vivienda entre 10-13 m³ para un tanque de almacenamiento de 2000 L. Esto probablemente permite ampliar en seis días el tiempo sin tomar agua potable desde la red pública.

Palabras clave

Aprovechamiento de agua, Dotación de agua, Reúso de agua.





Abstract

Colombia is the country with the third largest amount of water in the world, yet 13.8 million inhabitants do not have access to drinking water. Currently in Villa del Rosario (Norte de Santander, Colombia), there is a high level of urban development due to the need for housing in the region, but the existing aqueduct infrastructure has significant shortcomings that do not guarantee continuity in the provision of service. The service is provided on average twice a week, and the improvement actions to solve this problem are planned for the medium and long term due to the economic investment required to provide fundamental solutions. Therefore, it is necessary to evaluate alternatives for reusing and saving water as a short-term solution to reduce consumption and ensure that the stored volume can last for more days. The basic consumption of a house was analyzed by measuring the volume spent in daily activities, where it was determined that the critical appliances in which water saving and reuse alternatives can be implemented by using them as gray water are the washing machine, the toilet and the shower; resulting in a reduction of the average monthly consumption of a house between 10-13 m³ for a 2000 L storage tank. This probably allows extending the time without drinking water from the public water supply by six days.

Keywords: Water use, Water allocation, Water reuse.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2015 los líderes mundiales adoptaron diecisiete objetivos globales propuestos para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible, siendo el objetivo seis, garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos: “De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua” (Colglazier, 2015).

Colombia es el tercer país del mundo con la mayor cantidad de agua (Domínguez et al., 2008). Sin embargo, Colombia no ha logrado garantizar un suministro adecuado de agua a la población. Según proyecciones realizadas por el DANE (DANE, 2005), en el año 2015 se alcanzó una población de 47.1 millones de habitantes con 11.2 millones (23.8%) ubicadas en zona rural y 35.9 millones (76.2%) en zona urbana. La cobertura de acueducto en la zona urbana fue de aproximadamente 97% y en la zona rural del 73%. Los datos muestran que 13.8 millones de habitantes en Colombia no cuentan con un servicio adecuado de acueducto y, por lo tanto, no tienen acceso al agua potable (Departamento Nacional de Planeación, 2014).

El reúso de agua en edificaciones es una temática que se ha propuesto a nivel





mundial y tiene su aplicación en la actualidad en diversos lugares, y son varios los autores o las entidades que han estudiado esta problemática obteniendo resultados interesantes. Por ejemplo, Kestler (Kestler, 2004) analizó varias técnicas para el ahorro del agua potable en viviendas y obtuvieron como resultado una propuesta de diseño de un sistema para el reúso de aguas grises y aguas negras en viviendas individuales de clase media en Guatemala. Bermejo (Bermejo, 2012) analizó dos componentes de la reutilización de aguas domésticas en Alicante (España), el primero fue la implantación de sistemas convencionales de aguas residuales a escala doméstica y urbana, y el segundo fue el estudio de alternativas sostenibles para la reutilización de aguas residuales con técnicas blandas de bajo costo económico y energético. Por otro lado, Nagua (Nagua, 2016) obtuvo como resultado un prototipo del sistema de tratamiento a implementar para el reúso de aguas residuales grises en la unidad académica de ciencias agropecuarias y recursos naturales de la Universidad técnica de Cotopaxi, Ecuador.

Villa del Rosario es un municipio ubicado en el departamento de Norte de Santander, tiene una población estimada de 88649 habitantes (DANE, 2017). Actualmente, el municipio cuenta con tres proveedores del servicio de abastecimiento, AQUALIA VILLA DEL ROSARIO S.A. E.S.P. (Empresa de Servicios Públicos del Municipio Villa del Rosario), AGUAS KAPITAL S.A. E.S.P. (Empresa de Servicios Públicos de Cúcuta) y sistemas de pozo acuífero independiente y empresas de acueductos privados para algunas de las urbanizaciones o conjuntos cerrados

residenciales del municipio (Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2000).

El sistema de acueducto principal de Villa del Rosario es el operado por AQUALIA S.A. E.S.P., con una cobertura del 70% del municipio y una continuidad promedio diaria del 35% (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2019); lo cual evidencia que el servicio es prestado en promedio dos días por semana, presentando discontinuidad de servicio, y abasteciendo al municipio con un servicio intermitente y por turnos. Esto llevó al establecimiento de un plan de manejo hidráulico mediante válvulas, en un esfuerzo del personal operativo para atender de manera intermitente a toda la población.

En cuanto a la infraestructura del acueducto municipal, Villa del Rosario tiene varias falencias, entre las que se destacan las siguientes: (i) concesión de aguas en la captación (150 L/s), inferior a la necesaria (372.33 L/s); (ii) capacidad hidráulica (130 L/s) inferior a la necesaria en [8] la Planta de tratamiento de agua potable (281.09L/s); (iii) el 37.41% (67.97 km) del porcentaje total de tuberías en PVC corresponde a diámetros inferiores a 3", el 21.94% (39.86 km) del porcentaje total de tuberías instaladas son de Asbesto Cemento; y, finalmente, (iv) el 22.40% de la red instalada presenta un estado de deterioro avanzando en los materiales de asbesto cemento y hierro fundido; lo que induce a daños recurrentes en la red de distribución (Plan Departamental de Aguas de Norte de Santander, 2014).

El municipio adelanta gestiones y proyectos en conjunto con entidades





departamentales y nacionales, para plantear una solución a esta problemática, por lo que es necesaria una gran inversión económica y una planeación por etapas para mejorar el servicio a mediano y largo plazo. Adicionalmente, el municipio de Villa del Rosario cuenta con zonas de expansión urbana incluidas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2000), lo cual ha generado una mayor demanda del consumo de agua.

En Colombia son varias las investigaciones realizadas referentes al reúso del agua doméstica algunas de ellas planteadas como solución a problemas de contaminación de fuentes hídricas ante la ausencia del tratamiento de aguas residuales vertidas en estos cuerpos receptores, tal como lo desarrollo por Jaramillo (Jaramillo, 2010): “Potencial de reúso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación por agua residual en el valle geográfico del río Cauca”, la cual arrojó como resultado de la investigación una propuesta de implementación del reúso agrícola con agua residual doméstica para el control de la contaminación de los cuerpos hídricos.

En Bogotá (Colombia), se estudiaron también tres niveles socioeconómicos con el fin de analizar el comportamiento de cada uno de estos niveles y las aguas grises domésticas. En esta investigación se identificó que la caracterización fisicoquímica de las aguas grises de los tres niveles socioeconómicos tenía valores similares de referencia. También se determinó que existieron puntos hidráulicos de mayor consumo de agua y que dependieron del estrato social, donde

por ejemplo en el estrato tres el sanitario fue el aparato representativo. Asimismo, se determinó que con un tratamiento de estas aguas grises se podrían utilizar posiblemente en actividades como riego, lavado de pisos y fachadas (Niño & Martínez, 2013).

En otros estudios colombianos, se analizó la factibilidad del reúso de aguas negras en edificaciones en la ciudad de Bogotá, y se determinó que las aguas negras provenientes de sanitarios y orinales deben ser tratadas para la remoción de turbiedad, hierro, manganeso, coliformes fecales y materia orgánica, si se plantea su reúso. Se determinó también que las opciones de reúso más viables para una edificación pueden ser el riego de zonas verdes, lavado de zonas comunes, patios, terrazas, recirculación y reúso en la descarga de sanitarios (Céspedes, 2013).

Igualmente, se consideraron alternativas para el aprovechamiento y reúso del agua doméstica en edificaciones de estrato 3 y 4 en la ciudad de Bogotá, en el cual se dio como resultado la propuesta de un sistema de aprovechamiento de aguas grises que permitía un ahorro considerable en el pago de los servicios de acueducto y alcantarillado (Parra & Granados, 2012).

El objetivo principal de este artículo es presentar un análisis en relación con el uso eficiente de agua potable en viviendas del municipio de Villa del Rosario (Colombia). Al respecto, se estudia el consumo básico de agua potable en una vivienda, midiendo el volumen gastado por cada uno de los aparatos hidráulicos utilizados en las diferentes actividades diarias.





2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del lugar de estudio

El municipio de Villa del Rosario está ubicado en la zona oriental del Departamento Norte de Santander (Colombia), sobre la frontera con Venezuela. Se seleccionó un conjunto residencial tipo, conformado por 250 viviendas, de estrato 3, viviendas de dos pisos y cinco habitantes en promedio. Cada vivienda cuenta con cocina con lavaplatos, zona de ropas con lavadero y conexión para lavadora, baño en primer piso con sanitario y lavamanos, baño en el segundo piso con lavamanos, sanitario y ducha; además de llave de jardín en la entrada de la vivienda. El área de cada vivienda es de 45 m² en el primer piso y 30 m² en el segundo piso, y cada una cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable en la cubierta de 2000 L.

2.2. Consumo histórico promedio

Se utilizó la información contenida en la página web del Sistema Único de Información (SUI), en la cual todas las empresas encargadas de la prestación de servicios públicos en el país deben registrar la información correspondiente a tarifas, consumo promedio, número de suscriptores, entre otras. Se aprovechó toda la información correspondiente al servicio de acueducto para el sector residencial de AQUALIA S.A. E.S.P. (Sistema Único de Información Superservicios Públicos Domiciliarios, 2018). Se obtuvieron registros anuales del consumo por suscriptor y por día, desde el año 2010 hasta el año 2016; resaltando que en el año 2013 no se encontraron

reportes. Así, este consumo anual obtenido fue aplicado al número de personas por suscriptor residencial (familia) de acuerdo con la información estadística suministrada por el DANE en la encuesta continua de hogares (DANE, 2010). En promedio, el número de personas por hogar en Villa del Rosario es de cuatro en la cabecera municipal, con lo cual se obtuvo un consumo histórico promedio por habitante día de 73.3 L, como se observa en la Tabla I.

Tabla 1. Consumo histórico Villa del Rosario (Colombia).

Año	Consumo por suscriptor residencial (L/suscriptor-día)	Consumo por habitante (L/hab. * día)
2010	390	97.5
2011	390	97.5
2012	200	50.0
2014	420	105.0
2015	190	47.5
2016	170	42.5
Consumo Promedio (L/hab. * día)		73.3

Fuente: Los autores

2.3. Consumo promedio por vivienda.

Se analizaron los consumos mensuales de la vivienda de estudio, de la cual se obtuvieron los registros de consumo mensual reportados por AQUALIA S.A. E.S.P. (AQUALIA, 2017), en su sistema de facturación, desde el mes de enero hasta el mes de julio de 2017. Este consumo fue aplicado al número de personas que viven en la vivienda, que para este caso fue de cinco personas. Se obtuvo un consumo promedio de 83.8 L por habitante y por día (L/hab*día), como se observa en la Tabla II. De acuerdo con los resultados obtenidos de la estimación del consumo histórico promedio y el consumo promedio





por vivienda, se tomó como valor de referencia el consumo obtenido de los registros de consumo mensual reportados por AQUALIA S.A. E.S.P., puesto que fueron datos más recientes y permitieron identificar de una manera más precisa el comportamiento de la vivienda de estudio. De esta manera, se adoptó como consumo básico 83.8 L/hab.*día.

Tabla 2. Consumo promedio vivienda analizada.

Mes	Consumo mensual Vivienda de estudio (m ³ /vivienda)	Consumo por habitante (L/hab. * día)
Enero	13	86.7
Febrero	14	93.3
Marzo	10	66.7
Abril	12	80.0
Mayo	12	80.0
Junio	13	86.7
Julio	14	93.3
Julio	14	93.3
Agosto	13	86.7
Septiembre	9	60.0
Octubre	10	66.7
Noviembre	10	66.7
Diciembre	13	86.7
Consumo Promedio (L/hab. * día)		83.8

Fuente: Los autores.

2.4. Medición de volúmenes de agua.

Para identificar el volumen de agua diario consumido en el uso doméstico, se realizó la medición del agua empleada en cada una de las actividades domésticas en un día de turno de servicio por parte de la empresa de servicios públicos. Ante la discontinuidad en el abastecimiento, solo durante los días de abastecimiento se hizo uso de la lavadora en la vivienda de estudio. Se cuantificó durante 24 horas el volumen aproximado de agua empleado

en las actividades diarias realizadas y que demandaron un gasto de agua potable. Esto permitió calcular el consumo diario total en cada actividad, lo cual es presentado en la Figura 1; en donde se identificaron los volúmenes de gasto y los porcentajes asociados.

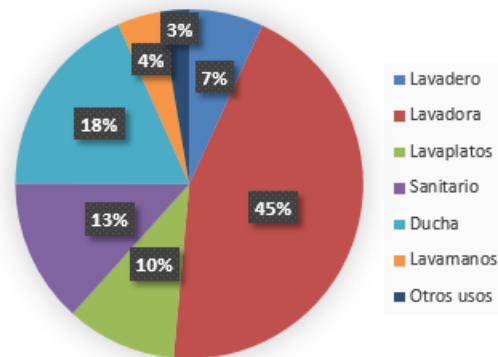


Figura 1. Distribución del consumo de agua por actividad. Fuente: Los autores.

2.5. Ciclo de vida actual e identificación de procesos.

El consumo del agua a nivel doméstico en una vivienda tiene unos procesos ya identificados y mencionados que se ven representados por aparatos de consumo para realizar estas labores, tal como se muestra en la Figura 2.

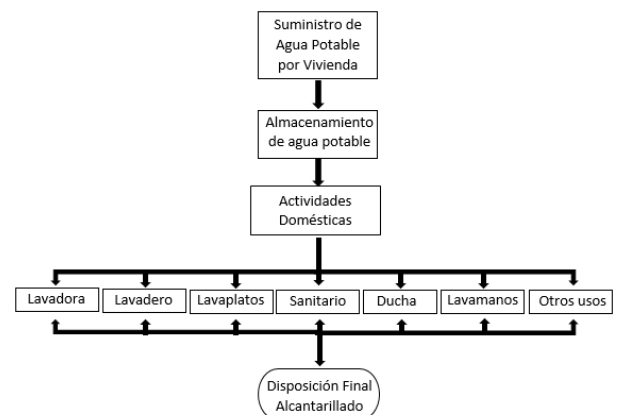


Figura 2. Ciclo de vida actual del agua en uso doméstico. Fuente: Los autores.





Sin embargo, es indispensable identificar la afectación que tiene el agua en cada una de estas actividades y que tipo de contaminación puede sufrir como resultado final de cada proceso.

A continuación, se describen los procesos y sus características en función de la calidad del agua.

(i) Suministro de agua potable: proceso que inicia con la prestación del turno de servicio al sector o la vivienda, en este proceso la calidad del agua es óptima. (ii) Almacenamiento: Recolección y acopio del volumen de agua potable para los días de intermitencia, agua de buena calidad pero que se podría ver afectada por malas condiciones y hábitos en el almacenamiento. (iii) Lavadora: En este proceso entrega como resultado agua contaminada por químicos provenientes del jabón, conocidas como aguas grises. (iv) Lavadero: Proceso similar al anterior que contamina el agua por uso de jabón convirtiéndola en agua gris, generalmente es utilizado para lavado de ropa de forma manual y menor cantidad que en lavadora. (v) Lavaplatos: Se obtiene como resultado contaminación por uso de jabón y residuos de comida, el grado de contaminación en estas actividades puede variar dependiendo de los hábitos de aseo y mantenimiento en la vivienda puesto que al presentarse obstrucciones por residuos en las tuberías de desagüe la contaminación de las aguas puede ser considerable. (vi) Sanitario: El agua es contaminada principalmente por residuos de actividades fisiológicas de las personas (orina y heces fecales), conocidas como aguas negras. (vii) Ducha: Se genera contaminación por uso de jabones y

productos de aseo personal, también se considera agua gris. (viii) Lavamanos: Se utiliza agua para actividades como el lavado de manos y en ocasiones después de usar el sanitario, también para lavado de dientes y otras acciones de aseo personal, se contamina el agua con jabón, pasta dental y otros productos químicos. (ix) Otros usos: Existen otras actividades de aseo doméstico como lavado de pisos o paredes, en los cuales el agua se contamina principalmente por jabón (agua gris). (x) Disposición final: Evacuación de las aguas contaminadas producto de cada actividad, contribución de aguas negras y grises al alcantarillado sanitario municipal.

La información anterior fue tomada como base del sistema empleado actualmente en las viviendas seleccionadas, el cual sirvió como punto de partida para realizar un balance de masas e identificar las actividades que se pudieron optimizar en el sistema de acuerdo a los gastos de agua en cada una de ellas, empleando la ley de Pareto (Arnold, 2015).

Posteriormente, fueron evaluadas las alternativas a implementar para obtener un ahorro del consumo de agua potable y proponer un reúso adecuado, con el fin de aumentar el número de días de reserva sin realizar una inversión económica considerable. Esto a partir de un análisis económico que indicó cuales fueron las mejores estrategias de producción y consumo sostenible en el uso de agua doméstica. Como resultado final, también se buscó una reducción económica en la tarifa cobrada de acueducto y alcantarillado municipal.





3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Reserva de agua disponible.

Se realiza un análisis de la cantidad de agua empleada y los días que se puede atender sin la prestación del servicio, evaluando la cantidad de almacenamiento disponible en cada vivienda, el análisis del agua consumida por día y su reserva se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de agua - Balance de masas

Ítem Operación	Balance De Agua (Litros)		
	Entrada (Litros)	Acumulada (Litros)	Salida (Litros)
Suministro	2000	0	2000
Almacenamiento	2000	0	2000
Actividades Domésticas			
Lavadero	31	0	31
Lavadora	200	0	200
Lavaplatos	46	0	46
Sanitario	60	0	60
Ducha	82	0	82
Lavamanos	18	0	18
Otros usos	12	0	12
Subtotal	449	0	449
Disposición Final	449		455
Total	2000	1551	449

Fuente: Los autores.

La cantidad de agua gastada actualmente en la vivienda a diario es de 449 L, lo cual deja un volumen acumulado de 1551 L. Reemplazando estos valores en la ecuación 1 se obtiene que el volumen de agua de salida sea el siguiente (Ecuación 1):

$$\begin{aligned} \text{Salida final} &= \text{Acumulada} + \text{Salida} \\ \text{Salida} &= 1551 \text{ L} + 449 \text{ L} = 2000 \text{ L} \end{aligned} \quad (1)$$

Adicionalmente, se determinó con la Ecuación 2 el número de días que puede durar la reserva de agua siguiendo estos hábitos de consumo, lo cual arroja un valor de 4.45 días.

$$\begin{aligned} \text{No. días reserva} &= \frac{\text{Almacenamiento total}}{\text{Consumo diario}} \\ \text{No. días reserva} &= \frac{2000}{449} = 4.45 \text{ d} \end{aligned} \quad (2)$$

3.2. Aparatos hidráulicos a optimizar.

Identificados los aparatos hidráulicos de uso doméstico en los cuales se utiliza el agua potable, se procedió a identificar cuales generaban un mayor impacto, para de esta manera evaluar las alternativas de ahorro y reúso necesarias a implementar. Al respecto, se utilizó la metodología de distribución de Pareto (Arnold, 2015). y los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.

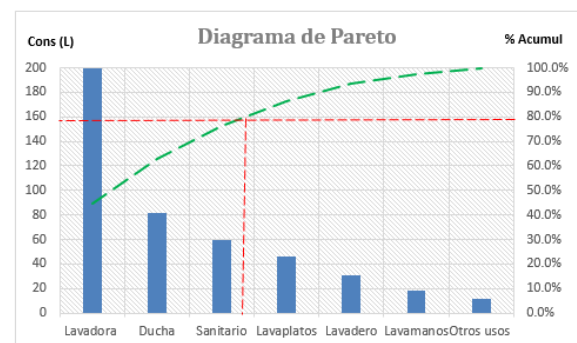


Figura 3. Diagrama de Pareto.

Fuente: Los autores.

Se pudo identificar también que los aparatos hidráulicos a intervenir y optimizar, debido a que generan un mayor impacto, son la lavadora, la ducha y el sanitario. De esta manera, las alternativas de ahorro y reúso se enfocaron primordialmente en estos aparatos, resaltados en la figura 3.





3.3. Alternativa de reúso propuesta

Esta alternativa se enfocó en la lavadora, siendo este aparato el de mayor consumo y sabiendo que se obtuvo al final del proceso agua contaminada por químicos provenientes del jabón. Estos aparatos son electrónicos y se programan para un funcionamiento automático, en la cual inicialmente se programa el proceso de remojo y lavado; terminado éste, se elimina el agua por mecanismo de bombeo y conexión de la manguera de desagüe al alcantarillado y se agrega más agua para el proceso de enjuague. Por último, se drena esta agua nuevamente.

Se propuso de acuerdo con lo anterior, eliminar la conexión del desagüe de la lavadora al alcantarillado y realizar una nueva conexión en un tanque de almacenamiento de 250 o 500 Litros. El agua recolectada fue utilizada para el lavado de pisos y paredes o para recargar los tanques de los aparatos sanitarios. De esta manera, se pudo reutilizar un 90% (10% queda en la ropa húmeda) del consumo de la lavadora, lo que representó 180 Litros.

Debido a la contaminación de las aguas de la lavadora con los productos químicos del jabón, es necesario no almacenar esta agua por más de 24 horas, por lo cual se recomendó utilizarla al poco tiempo de ser recolectada; así como también se recomendó un tratamiento de acuerdo con la metodología propuesta por Kral (Kral, 2011). El modelo de filtro propuesto se observa en la figura 4.

Filtro Casero



Figura 4. Filtro casero para aguas jabonosas. Fuente: (Kral, 2011).

3.4. Alternativa de ahorro propuesta.

De acuerdo con el análisis realizado mediante la ley de Pareto, los otros dos aparatos a intervenir fueron la ducha y el sanitario. No obstante, un reúso de estas aguas solo sería posible mediante tratamientos más avanzados y por ello más costosos, por esto se plantearon alternativas de ahorro de agua. Para la ducha se propuso el uso de un accesorio ahorrador aireador. Estos dispositivos ahorradores fueron elementos de tamaño pequeño que se instalaron de manera fácil en la grifería, y en su funcionamiento mezcló aire con agua, incluso cuando se presentaron bajas presiones en la red interna. Esto posiblemente disminuyó el caudal de salida y evitó malgastar el agua. El uso de estos accesorios permitió el ahorro, en el caso más desfavorable, del 50% en la ducha; lo cual representó según los consumos medidos en esta actividad, hasta 41 L.

El sanitario existente en cada una de las viviendas tipo del sector de estudio, fueron inodoros que pudieron usar hasta 8 L de agua por descarga. Para minimizar este



consumo se planteó la inclusión de un recipiente plástico en el tanque del sanitario, y dicho recipiente fue de 2 L. Este se instaló de manera que no interrumpiera el mecanismo de descarga del sanitario. Con esta acción propuesta se ahorraron 2 L por descarga, lo cual represento un ahorro de 20 L, según los volúmenes medidos. Adicionalmente, se propuso que el agua almacenada por el uso de la lavadora fuera utilizada para llenar el tanque del sanitario. Esta acción propuesta permitió ahorrar el 100% del consumo de este aparato hidráulico. Al efectuar las alternativas propuestas de reúso del agua de la lavadora en el lavado de pisos y paredes, además del uso en los sanitarios, y el ahorrador de agua en la ducha y el sanitario, el nuevo consumo del agua potable se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Consumo de agua con reúso y ahorro.

Aparato Actividad	Consumo (Litros)	% de Consumo
Lavadero	31	9.2%
Lavadora	200	59.5%
Lavaplatos	46	13.7%
Ducha	41	12.2%
Lavamanos	18	5.4%
Litros por día	336	100.0%

Fuente: Los autores.

Lo anterior se vio reflejado de una manera más directa al calcular nuevamente el número de días que pudo durar la reserva de agua potable con estos hábitos de consumo (Ecuación 3).

$$\text{No. días reserva} = \frac{2000}{336} = 5.95 \text{ d} \quad (3)$$

Adicionalmente, el consumo promedio mensual por vivienda tipo se disminuyó de la siguiente manera (Ecuación 4):

$$\begin{aligned} \text{Consumo mensual} &= \frac{\text{Consumo diario} * 30}{1000} \\ \text{Consumo mensual} &= \frac{336 * 30}{1000} = 10.1 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (4)$$

Se pudo determinar inicialmente que, de acuerdo con los hábitos de consumo de la vivienda de estudio, la cantidad de agua que estuvo siendo almacenada en cada turno de servicio permitió garantizar una disponibilidad del recurso hídrico aproximadamente 4.5 días; recordando que el servicio para este sector fue prestado 2 días a la semana. Es decir, en promedio cada 3.5 días llegó el agua a las viviendas. De esta manera, el volumen de agua almacenado fue suficiente para las viviendas. No obstante, es de resaltar, que seguidamente en el acueducto municipal se presentaron daños en las tuberías, lo cual se reflejó en que el turno de servicio ante estas eventualidades, solo sea prestado una vez por semana; evento para el cual sería insuficiente el volumen almacenado.

El Reglamento colombiano de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (Ministerio de Vivienda, 2017), establece para un habitante en zona de clima cálido una dotación neta de 140 L/hab.*día, valor que contrasta con el consumo cuantificado en los habitantes de este sector; el cual se determinó en 83.8 L/hab.*día, mucho menor que el estipulado por el RAS. Esto reflejó que los hábitos de consumo fueron distintos a los planteados por normatividad. Diferentes autores han evaluado la posibilidad de reúso de las aguas domésticas, planteando soluciones con redes internas complementarias,





equipos de impulsión para retorno de estas aguas y tratamientos de aguas negras y grises más avanzados en comparación al propuesto en este estudio. Estas alternativas no fueron contempladas en este estudio por requerir una inversión económica considerable, debido a las obras necesarias para modificar o complementar las redes internas y la energía eléctrica necesaria para los equipos de impulsión; siendo el objeto de esta investigación soluciones prácticas y de menor costo.

Finalmente, los resultados sugirieron que generando nuevos hábitos de consumo y ahorro se podría aumentar el número de días de reserva en cada vivienda hasta en 6 días, resaltando que las soluciones planteadas en esta investigación se enfocaron únicamente en los tres aparatos de mayor demanda o consumo. No obstante, estas estrategias se podrían enfocar en los demás aparatos no considerados para la presente solución, y podrían aumentar el número de días de reserva de agua.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación permiten visualizar las siguientes conclusiones:

En el sector de estudio, a pesar de encontrar una problemática de abastecimiento discontinuo y poco eficiente del agua, no se emplea en la actualidad ninguna estrategia de ahorro o reúso del agua; siendo la falta de conciencia del problema uno de los principales factores en la búsqueda de soluciones. Las soluciones planteadas además de aumentar los días de reserva

de agua, permitirían disminuir el consumo promedio mensual de cada vivienda hasta en un 23%; lo cual al ser aplicado de forma masiva en el total de las viviendas de los nuevos conjuntos residenciales que se están construyendo en la región, podrían reducir el caudal necesario para abastecer estos sectores en cada turno de servicio. Esto permitirá aprovechar el agua potable disponible en el municipio y, probablemente, tener una mayor área de cobertura en las zonas sin disponibilidad del servicio de este servicio público.

Es primordial también plantear soluciones que permitan optimizar el uso de recursos como el agua potable, dichas soluciones deben plantearse teniendo en cuenta los hábitos de cada región, el estrato social y económico, la disminución del impacto ambiental, y una estructuración basada en la ecología industrial; en donde los residuos de los procesos puedan ser utilizados como materia prima para otros procesos. Con las alternativas propuestas en este estudio se modifica posiblemente el ciclo normal de procesos del agua de uso doméstico, convirtiendo un ciclo lineal en un proceso cerrado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Municipal de Villa del Rosario (2000). Acuerdo_043_2000 - Alcaldía Municipal de Villa Del Rosario en Norte de Santander. [Online]. Disponible en: http://www.villadelrosarionortedesantander.gov.co/normatividad/acuerdo_043_2000.

Arnold, B. C. (2015). Pareto Distribution. In Wiley Stats Ref: Statistics Reference Online (pp. 1–10). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat01100.pub2>





AQUALIA SA ESP, Empresa de Servicios Públicos de Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia. (2017). Reporte de Consumos de Vivienda.

Bermejo Arnaldos, D. (2012). Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/29576>

Céspedes, R. (2013). Factibilidad de reúso de aguas negras en edificaciones. Escuela de ingenieros. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/112>.

Colglazier, W (2015) Sustainable development agenda: 2030. Science, vol. 349, No. 6252, pp. 1048–1050, <https://doi.org/10.1126/science.aad2333>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2008). Proyecciones Municipales 2006-2020, Metodología. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/MProyeccionesMunicipalesedadsexo.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, (DANE). (2010). Perfil Municipal Villa del Rosario, Censo General 2005 (p. 6). DANE.

Departamento Nacional de Planeación, D. N. P. (2014). Evolución de las coberturas de los servicios de acueducto y alcantarillado (1985-2013).

Domínguez Calle, E. A., Rivera, H. G., Vanegas-Sarmiento, R. & Moreno, P. (2008). Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como

herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano, Rev Acad Colomb Cienc., vol. 32, n.o 123, pp. 195–212.

Kestler-Rojas, J. P. (2004). Uso, Reúso y Reciclaje del Agua Residual en una vivienda. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Jaramillo, M. (2010). Potencial de reúso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación por agua residual en el valle geográfico del río cauca. Universidad del Valle. <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v22n2/2027-8284-inco-22-02-9412.pdf>

Kral, R. (2011). Sistema de tratamiento Casero de aguas jabonosas. Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/sistema-casero-de-tratamiento-de-aguas-jabonosas/>

Ministerio de Vivienda, C. y T. C. (2017). Resolución 0330 de 2017. <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>

Nagua Caiminagua G. C. & Glenda (2016) «Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros», Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga - Ecuador, 2016 <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3564>.

Niño Rodríguez, E. D., & Martínez Medina, N. C. (2013). Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11139>





Parra A, D. L., & Granados R, D. P. (2012). Estudio de alternativas para el aprovechamiento y reúso del agua doméstica. Universidad de La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/896/

Plan Departamental de Aguas, P. D. A. Gobernación de Norte de Santander, (2014). Estudios y Diseños para Nuevas Redes y/o Optimización de Redes de Distribución Existentes en el Municipio de Villa del Rosario, Departamento de Norte de Santander.

Sistema Único de Información (SUI). (2018). Sistema Único de Información Superservicios Públicos Domiciliarios. <http://www.sui.gov.co/web/acueducto/reportes/comerciales/indicadores-comerciales>.

Superintendencias de Servicios Públicos, S.S.P. (2019). Disponible en: <https://www.superservicios.gov.co/sala-de-prensa/comunicados/villa-del-rosario-termina-el-ano-con-nuevo-operador-de-acueducto-y>

