

System for the Recovery and Reuse of Gray Water to Save Water in Public Restrooms of Companies in Peru.

Jordhan Alexander García Santos, Bachiller¹, Luis Emilio Gamboa Toribio, Bachiller¹, Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹, Miguel Armando Benites Gutiérrez, Doctor¹, Karina Jacqueline Cárdenas Rodríguez, Maestra², Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora²

¹Universidad Nacional de Trujillo, Perú, jgarcias@unitru.edu.pe, lgamboat@unitru.edu.pe, jvillar@unitru.edu.pe, mbenites@unitru.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, Karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapon@upn.pe

Abstract- The research was carried out and executed in Peru, in the company Escalabs, the effect of the gray water recovery and reuse system on water saving was determined, in the execution of the thesis a non-experimental, descriptive cross-sectional design was used. With non-probabilistic sampling by expert judgment. The data collection was done with the technique of systematic observation of non-participant type, to analyze the data descriptive statistics were used, the problem is that in the face of the worrisome panorama of water scarcity that worsens with time, the reuse of gray water represents a good opportunity to optimize its water use, in this research the effect that the system of recovery and reuse of gray water has on water saving in a bathroom of the company Escalabs was analyzed, where it was determined that a saving of 14. 20% in water consumption, with an economic benefit of 1.23 nuevos soles per month, demonstrating a positive effect on water savings and a positive economic balance.

Keywords: water recovery and reuse system, gray water, water saving, public restroom, economic benefit, sanitary facilities.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises en el ahorro de agua en baños de uso público de empresas en el Perú

Jordhan Alexander García Santos, Bachiller¹, Luis Emilio Gamboa Toribio, Bachiller¹, Josualdo Carlos Villar Quiroz, Maestro¹, Miguel Armando Benites Gutiérrez, Doctor¹, Karina Jacqueline Cárdenas Rodríguez, Maestra², Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora²

¹Universidad Nacional de Trujillo, Perú, jgarcias@unitru.edu.pe, lgamboat@unitru.edu.pe, jvillar@unitru.edu.pe, mbenites@unitru.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, Karina.cardenas@upn.edu.pe, flor.calvanapon@upn.pe

Resumen– La investigación se realizó y ejecutó en el Perú, en la empresa Escalabs, se determinó el efecto del Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises en el ahorro de agua, en la ejecución de la investigación se usó un diseño no experimental, transversal descriptivo. Con muestreo no probabilístico por juicio de experto. La toma de datos se dio con la técnica de observación sistemática del tipo no participante, para analizar la data se hizo uso de estadística descriptiva, el problema es que frente al preocupante panorama de escasez de agua que se agudiza con el tiempo, la reutilización de aguas grises representa una buena oportunidad de optimización de su uso agua, en la presente investigación se analizó el efecto que tiene el Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises en el ahorro de agua en un baño de la empresa Escalabs, en donde se logró determinar que se ahorra un 14.20% en el consumo de agua, con un beneficio económico de 1.23 nuevos soles al mes, demostrando tener un efecto positivo en el ahorro de agua y un saldo económico positivo

Palabras Clave-- sistema de recuperación y reutilización de agua, aguas grises, ahorro de agua, baño de uso público, beneficio económico, instalaciones sanitarias.

I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Hidráulica juega un rol importante en el desarrollo de todo país, es por ello que incluso varios objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas se vinculan, viendo prioridades nacionales, porque el abastecimiento de agua potable es imprescindible para la humanidad. Sin embargo, el suministro y renovación de agua dulce en el mundo es cada día peor. La escasez de agua dulce es un problema muy crítico en el rubro de los recursos naturales que enfrenta la tierra, este problema está empeorando con el paso del tiempo por el crecimiento acelerado de la humanidad, la cual necesita una mayor cantidad de agua dulce, demanda que no podría ser cubierta por la cantidad de agua dulce existente y el ineficiente uso que se hace de ella, Agudelo [1]

Actualmente existen poblaciones que están experimentando este problema, el cual se conoce también como estrés hídrico, determinado por la falta de agua potable; siendo los más perjudicados las poblaciones ubicadas en Asia Menor, Medio Oriente, la península arábiga, Irán, Afganistán, India, Asia central, parte de China, Japón y Corea, en donde el estado es crítico; Bruzzone [2]

La Gestión del Agua Urbana-Urban Water Management (UWM, por sus siglas en inglés) recientemente ha ganado más atención, en parte debido a la creación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que contempla el sexto ODS que busca asegurar la disponibilidad de agua, gestión sostenible y alcantarillado y agua para todos. Por ello UWM juega un rol muy importante, teniendo como principales retos la provisión de agua potable, manejo de aguas residuales y protección contra inundaciones. Actualmente tiene un enfoque integral que plantea la idea de gestionar el agua urbana como un ciclo. Para esto se basan en redes de tuberías generalmente subterráneas, además se hace uso de plantas depuradoras de agua potable y aguas negras, que ejercen de conector con el medio ambiente acuático, tratando el agua cruda con fines de potabilizarla y las aguas residuales para el control de la contaminación del agua, esto requiere una importante infraestructura adicional, además de un sistema de colección de aguas de lluvia, por lo que requieren un alto nivel de inversión, lo que solo al alcance de países con altos ingresos, Larsen [3].

Japón, para incentivar el ahorro de agua, han realizado investigaciones en el rubro de la reutilización de aguas servidas desde 1964, motivado por una gran sequía que afectó a este país. La reutilización de agua en este país está enfocada principalmente a su reúso en edificios o en conjunto de éstos, siendo sus aplicaciones principales para tanques de inodoros. La Ciudad de Fukuoka y Tokio, solicitan a los nuevos edificios, con más de 5000 m², hagan uso de un sistema paralelo de distribución de aguas. Otra alternativa para el ahorro de agua, son los sistemas de reúso de tamaño grande, los cuales se subvencionan hasta un 50% por el Ministerio de Construcción (MOC). Para otras opciones como los sistemas para reutilización On-Site (en el sitio), se tiene la guía Guideline for On-Site Wastewater and Rainwater Reuse Systems elaborada por el MOC.

De igual manera en EEUU, el ahorro de agua es de vital importancia, debido a que el agua que se consume es de extracción combinada, es decir de extracción de agua superficial y freáticas. Como regla general, el gobierno de los Estados Unidos regula el flujo de corrientes y sus respectivos usos no consuntivos (Red interamericana de academias de ciencias foro consultivo científico y tecnológico, AC, 2012). [4]. Es

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

por ello, que el reúso de aguas grises, como método de ahorro de agua está regulada y es legal en 36 de sus 50 estados de este país, variando los límites exigidos y los tipos de reusos admitidos.

Asimismo China, en respuesta a la crisis de agua, ha tomado acciones para reducir su consumo de agua, entre las que se destaca la norma de reúso de agua a gran escala en construcciones residenciales e institucionales. Además, dichas regulaciones deben ser cumplidas por fábricas de Beijing, estas en caso de no cumplirlas son penalizadas con una reubicación. Según las estadísticas de reúso de aguas negras, en Beijing, se ha presentado un crecimiento partiendo de un 45.3% a inicios de los 80 hasta un 91.4% en 1996, Franco [5].

Perú, históricamente en la administración de los recursos hídricos, ha dado prioridad a inversiones enfocadas a aumentar la oferta del agua, en su mayoría, en la construcción de costosos trasvases intercuenas y grandes presas, y se había ignorado otros instrumentos que permitan mejorar su administración, tales como mejorar la encomienda hídrica, aumentar la distribución entre los usuarios de los recursos acuíferos o incidir en los hábitos de los usuarios de los mismos, para ahorrar agua; esto motivó a la fundación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)[6] que desarrolló un proceso de Acción que envuelve acciones técnicas, normativas y de gestión en un corto plazo propuesto de diez años, 2016-2025, implementando este proyecto de Acción, se busca recuperar gradualmente la calidad del agua, fijar la ejecución de instrumentos de defensa y aumentar la administración en conjunto de los recursos acuíferos, ANA [6]. Hasta la fecha, se ha desarrollado la Prueba Piloto de Indicadores de Gobernanza del Agua, a Escala Nacional, el cual se realizó en dos fases, que se dio desde abril a noviembre del año 2017. A la actualidad conforme al Plan de Acción ha desarrollado la prueba piloto de señales de Gobernanza del Agua (ANA, Reporte: Prueba Piloto Indicadores de los principios gobernanza del agua de la OSCE) [7]. Además, en la Ley General del Medio Ambiente [8], indica el artículo 120, punto 2: “El gobierno incentiva la depuración de aguas negras para reutilización priorizando la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin perjudicar la salud humana, el ambiente o las diligencias en las que se realizarán”

Según Hyde [9] con las investigaciones propuestas en los antecedentes, se puede apreciar el alto potencial que tiene el reúso de aguas grises, debido a su facilidad de tratamiento por su bajo grado de contaminación y sus diversas aplicaciones en donde se pueden hacer uso de ella, en un uso masivo ofrece ventajas como reducir los requisitos de la red de distribución, reducen el esfuerzo y costo de la construcción y; siempre que sea posible, minimizan la huella de carbono asociada. Además, como afirma Narges, Hasan y Nafise [10] cuando se usa sabiamente y de una manera que defienda el ambiente y la sanidad pública, puede ayudar a preservar los limitados suministros de agua.

Según la Organización Mundial de la Salud, (OMS) [11], un individuo debería usar hasta 100 litros de agua diariamente, atendiendo todas las exigencias alimentarias y de sanidad, Además, en el Perú, SEDAPAL menciona que un peruano promedio usa 163 litros de agua al día, esto está por encima de lo recomendado por la OMS, Diario El Comercio [12]; es por ello por lo que se debe reducir el gasto neto de agua / persona.

Este elevado uso de agua se debe a una ineficiente administración de este recurso por parte de los usuarios, que no toman acción de la preocupante situación, esto se puede evidenciar en la campaña que realizó la SUNASS llamado #Yo cuido el Agua el 09 de enero del 2018, con el fin de prevenir el derroche que sucede en la temporada de verano, y promover el uso responsable de este recurso hídrico, SUNASS[13].

El ahorro de agua producido por el sistema de recuperación y reúso de aguas procedentes de actividades que no incluyan el inodoro se puede traducir en un ahorro económico, debido a que se reduce el consumo de agua dentro del baño, lo que implica un menor costo por el pago de este servicio; esto sumado a la creciente alza de precio del agua, como se puede evidenciar en las declaraciones de Francisco Dumler, presidente de Sedapal, “es imposible tener una tarifa de S/. 2.83 soles por cada 1000 litros de agua”, [14] Radio Programas del Perú (RPP) hacen que el ahorro económico producido por el sistema sea mayor con cada aumento de tarifa de agua. Investigaciones como esta, son de mucha importancia frente al triste panorama de la creciente crisis de agua que se viven en muchos países, y que en Perú se espera que llegue a su punto crítico en el año 2025, FLUENCE [15].

En esta investigación se procederá a realizar un estudio del efecto en el ahorro de agua del sistema de recuperación y reúso de aguas grises en baños de uso público; este sistema reusa el agua procedente de lavamanos, para luego tratarlo químicamente, y posteriormente usarlo para abastecer al tanque del inodoro; este sistema tiene como ventaja técnica, una fácil instalación en edificaciones ya construidas, debido a que es de instalación externa, esto, hace de esta propuesta una alternativa escalable en las ciudades, además representa una oportunidad para la gestión sostenible del agua urbana, sin necesidad de hacer grandes modificaciones de la infraestructura sanitaria actual.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de diseño no experimental, transversal descriptivo. Con muestreo no probabilístico por juicio de experto. Debido al contexto que se vivía en la pandemia del COVID-19, en la búsqueda de empresas para instalar el sistema, la empresa ESCALABS fue la única que dio las facilidades para la instalación del Sistema de Recuperación y Reutilización de aguas grises. El baño contaba con dos lavamanos empotrados, teniendo un amplio espacio para la instalación del Tanque de Almacenamiento, y contaba con un Inodoro de tanque bajo. El baño era para el personal de todo el segundo piso del Laboratorio, con un total de 7 usuarios.

Diseño del Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises:

a. Sistema de Automatización: Hace referencia a la conversión de determinadas acciones en automáticas (Se dan por

sí mismas, sin que el usuario intervenga directamente), este sistema comprende:

Sistema de Bombeo: Se automatiza para evitar rebase de agua, y para que enviase el agua de forma continua generando así que la eficiencia aumente.

b. Sistema de Almacenamiento: Comprende los tanques de almacenamiento que son diseñados en base a la data determinados de consumo de agua y a la cantidad de habitantes que hay en la vivienda, además de la forma que tendrán estos según la función que nosotros deseamos.

c. Sistema de Tratamiento de Agua: Es un tema complejo que comprende los siguientes análisis:

d. Análisis Físico: Comprende los siguientes ensayos Turbidez: Se usó un ensayo nefelométrico con el fin de determinar las unidades nefelométricas y determinar si el agua es turbia o no.

e. Análisis Químico:

Potencial de hidrogeno: El pH óptimo del agua está 6,5 y 8,5, es decir, un rango neutro y levemente alcalino, su valor más alto aceptado es 9. Aguas con valores menores a 6.5 tienen características corrosivas, en la mayor parte de casos por la presencia de CO₂, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. En la decisión de la potabilidad del agua, es importantísimo el control de un gran número de parámetros químicos y bacteriológicos. De estos se destaca el amonio, los nitratos y nitritos, indicadores de contaminación por excelencia.

Temperatura (T°): La temperatura es un valor termodinámico referible de calor medible o transferencia de energía. Existen parámetros sensibles a la temperatura, como el oxígeno, a mayor temperatura los procesos fotosintéticos son más rápidos.

Oxígeno Disuelto (OD): Es la cantidad de oxígeno diluido en el agua que juega un papel muy importante en el tratamiento de agua por que ayuda a la degradación de la carga biodegradable. Este parámetro es un indicador de contaminación del agua. Del oxígeno disuelto total en el agua parte es del aire y la otra parte proviene de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Otras causas que determinan los niveles de OD es la turbulencia a la que es transportada el agua, un flujo turbulento aumenta los niveles de OD porque el aire atrapado bajo el agua se mueve con rapidez, diluyéndose rápidamente.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Indica que cantidad de oxígeno disuelto usan los microorganismos para degradar la materia orgánica por litro de agua. Es una medida muy importante para la elección del sistema de tratamiento.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): son las partículas por millón de sólidos que el efluente tiene en suspensión después de 10 min.

Porcentaje de cloruros: Este componente está presente en todas las aguas. Es característico de la contaminación por materias residuales de origen animal. Un agua con alto índice de cloruro evidencia presencia de amoníaco, nitrato, nitrito. Los cloruros no hacen daño, pero en grandes cantidades producen un sabor molesto.

Sulfatos: Se determina con el test rápido de contenido de sulfatos.

Dureza total: En aguas duras se puede ver una gran presencia sales de Ca y Mg diluidas. Un fluido blando presenta escasa presencia de estas sales. Bicarbonato de

calcio y magnesio: Dureza Temporal Sulfato y cloruro de calcio y magnesio: Dureza Permanente

Puede haber también nitratos, fosfatos, silicatos, etc. (dureza permanente). El efluente normal contiene entre 60 y 100 mg/L de para que no sea corrosiva. Valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO₃) 400 mg/l.

Componentes tóxicos: Se determinó por análisis químico.

Amonio:

Este valor es un ion, que tiene escasa poca actividad tóxica por sí misma, pero la presencia de este componente incluso en bajas concentraciones puede evidenciar una cantidad creciente de bacterias fecales, patógenos, entre otros. La formación del amonio se origina del proceso de degradación bacteriana de urea y proteínas, es la etapa inicial inorgánica del proceso.

Nitritos:

Este compuesto representa la forma intermedia y tóxica del nitrógeno inorgánico en agua. Durante la oxidación bacteriana: proteínas → amonio → nitritos → nitratos, los nitritos son un indicador importantísimo como indicador de la contaminación, siendo señal clara de una nitrificación incompleta.

Nitratos: Tiene como origen la desintegración de materia vegetal y/o animal; fenómenos naturales como la lluvia también aportan con nitritos entre 0.4 y 8 ppm. Estos componentes se pueden evidenciar en aguas industriales y domésticos.

f. Análisis Bacteriológico: La caracterización bacteriológica es usada para comprobar la inocuidad del agua, que es sumamente importante para la salud, nosotros determinamos principalmente presencia de coliformes y otros tales como:

Bacterias mesófilas: Son aquellas que desintegran la parte orgánica en un rango de temperaturas de 30 y 40 °C

Escherichia Coli: (K. L., J. E., & V. J., 2005) La Escherichia Coli es una bacteria que representa el principal indicador para medir la contaminación fecal, debido a que es propio de la flora intestinal del sistema digestivo de animales y seres humanos.

Pseudomona aeruginosa: Esta bacteria esta presente en el suelo y el agua de toda la superficie terrestre. Son típicas de áreas húmedas, como en lavaderos, piscinas con una ineficiente cloración y en jacuzzis.

g. Sistema de Medición

En la presente investigación se realizó en un baño de uso público con dos lavamanos y un inodoro. Se colocaron tres sensores. El sensor 03 se usó para la medición del consumo total de agua potable en los dos lavatorios y el inodoro. El sensor 02, se usó para medir el consumo de agua potable del inodoro. Y el sensor 01 se usó para medir el volumen de agua gris reutilizado usado por el inodoro



Fig. 1 Vista en planta de baño analizado en la presente

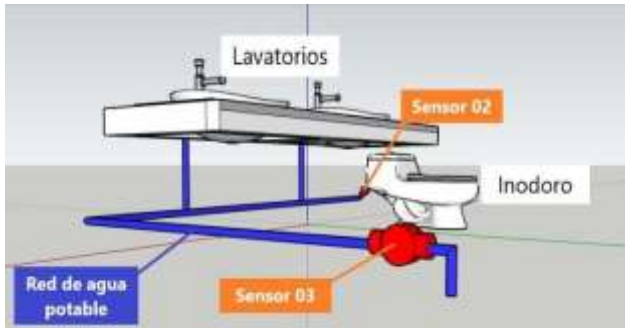


Fig. 2 Ubicación de sensor 03 y sensor 02



Fig. 3 Ubicación del sensor 01

III. RESULTADOS

Toma de datos del uso de agua a través de los sensores

En este capítulo presentamos la toma de datos de los sensores, para determinar los volúmenes de fluido ahorrado por el Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises.

TABLA I

RECOLECCIÓN DE DATOS DE VOLUMEN DE AGUA DURANTE EL PROCESO.

Fecha	Hora	Tiempo	SENSOR 01	SENSOR 02	SENSOR 03
			Volumen de agua gris usado (Litros)	Volumen de agua potable usado en el Inodoro (Litros)	Volumen total diario de agua potable consumido en el Baño (Litros)
29/11/2021	8:00 a. m.	día 1	4.32	8.06	125.27
29/11/2021	09:45 a.m.	día 1	3.21	9.17	
29/11/2021	11:34 a. m.	día 1	0	12.37	
29/11/2021	12:31 p.m.	día 1	0	12.38	
29/11/2021	01:15 p.m.	día 1	7.56	4.82	

29/11/2021	01:25 p.m.	día 1	0.78	11.6	100.17	
29/11/2021	02:15 p.m.	día 1	0	12.38		
29/11/2021	03:47 p.m.	día 1	4.36	8.02		
29/11/2021	07:34 p.m.	día 1	1.15	11.23		
29/11/2021	8:47 p. m.	día 1	0	12.38		
30/11/2021	7:48 a. m.	día 2	5.34	7.04		
30/11/2021	08:34 a.m.	día 2	2.27	10.11		
30/11/2021	10:54 a. m.	día 2	1.13	11.25		
30/11/2021	12:41 p.m.	día 2	0	12.38		
30/11/2021	01:05 p.m.	día 2	1.16	11.22		
30/11/2021	01:23 p.m.	día 2	0	12.38		
30/11/2021	06:46 p.m.	día 2	2.45	9.93		
30/11/2021	07:38 p.m.	día 2	3.48	8.9		
1/12/2021	07:35 a.m.	día 3	1.24	11.14	87.71	
1/12/2021	09:45 a.m.	día 3	6.54	5.84		
1/12/2021	12:41 p.m.	día 3	0	12.38		
1/12/2021	01:27 p.m.	día 3	0	12.38		
1/12/2021	01:45 p.m.	día 3	7.45	4.93		
1/12/2021	05:51 p.m.	día 3	1.32	11.06		
1/12/2021	08:17 p.m.	día 3	0.94	11.44		
2/12/2021	07:29 a.m.	día 4	3.46	8.92		
2/12/2021	10:45 a.m.	día 4	0	12.38		
2/12/2021	12:34 p.m.	día 4	1.12	11.26		
2/12/2021	01:21 p.m.	día 4	0	12.38		
2/12/2021	01:52 p.m.	día 4	6.87	5.51		
2/12/2021	07:41 p.m.	día 4	1.2	11.18		
2/12/2021	08:50 p.m.	día 4	0	12.38		
3/12/2021	07:29 a.m.	día 5	0	12.38	87.67	
3/12/2021	10:45 a.m.	día 5	1.34	11.04		
3/12/2021	12:41 p.m.	día 5	3.67	8.71		
3/12/2021	01:24 p.m.	día 5	0	12.38		
3/12/2021	01:31 p.m.	día 5	5.23	7.15		
3/12/2021	07:48 p.m.	día 5	1.87	10.51		
3/12/2021	08:50 p.m.	día 5	0	12.38		
4/12/2021	07:29 a.m.	día 6	0.45	11.93		
4/12/2021	10:45 a.m.	día 6	1.28	11.1		
4/12/2021	12:44 p.m.	día 6	0	12.18		
4/12/2021	01:21 p.m.	día 6	0	12.38		
4/12/2021	01:41 p.m.	día 6	2.45	9.93		
4/12/2021	04:25 p.m.	día 6	3.97	8.41		
4/12/2021	07:01 p.m.	día 6	1.34	11.04		
4/12/2021	08:39 p.m.	día 6	0	12.38		
5/12/2021	09:47 a.m.	día 7	2.57	9.84	12.5465	
6/12/2021	07:49 a.m.	día 8	2.34	10.04	112.7	
6/12/2021	11:35 a.m.	día 8	1.9	10.48		
6/12/2021	12:21 p.m.	día 8	0	12.37		
6/12/2021	01:24 p.m.	día 8	0.45	11.93		
6/12/2021	01:41 p.m.	día 8	3.76	8.62		
6/12/2021	02:56 p.m.	día 8	1.12	11.26		
6/12/2021	04:22 p.m.	día 8	0	12.38		
6/12/2021	07:32 p.m.	día 8	0	12.38		
6/12/2021	08:19 p.m.	día 8	0.78	11.6		
7/12/2021	07:37 a.m.	día 9	0	12.38		112.96
7/12/2021	10:33 a.m.	día 9	2.34	10.04		
7/12/2021	12:11 p.m.	día 9	3.45	8.93		
7/12/2021	01:31 p.m.	día 9	1.56	10.82		
7/12/2021	01:23 p.m.	día 9	0	12.38		
7/12/2021	02:35 p.m.	día 9	0.34	12.04		
7/12/2021	04:48 p.m.	día 9	0	12.38		
7/12/2021	07:59 p.m.	día 9	5.78	6.6		
7/12/2021	08:12 p.m.	día 9	2.98	9.6		
8/12/2021	07:51 a.m.	día 10	0.45	11.93	112.74	
8/12/2021	09:33 a.m.	día 10	7.85	4.53		
8/12/2021	11:59 a.m.	día 10	0.45	11.93		
8/12/2021	01:03 p.m.	día 10	0	12.38		
8/12/2021	01:18 p.m.	día 10	7.59	4.79		
8/12/2021	02:45 p.m.	día 10	1.34	11.04		
8/12/2021	03:48 p.m.	día 10	3.23	9.15		
8/12/2021	06:57 p.m.	día 10	3.46	8.92		
8/12/2021	07:27 p.m.	día 10	0	12.38		
9/12/2021	07:36 a.m.	día 11	1.56	10.82		87.67
9/12/2021	10:21 a.m.	día 11	0	12.38		
9/12/2021	01:39 p.m.	día 11	0.56	11.82		
9/12/2021	03:48 p.m.	día 11	7.84	4.54		
9/12/2021	05:18 p.m.	día 11	2.54	9.84		
9/12/2021	06:17 p.m.	día 11	0.71	11.67		
9/12/2021	07:58 p.m.	día 11	0	12.38		
10/12/2021	07:59 a.m.	día 12	0	12.38	87.81	
10/12/2021	11:31 a.m.	día 12	2.45	9.93		
10/12/2021	12:39 p.m.	día 12	3.65	8.83		

10/12/2021	01:38 p.m.	día 12	2.45	9.93	100.23
10/12/2021	04:58 p.m.	día 12	0.67	11.71	
10/12/2021	07:17 p.m.	día 12	0	12.38	
10/12/2021	08:54 p.m.	día 12	4.56	7.82	
11/12/2021	07:29 a.m.	día 13	0.34	12.04	
11/12/2021	09:31 a.m.	día 13	0	12.38	
11/12/2021	01:39 p.m.	día 13	6.78	5.6	
11/12/2021	01:59 p.m.	día 13	3.56	8.82	
11/12/2021	03:58 p.m.	día 13	2.01	10.37	
11/12/2021	06:14 p.m.	día 13	0.34	12.04	
11/12/2021	07:29 p.m.	día 13	0.56	11.82	
11/12/2021	08:18 p.m.	día 13	0	12.38	
12/12/2021	10:34 a.m.	día 14	0.67	11.71	
13/12/2021	07:26 a.m.	día 15	3.78	8.6	
13/12/2021	09:33 a.m.	día 15	4.56	7.82	
13/12/2021	01:00 p.m.	día 15	0.1	12.27	
13/12/2021	01:27 p.m.	día 15	0	12.38	
13/12/2021	02:38 p.m.	día 15	5.79	6.59	
13/12/2021	03:19 p.m.	día 15	0.98	11.4	
13/12/2021	04:19 p.m.	día 15	0.6	11.78	
13/12/2021	05:16 p.m.	día 15	2.56	9.82	
13/12/2021	07:14 p.m.	día 15	6.43	5.95	
13/12/2021	08:35 p.m.	día 15	1.76	10.62	
13/12/2021	09:18 p.m.	día 15	1.2	11.18	
14/12/2021	07:46 a.m.	día 16	2.34	10.04	
14/12/2021	09:13 a.m.	día 16	4.67	7.71	
14/12/2021	12:30 p.m.	día 16	2.13	10.25	
14/12/2021	01:23 p.m.	día 16	0.45	11.93	
14/12/2021	02:48 p.m.	día 16	1.24	11.14	
14/12/2021	05:19 p.m.	día 16	0.43	11.95	
14/12/2021	06:14 p.m.	día 16	0	12.38	
14/12/2021	07:15 p.m.	día 16	1.45	10.93	
15/12/2021	08:02 a.m.	día 17	0.78	11.6	
15/12/2021	10:18 a.m.	día 17	5.67	6.71	
15/12/2021	01:30 p.m.	día 17	0.45	11.93	
15/12/2021	01:53 p.m.	día 17	0	12.18	
15/12/2021	02:39 p.m.	día 17	1.32	11.06	
15/12/2021	06:24 p.m.	día 17	2	10.38	
15/12/2021	06:38 p.m.	día 17	3.56	8.82	
15/12/2021	07:52 p.m.	día 17	2.45	9.93	
16/12/2021	07:27 a.m.	día 18	2.34	10.04	
16/12/2021	09:18 a.m.	día 18	0.45	11.93	
16/12/2021	12:30 p.m.	día 18	2.43	9.95	
16/12/2021	01:29 p.m.	día 18	0.67	11.71	
16/12/2021	03:39 p.m.	día 18	0	12.38	
16/12/2021	06:35 p.m.	día 18	4.87	7.51	
16/12/2021	07:22 p.m.	día 18	2.12	10.26	
17/12/2021	07:35 a.m.	día 19	0.57	11.81	
17/12/2021	11:18 a.m.	día 19	3.43	8.95	
17/12/2021	12:58 p.m.	día 19	2.54	9.84	
17/12/2021	01:35 p.m.	día 19	0.45	11.93	
17/12/2021	04:39 p.m.	día 19	0	12.38	
17/12/2021	06:26 p.m.	día 19	2.54	9.84	
17/12/2021	07:02 p.m.	día 19	6.78	5.6	
17/12/2021	08:08 p.m.	día 19	0.38	12	
18/12/2021	07:58 a.m.	día 20	2.48	9.9	
18/12/2021	11:05 a.m.	día 20	0.37	12.01	
18/12/2021	11:58 p.m.	día 20	0.21	12.17	
18/12/2021	01:45 p.m.	día 20	3.46	8.92	
18/12/2021	02:39 p.m.	día 20	0	12.38	
18/12/2021	06:16 p.m.	día 20	2.45	9.93	
18/12/2021	08:39 p.m.	día 20	5.67	6.71	
19/12/2021	11:59 p.m.	día 21	0	0	
20/12/2021	07:34 a.m.	día 22	3.45	8.93	
20/12/2021	09:05 a.m.	día 22	6.76	5.62	
20/12/2021	11:10 a.m.	día 22	0	12.37	
20/12/2021	01:42 p.m.	día 22	0.98	11.4	
20/12/2021	02:32 p.m.	día 22	4.56	7.72	
20/12/2021	04:16 p.m.	día 22	3.29	9.09	
20/12/2021	06:39 p.m.	día 22	1.23	11.15	
20/12/2021	07:12 p.m.	día 22	0.12	12.26	
20/12/2021	08:09 p.m.	día 22	0	12.38	
21/12/2021	08:07 a.m.	día 23	0	12.38	
21/12/2021	10:08 a.m.	día 23	1.24	11.14	
21/12/2021	12:10 p.m.	día 23	6.79	5.59	
21/12/2021	01:31 p.m.	día 23	1.2	11.18	
21/12/2021	03:16 p.m.	día 23	0.57	11.81	
21/12/2021	06:45 p.m.	día 23	1.56	10.82	
21/12/2021	07:18 p.m.	día 23	0.43	11.95	
21/12/2021	08:26 p.m.	día 23	0	12.38	

22/12/2021	07:41 a.m.	día 24	0.15	12.23	112.75
22/12/2021	10:48 a.m.	día 24	7.85	4.53	
22/12/2021	01:10 p.m.	día 24	0.48	11.9	
22/12/2021	01:36 p.m.	día 24	1.23	11.15	
22/12/2021	02:46 p.m.	día 24	7.21	5.17	
22/12/2021	05:16 p.m.	día 24	2.35	10.03	
22/12/2021	06:40 p.m.	día 24	1.37	11.01	
22/12/2021	07:41 p.m.	día 24	0.98	11.4	
22/12/2021	08:05 p.m.	día 24	0.54	11.84	
23/12/2021	07:21 a.m.	día 25	1.2	11.18	
23/12/2021	12:10 p.m.	día 25	0.38	12	
23/12/2021	01:12 p.m.	día 25	7.48	4.9	
23/12/2021	03:17 p.m.	día 25	0.35	12.03	
23/12/2021	05:34 p.m.	día 25	1.57	10.81	
23/12/2021	07:28 p.m.	día 25	2.45	9.93	
23/12/2021	08:01 p.m.	día 25	0.45	11.93	
24/12/2021	07:51 a.m.	día 26	0	12.38	
24/12/2021	07:51 a.m.	día 26	3.45	8.93	
24/12/2021	09:38 a.m.	día 26	1.24	11.14	
24/12/2021	11:31 a.m.	día 26	0.45	11.93	
24/12/2021	01:34 p.m.	día 26	5.6	6.78	
24/12/2021	05:18 p.m.	día 26	3.4	8.98	
24/12/2021	06:01 p.m.	día 26	1.2	11.18	
25/12/2021	11:59 p.m.	día 27	0	0	
26/12/2021	11:59 p.m.	día 28	0	0	
27/12/2021	07:38 a.m.	día 29	1.2	11.18	
27/12/2021	09:51 a.m.	día 29	0.34	12.04	
27/12/2021	10:38 a.m.	día 29	3.56	8.82	
27/12/2021	09:38 a.m.	día 29	4.67	7.71	
27/12/2021	01:34 p.m.	día 29	5.8	6.58	
27/12/2021	05:18 p.m.	día 29	2.3	10.08	
27/12/2021	06:01 p.m.	día 29	0.45	11.93	
27/12/2021	01:34 p.m.	día 29	0	12.38	
27/12/2021	05:18 p.m.	día 29	4.56	7.82	
27/12/2021	06:01 p.m.	día 29	3.21	9.17	
28/12/2021	07:43 a.m.	día 30	1.23	11.15	
28/12/2021	09:21 a.m.	día 30	0.46	11.92	
28/12/2021	10:32 a.m.	día 30	5.67	6.71	
28/12/2021	11:18 a.m.	día 30	0.34	12.04	
28/12/2021	12:34 p.m.	día 30	2.45	9.93	
28/12/2021	01:18 p.m.	día 30	0.23	12.15	
28/12/2021	02:16 p.m.	día 30	0	12.38	
28/12/2021	06:14 p.m.	día 30	6.7	5.68	
28/12/2021	07:06 p.m.	día 30	3.2	9.18	
29/12/2021	07:40 a.m.	día 31	1.76	10.62	
29/12/2021	09:01 a.m.	día 31	2.76	9.62	
29/12/2021	10:39 a.m.	día 31	3.45	8.93	
29/12/2021	11:27 a.m.	día 31	0.55	11.83	
29/12/2021	12:56 p.m.	día 31	1.79	10.59	
29/12/2021	01:32 p.m.	día 31	6.53	5.85	
29/12/2021	03:16 p.m.	día 31	4.6	7.78	
29/12/2021	04:14 p.m.	día 31	4.56	7.82	
29/12/2021	07:36 p.m.	día 31	1.34	11.04	
29/12/2021	08:28 p.m.	día 31	0.56	11.82	
30/12/2021	07:40 a.m.	día 32	0.46	11.92	
30/12/2021	09:01 a.m.	día 32	2.34	10.04	
30/12/2021	10:39 a.m.	día 32	4.56	7.82	
30/12/2021	11:27 a.m.	día 32	1.34	11.04	
30/12/2021	12:56 p.m.	día 32	0.45	11.93	
30/12/2021	01:32 p.m.	día 32	0	12.38	
30/12/2021	03:16 p.m.	día 32	1.45	10.93	
30/12/2021	04:14 p.m.	día 32	0.45	11.93	
30/12/2021	07:36 p.m.	día 32	5.46	6.92	
30/12/2021	08:28 p.m.	día 32	4.5	7.88	
30/12/2021	04:14 p.m.	día 32	6.32	6.06	
30/12/2021	07:36 p.m.	día 32	3.56	8.82	
30/12/2021	08:28 p.m.	día 32	1.1	11.28	
31/12/2021	07:57 a.m.	día 33	1.34	11.04	
31/12/2021	09:38 a.m.	día 33	2.35	10.03	
31/12/2021	11:59 a.m.	día 33	2.34	10.04	
31/12/2021	12:46 p.m.	día 33	3.45	8.93	
31/12/2021	01:16 p.m.	día 33	4.32	8.06	
31/12/2021	03:42 p.m.	día 33	1.2	11.18	
31/12/2021	06:16 p.m.	día 33	0.34	12.04	
31/12/2021	07:14 p.m.	día 33	1.3	11.08	

Cálculo de costo operativo

TABLA III

CÁLCULO DE COSTO OPERATIVO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS DURANTE EL MES DE DICIEMBRE 2021.

Componentes	Potencia eléctrica (Kwatts)	Horas de uso al mes (horas)	Costo (S/.) incluido IGTV
Módulo de control (Tarjeta arduino , placa electrónica, modulo reloj, tarjeta de expansión de almacenamiento MicroSD, etc)	0.0999	24.00	S/ 1.556
03 Sensores de caudal	0.0462	0.04	S/ 0.001
Pantalla LED	0.021	24.00	S/ 0.327
Bomba de succión (12 voltios)	0.07	1.83	S/ 0.083
Bomba de impulsión (220 voltios)	0.035	0.06	S/ 0.001
Lámpara de UV	0.025	10.80	S/ 0.175
TOTAL=			S/ 2.14

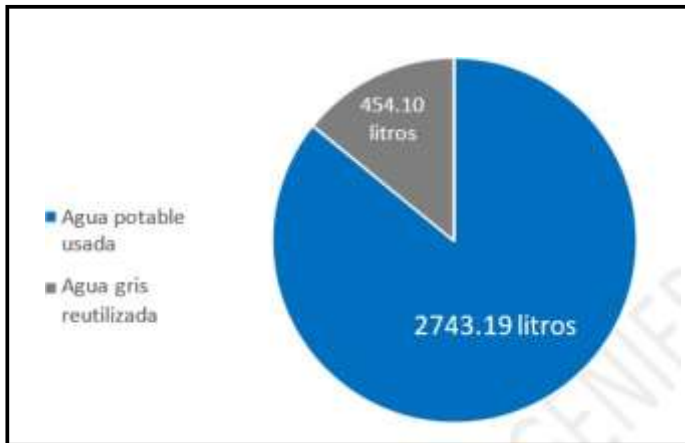


Fig. 4. Consumo de agua del baño con el Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises en el baño de uso público de Escalabs

Nota. La figura presenta el volumen de agua consumido en el baño de Escalabs escogido para esta investigación, realizado en diciembre del 2021.

Beneficio económico como resultado del ahorro de agua

Con el dato del volumen de agua ahorrado, se procedió a calcular el beneficio económico obtenido por el ahorro de agua. Este beneficio lo obtendremos aplicando la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{\text{Beneficio económico}}{\text{S/.}} \right) = \left(\frac{\text{Ahorro monetario}}{\text{S/.}} \right) - \left(\frac{\text{Costos operativos}}{\text{S/.}} \right) \quad (1)$$

Donde:

Ahorro monetario: Es el dinero que la empresa no pagó por el agua potable que fue reemplazada por el agua gris reusada por el Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises.

Costos operativos: Costo de insumos químicos (carbón activado) y consumo eléctrico del Sistema de recuperación y reutilización de aguas grises.

Cálculo del Ahorro Monetario

Siendo el volumen de agua 454.10 litros, la empresa Escalabs pertenece a la categoría Comercial con un rango de consumo de agua en m³/mes de 20 a más. Se aplicó la tarifa presentada en la siguiente tabla:

TABLA II

CÁLCULO DEL AHORRO MONETARIO POR EL AHORRO DE AGUA

Categoría	Rangos (m ³ /mes)	Tarifa (S/ m ³)		Ahorro monetario + IGTV
		Agua	Alcantarillado	
Comercial	20 a más	6.571	3.755	S/5.70

Cálculo del Beneficio económico

Se reemplazó los resultados antes obtenidos en la fórmula (1).

$$\left(\frac{\text{Beneficio económico}}{\text{S/.}} \right) = (5.70) - (2.33 + 2.14)$$

$$\left(\frac{\text{Beneficio económico}}{\text{S/.}} \right) = 1.23 \text{ Nuevos Soles}$$

Resultados de ensayos físicos químicos de agua

A continuación, se presentan los resultados de ensayos físicos químicos de agua al ingreso y la salida del sistema de recuperación y reutilización de aguas grises.

TABLA IV

RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DE AGUA EN EL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS.

Parámetros	Unidades	Ingreso	Salida
		Resultados	Resultados
Potencial Hidrógeno	-	8.04	7.46
Conductividad eléctrica	uS / cm	429	340.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg /L	96.8	67.5
Demanda Química de Oxígeno	Mg /L	123	93.0
Temperatura	°C	22	22.0
Turbiedad	NTU	158	122.0
Sólidos disueltos totales	Ppm	216	169.0
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	7.8	5.40
Cloro libre	Mg /L	160.8	114.6
Cloruros	Mg /L	255.24	182.5
Cianuro total	Mg /L	<0.001	<0.001
Nitratos	Mg /L	0.1836	0.1512
Sulfatos	Mg /L	120.0	93.0
Fosfatos	Mg /L	0.1015	0.0645
Fluoruros	Mg /L	0.085	0.052
Mercurio	Mg /L	<0.001	<0.001
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2.9*10 ²	1.4*10 ²
Coliformes Totales	NMP/100ml	3.1*10 ³	2.2*10 ³
Dureza total	mg/L	244.0	244.0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	58.56	58.56

TABLA V
RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DE AGUA A UNA SEMANA DEL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES.

Parámetros	Unidades	Entrada	Salida
		Resultados	Resultados
Potencial Hidrógeno	-	8.06	7.26
Conductividad eléctrica	uS/cm	435	325
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	95.8	66.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	120	90
Temperatura	°C	23	22
Turbiedad	NTU	160	123
Sólidos disueltos totales	ppm	214	165
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	7.7	5.3
Cloro libre	Mg /L	159.5	113.5
Cloruros	Mg /L	245.24	172.5
Cianuro total	Mg /L	<0.001	<0.001
Nitratos	Mg /L	0.1837	0.1412
Sulfatos	Mg /L	118	91
Fosfatos	Mg /L	0.1011	0.0545
Fluoruros	Mg /L	0.08	0.048
Mercurio	Mg /L	<0.001	<0.001
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.1*10 ²	0.9*10 ²
Coliformes Totales	NMP/100ml	4.2*10 ³	1.1*10 ³
Dureza total	mg/L	242	195.5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	55.56	45.6

TABLA VI
RESULTADOS DE ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DE AGUA A DOS SEMANAS DEL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES.

Parametros	Unidades	Entrada	Salida
		RESULTADOS	RESULTADOS
Potencial Hidrógeno	-	8.07	7.25
Conductividad eléctrica	uS/cm	434	324
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg /L	96.5	67.1
Demanda Química de Oxígeno	Mg /L	121	91
Temperatura	°C	22	22
Turbiedad	NTU	158	120
Sólidos disueltos totales	ppm	212	163
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	7.5	5.1
Cloro libre	Mg /L	158.9	114.8
Cloruros	Mg /L	246.1	173.1
Cianuro total	Mg /L	<0.001	<0.001
Nitratos	Mg /L	0.1842	0.1512
Sulfatos	Mg /L	115	89
Fosfatos	Mg /L	0.1018	0.0548
Fluoruros	Mg /L	0.07	0.038
Mercurio	Mg /L	<0.001	<0.001
Coliformes Fecales	NMP /100ml	2.1*10 ²	0.8*10 ²
Coliformes Totales	NMP /100ml	3.5*10 ³	1.2*10 ³
Dureza total	Mg /L	240	193.5
Sólidos suspendidos totales	Mg /L	55.26	45.3

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Con la presente investigación se validó la hipótesis que, con el sistema de recuperación y reutilización de aguas grises en un baño de uso público de una empresa, se tiene un efecto positivo en el ahorro de agua generando una reducción de su consumo del 14.2% en un mes de prueba en la empresa Escalabs sede Bolognesi, tal como se muestra en la Figura 4, siendo el

ahorro de 454.10 litros agua en un baño de 7 usuarios. Luego de realizar los cálculos del beneficio económico, se obtuvo un ahorro de agua el cual representado 5.70 nuevos soles, el cual como se indica en el tarifario de SEDALIB, es uno de los beneficios más altos que se puede tener al pertenecer a la categoría Comercial en el rango de 20o más m³ de agua, teniendo la posibilidad de un mayor beneficio económico para la categoría Industrial que tiene mayor tarifa por pago de agua, lo cual deriva en mayor beneficio económico. Para el beneficio económico brindado por el sistema se calculó también los costos operativos generados por el carbón activado, el cual fue utilizado para eliminar sustancias orgánicas e inorgánicas del agua para su depuración como indica Fluencorp [16]; se consideró un tiempo de vida útil de 6 meses en base a los prototipos realizados, teniendo como resultado un costo mensual de 2.33 nuevos soles. A este costo se le sumó el costo del consumo eléctrico el cual resulto ser 2.14 nuevos soles, obteniendo un costo operativo de 4.37 nuevos soles. De ello se obtuvo como resultado un beneficio económico de 1.23 nuevos soles al mes, en el baño que hizo uso del Sistema de Recuperación y Reutilización de aguas grises.

Se realizaron ensayos físicos químicos de calidad de agua en las 3 semanas iniciales, los ensayos de calidad fueron obtenidos antes y después del proceso de reutilización. Se observó que, en valor del pH paso de 8 aproximadamente a 7, la conductividad eléctrica, la demanda bioquímica y química de oxígeno, así como los componentes químicos se vieron disminución en su concentración. Esto se debe a que el sistema realiza tanto la disminución de la concentración de sólidos suspendidos mediante procesos aerobios que degrada la materia orgánica como indica Condorchem Envitech [17], para luego realizar un tratamiento terciario y desinfección del agua con carbón activado y uso de luz Ultravioleta, la cual tiene muy buenos rendimientos en la desinfección del agua como indica Bernedo [18]. Con este tratamiento y los resultados, se asegura un uso seguro de la reutilización del agua gris tratada para el usuario y el medio ambiente. En esta investigación se corroboró los resultados de Li [19], quien realizó una investigación de reutilización de aguas grises para uso doméstico en Irlanda y concluyó que el uso de procesos de tratamiento de mediana complejidad es suficiente para hacer económicamente viable este ahorro de agua. En la investigación se tomó en cuenta este antecedente con el fin de volver atractivo el uso del Sistema de Recuperación y Reutilización de aguas grises. Es por ello que se consideró procesos de tratamiento que no recurran en muchos costos operativos que con ayuda de un módulo de control y bombas de agua aseguran que el agua se reutilizará de manera automática.

En la elección de un tratamiento primario biológico, fue necesario basarse en la investigación de Wannawit y Phonghiphat [20], quien realizó un tratamiento de agua basado en tres fases, iniciando por un proceso biológico seguido de un proceso de filtrado y terminado con desinfección. Es por este antecedente que elegimos un proceso de tres etapas en el tratamiento del agua, iniciando por un tratamiento biológico para luego pasar por un proceso de filtrado por carbón activado y una desinfección por luz Ultravioleta.

Para el tratamiento primario se consideró el antecedente de Santasmasas [21], quien comprobó que un Reactor Biológico de Membranas tuvo buenos resultados en el tratamiento de agua. Es por ello por lo que se eligió un tratamiento biológico

aerobio con uso de un sustrato para el crecimiento de las bacterias aerobias que realizan la descomposición de materia orgánica reduciendo los parámetros DBO y DQO, el cual en complemento con el carbón activado y luz UV no producen un agua con malos olores al igual que el antecedente.

De la patente México. Patente N° MX2011003879 (A) Villa [22], se tomó la premisa de aprovechar las instalaciones sanitarias existentes para incorporar un sistema de recuperación y reutilización de aguas grises. Es por ello que en el diseño se hace uso de tanques y componentes que ocupan el espacio vacío que se tiene bajo los lavamanos. A diferencia de esta patente, no se usó una llave manual para elegir el llenado del tanque del inodoro con agua gris o agua potable, en el diseño, con ayuda de sensores este proceso se realiza de manera automática para facilitar la reutilización de agua.

Con la patente United States of America Patente N° US5243719 citada en Henry, McDonald y Rembert [23]; se destacó el uso de las conexiones de desagüe como rebose de cada tanque que almacene agua en el sistema. La diferencia con esta patente es que dicho sistema para su implementación requiere realizar sustanciales modificaciones en el cuarto de baño, como la instalación de un dispositivo de drenaje en el sumidero de la ducha, además quita espacio y estética al baño, y, por otro lado, estas modificaciones implican un cuantioso gasto para la instalación del sistema.

Para la elección de la luz Ultravioleta fue necesario basarse en la investigación de Tarrán [24], que realizó un estudio de eficiencia de desinfección microbiológica de luz Ultravioleta. De este antecedente se tomó la recomendación de tener un tratamiento previo para reducir los sólidos suspendidos antes de la aplicación de luz Ultravioleta. Estos buenos resultados se evidencian en la reducción de Coliformes Fecales y Totales.

Se presentó como limitación en esta investigación, el número de usuarios en el baño de estudio. Debido a que el Sistema de recuperación y reutilización no se basa en el cambio del comportamiento del usuario, sino que aprovecha la producción de aguas grises para su uso en el inodoro, se puede deducir que mientras mayor consumo de agua en los lavatorios se tiene, mayor será el volumen de agua ahorrado. Esto se verá reflejado en el beneficio económico. Por ello se recomienda la instalación en un baño con mayor número de usuarios.

Dentro del área de estudio de Instalaciones Sanitarias, es importante destacar que es mucho mejor la incorporación de un sistema de tratamiento de aguas grises desde la construcción de un baño. De esta forma las tuberías que alimentación hacia el inodoro pueden ser empotradas y se podría realizar una pequeña perforación del tanque del Inodoro, para una mejor estética al no tener tuberías adosadas en la pared, las cuales pueden dar un mal aspecto.

CONCLUSIONES:

Finalmente, con esta investigación se validó el uso del Sistema de Recuperación y Reutilización de aguas grises en baños de uso público en la empresa Escalabs en Trujillo, brindó un efecto positivo en el ahorro de agua reduciendo el consumo del mismo en 14.2% mensual con un beneficio económico de

1.23 nuevos soles, además que, gracias a proceso de tratamiento realizado por el sistema, se tiene un agua gristratada de buena calidad para tener un uso seguro, sin malos olores y sin perjudicar al medio ambiente.

REFERENCIAS

- [1] Agudelo, R. M. El agua, recurso estratégico del siglo XXI. Revista Facultad Nacional de Salud Pública Vol. 23 No.1, 93-97. 2005
- [2] Bruzzone, E. M. El agua potable: Nuevo Recurso estratégico sel sigloXXI. Rebelión, 1. 2004.
- [3] Larsen, T. A. Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world. Urban Planet, 928. 2016.
- [4] Red interamericana de academias de ciencias foro consultivo científico y tecnológico, AC. Diagnóstico del agua en las Américas. IANAS, 267-279. 2012.
- [5] Franco, V. Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a casa en Chile. 18-30. 2007.
- [6] ANA. La importancia de la gestión del agua en el Perú. Agua y más, 5-15. 2015.
- [7] ANA. (Reporte: Prueba Piloto Indicadores de los principios gobernanza del agua de la OSCE). Plan de Acción. Lima: OSCE.
- [8] Ley General del Medio Ambiente, obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf> 2005.
- [9] Hyde, K. An evaluation of the theoretical potential and practical opportunity for using recycled greywater for domestic purposes in Ghana. Journal of Cleaner Production, 60, 195-200. doi:10.1016/j.jclepro.2013.05.004. 2013.
- [10] Narges, S., Hasan, B., & Nafise, K. The investigation and designing of an onsite grey water treatment systems at Hazrat-e-Masoumeh University, Qom,
- [11] IRAN. Energy Procedia, 74, 1337-1346. doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.780.2015.
- [12] OMS. Domestic Water Quanty, Service Level and Health. World Health Organization 2003, 3.2003.
- [13] Diario El Comercio. (2018, enero 16). Sedapal: "Un peruano consume hasta 163 litros de agua al día". El Comercio, p. 1. 2018
- [14] SUNASS. (2018, enero 9). Consumo de agua potable aumenta en veranopor malos hábitos. Lima, Lima, Perú. 2018.
- [15] RPP. (2019, Julio 02). Sedapal: Tarifa de agua subirá para usuarios de Lima y Callao. Economía, p. 2. 2019.
- [16] FLUENCE. (2018, Julio 19). Crisis de Agua se acerca en Lima, Perú. FLUENCE NEWS TEAM, p. 2. 2018.
- [17] Fluencecorp. (2020, 09 01). Aguasresiduales.info. Retrieved from Aguasresiduales.info: [https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/que-es-la-filtracion-del-agua-con-carbon-activado-7n7jv#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20de%20carb%C3%B3n%20activa%20do%20potable%20sea%20m%C3%A1s%20agradable.2020](https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/que-es-la-filtracion-del-agua-con-carbon-activado-7n7jv#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20de%20carb%C3%B3n%20activa%20do%20potable%20sea%20m%C3%A1s%20agradable.).
- [18] Condorchem Envitech. Retrieved from Condorchem Envitech: [https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/#:~:text=El%20tratamiento%20biol%C3%B3gico%20de%20agua%20componentes%20solubles%20en%20el%20agua.2018](https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/#:~:text=El%20tratamiento%20biol%C3%B3gico%20de%20agua%20componentes%20solubles%20en%20el%20agua.)
- [19] Bernedo, L. J., & Bernedo, L. A. Revistas de InvestigacionesAltoandinas. Retrieved from Revistas de Investigaciones Altoandinas: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100068#:~:text=Comparada%20con%20la%20cloraci%C3%B3n%20de%20la%20y%20con%20el%20costo.2020](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000100068#:~:text=Comparada%20con%20la%20cloraci%C3%B3n%20de%20la%20y%20con%20el%20costo.).
- [20] Li, Z. Rainwater harvesting and greywater treatment systems fordomestic application in Irland. EL SEVIER, 2-6. 2010.
- [21] Wannawit, T., & Phongphiphat, P. Grey Water Recycle System for a University Building: A Case Study in Thailand. International Journal of Environmental Science and Development, 6, 421-424. 2018.
- [22] Santasmasas, C., Rovira, M., Clarens, F., & Valder. Grey water reclamation by decentralized MBR prototype4. Resources, Conservation and Recycling, 72, 102–107. doi: 10.1016/j.resconrec.2013.01.00 - 2013.
- [23] Henry, M. P., McDonald, J. R., & Rembert, E. K. United States of America Patent No. US5243719. 1994.
- [24] Tarrán, E. P. Desinfección por Luz Ultravioleta. ACADEMIA. 2002.