

Elias Fernando Haro Aro, Antonio Manuel Otoyá  
Zelada, Laura Isabel Gutierrez Escarcena,  
Haniel Solís Muñoz

# Industria hotelera y consumo de agua

Una propuesta para la  
reutilización del residuo hídrico



**Religación**  
Press



| Colección Ingeniería |

# **Industria hotelera y consumo de agua**

**Una propuesta para la reutilización del residuo hídrico**

Elias Fernando Haro Aro, Antonio Manuel Otoy Zelada, Laura  
Isabel Gutierrez Escarcena, Haniel Solís Muñoz

RELIGACION PRESS  
QUITO · 2023



### **Equipo Editorial**

Hernán Díaz R. Editor Jefe  
Roberto Simbaña Q. Director Editorial  
Felipe Carrión. Director de Comunicación  
Ana Benalcázar. Coordinadora Editorial  
Ana Wagner. Asistente Editorial

### **Consejo Editorial**

Jean-Arsène Yao | Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova | Fabiana Parra |  
Mateus Gamba Torres | Siti Mistima Maat | Nikoleta Zampaki | Silvina  
Sosa



**Religación Press**, es una iniciativa del Centro de Investigaciones CICSHAL-  
RELIGACIÓN.

Diseño, diagramación y portada: Religación Press.  
CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.  
Correo electrónico: [press@religacion.com](mailto:press@religacion.com)  
[www.religacion.com](http://www.religacion.com)

# Industria hotelera y consumo de agua. Una propuesta para la reutilización del residuo hídrico

*Hotel industry and water consumption. A proposal for the reuse of water waste*

*O setor hoteleiro e o consumo de água. Uma proposta para a reutilização de resíduos de água*

---

Primera Edición: 2023 Elias Fernando Haro Aro©, Antonio Manuel Otoya Zelada©, Laura Isabel Gutierrez Escarcena©, Haniel Solís Muñoz©, Religación Press©

Editorial: Religación Press  
Materia Dewey: 660.2 - Temas generales en Ingeniería química  
Clasificación Thema: PNC - Química medioambiental  
BISAC: TECHNOLOGY & ENGINEERING / Environmental / Water Supply  
Público objetivo: Profesional/Académico  
Colección: Ingeniería  
Serie: Estudios Ambientales  
Soporte: Digital  
Formato: Epub (.epub)/PDF (.pdf)  
Publicado: 2023-12-12  
ISBN: 978-9942-642-59-2

Disponible para su descarga gratuita en <https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## Citar como (APA 7)

Haro Aro, E. F., Otoya Zelada, A. M., Gutierrez Escarcena, L. I., y Solís Muñoz, H. (2023). *Industria hotelera y consumo de agua. Una propuesta para la reutilización del residuo hídrico*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.88>

ISBN: 978-9942-642-59-2



Nota: el libro retoma y amplía, por un grupo de investigadores, lo mostrado en la tesis "Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua de lavadoras de la industria hotelera del distrito de Trujillo 2020" presentada ante la Universidad Nacional de Trujillo, por Elias Fernando Haro Aro.



## **Revisión por pares / Peer Review**

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación por académicos externos. Por lo tanto, la investigación contenida en este libro cuenta con el aval de expertos en el tema, quienes han emitido un juicio objetivo del mismo, siguiendo criterios de índole científica para valorar la solidez académica del trabajo.

This book was reviewed by an independent external reviewers. Therefore, the research contained in this book has the endorsement of experts on the subject, who have issued an objective judgment of it, following scientific criteria to assess the academic soundness of the work.

## Sobre los autores

### **Elias Fernando Haro Aro**

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-7989-6668>

[eharoa@unitru.edu.pe](mailto:eharoa@unitru.edu.pe)

[Eliasha2017@gmail.com](mailto:Eliasha2017@gmail.com)

Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Título profesional de Ingeniero Químico, experiencia docente en la Universidad César Vallejo (UCV), ciencias básicas y en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Ingeniería Ambiental.

### **Antonio Manuel Otoya Zelada**

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-6460-969X>

[amotoyaz@unitru.edu.pe](mailto:amotoyaz@unitru.edu.pe)

[antonio\\_otoya@hotmail.com](mailto:antonio_otoya@hotmail.com)

Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Maestro en Ciencias y Título profesional de Ingeniero Químico, experiencia docente, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), facultad de ciencias básicas y en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), facultad de Ingeniería Química.

### **Laura Isabel Gutierrez Escarcena**

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-7705-2106>

[lgutierrez@unitru.edu.pe](mailto:lgutierrez@unitru.edu.pe)

[lauraisage@gmail.com](mailto:lauraisage@gmail.com)

Doctor en Ingeniería Química Ambiental, Título profesional de Ingeniero Químico, experiencia docente en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Ingeniería Ambiental.

### **Haniel Solís Muñoz**

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú

<https://orcid.org/0000-0002-9482-9818>

[hsolism@unitru.edu.pe](mailto:hsolism@unitru.edu.pe)

[hanielсолis1979@gmail.com](mailto:hanielсолis1979@gmail.com)

Ingeniero Químico con títulos de pregrado, maestría y doctorado de la Universidad Nacional de Trujillo. Experto en Ingeniería Química Ambiental, asesor y jurado de tesis.





## Resumen

El propósito de esta investigación es presentar un nuevo diseño para el tratamiento y reutilización del agua en la industria hotelera del distrito de Trujillo, en Perú. Con la implementación de este sistema, se busca reducir el consumo de agua en la industria hotelera, generando un ahorro económico para los propietarios. Este proyecto se llevó a cabo en varias etapas: en primer lugar, se realizó un diagnóstico sobre el consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo. Para ello, se utilizaron encuestas, entrevistas e información de instituciones confiables. En la segunda etapa, se recopiló información técnica sobre diferentes sistemas de tratamiento y reutilización de agua existentes. Con base en esta información, se diseñó un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas. Además, se realizó un análisis de costo y beneficio del proyecto. La implementación del nuevo sistema propuesto permitió un ahorro significativo del consumo de agua, contribuyendo a la economía de los pequeños empresarios hoteleros y al cuidado del medio ambiente.

Palabras claves: Tratamiento de aguas; reutilización de aguas; consumo de agua.

## **Abstract**

The purpose of this research is to present a new design for water treatment and reuse in the hotel industry in the district of Trujillo, Peru. With the implementation of this system, the aim is to reduce water consumption in the hotel industry, generating economic savings for the owners. This project was carried out in several stages: first, a diagnosis was made of water consumption in hotels in the district of Trujillo. Surveys, interviews, and information from reliable institutions were used for this purpose. In the second stage, technical information was gathered on different existing water treatment and reuse systems. Based on this information, a water treatment and reuse system were designed. In addition, a cost-benefit analysis of the project was performed. The implementation of the proposed new system resulted in significant savings in water consumption, contributing to the economy of small hotel business owners and to the protection of the environment.

**Keywords:** Water treatment; water reuse; water consumption.

## Contenido

Revisión por pares / Peer Review	7
Sobre los autores	8
Resumen	10
Abstract	11

### Capítulo 1

#### **Reutilización del agua: análisis de varias investigaciones** **19**

Reutilización del agua	20
Potencial del tratamiento y reutilización de aguas grises en distintas partes de América Latina	21
Desafíos del futuro: agua, energía y alimentos	23
Definiciones	25

### Capítulo 2

#### **Elementos para estudiar. La ruta de investigación** **42**

La importancia de implementar sistemas de reúso de agua	43
Proceso de investigación: sistemas de Tratamiento de Aguas	45
Recopilación de la información para elaborar el diagnóstico	47
Elaboración del diagnóstico sobre el consumo de agua mensual en m <sup>3</sup> y el costo	48
Consideraciones de los principales parámetros de la calidad de agua	49
Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos: DS N° 004-2017 MINAM	51

### Capítulo 3

#### **Diagnóstico sobre el uso del agua de lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo** **54**

Principales resultados	55
Diagnóstico referente al consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo	58
Análisis de algunos parámetros de la calidad de agua	60
Caracterización Microbiológica	67
Diseño del sistema de tratamiento y reúso de aguas de lavadoras de los hoteles del distrito de Trujillo	67
Costo–beneficio	73

Inversion del sistema de reutilizacion de aguas de las lavadoras de los hoteles del distrito de Trujillo	74
Recuperación de la inversión	76
Socialización	78
Conclusiones	79
Recomendaciones	80
<b>Referencias</b>	83

## Tablas

Tabla 1. Principales parámetros para sustancia orgánicas presentes en el agua	49
Tabla 2. Algunas sustancias inorgánicas presentes en el agua y sus características	50
Tabla 3. Parámetros Físico-Químicos	51
Tabla 4. Parámetros Microbiológicos	52
Tabla 5. Consumo y costo mensual de agua de los hoteles de Trujillo	58
Tabla 6. Caracterización Físico-Química de Aguas de Lavadora de la Industria Hotelera	60
Tabla 7. Resultados de turbidez (NTU)	62
Tabla 8. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 1: Antes y Después)	63
Tabla 9. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 2: Antes y Después)	63
Tabla 10. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 3: Antes y Después)	64
Tabla 11. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 4: Antes y Después)	64
Tabla 12. Comparación del porcentaje de remoción de DBO5, DQO	65
Tabla 13. Análisis Microbiológicos	67
Tabla 14. Lechos del Filtro (mm)	69
Tabla 15. Cotización de los componentes del sistema	74
Tabla 16. Tiempo promedio para la recuperación de la inversión	77

## **Figuras**

Gráfico 1. Consumo de Agua vs Costo Mensual	59
Gráfico 2. Porcentaje de remoción: Agua de Lavadora-Agua Tratada- ECA	66
Gráfico 3. Diseño del Filtro	69
Gráfico 4. Diagrama de Flujo	71
Gráfico 5. Sistema de reutilización de las aguas de las lavadoras – 2020.	72





| Colección Ingeniería |

# **Industria hotelera y consumo de agua**

**Una propuesta para la reutilización del residuo hídrico**

· Serie ·

Estudios Ambientales



## **Capítulo 1**

Reutilización del agua: análisis de varias investigaciones

## Reutilización del agua

El investigador Franco (2007) propone el uso de las aguas grises para optimizar el uso del agua potable en Chile. Su estudio se centra en la reutilización de aguas grises provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras y lavaderos, con el objetivo de aprovecharlas en diversas actividades del hogar. El proyecto cuenta con un sistema de tuberías paralelo que distingue las aguas negras de las grises, y se divide en tres procesos: coagulación, sedimentación y filtración.

Cuando las aguas grises son descargadas en las tuberías, son enviadas al tanque clarificador para agregar sulfato de aluminio, que es mezclado por medio de un tornillo mecánico. Las aguas más claras se bombean hacia un tanque de almacenamiento y luego se impulsan hacia los filtros. Una alerta se activa en la bomba cuando el nivel del tanque alcanza cierto punto. Finalmente, el agua pasa a través de un filtro de arena y otro de carbón activado.

Díaz & Ramírez (2016) presentaron un proyecto de investigación para reutilizar el agua de las lavadoras en hogares de Bogotá, Colombia. El objetivo era evitar el desperdicio del líquido y reducir los gastos en facturación del agua. Para ello, se emplearon ciertos parámetros que facilitaron la recolección, tratamiento y reutilización del agua. Se utilizó un tanque para el almacenamiento y en el laboratorio se removió al menos el 69% de los sólidos totales por medio de la sedimentación. Además, se emplearon otros elementos como dosificadores, agitadores, filtros, bombas, tubos y filtros de lodos.

Por su parte, Roa (2017) presentó un trabajo de investigación sobre una Estación para controlar el reúso de agua de la segunda lavada. El objetivo era evitar el desperdicio de grandes cantidades de agua en hogares que no cuentan con un lugar adecuado para el tratamiento del agua.

Castro et al. (2019) presentaron un artículo sobre la estructura y puesta en marcha de un modelo de tratamiento de aguas residuales de lavadoras. El método de floculación y filtración se utilizó para obtener agua pura para ser reutilizada en la segunda lavada.

Solorzano (2020) presentó una investigación sobre un modelo para el tratamiento y recirculación de agua residual en el lavado de autos en Vera del Cantón El Carmen-Ecuador. Se realizó un estudio económico y financiero del modelo, así como consideraciones sobre el impacto ambiental y el cuidado del medio ambiente.

### **Potencial del tratamiento y reutilización de aguas grises en distintas partes de América Latina**

Guamanquispe (2017) presenta su trabajo en relación al modelo de una planta para tratar agua producto del lavado de carros en Ambato-Ecuador, que consistió en realizar análisis físico-químicos-biológicos, luego compararlos con los estándares de calidad de agua y realizar el respectivo tratamiento.

A través de su trabajo de investigación Loza, (2017) propone implementar un modelo de reúso de las aguas grises en una vivienda multifamiliar de 12 pisos en la ciudad de Tacna, acá se considera el agua que proviene de las duchas, del lavamanos, de las lavadoras, y que estas aguas ya tratadas sirvan para regar los jardines, la limpieza de las casas, uso en los inodoros.

Madueño et al. (2017) sustentaron un trabajo de investigación, el cual consideraba el reúso de las aguas grises que provienen de los servicios de lavado de manos de los alumnos del colegio José María Arguedas de San Juan de Miraflores – Lima, por medio de un filtrado lento de arena.

Álvarez et al. (2019) presentaron un artículo científico, donde destacan la importancia de recurrir a recolectar, almacenar y tratar el agua para el uso doméstico. Además, proponen que la reutilización de aguas depende del tipo de contaminante, y que al disponer de un sistema que podamos reutilizar el agua para todo tipo de quehacer doméstico, podría ayudar a optimar el agua.

Cuba, (2020) presenta su tesis cuya propuesta es un sistema de reúso de las aguas grises procedentes de las lavadoras a través del método de electrocoagulación para nuevamente usarlo en agricultura en la localidad de Ate Vitarte – Lima.

Díaz & Quispe (2021) presentaron un artículo científico sobre el rendimiento de un filtro lento para tratar las aguas grises provenientes de las lavadoras y su reúso en agricultura y actividades domésticas; además que consideran una excelente solución frente a la falta de agua y el mal manejo de los efluentes.

## **Desafíos del futuro: agua, energía y alimentos**

El crecimiento de la población, la rápida urbanización y el desarrollo económico son solo algunos factores que impulsan la creciente demanda de agua, energía y alimentos. La agricultura es el mayor consumidor mundial de recursos de agua dulce, para alimentar a la población mundial, que se espera alcance los 9 mil millones para el año 2050, la producción de alimentos debe aumentar en un 50% (Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura [FAO], 2022). El consumo de agua de los hoteles varía mucho de unos a otros y puede depender de muchos factores como la categoría, el país, el clima, el tamaño, las instalaciones del hotel (Cruz-Pérez, 2022).

Cabe recalcar como sociedad se debe proteger los recursos hídricos reduciendo la contaminación y reciclando la mayor cantidad de agua y desecho que se pueda, y esto incluye el ODS 6 además del ODS 12, el futuro se trata de observar las aguas residuales y ver una oportunidad para proteger la salud humana y ambiental, extraer material que puedan usarse una y otra vez en una sociedad circular, garantizando patrones de consumo y producción sostenibles gestionando nuestro recurso más preciado, el agua, que es la base la vida misma.

En investigaciones previas como Mendoza et al. (2022), donde se muestra que, en la región mediterránea, uno de los principales destinos turísticos del mundo, es vulnerable al cambio climático y se ve afectada por la demanda humana de agua. El turismo es reconocido como un importante sector consumidor

de agua, y el crecimiento de los establecimientos turísticos ha ido acompañado de un crecimiento de la demanda de agua. Los hoteles representan los mayores índices de consumo de agua en el sector turístico.

De igual manera Cruz-Pérez et al. (2022), encontró que los hoteles de cinco estrellas son responsables de grandes cantidades de consumo de agua en la industria hotelera, y esto repercute en el consumo de agua en Canarias. Este estudio muestra la evolución del consumo de agua durante el periodo 2014-2019 en un hotel de cinco estrellas de lujo en Tenerife. Los resultados muestran un consumo medio de agua por huésped y noche de 700 litros, con mínimos en torno a los 600 y máximos por encima de los 1000. El hotel cuenta con su propia planta desalinizadora y ha ido introduciendo medidas de ahorro de agua de forma progresiva durante los últimos años, consiguiendo una reducción muy significativa del consumo de agua y costos de energía. Las mejoras de agua mejoran la eficiencia energética del edificio, además de tener un impacto positivo en la opinión de los clientes.

Sidharta et al. (2018) los hoteles de cinco estrellas son usuarios intensivos de los recursos de agua dulce. Este estudio investiga diversas variables independientes que afectan al consumo de agua y su validación. Se seleccionaron veintisiete hoteles que operan en Delhi para recoger los datos pertinentes mediante un cuestionario y una encuesta de campo. El análisis estadístico se ha llevado a cabo utilizando el software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) y el software R para el análisis de componentes principales (PCA) con el fin de identificar las variantes



influyentes con respecto al patrón de consumo de agua. Las tres ecuaciones de consumo de agua, en términos de consumo total de agua, usos consuntivos, se han desarrollado mediante un análisis de regresión múltiple. Estas ecuaciones han sido capaces de explicar el 85%, el 82% y el 78%, respectivamente, de la variabilidad original. Estas ecuaciones desarrolladas para determinar el consumo de agua son útiles para reducir el uso de agua dulce y promover la reutilización.

Asimismo, Gross et al. (2015), sostiene que, en promedio, el 18% del agua es lo que se consume a diario en una vivienda. Del mismo modo la industria que está creciendo vertiginosamente es la Hotelera, y tiene como elemento principal de consumo al agua, por tanto, el agua que proviene de las lavadoras es posible de un sistema de tratamiento, debido a la demanda que hoy en día tiene esta línea empresarial y si se tratara estaríamos hablando de aproximadamente un 45% de ahorro de este líquido vital y como consecuencia conservaríamos nuestro ecosistema.

## **Definiciones**

Tratamiento de aguas, es un conjunto de procedimientos que se realizan con la finalidad de reducir o eliminar los contaminantes presentes en el recurso y así obtener aguas que tengan características apropiadas para ser utilizadas y que cumplan con las normas que se encuentren en vigencia. Estos procesos pueden ser operaciones de tipo físico, químico o biológico. Para el tratamiento de aguas residuales se utilizan diferentes maneras y todos

tienen la finalidad de minimizar y reducir el grado de contaminación (Ramírez & Mendoza, 2011).

En el universo, las formas de hacer los tratamientos de agua son de diferentes maneras y se realizan teniendo en cuenta el grado de contaminación que exista. Cuando se habla de aguas depuradas nos referimos a las aguas residuales que han recibido un tratamiento de tal manera que obtengamos aguas con mejor calidad para ser vertidos y que cumplan con la normatividad vigente (Osorio et al., 2010).

La mayoría de los métodos que se utilizan para el tratamiento de aguas se realizan teniendo en cuenta sus características, aunque muchos autores lo coinciden en pasos que son esenciales para el tratamiento de estas aguas (Russell, 2012).

**Barrera de rejas o rejillas:** La barra de rejas es utilizada como una forma de eliminar el paso de los sólidos de tal manera que al acumularlos se retiren de forma manual o mecánica. Para diseñar las rejillas se debe tener en cuenta el diseño de la planta de tratamiento y el caudal del agua. La instalación de este método es práctico y muy económico de tal forma que después de su funcionamiento, su mantenimiento resulta realizarse de manera muy económica (Babbitt & Doland, 1962).

**Desmenuzadores:** Se les denomina así a los molinos o trituradores que se encargan de realizar cortes a los sólidos con la finalidad de reducir su tamaño y así evitar la obstrucción de las tuberías en el proceso del tratamiento (Cobo, 2009).

**Desarenadores:** En el tratamiento de aguas, se transportan diferentes sólidos inorgánicos como la arena, cenizas grava y otros y que para realizar la remoción de éstos se utilizan unidades denominadas desarenadores, las cuales, a través del paso de agua, éstos sean atrapados debido al peso que tienen y así se evitar que sigan su curso en el transporte del agua evitando de esta manera malograr las tuberías y/o otros equipos del proceso de tratamiento (Juana, 2005).

**Barreras de grava:** Las barreras de grava, comúnmente se instalan en puntos específicos de quebradas o pequeños ríos, que funcionan como filtros para retener sólidos de tamaños grandes. Generalmente son construidas a manera de pared recubierta de malla de acero, para darle forma, y son rellenas con piedras o grava de tamaños considerables de tal manera que no obstruyan el fluido de las aguas y retengan sólidos que son transportados en ella. (Juana R, 2005).

**Trampas de grasas:** Son unidades que han sido diseñados para la retención de grasas y aceites, así como también materiales como espumas o natas que se transportan en las aguas. La instalación de esos dispositivos es muy necesario en el tratamiento preliminar de las aguas ya que de esta manera evitaremos la obstrucción de tuberías y se garantiza el funcionamiento de los equipos utilizados (Degremont, 1979).

**Tratamiento primario:** Es un proceso en cual se busca eliminar sólidos suspendidos mediante el proceso de sedimentación utilizando medios físico o físico químicos. Usualmente se suele dejar el agua en estado de reposo en tanques de considerable ca-

pacidad para así poder realizar el proceso de sedimentación natural o simplemente por la acción de la gravedad, Para ayudar a que la sedimentación sea más eficiente se le pueden agregar productos químicos como por ejemplo los floculantes (Muñoz et al., 2004).

**Sedimentación:** Es una fase la cual se puede realizar gracias a la acción de la gravedad, Este hace que una partícula descienda hasta el fondo del líquido, para esto se debe considerar la densidad de la partícula mayor a la del agua (Cobo, 2009).

**Tanques rectangulares de sedimentación simple:** Dichos tanques que son de forma rectangular prevalecen el sistema de flujo normal. Para este tipo de tanque se necesita un espacio necesario y también de un sistema hidráulico con la capacidad de distribuir el caudal por la sección transversal de manera uniforme, dispersar la energía hidráulica, garantizando así una velocidad longitudinal uniforme que tenga la misma dirección e intensidad. (Babbitt & Doland, 1962).

**Tanques circulares de sedimentación simple:** Gracias a su diseño podemos almacenar grandes cantidades de agua, la cual se mantiene en estado de reposo, permitiendo así que el proceso de sedimentación de los sólidos se realice de manera más fácil, ya que estos se almacenan en el fondo cónico de este mismo, lo cual permite que la extracción de lodos juntados sea más fácil. (Tomas, 1946).

**Tanques de Imhoff:** Este modelo de tanque es uno de los más empleados en el tema de tratamiento de aguas, pues su diseño simple permite manejar con facilidad los procesos a ejecutarse en el reúso del agua.

Este dispositivo se basa en dos cámaras, una en la parte superior, la cual se encarga de disminuir la velocidad del agua y de atrapar las espumas, natas y grasas; la cámara en la parte inferior actúa como recipiente para el proceso de sedimentación, la cual en su parte más baja posee un diseño de forma cónica y cuenta con un sistema de extracción de lodos sedimentado (Culp, 1969).

**Tratamientos Químicos:** Este método permite que el tratamiento a las aguas se realice con mayor eficiencia y rapidez, estos consisten normalmente en agregar reactivos químicos la cuales logran realizar ciertas actividades para que los sólidos se separen para así facilitar el proceso de sedimentación de estos mismos.

**Potencial de hidrogeno (pH):** La escala de pH normalmente toma los valores de 0 a 14. En una solución acuosa, El  $\text{pH} = 7$  nos indica que cierta disolución es neutra, si el pH es menor a 7 se trata de una disolución de comportamiento ácido (el exponente de la concentración toma un valor mayor, debido a que existen más iones en la disolución) y si el pH es mayor a 7 se trataría de una disolución alcalina.

El medir el pH es algo muy fundamental cuando se va a realizar tratamiento de aguas pues este nos garantiza un mejor éxito en los tratamientos secundarios, los mismos que se apoyan de los microorganismos, que a su vez estos son muy suspicaces a las variaciones de pH, y para crecimiento tiene que valerse de sí mismo (Agency U.S., 2002).

Existen diferentes métodos para medir el nivel del pH, el más común es con la ayuda del pH-metro, también existe otro método que consiste en apoyarse de papel indicador, la cual al someterse a las pruebas este cambia de color, indicando así el nivel de pH, también se puede medir el pH con algunos productos químicos tales como la fenolftaleína y el naranja de metilo (Apha, 1998).

**Coagulación:** Es un proceso que se basa en poner en neutro las cargas electrostáticas de las partículas coloidales, con el propósito de conseguir la unión entre partículas y de esta manera formar flóculos a nivel microscópico. Estos coagulantes son agentes muy importantes que ayudan en el proceso de precipitación (Murcia, 2002).

Existen diferentes productos químicos que se pueden conseguir fácilmente en el mercado (Juana, 2005), estos son los que ayuden a este proceso se lleve a cabo:

**Sulfato de Aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ):** También llamado por el nombre de alumbre alúmina, este coagulante es normalmente el más usado, se trata de sólido de color gris, reacciona con ciertos reactivos tales como el fosfato y también la alcalinidad el agua. Que el agua posea un pH con rango de 5 a 7.5 es algo muy importante de mencionar.

**Sulfato Ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ):** Se utiliza usualmente en pH con un valor elevado alrededor de 9,5. Se le suele combinar con Cal o Cloro y también posee un color azul-verdoso, este casi siempre se presenta como una sal heptahidratada.

**Sulfato Férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ):** Es un reactivo que está compuesto por azufre, oxígeno y hierro. El sulfato férrico es una sal en fase sólida que es de color amarillo y es soluble en el agua. A temperaturas ambientales es capaz de reaccionar con aguas y reactivos alcalinos como por ejemplo la Cal. Su rango de pH debe de poseer un rango de 4 a 7 y mayor a 9.

**Cloruro Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ):** Este se puede encontrar en estado sólido o líquido, se obtiene a través de la reacción del cloro con sulfato ferroso, su principal beneficio que nos brinda es que posee rangos diferentes de pH con valores entre 4,8 y 11, reacciona normalmente con la alcalinidad del agua y también con ciertos compuestos alcalinos.

**Floculación:** Este consiste en la formación de flóculos más grandes a través del acoplamiento de microflóculos entre sí, estos poseen una mayor densidad que la del agua y se pueden sedimentar por acción de la gravedad (Arturo J.P.,2015). La eficiencia de este se puede aumentar gracias a la ayuda de la combinación lenta que permite unir los flóculos poco a poco. Hay dos tipos de floculación, los más básicos son:

**Floculación Pericinetica:** Su proceso se realiza gracias al desplazamiento natural y de manera continua de las moléculas de agua.

**Floculación Ortocinetica:** Este sistema se basa en el uso del movimiento mecánico o hidráulico, esto con la intención de causar que el cambio de posición de las partículas se realice a velocidades y direcciones cambiantes lo cual hace que la colisión de

las partículas aumente de manera significativa y causando así de esta forma su unión.

En el medio se pueden encontrar diversos tipos de productos flocculantes (Montijo, 2011), los más usuales entre estos son:

**Floculantes Minerales:** En las plantas la sílice activada es el floculante más utilizado para su tratamiento pues este es muy efectivo si lo mezclamos con sulfato de alúmina.

**Floculantes Orgánicos o Naturales:** Conseguidos por sustancias animales o vegetales, estos son polímeros naturales.

**Floculantes Sintéticos:** Denominados normalmente como polielectrolitos estos pueden ser, polielectrolitos aniónicos, polielectrolitos catiónicos y polielectrolitos no iónicos.

**Tratamiento Secundario:** Este tratamiento se caracteriza por utilizar microorganismos, normalmente los más usados son las bacterias debido a que estos pueden segregar materia orgánica biodegradable, además de otro tipo de sustancia que almacenan nutrientes de fosforo y nitrógeno (Ronzano, 2008).

**Lechos Bacterianos:** Conocido como filtro percolador o bacteriano, básicamente consiste en dirigir para que el agua tenga una trayectoria descendente en forma de gotas en un material que posee una capa para que trabaje como soporte para los microorganismos depuradores, usualmente poseen enormes tamaños y son lechos fijos que normalmente son rellenados con rocas, piezas de plástico o cerámica que le dan una mayor estabilidad al material de soporte (Torres Rojo, 2010).



**Fangos Activos:** Este sistema consiste en mezclar el agua pretratada con lodo biológico en un tanque que es llamado también reactor biológico (Osorio, 2010).

**Digestión Anaerobia:** Este proceso es utilizado normalmente cuando el agua posee una cantidad considerable de contaminantes, básicamente consiste en usar microorganismos de tipo anaeróbico para la degradación de materia orgánica, los cuales se nutren generando así productos alternativos tales como el dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, el gas, entre otros. El contenedor que almacenará el agua a tratar debe estar totalmente cerrado para que así los microorganismos proliferen con mayor eficiencia, debido a que las bacterias son muy fáciles de cambio y pueden causar la inhibición o la muerte, el control del pH debe ser muy minucioso. A pesar de que este proceso es demasiado lento, es sin embargo muy eficiente y se puede aprovechar al máximo la energía generada por el gas producido (Osorio, 2010).

**Reactor Biológico de Membrana:** Es similar al procesamiento de lodos activos con la diferencia que se adiciona un proceso de ultrafiltración que se realiza con la presencia de membranas que nos facilitan filtrar y a la vez separar el lodo del agua. Los reactores biológicos retienen los lodos activos y el agua pasa con una gran pureza debido a que las membranas solo permiten el paso de moléculas de agua. Se utiliza comúnmente para la reutilización de las aguas. Con la presencia de las membranas mantenemos elevadas concentraciones de biomasa y así mantenemos un gran efecto para el tratamiento de las aguas y nos permite un mejor control de su vida útil (Arundel, 2002).

**Electrocoagulación:** Para llevar a cabo este proceso, se aplica una corriente eléctrica con la finalidad de adherir iones metálicos coagulantes que permiten la coagulación del agua. Este es un proceso electroquímico que permite aglomerar sólidos y que su funcionamiento es idéntico al de los floculantes químicos con la ventaja que para este caso no se adiciona ningún producto que nos permita aumentar el número de sales presente en el agua además de permitir la disminución de lodos hasta en un 50% (Ramírez, 2014)

**Tratamiento Terciario:** Lo utilizamos con la finalidad de descontaminar el agua. Es un proceso que se encarga de eliminar las cargas orgánicas presentes en el agua que fue difícil de poder eliminar en el tratamiento secundario, además de eliminar los microorganismos que se encuentran presentes producto de la utilización de dicho tratamiento. Son utilizados con la finalidad de darle un mayor grado de pureza de las aguas por ser muy efectivos y así garantizar aguas de alta calidad para ser reutilizados (Alberto, 2004).

**Intercambio Iónico:** Para realizar este proceso se utilizan dispositivos que contienen resinas con funciones de intercambio iónico entre cargas positivas y negativas. El proceso se lleva a cabo entre dos electrolitos o un complejo presentes en los polímeros o minerales que se encuentran en el dispositivo. El proceso de intercambio iónico nos permite retener las sales que se encuentran en baja concentración dentro del agua y es un proceso selectivo que actúa sobre la superficie del recurso agua (Arundel, 2002).

**Adsorción:** Gracias a este sistema nos permite retener moléculas, iones o átomos, en cima del material en contraste a lo que es la absorción, es decir, es cuando se logra eliminar un contaminante en el agua a través del contacto de una superficie sólida y adsorbente. Es comúnmente usado para expulsar derivados clorados, fenoles, hidrocarburos aromáticos, etc., aunque se puede utilizar para expulsar sabores, olores y colores. Uno de los compuestos que son usados frecuentemente es el carbón activado (Degremont, 1979).

**Microfiltración y Ultrafiltración:** Estos tipos de tratamientos básicamente consisten en la disociación física. Depende de la dimensión de los poros de la membrana para saber hasta dónde deberán ser atrapados los sólidos disueltos, la turbiedad y los microorganismos. En cuanto a la ultrafiltración las membranas poseen poros que varían en un rango de 0,001 hasta 0,1  $\mu\text{m}$ , mientras que en la microfiltración el tamaño de los poros de las membranas puede llegar a medir entre 0,1 y 10  $\mu\text{m}$ .

**Ósmosis Inversa.** Este proceso se vale de una presión más alta a la atmosférica el cual permite filtrar un líquido de mayor concentración a una más diluida. El proceso para el tratamiento de aguas la cual valiéndose de la presión permite a pasar el agua por medio de una membrana semipermeable la cual cumple la función de retener a cualquier sólido disuelto y también permite el acceso solamente a moles de agua, generando así un manejo de mayor eficiencia y de mejor calidad disponible así para el consumo humano, ya que este es capaz de retener cualquier tipo de virus o bacteria (Arundel, 2002).

**Electrodesinfección:** Se encarga de eliminar cualquier tipo de microorganismo tales como bacterias, parásitos y virus. Este proceso es uno de los que posee un alto nivel de eficiencia pues este usa ánodos con un elevado nivel de oxidación de manera indirecta, lo cual en consecuencia genera oxidantes tipo ozono, cloro, peróxidos o radicales. Dicho método se puede llevar a cabo de 2 maneras: Inicialmente con una solución madre, generar óxidos y posteriormente inyectar la dosis de agua que se quiere tratar, o también, se puede pasar el afluente de manera directa por el interior del reactor (Osorio, 2010).

**Membranas Cerámicas:** Esta clase de membranas poseen una muy buena eficiencia y últimamente se está optando por usarlas más frecuentemente para el tratamiento de aguas, esto es debido a que tiene dichas cualidades que favorecen su uso. Poseen un alto nivel de resistencia a los oxidantes, disolventes y otros reactivos químicos, se pueden regenerar y limpiar con una muy buena cantidad de reactivos y condiciones de limpieza química, también son capaces de soportar cualquier valor de pH y temperaturas de hasta 100°C (Likuid, 2015).

**Oxidación Avanzada:** Proceso mediante el cual se busca eliminar los compuestos solubles no biodegradables que son parte de las aguas de tratamiento.

Se busca un estado de mineralización de los contaminantes mediante una oxidación química con condiciones especiales de presión y temperatura. Para ello se usa Hidróxido de sodio como agente oxidante por su alta capacidad de oxidación en tiempos pequeños de reacción.

Gracias a su alto grado de reacción se llega a eliminar todos los elementos orgánicos e inorgánicos. Puesto que los radicales son generados utilizando catalizadores soportados como el agua oxigenada y el oxígeno, obtenemos como productos derivados al dióxido de carbono y el agua. El proceso de oxidación avanzada se utiliza mucho en la industria debido a que a través de ello ha evolucionado mucho en el desarrollo en la investigación (Invesquia, 2015).

**Sistemas de Reutilización:** El proceso de reutilizar aguas consiste en buscar formas que nos permitan volver a utilizar el agua en procesos frecuentes en las que no se requiere de tener aguas altamente potables y las veces que sea necesario antes de ser devueltas a los desagües (Will, 1991).

Conforme a ello podemos decir que la reutilización de aguas no es más que un sistema cerrado en el cual el agua se le da varios usos mediante un proceso cíclico y que se dentro de los locales privados donde se realizan estas actividades con la finalidad de reducir el vertimiento de aguas al sistema de desagüe.

Generalmente este proceso de reutilización de aguas se realiza cuando hay poca contaminación de tal manera que nos permita llevar a cabo procesos en la que no se requiera agua de mucha calidad. Los sistemas de reutilización se dan a diferentes escalas que dependen de la necesidad de las actividades a realizar, podemos aplicarlos desde el uso doméstico para los lavamanos hasta uso en las grandes industrias que usan sistemas con alta tecnología y muy sofisticados.

El tratamiento de aguas grises de uso doméstico utiliza sistemas de bajo costo y con poca tecnología que hace fácil su instalación a diferencia de los tratamientos con sistemas automatizados en la que se requiere grandes conceptos tecnológicos que permite que los costos de instalación sean muy altos.

Hoy en día se comercializan diferentes métodos para reutilizar el agua que pueden ser mecánicos, eléctricos, automáticos, hidráulicos, mixtos, etc., y va a depender de la cantidad de agua que deseamos reutilizar, el grado de contaminación que tenga y los recursos disponibles que se cuente.

Todos los métodos anteriores utilizan diferentes procesos, sin embargo, están basados en un solo principio que se resume en captación, tratamiento y recirculación.

**Captación:** Es un procedimiento en el cual se toma el agua desde cualquier tipo de afluente natural o artificial y que es retenida para utilizarlo según las necesidades y aspectos que se presenten (Will, 1991).

La captación de agua se desarrolla generalmente en lugares donde es muy difícil de acceder al recurso hídrico para uso como agua potable a través de acueductos. Por tal motivo las personas se ven en la necesidad de conseguir el agua utilizando diferentes métodos como superficiales, subterráneas, agua de lluvia y otros, iniciando el proceso de captación cuando dirigen un afluente hasta un lugar de almacenamiento como son pozos, tanques y retenerlos hasta cuando sean necesarios para su uso (Bocek, 2015).

**Tratamiento:** De acuerdo con lo anteriormente descrito, existen diversos métodos para el tratamiento y va a depender del grado de contaminación y la cantidad de agua que se requiera tratar.

**Recirculación:** Concepto que nos determina que se debe volver a impulsar a una circulación dentro del mismo sistema algo que se está procesando (Osorio, 2010).

Este proceso o método es implementada con la finalidad de trasladar el agua de un lugar a otro con la finalidad de volver a utilizarla en procesos frecuentes. El proceso de recircular el agua permite que se vuelva a utilizar el recurso con el ánimo de disminuir su consumo y costo. Este proceso lo podemos desarrollar mediante diferentes métodos, pero el más utilizado es el sistema mecánico mediante el cual se transportan las aguas a través de tuberías con la ayuda de equipos que impulsan y dan velocidad para transportarlos a su destino.

Estas etapas son las que mayormente se utilizan en los diferentes sistemas de recirculación, y los países que realizan estos procesos de recirculación son los que tienen pocas fuentes de agua potable y a su vez un alto aumento de su densidad poblacional, y dentro de los países, son las actividades industriales quienes más se preocupan por recircular el agua debido a que son sujetos a fuertes sanciones por la contaminación del agua, además de que el costo para el uso de este recurso es bastante alto. Por tales motivos la tecnología para reutilizar el agua es cada vez más estructurada y estos sistemas actualmente sobresalen por su alta eficiencia y a la vez que cada vez ocupan menos espacio.

El sector agrícola es la actividad que más recurso hídrico usa, por el cual actualmente se vienen desarrollando diferentes métodos que nos permitan aprovechar al máximo el agua a través de sistemas de recirculación (Faoland, 2015).

**Sistemas Mecánicos:** Hoy en día hay sistemas de reutilización de manera mecánica que son bastante comunes y muy útiles debido al bajo presupuesto requerido y cuando tiene que ser realizado por procesos manuales. Estos sistemas son generalmente manejados por el hombre y lo constituyen los motores, válvulas y otros.





## **Capítulo 2**

Elementos para estudiar. La ruta de investigación

## La importancia de implementar sistemas de reúso de agua

Hoy en día uno de los problemas más importantes e influyentes en el mundo es la falta de agua. El Perú no es ajeno a esta realidad, muchas regiones por no decir todas también la padecen. En la Región la Libertad, específicamente la provincia de Trujillo no cuenta con este líquido elemento por lo menos todos los días. Bajo esta realidad urge la necesidad de buscar, implementar algunos sistemas de reúso de aguas grises con la condición de que sean económicas, accesibles y sostenibles en el tiempo.

El presente trabajo de investigación se presenta como una forma de solución a la falta de agua en la región La Libertad. Como se sabe dicha región es una de la más poblada en el Perú, hablamos de 1 millón 859 640 mil habitantes, la provincia de Trujillo cuenta con 970 mil habitantes, por tanto, el consumo promedio de agua potable es elevado no se garantiza el suministro para todos. En investigaciones como Loza (2017) y Cuba (2020) se demuestra que el reúso tanto de aguas grises como pluviales es una buena alternativa económica, social y ambiental.

Hoy en día hay países como Colombia, España entre otros que cuentan con tecnología avanzada para el tratamiento de aguas grises, ante esta situación urge la necesidad de implementar políticas agresivas que conlleven a solucionar este problema hídrico que es fundamental para la vida.

Por tanto, si tenemos la tecnología a la mano, solo queda establecer acciones inmediatas y necesarias para facilitar acciones

y mejoras en el buen uso de las aguas grises. En el inicio del presente trabajo de investigación se identificó algunos proyectos de reúso de agua para casas y edificios por departamentos y oficinas, pero no hay a mayor escala en el Perú.

Para lograr el propósito planteado, en este libro se plantea la siguiente pregunta que guía el trabajo: ¿Cómo afecta el diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera en el distrito de Trujillo a la disminución del consumo de agua potable en la misma zona?

En este sentido, se plantea como hipótesis de trabajo: la implementación de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de las lavadoras en la industria hotelera del distrito de Trujillo contribuye a reducir el consumo de agua potable en la región.

En este sentido, el objetivo fue diseñar un sistema de tratamiento y reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera del distrito de Trujillo. Para lograr este objetivo se propuso reunir información técnica referente a sistemas de tratamientos y reutilización de agua en los hoteles del distrito de Trujillo, elaborar un diagnóstico basado en encuestas, entrevistas e información obtenida de instituciones confiables para determinar el consumo del agua, realizar el diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera, así como realizar un análisis del costo y beneficio del proyecto de investigación, realizar una exposición del diseño del proyecto a los microempresarios de la industria hotelera y recoger opiniones y sugerencias para la mejora del trabajo propuesto.

## Proceso de investigación: sistemas de Tratamiento de Aguas

Este estudio tiene como objetivo analizar la problemática actual del consumo y reutilización del agua en la industria hotelera de Trujillo, Perú. A través de la revisión bibliográfica, estudios de campo y análisis de datos, se busca proponer opciones de mejora y desarrollar un diseño de proyecto más efectivo para el uso eficiente del agua. Para llevar a cabo este estudio, se siguieron los siguientes pasos:

Revisión de la bibliografía referente a sistemas de tratamiento de agua en el Perú y el mundo, incluyendo empresas que prestan estos servicios y el tipo de instrumentación que utilizan.

Revisión de la bibliografía sobre clases de tratamiento de agua, métodos utilizados y las diversas aplicaciones, con la finalidad de seleccionar el mejor sistema de reutilización de aguas de manera mecánica, por su bajo costo, para poder aplicarlo a la industria hotelera del Perú.

Evaluación del impacto generado por el mal uso de las aguas de las lavadoras en la industria hotelera de la ciudad de Trujillo, teniendo referencias de datos y estudios realizados anteriormente.

Establecimiento del consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo a través de datos tomados en sondeos a la población y facturas de consumo.

Estudio sobre los diversos consumos de las aguas de las lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo con la finalidad de determinar el gasto del agua en el desarrollo de lavado de sábanas, toallas, colchas, edredones y otros; que nos permitan realizar análisis estadísticos sobre la problemática actual y de esta manera proponer opciones de mejora.

Consulta de la normatividad vigente para el manejo y disposición de los recursos hídricos en el Perú.

Realización de estudios de campo que nos permitan recopilar la información real sobre los beneficios que se pueden obtener al utilizar un sistema de reutilización de aguas de las lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo.

Estudio de hábitos de reutilización del agua de la lavadora en los hoteles del distrito de Trujillo.

Análisis de datos y resultados que se obtienen a partir de las investigaciones hechas con la finalidad de contar con información oportuna de los diversos sistemas de reutilización de aguas de las lavadoras de la industria hotelera.

Análisis de resultados. Con la información recogida anteriormente, seleccionar los datos y realizar un análisis de los diversos aspectos que permitan desarrollar un diseño del proyecto de manera más específica y acertada.

Este estudio permitirá identificar los mejores sistemas de reutilización de aguas de las lavadoras en la industria hotelera de Trujillo, Perú. Con la implementación de estas soluciones, se es-

pera reducir el consumo de agua y mejorar la gestión de recursos hídricos en la región.

## **Recopilación de la información para elaborar el diagnóstico**

Revisión de la Bibliografía. Se realizó una revisión bibliográfica sobre los sistemas de tratamiento de agua tanto en Perú como en el mundo. Se examinarán las empresas que ofrecen estos servicios y el tipo de instrumentación que utilizan. Además, se revisarán las clases de tratamiento de agua, los métodos utilizados y las diversas aplicaciones, con el fin de seleccionar el mejor sistema de reutilización de aguas de manera mecánica y a bajo costo.

Evaluación del impacto del mal uso de las aguas de las lavadoras. Se evaluó el impacto generado por el mal uso de las aguas de las lavadoras en la industria hotelera de la ciudad de Trujillo. Se utilizarán datos y estudios previamente realizados.

Establecimiento del consumo de agua en los hoteles del distrito De Trujillo. Se estableció el consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo a través de sondeos a la población y facturas de consumo.

Estudio de los diversos consumos de las aguas de las lavadoras en los hoteles del Distrito de Trujillo. Se realizó un análisis de los diversos consumos de las aguas de las lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo, con la finalidad de determinar el gasto del agua en el desarrollo de lavado de sabanas, toallas, colchas, edre-

dones y otros. Esto permitirá realizar análisis estadísticos sobre la problemática actual y proponer opciones de mejora.

Consulta de Normatividad Vigente. Se consultó la normatividad vigente para el manejo y disposición de los recursos hídricos en el Perú.

Finalmente, se realizaron estudios de campo con el fin de recopilar información real sobre los beneficios que se pueden obtener al utilizar un sistema de reutilización de aguas de las lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo. Además, se estudiarán los hábitos de reutilización del agua de la lavadora en los hoteles del distrito de Trujillo.

Análisis de Datos y Resultados. Se efectuarán los análisis de datos y resultados que se obtengan a partir de las investigaciones realizadas. Esto permitirá contar con información oportuna sobre los diversos sistemas de reutilización de aguas de las lavadoras en la industria hotelera.

Análisis de Resultados. Con la información recopilada anteriormente, se seleccionarán los datos y se realizará un análisis de los diversos aspectos que permitan desarrollar un diseño del proyecto de manera más específica y acertada.

### **Elaboración del diagnóstico sobre el consumo de agua mensual en m<sup>3</sup> y el costo**

Se requiere obtener información legal sobre la calidad y características del agua utilizada en las lavadoras. Además, se de-



ben llevar a cabo análisis de datos y resultados sobre el consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo, utilizando información de investigaciones, tesis, informes y de la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado Sedalib S.A. Con esta información, se debe seleccionar los datos relevantes y analizarlos para desarrollar un diseño eficiente y de calidad para un sistema de reutilización de agua en las lavadoras de los hoteles del distrito de Trujillo.

## Consideraciones de los principales parámetros de la calidad de agua

Se ha considerado los principales parámetros que pueden estar presentes en el agua de las lavadoras.

Tabla 1. Principales parámetros para sustancia orgánicas presentes en el agua

N°	Parámetros	Descripción
		Se define como una acción biológica que tiene como finalidad de destruir o estabilizar y degradar la cantidad de materia orgánica presente en la muestra.
		El resultado de la medición de DBO5 es expresado en mg de O <sub>2</sub> /L de agua tratada.
1	DBO5	La DBO5 es calculado en condiciones normales (5 días a 20°C, a oscuridad y con agitación.)
		Generalmente se elimina el 60% a 70% en los 5 primeros días, pero se requiere de 20 a 28 días para la degradación total.
		El valor de DBO5 nos indica la probabilidad de depuración biológica.

N°	Parámetros	Descripción
2	DQO	Define la cantidad de oxígeno (mg/L) a 150°C que se necesita para la oxidación de una muestra de agua con un oxidante químico (dicromato de potasio K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) durante 2 horas.
		Con este parámetro se valora la oxidación completa, tanto de la materia orgánica como inorgánica.
3	COT	Carbono Orgánico Total, nos determina la cantidad de carbono que se encuentra en la materia orgánica.
		Su valor suele ser menor a la DQO, pero algo superior a la DBO <sub>5</sub> .

Fuente: Haro Aro, 2022.

Tabla 2. Algunas sustancias inorgánicas presentes en el agua y sus características

N°	Componentes	Características
1	CLORUROS	Concentraciones altas interfieren en la DQO
2	FOSFORO	Una concentración de 8 ppm de fosfatos suele proceder de los detergentes
3	NITROGENO	Las concentraciones de amoníaco libres están sobre los 25 ppm y las de nitrógeno sobre los 40 ppm.
4	AZUFRE	Procede de la degradación de las proteínas
5	DUREZA	Mide la presencia de los iones alcalinotérreos Ca+2 y Mg+2.
6	PH	Los pH de aguas residuales urbanas son próximos a neutros y los industriales muy variados.
7	METALES PESADOS	En las aguas residuales destacan el níquel, zinc, mercurio, cadmio, cromo, plomo, hierro cobre y manganeso.
		Mide la capacidad para atraer o rechazar electrones.
8	POTENCIAL REDOX	Los medios serán considerados oxidantes (400 mV), intermedios (de 200 a 100 mV) o reductores (menores de 50 mV).

Fuente: Haro Aro, 2022.

## Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos: DS N° 004-2017 MINAM

Para determinar el análisis de algunos parámetros de calidad de agua Físico-Químicos como DBO5, DQO, etc. Microbiológicos como: coliformes totales y microorganismos como la escherichia coli; debemos de tomar como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de acuerdo con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Según tablas:

Tabla 3. Parámetros Físico-Químicos

Parámetros	Unidad de medida	A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Temperatura	°C	± 3	± 3	—
Turbidez	NTU	5	100	—
PH	-	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0
Conductividad	μS/cm	1500	1600	—
Sólidos en suspensión	mg/L			
Sólidos Totales Disueltos.	mg/L	1000	1000	1500
Cloruros	Cl mg/L	250	250	250
Sulfatos	SO4 mg/L	250	500	—
Dureza Total	CaCO3 mg/L	500	—	—
DBO5	mg/L	3	5	10
DQO	mg/L	10	20	30
Fosforo	P mg/L	0.1	0.1	0.15

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM (Haro Aro, 2022).

Tabla 4. Parámetros Microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Escherichia Coli	NMP/100ml	0	—	—
Coliformes totales	NMP/100ml	50	—	—

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM (Haro Aro, 2022).



## **Capítulo 3**

Diagnóstico sobre el uso del agua de lavadoras en los hoteles del distrito de Trujillo

El diseño de sistemas de reutilización del agua en la industria hotelera del distrito de Trujillo requiere de información detallada sobre el consumo de agua de las lavadoras. Por lo tanto, es necesario realizar encuestas para tomar decisiones informadas sobre las mejores opciones para el diseño de estos sistemas de tratamiento.

Para llevar a cabo este estudio, se encuestó una muestra de 100 hoteles en el distrito de Trujillo. La selección de esta muestra se basó en un nivel de confianza del 85% y una proporción del 50% de los establecimientos de hospedaje que cuentan con lavadoras, con una precisión del 5%.

## **Principales resultados**

El 100% de los convocados, es decir, los administradores de hoteles en la encuesta virtual aceptaron participar

- Pregunta: ¿Cuántas habitaciones tiene su establecimiento?

Se determina que el 54% de los establecimientos de hospedaje tienen entre 21 a 40 habitaciones, mientras que el 46% tiene entre 10 a 20 habitaciones. De 41 a más solo tenían 2 hoteles por lo que el porcentaje no lo refleja.

- Pregunta ¿Cuánto paga por consumo de agua al mes?

Los encuestados, más del 30% paga por consumo de agua

entre S/601 a S/.800 soles, mientras que más del 20% están los 2 grupos que pagan entre S/ 801 a s/. 1000 soles y S/.1001 soles a más.

También podemos notar que es un 2% de establecimientos que pagan entre S/.200 a S/.400 soles, y un 12% aproximadamente paga entre S/.401 a S/.600 soles.

Si tenemos en cuenta que el número de establecimientos de hospedaje supera los 600 en el distrito de Trujillo por S/.800 soles mensuales estamos hablando de un promedio de S/480000 soles

- Pregunta: ¿Cuántas lavadoras tiene su establecimiento?

Se resume que del total de establecimientos hoteleros el 64% tiene entre 1 y 2 lavadoras, mientras que el 35% tiene entre 3 a 4 lavadoras, y solo el 1% tiene de 5 a más lavadoras. Estos datos nos dan cierta luz de una cantidad importante de agua que se consume en este rubro.

- Pregunta: ¿Quisiera reutilizar el agua de las lavadoras?

Se pudo recoger que el 98% quisieran reutilizar el agua, es decir tienen la necesidad de utilizarlo, para recuperar algo de agua.

- Pregunta: ¿En qué casos reutilizaría el agua de las lavadoras?

Los encuestados se pudo notar que casi el 20% de encuestados estaría dispuesto a reutilizar el agua de las lavadoras para sa-



nitarios, notándose que para la alternativa seguir lavando el % es 0, es decir podemos inferir que desconocen que el agua se puede tratar y reutilizar nuevamente para el lavado.

- Pregunta: ¿Por qué motivos no reutiliza el agua de las lavadoras de su establecimiento para seguir lavando?

Ante esta pregunta, se nota claramente que un 71% desconocen algún sistema de reutilización del agua de las lavadoras, el 14% respondió que no tiene necesidad de hacerlo, un 7% dice que no afecta a su economía.

Finalmente, se planteó la pregunta

- ¿Cuál sería el impacto ambiental de reciclar el agua de las lavadoras de su establecimiento?

El 43% le interesa la parte económica, y un 41% mitigar el impacto ambiental y un 16% otros.

- Pregunta: ¿Si conociera de un sistema de reutilización de agua de lavadoras, lo implementaría en su establecimiento?

El 72% está dispuesto a implementar un sistema de reutilización del agua, el 25% está en duda, situación que se puede revertir cuando conozcan las ventajas de este sistema.

**Diagnóstico referente al consumo de agua en los hoteles del distrito de Trujillo**

Tabla 5. Consumo y costo mensual de agua de los hoteles de Trujillo

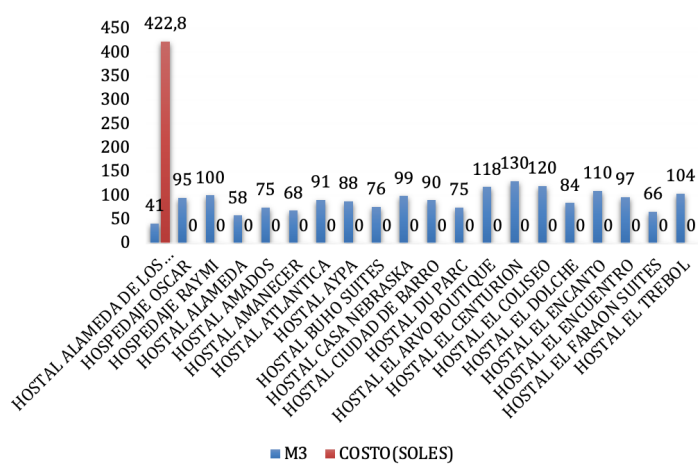
N°	Nombre Del Hotel	MES 2020	M3	COSTO (Soles)
1	Hostal Alameda De Los Olivos	Diciembre	41	422,80
2	Hospedaje Oscar	Diciembre	95	331,69
3	Hospedaje Raymi	Diciembre	100	350,46
4	Hostal Alameda	Diciembre	58	192,75
5	Hostal Amados	Diciembre	75	256,59
6	Hostal Amanecer	Diciembre	68	230,30
7	Hostal Atlantica	Diciembre	91	316,67
8	Hostal Aypa	Diciembre	88	305,40
9	Hostal Buho Suites	Diciembre	76	260,34
10	Hostal Casa Nebraska	Diciembre	99	346,71
11	Hostal Ciudad De Barro	Diciembre	90	312,91
12	Hostal Du Parc	Diciembre	75	256,59
13	Hostal El Arvo Boutique	Diciembre	118	418,05
14	Hostal El Centurion	Diciembre	130	463,11
15	Hostal El Coliseo	Diciembre	120	425,56
16	Hostal El Dolche	Diciembre	84	290,38
17	Hostal El Encanto	Diciembre	110	388,01
18	Hostal El Encuentro	Diciembre	97	339,20

N°	Nombre Del Hotel	MES 2020	M3	COSTO (Soles)
19	Hostal El Faraon Suites	Diciembre	66	222,79
20	Hostal El Trebol	Diciembre	104	365,48
Promedio			89.25	324.79

Fuente: Haro Aro, 2022.

De la tabla 1 podemos afirmar que el consumo promedio de agua en m³ de los hoteles del distrito de Trujillo es 89.25 m³, mientras que el costo promedio mensual es de S/. 324.79 nuevos soles.

Gráfico 1. Consumo de Agua vs Costo Mensual



Fuente: Elaboración Propia

Del análisis del grafico 1, se visualiza con mayor detalle el consumo de agua más alto es 130 m<sup>3</sup>, mientras que el consumo más bajo es 41m<sup>3</sup>.

**Análisis de algunos parámetros de la calidad de agua**

a) Caracterización del agua de las lavadoras de la industria hotelera.

Tabla 6. Caracterización Físico-Química de Aguas de Lavadora de la Industria Hotelera

N°	Componente	Unidades	Resultados
1	Temperatura	°C	14.5
2	Turbidez	NTU	945
3	PH	-	9.31
4	Conductividad	µS/cm	2.44
5	Sólidos en suspensión	mg/L	948
6	Sólidos Totales disueltos	mg/L	1562
7	Cloruros	Cl mg/L	241
8	Sulfatos	SO4 mg/L	603
9	Dureza Total	CaCO3 mg/L	558
10	Alcalinidad	mg/L	738
11	Detergentes (LAS)	mg/L	2.86
12	Fosforo	P mg/L	29.67

Fuente: Informe de análisis LASACI N° 213-2020-IQUNT (Haro Aro, 2022).

### Floculación con sulfato de aluminio.

- De acuerdo con la concentración inicial de turbidez (NTU) = 945
- Se debe redondear el pH a 9,5
- Se pesa 0,5 gr de sulfato de aluminio, se diluye y afora en una fiola de 500mL
- Utilizando la ecuación de dilución se determina las cantidades de sulfato de aluminio diluido que se va a adicionar en los vasos que están a diferentes concentraciones:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} * V_1 = 70 \text{ mg/L} * 600 \text{ mL} \quad V_1 = 42 \text{ mL}$$

- Se toma una cantidad de 600mL de muestra (agua de lavadoras) y se coloca en los vasos del equipo de test jarras.
- Agregamos el coagulante preparado de sulfato de aluminio en cantidades crecientes y de manera simultánea en cada uno de los vasos que están en el test de jarras.
- Conservar la velocidad de agitación a 100 rpm por un periodo de 1 minuto, y luego disminuir la velocidad de agitación a 35 rpm por un periodo de 18 minutos.

- Sacar los agitadores de los vasos y dejar el sistema en reposo por 35 minutos.
- Finalmente, con el colorímetro de Hach. Vemos la turbidez.

Tabla 7. Resultados de turbidez (NTU)

Pruebas	Concentración del Floculante (mg/L)	Dosificación del Floculante (mL)	NTU (mg/L)
1	70	42	420
2	75	45	396
3	80	48	394
4	85	51	386
5	90	54	272
6	95	57	266
7	100	60	254
8	120	72	235
9	250	150	84
10	320	192	20

Fuente: Haro Aro, 2022.

b) Cálculo de porcentaje de remoción de solidos en suspensión

% Remoción de sólidos en suspensión =  $(1 - \text{NTU final} / \text{NTU inicial}) * 100$

% Remoción de sólidos en suspensión =  $(1-20/945) * 100$

% Remoción de sólidos en suspensión = 97.88%

c) Resultados del antes y después de la filtración (% Remoción)

En las tablas 8 a 11 los resultados de las muestras tomadas durante cuatro semanas (días, 8, 15, 22, 29), antes y después de ser tratadas con el filtro para el DBO5, DQO.

Tabla 8. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 1: Antes y Después)

MUESTRAS	DBO5(mg/L)	DQO(MG/L)
ML -S1	628	984
MLT - S1	4.5	12.6

Fuente: Informe de Laboratorio de ensayos Rivelab-SAC N° 1167-2021 (Haro Aro, 2022)

Tabla 9. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 2: Antes y Después)

MUESTRAS	DBO5(mg/L)	DQO(MG/L)
ML -S2	640	976
MLT - S2	4.3	12.3

Fuente: Informe de Laboratorio de ensayos Rivelab-SAC N° 1168-2021 (Haro Aro, 2022).

Tabla 10. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 3: Antes y Después)

MUESTRAS	DBO5(mg/L)	DQO(MG/L)
ML -S3	630	965
MLT – S3	4.3	12.5

Fuente: Informe de Laboratorio de ensayos Rivelab-SAC N° 1169-2021 (Haro Aro, 2022).

Tabla 11. Ensayo Físico-Químico: DBO5-DQO (Semana 4: Antes y Después)

MUESTRAS	DBO5(mg/L)	DQO(MG/L)
ML -S4	620	996
MLT – S4	4.5	12.5

Fuente: Informe de Laboratorio de ensayos Rivelab-SAC N° 1170-2021 (Haro Aro, 2022).

De acuerdo a los datos obtenidos podemos reportar el porcentaje de remoción utilizando la regla de tres simple:

628 ————— 100%

623.5 ————— X

**X = 99.28**



De esta manera calculamos el porcentaje de remoción de DBO5 y DQO y comparamos con el ECA (Estándar de Calidad Ambiental) según tabla 11.

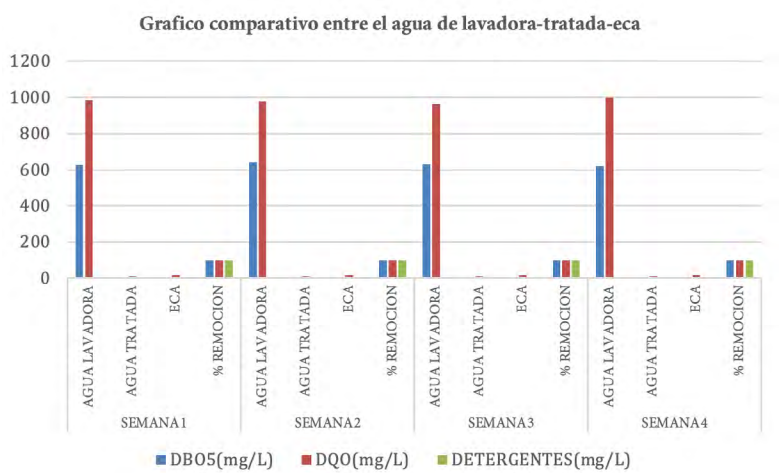
Tabla 12. Comparación del porcentaje de remoción de DBO5, DQO

Semana	Muestras	DBO5(mg/L)	DQO (mg/L)
Semana 1	Agua Lavadora (ML-S1)	628	984
	Agua Tratada (MLT-S1)	4.5	12.6
	ECA	5	20
	% Remoción	99.28	98.72
Semana 2	Agua Lavadora (ML-S2)	640	976
	Agua Tratada (MLT-S2)	4.3	12.3
	ECA	5	20
	% Remoción	99.34	98.73
Semana 3	Agua Lavadora (ML-S3)	630	965
	Agua Tratada (MLT-S3)	4.3	12.5
	ECA	5	20
	% Remoción	99.32	98.70
Semana 4	Agua Lavadora (ML-S4)	620	996
	Agua Tratada (MLT-S4)	4.5	12.5
	ECA	5	20
	% Remoción	99.27	98.74

Fuente: Haro Aro, 2022.

Según la Tabla 12, se observó mayor remoción de DQO (98.74%) en la última semana y el DBO<sub>5</sub> en la segunda semana (99.34%).

Gráfico 2. Porcentaje de remoción: Agua de Lavadora-Agua Tratada- ECA



Fuente: Haro Aro, 2022.

De acuerdo con el grafico 2 se demuestra que el agua tratada está dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, el D.S. 004-2017-MINAM.

Caracterización Microbiológica

Para validar la calidad de agua se tuvo que recurrir al DS N° 004-2017 MINAM, además de los análisis de laboratorio que a continuación presento:

Tabla 13. Análisis Microbiológicos

Determinaciones	Unidades	ML-01	ML-02	ML-03	ML-04
Recuento de Bacterias Teremo- tolerantes o Fecales a 44.5°	NMP/100mL	< 103	< 103	< 103	< 103

Fuente: Informe de Laboratorio de ensayos Rivelab-SAC N° 527-2022 (Haro Aro, 2022).

Resultados para Bacterias Termo tolerantes o Fecales a 44.5°. De acuerdo con el agua de las muestras, se, tuvo un resultado negativo, no mostro crecimiento de colonias ni de bacterianas E-Coli.

Diseño del sistema de tratamiento y reúso de aguas de lavadoras de los hoteles del distrito de Trujillo

**Descripción Física:** El sistema está conformado por dos tanques de almacenamiento, ubicados uno al costado del otro; cada tanque está conformado en su interior por sistemas mecánicos que permiten la recirculación y limpieza del agua. El tanque 1 re-

cibe el agua que proviene de las lavadoras el mismo que está conformado por dos dosificadores, un floculante y un coagulante, y que tienen un sistema de agitación adherido en el parte superior conformado por un motor que gira una hélice que se encarga de agitar dichos dosificadores.

Tiene además un aspersor incluido que sirve para realizar la limpieza al interior del tanque y para el sistema de drenaje hacia el desagüe tiene instalado una salida. Además, cuenta con la instalación de una bomba de 0.5 HP que sirve para llevar el agua hasta los filtros y al tanque 2.

**Diseño de Filtro:** Para el armado del filtro se introdujo al interior del tubo de plástico de 120 litros (altura de 120 cm y radio de 30 cm) el material filtrante mediante en el siguiente orden:

Grava para cubrir el drenaje

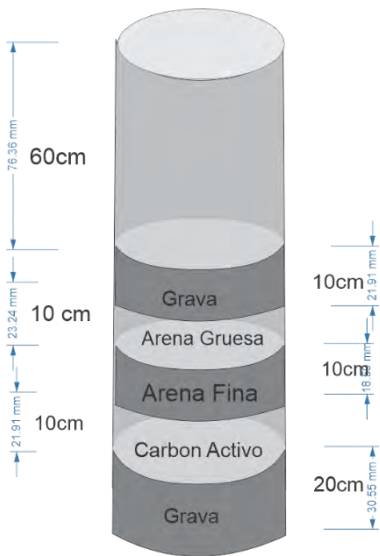
Carbón activado

Arena fina

Arena gruesa

Grava

Gráfico 3. Diseño del Filtro



Fuente: Haro Aro, 2022.

Tabla 14. Lechos del Filtro (mm)

Lechos	Tipos	Diámetro de Partículas (mm)	Espesor de lecho(mm)
Primera (Drenaje)	Grava	10-25	200
Segunda	Carbón Activado	0.1-1.0	100
Tercera	Arena Fina	1.0-2.0	100
Cuarta	Arena Gruesa	2.0-5.0	100
Quinta	Grava	10-25	100

Fuente: Haro Aro, 2022.

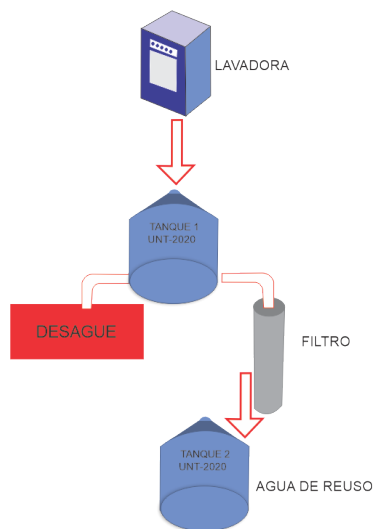
Para el tanque 2 también lleva instalado un sistema de aspersión para realizar su respectivo mantenimiento, además de contar con un flotador, un oxigenador y un dosificador que sirve para añadir desinfectante cuando el sistema lo requiera.

**Descripción del proceso.** El agua que es arrojada por la lavadora se recolecta en el tanque 1; en este tanque se lleva a cabo un proceso de floculación y coagulación, en la que se forman los sedimentos producto de la aglomeración de los sólidos suspendidos y estos precipitan al fondo del tanque. Después de realizar estos procesos el agua pasa por un filtrado y luego es transportado con ayuda de una bomba de 0.5 HP pasa al tanque 2 luego quedar listo para su reutilización en el siguiente proceso de lavado.

El sistema de reutilización de cuenta con un sistema de evacuación de lodos que se obtienen producto de los sedimentos, además en la parte inferior del tanque existe una salida que conduce el agua al sistema de desagüe, esto con la finalidad de eliminar el agua cuando los tanque se rebalsen si se presentara el caso

**Diagrama de Flujo:** Refleja la secuencia del sistema de reutilización de las aguas de las lavadoras.

Figura 4. Diagrama de Flujo



Fuente: Haro Aro, 2022.

**Diseño del sistema:** A continuación, detallo el funcionamiento:

**Almacenamiento del agua de las lavadoras.**—Se contará con un tanque de 2000 litros, el agua ingresa directamente de la descarga de la lavadora. El agua estará quieta todo el día.

**Coagulación.**—Se usará como coagulante el alumbre con una dosificación de unos 30 a 40 gramos.

**Mezclado.**—Se utiliza un agitador con la finalidad de mantener la mezcla lo más homogénea posible, agitando durante 3 a 5 minutos.

**Tiempo de Tratamiento.** – Luego del mezclado se sedimenta con el coagulante, aproximadamente 40 a 50 minutos.

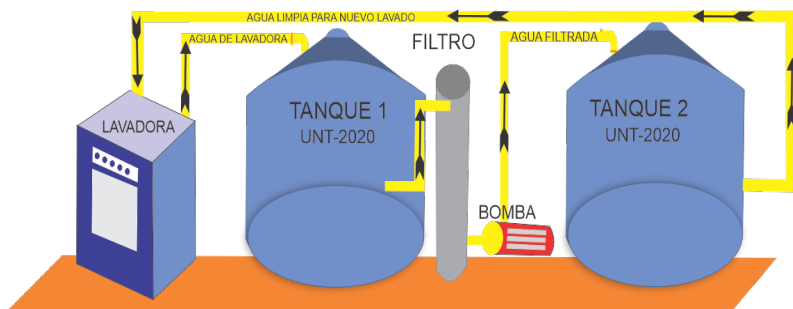
**Filtración.** – Se utiliza como tipo de filtro el carbón activo, considerando un tubo con una altura de 120 cm y diámetro de 30 cm. El filtro está compuesto de grava, carbón activado, arena fina y arena gruesa.

**Transporte de Agua.**–El transporte de agua desde el tanque N°1 hasta el filtro y del filtro hasta el tanque 2 se llevó a cabo a través de tubos de PVC de ½”.

**Lavado del Tanque.**–Se armó un tipo de drenado en la parte inferior del tanque 1 mediante tubería con válvula, el cual permite evacuar los residuos y enviarlos al desagüe.

El sistema de reutilización de las aguas de las lavadoras se refleja en el gráfico 5.

Gráfico 5. Sistema de reutilización de las aguas de las lavadoras – 2020.



Fuente: Haro Aro, 2022.



## Costo-beneficio

Teniendo como base la información consultada y la encuesta realizada a los administradores/encargados de los hoteles del distrito de Trujillo, se establecen los factores de afectación predominantes de costo-beneficio en el diseño de un sistema de reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera, partiendo de tres criterios fundamentales: Impacto ambiental, Beneficios sociales y el Ahorro económico.

**Impacto ambiental.** Las aguas generadas en los hoteles producto del lavado de sabanas, toallas, colchas, frazadas, etc. Contienen altas cantidades de detergentes y estos a su vez tienen gran cantidad de concentración de fosfatos que es un elemento que reduce la formación de oxígeno en las aguas y por ende genera la muerte de los seres vivos de los ecosistemas. Con la disminución de la cantidad de agua que se elimina a los sistemas producto de las aguas vertidas por los establecimientos hoteleros, se espera la reducción de los efectos en el medio ambiente.

**Beneficios sociales.** Con el aumento de la industria hotelera se requiere mayor demanda del recurso hídrico y por lo tanto se ve afectado con la escasez de agua de este recurso por lo que se trata de fomentar la reutilización y uso racional de agua para contribuir a su sostenibilidad sin tener que perjudicar a las nuevas generaciones.

**Ahorro económico.** Con la instalación de estos sistemas se pretende contribuir en la reducción de los costos por consumo de agua generando grandes cantidades de ahorros mensuales y




logrando una rápida recuperación del capital de inversión en las empresas.

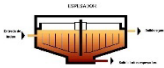








**Inversion del sistema de reutilizacion de aguas de las lavadoras de los hoteles del distrito de Trujillo**


El costo para el diseño de un sistema de reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera va a depender de la cotización de los componentes especificados en la propuesta.

En la tabla 15 encontramos los valores encontrados en el mercado actual, de los componentes, los mismos que pueden variar teniendo en cuenta la cantidad de agua que se le realizara el tratamiento y que se requiere reutilizar.

Tabla 15. Cotización de los componentes del sistema

Precios promedios consultados a diferentes empresas					
N°	Equipo/accesorio	Descripción	Canti- dad	Precio unit (soles)	Total (soles)
1		Tanque de 2000 litros con empaques	02	400,00	800,00
2		Bomba pedrollo 0.5 hp	01	600,00	600,00
3		Filtro de agua Casero	01	160,00	160,00

Precios promedios consultados a diferentes empresas					
N°	Equipo/accesorio	Descripción	Canti- dad	Precio unit (soles)	Total (soles)
4		Filtro de lodos cacerero	01	140,00	140,00
5		Motor 120w 110v	01	100,00	100,00
6		Aspersor para agua a presión	01	120,00	120,00
7		Llave de paso Zinc	04	25,00	100,00
8		Tubo pvc de 1/2 pulgada	01	10,00	10,00
9		Adaptadores hem- bra y macho	08	1.00	8.00
10		Pegamento Pvc	01	12,00	12,00
11		Codos de 1/2	10	1,00	10,00
12		Valvula y flotador de 1/2	02	50,00	100,00

Precios promedios consultados a diferentes empresas					
N°	Equipo/accesorio	Descripción	Canti- dad	Precio unit (soles)	Total (soles)
13		Oxigenador de agua	01	80,00	80,00
Total					2240,00

Fuente: Haro Aro, 2022.

### Recuperación de la inversión

El costo de implementación de un sistema de reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera está promediando los S/. 2240.00 nuevos soles, dicha inversión se vería establecida en la reducción del monto del recibo del agua en el 48%.

Para efecto de cálculo se ha tomado como ejemplo el consumo del Hostal Alameda de los Olivos, que consume en promedio 41 m<sup>3</sup> al mes, ya que el proceso de lavado de sabanas, toallas, frazadas se hace en 4 ciclos, y el costo por m<sup>3</sup> según la empresa Sedalib S.A. es de S/. 10 nuevos soles.

Con la puesta en marcha de un sistema de reutilización de agua sólo se consumiría agua de dos ciclos de un total de 4 lavados. El consumo de un ciclo es de 10,25m<sup>3</sup> del total del consumo por lo que con los 2 ciclos se ahorraría el 20,50 m<sup>3</sup> (2\*10,25=20,50m<sup>3</sup>).

Por lo tanto, se estaría ahorrando 20,50 m<sup>3</sup> mensuales, haciendo un total de S/. 205.00 nuevos soles al mes.

Tabla 16. Tiempo promedio para la recuperación de la inversión

Mes	Monto del recibo (41 m3)	Ahorro (20.50m3)Por recibo (48%)	Monto a pagar del recibo	Costo de la implementación del sistema	Saldo para recuperar la inversión	Tiempo de retorno
Nov-2020	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 2035.00	1 meses
Dic-2020	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 1830.00	2 meses
Ene-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 1625.00	3 meses
Feb-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 1420.00	4 meses
Mar-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 1215.00	5 meses
Abr-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 1010.00	6 meses
May-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 805.00	7 meses
Jun-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 600.00	8 meses
Jul-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 395.00	9 meses
Ago-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 190.00	10 meses
Set-2021	S/. 422,80	S/. 205.00	S/. 217.80	S/. 2240,00	S/. 00.00	11 meses
Tiempo promedio de retorno						11 meses

Fuente: Haro Aro, 2022.

Se puede establecer, que es una inversión económicamente viable, del mismo modo el beneficio ambiental y social, considerando los litros de agua que se dejarían de contaminar.

Cuando ahorramos 20,50 metros cúbicos de agua por mes estamos contribuyendo a la vida de muchas especies completas de vegetales, animales y de la vida de los seres humanos. Los escasos de agua es uno de los problemas más grandes del mundo

debido al desperdicio y al aumento de la población demográfica mundial, es por eso que la importancia que genera el cuidar el agua es más valioso que el ahorro económico que se consigue por la aplicación de estos sistemas. Con esto queremos decir que es mejor heredar a las futuras generaciones la garantía de contar con este recurso hídrico que dejarles recursos económicos que no se disfrutarían sin la existencia de agua.

La tabla 5 muestra los valores del recibo del agua de uno de los hoteles del distrito de Trujillo, mostrando el consumo mensual en  $m^3$  y los costos.

Con esta tabla queda demostrado el tiempo de retorno del capital invertido y sobre todo el grado de rentabilidad que dejaría la aplicación de este sistema.

Sin embargo, hay algo importante aclarar, mientras los hoteles tengan mayor consumo de agua en  $m^3$ , mayor será el ahorro y por tanto el tiempo de retorno de la inversión será menor, situación que se aprecia en la encuesta en la pregunta 2, mostrando un 25% que paga más de S/. 1000.00 nuevos soles mensuales.

## **Socialización**

El proyecto está dirigido a todos los hoteles del distrito de Trujillo, quienes son microempresas que aportan a la economía del país, sin embargo, no suelen tener el apoyo del gobierno en tenas de financiamiento, líneas de crédito, asesoramiento, situación que, si lo tienen las grandes empresas, por tal motivo es ne-

cesario compartir el proyecto y puedan realizar grandes aportes en conocimiento para la mejora del proyecto.

Para que la implementación del Sistema de reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera del distrito de Trujillo tenga una mejor aceptación con un enfoque más dinámico y técnico, y de cierta manera se puedan recibir nuevas ideas y aportes para un mejor desarrollo del mismo se planificó en coordinación con la Asociación de Hoteles y Restaurantes Afines (AHORA) del distrito de Trujillo la socialización a través de un Webinar.

Por lo anterior se realizó la socialización a 100 hoteles del distrito de Trujillo de acuerdo con la muestra, en los cuales se realizó la invitación a través de una Plataforma virtual (Zoom) y tuvo como ponente al autor del proyecto.

Se presentaron los beneficios del proyecto, afiches publicitarios, videos demostrativos y básicamente el ahorro económico que representaría su implementación.

## **Conclusiones**

Con la implementación del sistema de reutilización del agua de las lavadoras de la industria hotelera se obtiene un ahorro del  $25.5\text{m}^3$  del consumo total del agua.

La reutilización del agua es un mecanismo que beneficia el medio ambiente, favorece la economía de los microempresarios.

Mientras mayor sea el costo del recibo de agua más rápido será el retorno de la inversión

La implementación de un sistema de reutilización de agua de la lavadora de la industria hotelera es rentable en la medida que la sociedad otorgue un valor realmente significativo al beneficio ambiental.

El 72% de los administradores/encargados de los hoteles manifiesta estar interesados en un sistema de reutilización de agua.

## **Recomendaciones**

Se presentará los beneficios del proyecto, afiches publicitarios, videos demostrativos y básicamente el ahorro económico que representaría su implementación.

El sistema se debe ubicar cerca de las lavadoras con la finalidad de poder acceder fácilmente a su mantenimiento y limpieza.

Es necesario realizar el mantenimiento de filtros de acuerdo con el consumo de agua en  $m^3$ .

Es recomendable reutilizar nuevamente el agua que queda en los tanques para uso de los sanitarios y de aseos de uso doméstico.

Se recomienda no realizar lavado de ropa interior debido a que puede haber presencia de bacterias.



No lavar prendas de mascotas en el agua que va a ser reutilizada.

Se recomienda que las aguas de reúso no permanezcan en los tanques por tiempos prolongados debido a que genera la presencia de carga bacteriana que producen malos olores.

Realizar instalaciones seguras y eficaces que nos permitan evitar la presencia de fugas de agua y accidentes.

Se recomienda ubicar el sistema en un lugar seguro del sol y la lluvia con la finalidad de evitar averías en su estructura.

Usar adecuadamente los insumos químicos utilizados para el tratamiento, verificando cantidades optimas.



## Referencias

- Agency, U.S. (2002). *Medición electrométrica de pH*. USEPA.
- Álvarez, C., Cadena, K., Guevara, C., & Sánchez, I. (2019). Agua para todos. XXX Congreso de Investigación Cuam-ACMor. <https://dspace.umad.edu.mx/handle/11670/330>
- Apha, A.P. (1998). *Standard Methods for the Examination of water*. American Public Healt Association.
- Arce, L. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4568>
- Arundel, J. (2002). *Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales*. Acibia Editorial.
- Babbitt, H.E., & Doland, J.J. (1962). *Water supply engineering*. McGraw-Hill.
- Bermejo, D. (2012). *Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible* [Tesis de maestría, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/29576/1/MEMORIA\\_TFM\\_sep](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/29576/1/MEMORIA_TFM_sep)
- Cobo, J.C. (2009). *Maquinaria para tratamiento y depuración de aguas. Fundamentos y aplicaciones*. Bellisco Ediciones.
- Cuba Tello, M., Alcocer Meneses, P., & Pacheco Ortíz, M. (2020). Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales – Ate Vitarte Lima. *Rev. del Instituto de Investigación Figgmg-Unmsm*, 22(44), 65–74. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11734>

- Culp, G.L., Hsiung, K.Y., & Conley, W.R. (1969). *Tube clarification process, operating experiences*. Civil Engineering Data Base: ASCE.
- Degremont, G. (1979). *Manual técnico del agua* (1 era. ed.). Urmo S.A. de Ediciones.
- Díaz, K., Quispe, W. (2021). *Determinación de la eficiencia de un filtro lento para tratamiento de aguas grises de lavadora y su reutilización en riego y fines domésticos* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión] Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4424>
- Díaz, J., & Ramírez, L. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá D.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3140/1/D%C3%ADaz>
- Gabarda-Mallorquí, A., García, X., Ribas, A. (2017). Mass tourism and water efficiency in the hotel industry: A case study. *International Journal of Hospitality Management*, 61, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.11.006>
- Hamele, H., Eckardt, E. (2006). *Environmental initiatives by European tourism businesses. Instruments, indicators and practical examples. A contribution to the development of sustainable tourism in Europe*. ECOTRANS.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Franco, M. (2007). *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación al caso en Chile* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Institucional <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104596>

- Guamanquispe, S., & Morales Fiallos, F.R. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora “La Unión” en el sector La Joya* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26496>
- Haro Aro, E. F. (2022). *Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua de lavadoras de la industria hotelera del distrito de Trujillo 2020* [Tesis doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4752790>
- Isla de Juana, R. (2005). *Proyectos de plantas de tratamientos de aguas. Aguas de proceso, residuales y de refrigeración*. Belllisco Ediciones.
- Kasim, A., Gursoy, D., Okumus, F., & Wong, A. (2014). The importance of water management in hotels: a framework for sustainability through innovation. *Journal of Sustainable Tourism*, 22(7), 1090-1107, <https://www.doi.org/10.1080/09669582.2013.873444>
- Madueño, L., Meza, M., & Rashta, C. (2017). Tratamiento y Reúso de Aguas Grises Mediante un Filtro Lento de Arena. *Revista TECNIA*, 28(1), 81-85. <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/190>
- Hernández, A., Hernández Lehmann, A., & Galán Martínez, P. (2004). *Manual de depuración Uralita* (3 ed. ed.). Paraninfo Editorial.
- Aguilar, M.I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., Ortuño, J.F. (2002). *Tratamiento físico químico de aguas residuales: Coagulación-Floculación*. Universidad de Murcia.
- Osorio, F., Torres, J., & Sánchez, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. Diaz de Santos.

- Ramírez, A.R., & Mendoza E.L. (2011). *Economía del agua en baja california*. Editorial Universitaria.
- Ramírez, M.F. (2014). Electro floculación, la mejor solución para aguas residuales. *Prezi*. <https://prezi.com/sko5jxpqtvfx/electrofloculacion-la-mejor-solucion-para-las-aguas-residuales/>
- Roa, J. (2017). *Planta de monitoreo para la reutilización de agua de la segunda lavada de la lavadora* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/11349/5980>
- Rojas, R. (2014). *Sistema de reutilización de aguas grises en una vivienda de la ciudad de Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/363>
- Russell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales. Un enfoque práctico*. Editorial Reverté.
- Solorzano, J. (2020). *Diseño de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residual generada en la lavadora de automóviles Dimas Vera del cantón El Carmen Ecuador* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5201>
- Tomas, C. (1946). *Sedimentation and the design of settling tanks*. Transactions ASCE.
- Velarde, F., Sianca, E., Castro, G., Him, L., & Gómez, M. (2019). Tratamiento y reutilización del agua residual de lavadora. *Revista De Iniciación Científica*, 4(2), 36-39. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2149>
- Will, C. (1991). *Water harvesting: Manual for design and construction of water harvesting schemes*. Universidad Libre de Ámsterdam.







Religación  
**Press**  
Ideas desde el Sur Global



RELIGACIÓN  
**CICSHAL**

Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades  
desde América Latina



**Religación**  
Press

ISBN: 978-9942-642-59-2



9 789942 642592