

## LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EDIFICACIONES “SUSTENTABLES”: EL CASO DE COCHABAMBA, BOLIVIA

## THE REUSE OF GREY WATER IN “SUSTAINABLE” BUILDINGS: THE CASE OF COCHABAMBA, BOLIVIA

Nicole Ríos Rivera<sup>✉</sup> y Juan E. Cabrera

*Centro de Investigaciones en Arquitectura y Urbanismo (CIAU)  
Universidad Privada Boliviana (UPB), Cochabamba, Bolivia  
nicoleriosr1@upb.edu*

(Recibido el 15 de junio 2025, aceptado para publicación el 31 de julio 2025)

### RESUMEN

La escasez de agua en zonas urbanas es un desafío crítico, especialmente en regiones con rápida urbanización. Este estudio analiza la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises en edificios residenciales de Cochabamba, Bolivia, bajo la Ley Municipal 211/2017. Mediante análisis documental, encuestas y estudios de caso en 60 edificios (2017–2024), se encontró que solo el 46.6% adoptó estos sistemas, logrando ahorros de hasta el 31% en agua potable. Sin embargo, el 81% no cumple plenamente la normativa, debido a falta de fiscalización y conocimiento técnico. Aunque los sistemas instalados son viables, su impacto se ve limitado por barreras económicas, normativas y culturales. El estudio resalta la necesidad de ajustar marcos regulatorios y promover estrategias integrales para una gestión hídrica sostenible en ciudades intermedias.

**Palabras Clave:** Agua gris, reciclaje, sostenibilidad, edificación residencial

### ABSTRACT

Water scarcity in urban areas is a critical challenge, particularly in regions experiencing rapid urbanization. This study examines the implementation of graywater reuse systems in residential buildings in Cochabamba, Bolivia, under Municipal Law 211/2017. Through document analysis, surveys, and case studies of 60 buildings (2017–2024), findings reveal that only 46.6% adopted these systems, achieving potable water savings of up to 31%. However, 81% fail to fully comply with regulations due to lack of enforcement and technical awareness. While installed systems have proven viable, their impact is limited by economic, regulatory, and cultural barriers. The study underscores the need for adjusted regulatory frameworks and comprehensive strategies to promote sustainable water management in intermediate cities.

**Keywords:** Gray water, recycling, sustainability, residential building

### 1. INTRODUCCIÓN

La creciente escasez de agua en el ámbito urbano constituye uno de los problemas más urgentes del Siglo XXI, especialmente en regiones que experimentan acelerados procesos de urbanización sin una infraestructura hídrica adecuada. En este contexto, la ciudad de Cochabamba, Bolivia, enfrenta un déficit hídrico estructural que pone en entredicho la sostenibilidad de su desarrollo urbano. La escasez del recurso agua, el acceso desigual al agua potable, la baja cobertura de redes de alcantarillado y la limitada capacidad institucional para el tratamiento de aguas residuales configuran un escenario crítico que requiere de soluciones integrales y sostenibles.

En respuesta a estos desafíos, la arquitectura y el urbanismo emergen como disciplinas clave en la implementación de estrategias que promuevan una gestión eficiente del recurso hídrico. Entre estas estrategias, la reutilización de aguas grises provenientes de duchas, lavamanos y lavanderías se presenta como una alternativa viable para reducir el consumo de agua potable en edificaciones residenciales. A nivel global, la reutilización de aguas grises ha demostrado ser una práctica eficaz para enfrentar el estrés hídrico, optimizando el uso del recurso dentro de los propios límites del edificio.

En este marco, este artículo revisa y reflexiona las nuevas prácticas de gestión del agua de edificios residenciales de Cochabamba construidos bajo el paraguas de la Ley Municipal 211/2017 [1] y las leyes subsidiarias, que establecieron incentivos e indicadores para la construcción de edificaciones sustentables, enfocándose para este análisis, sólo en la implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises.

A partir del estudio de 60 edificaciones construidas entre 2017 y 2024, se identifica que 28 de ellas han incorporado sistemas de tratamiento de aguas grises, alcanzando ahorros de hasta el 31% en el consumo de agua potable. Sin embargo, se evidencia también que el 81% de los edificios evaluados no cumplen plenamente los requerimientos de la normativa vigente, lo que revela deficiencias en los mecanismos de control, fiscalización y difusión.

El objetivo de este trabajo es doble: por un lado, describir y analizar las características técnicas, arquitectónicas y operativas de los sistemas implementados, por otro, evaluar su articulación con los parámetros normativos y su impacto en la gestión urbana del agua. La metodología combina análisis documental, entrevistas a empresas y administradores de edificios, encuestas a usuarios y arquitectos, así como el estudio detallado de cinco casos representativos. El presente estudio busca aportar evidencia empírica al debate sobre sostenibilidad urbana en ciudades latinoamericanas intermedias, proponiendo recomendaciones para mejorar la eficacia normativa, fomentar la implementación de tecnologías sostenibles y promover una cultura ciudadana de uso racional del recurso hídrico.

## 2. ANTECEDENTES

La reutilización de aguas grises como estrategia de sostenibilidad urbana ha sido objeto de múltiples estudios a nivel internacional, regional y local. En países como México, Brasil, Perú y Argentina, se han desarrollado investigaciones que evalúan la eficiencia de sistemas descentralizados, su impacto en el ahorro de agua y su viabilidad en contextos urbanos densos. Estas investigaciones han evidenciado que, con un tratamiento adecuado, las aguas grises pueden reutilizarse con seguridad en usos no potables, generando beneficios tanto ambientales como económicos [2], [3], [4].

En el caso de Bolivia, los antecedentes sobre reutilización de aguas grises son aún limitados. Se destacan principalmente estudios vinculados a la ingeniería sanitaria y al ámbito técnico-operativo de los sistemas, con escasa producción desde la arquitectura o el urbanismo. Sobre los estudios, algunas universidades públicas y privadas han comenzado a incorporar este tema en proyectos de grado y líneas de investigación ambiental, al igual que colegios de profesionales están difundiendo manuales para su implementación. Sobre las experiencias técnico-operativas, desde 2017 el Ministerio de Medio Ambiente y Agua ejecuta una Estrategia Nacional para la Gestión y Reutilización de Aguas Residuales con apoyo de la Alianza Mundial para la Seguridad Hídrica y el Saneamiento (GWSP, por sus siglas en inglés) [5]. Desde otro ámbito, la Cervecería Boliviana Nacional en La Paz, desde varios años trata parte de sus aguas y reutiliza la misma para el riego de jardines y parques en coordinación con el gobierno municipal de esa ciudad [6].

En Cochabamba, la crisis del agua y el proceso de recuperación del servicio público luego de la Guerra del Agua, del año 2000, cuando el operador público fue privatizado, generaron una base social crítica y activa frente a la gestión del recurso. Proyectos como la Fundación Abril, El Agua es Oro han documentado las luchas ciudadanas por el derecho al agua, así como experiencias comunitarias de captación de agua de lluvia y sistemas alternativos de tratamiento. Sin embargo, dichos enfoques se centran mayoritariamente en áreas rurales o periurbanas, y no abordan en profundidad el papel de la arquitectura en la gestión del agua urbana.

En el ámbito normativo, la promulgación de la Ley Municipal 211/2017 [1] y su Decreto Reglamentario 121/2019 [7] de Cochabamba constituyen un hito en la incorporación de criterios de sostenibilidad hídrica en el diseño arquitectónico y edificación en Bolivia. Sin embargo, hasta la actualidad sólo el Centro de Investigaciones en Arquitectura y Urbanismo (CIAU) de la Universidad Privada Boliviana (UPB) a través de otra investigación [8], estaría abordando una evaluación del impacto de esta ley y su implementación, mientras que, desde el Estado, no se cuenta con un estudio sistemático que evalúe su grado de implementación, cumplimiento y efectos reales en la reducción del consumo de agua potable. Esta ausencia de evaluación no solo general, sino particular, justifica y refuerza la pertinencia del presente estudio, que se propone llenar esa laguna de información con evidencia empírica sobre los procesos de tratamiento y reutilización de aguas grises en edificios sustentables y una propuesta de recomendaciones.

## 3. REFERENCIAS TEÓRICAS

Esta sección se estructura en torno a cuatro ejes que sustentan el análisis de la reutilización de aguas grises en edificaciones denominadas sustentables de Cochabamba: la gestión sostenible del agua en contextos urbanos; el potencial técnico y ambiental de las aguas grises; los sistemas de tratamiento disponibles para edificaciones; y los enfoques arquitectónicos que integran estrategias hídricas como parte del diseño sustentable. Estas dimensiones permiten comprender de manera integral los desafíos y oportunidades que implica la incorporación de tecnologías de reúso en el entorno construido, en un contexto de creciente presión sobre los recursos hídricos, expansión urbana acelerada y vacíos normativos en las ciudades del Sur Global. El marco se nutre tanto de referencias internacionales como de aportes provenientes del pensamiento crítico latinoamericano sobre el derecho al agua, la justicia hídrica y la arquitectura sustentable.

### 3.1 Gestión del agua y sostenibilidad urbana

La gestión del agua constituye un componente esencial del desarrollo sostenible y es definida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como el conjunto de actividades técnicas, sociales y políticas orientadas a garantizar el acceso equitativo, eficiente y sostenible al recurso hídrico [9]. En el contexto urbano, esta gestión se vincula estrechamente con la planificación territorial, la eficiencia energética, la infraestructura sanitaria y la justicia ambiental [10]. Particularmente en ciudades de América Latina, estas dinámicas se ven afectadas por condiciones de fragmentación institucional, acceso desigual a los servicios básicos y vulnerabilidad climática estructural [11].

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el ODS 6 plantea la necesidad de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, mientras que el ODS 11 promueve la construcción de ciudades sostenibles, resilientes y seguras [12]. La interrelación entre ambos objetivos exige enfoques integrales que incluyan mejoras tecnológicas, innovación normativa y transformaciones culturales en el uso del agua [13].

La noción de “gestión integrada del recurso hídrico” (GIRH), ampliamente difundida por organismos internacionales como el Banco Mundial, FAO y UN-Habitat, plantea la necesidad de coordinar políticas, actores y escalas territoriales para optimizar el uso del agua en función de la sostenibilidad ambiental y la equidad técnica y social [14]. En este enfoque, la edificación residencial adquiere una relevancia estratégica, al ser responsable de un porcentaje considerable del consumo urbano, pues concentran entre el 20 % y 40 % del consumo de agua potable en las ciudades [15].

Además, los estudios recientes en ecología política del agua subrayan que los conflictos por el acceso y la gestión del agua urbana no son solamente técnicos, sino profundamente sociales y políticos [16], [17]. La justicia hídrica, entendida como el derecho colectivo al acceso equitativo, a la gobernanza participativa y al reconocimiento de saberes locales, cobra cada vez más protagonismo en contextos de expansión urbana informal.

### **3.2 Aguas grises: definición y potencial de reutilización**

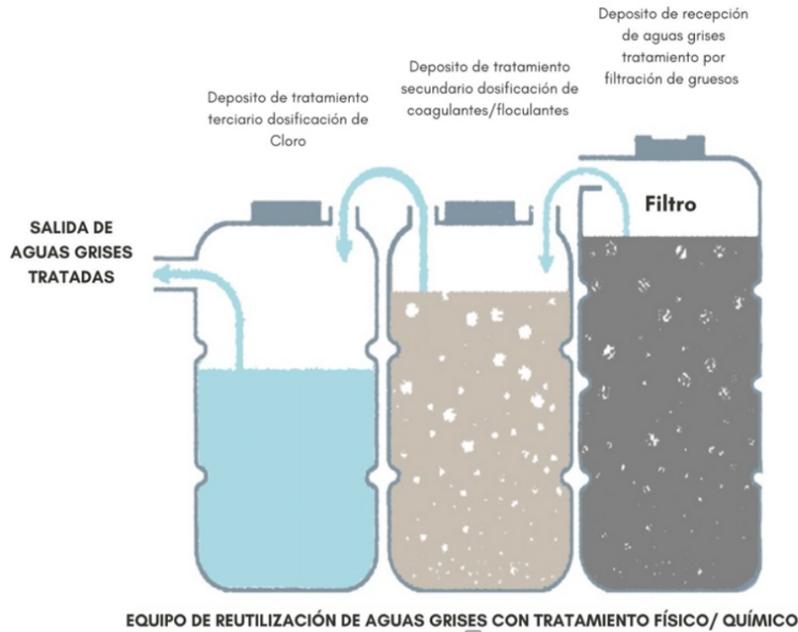
Se entiende por aguas grises al conjunto de aguas residuales domésticas provenientes de duchas, lavamanos, lavadoras y lavaplatos (excluyendo las aguas negras de inodoros), las cuales presentan un menor nivel de contaminación y, por tanto, un alto potencial de reutilización con tratamiento adecuado [18]. La reutilización de aguas grises permite sustituir el uso de agua potable en actividades no potables como el riego, la descarga de inodoros o la limpieza de áreas comunes, contribuyendo a reducir el estrés hídrico y el volumen de aguas residuales vertidas al medio ambiente [19].

Estudios internacionales demuestran que los sistemas de tratamiento de aguas grises pueden generar ahorros de entre el 30% y el 50% del consumo total de agua potable en edificaciones urbanas [20]. Entre los beneficios reportados se encuentran: reducción en la factura de agua, menor presión sobre las redes municipales de abastecimiento y alcantarillado, disminución de la huella hídrica y mejora de la resiliencia urbana frente al cambio climático, dependiendo del grado de eficiencia y del comportamiento del usuario [21].

### **3.3 Sistemas de tratamiento de aguas grises en edificaciones**

Los sistemas de tratamiento de aguas grises pueden clasificarse en dos grupos: sistemas simples (filtros mecánicos, decantadores) y sistemas avanzados (biorreactores, membranas filtrantes, ozonificación, rayos UV). La elección del sistema depende del volumen de agua generado, el uso previsto del agua tratada, las condiciones climáticas, la normativa local y la capacidad técnica de operación y mantenimiento del usuario [22] (ver Figura 1).

En el contexto latinoamericano, se han implementado soluciones modulares de bajo costo para instituciones educativas, viviendas sociales y edificios de mediana altura, con resultados positivos en términos de eficiencia y aceptabilidad social. Sin embargo, la sostenibilidad de estos sistemas depende de su mantenimiento regular, la formación de los usuarios y la existencia de marcos normativos que regulen su diseño, instalación y operación [23].



**Figura 1:** Sistema de tratamiento de aguas grises.

Bolivia aún no cuenta con una normativa técnica específica sobre tratamiento y reúso de aguas grises a escala edilicia. Sin embargo, experiencias puntuales en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz están demostrando la viabilidad técnica del reúso en edificios nuevos y retrofit, aunque persisten vacíos legales y barreras institucionales particularmente en lo referente a la definición de parámetros técnicos adaptables a diferentes tipologías de edificios, cuyas necesidades y capacidades de tratamiento varían considerablemente, como más adelante se verá.

### 3.4 Edificaciones sustentables y arquitectura hídrica

El concepto de edificación sustentable alude al diseño, construcción y operación de edificaciones que minimicen su impacto ambiental, optimicen el uso de los recursos naturales y mejoren la calidad de vida de sus habitantes. La certificación LEED, BREEAM o EDGE y otros estándares internacionales han incorporado indicadores relacionados con el uso eficiente del agua, incluyendo la recolección de aguas pluviales, la reutilización de aguas grises y el uso de artefactos sanitarios de bajo consumo [24].

Desde la arquitectura, se plantea una visión integrada del agua que la concibe no solo como recurso, sino como elemento estructurante del proyecto. Así, surge la noción de “arquitectura hídrica”, entendida como aquella que incorpora estrategias de gestión del agua en el diseño arquitectónico y urbano, promoviendo el equilibrio entre funcionalidad, eficiencia y responsabilidad ambiental [25]. Esta visión impulsa estrategias de diseño pasivo, drenaje urbano sostenible, paisajismo hídrico y circuitos cerrados de agua dentro de la edificación [26], [27].

Casos ejemplares en ciudades como Lima (Perú), San Francisco (Estados Unidos) o Ciudad de México (México) han incorporado estas estrategias en proyectos urbanos y edificaciones públicas, promoviendo así una cultura del agua basada en la eficiencia, la reutilización y la responsabilidad ambiental colectiva.

## 4. CONTEXTO

En esta sección se incluyen referencias contextuales a escala internacional, nacional y local, con el objetivo de identificar referentes, limitaciones y oportunidades que condicionan la implementación de estrategias sustentables en ciudades del Sur Global como Cochabamba. A través de este enfoque multinivel, el texto siguiente pretende evidenciar tanto las tendencias globales en materia de innovación hídrica como las particularidades socioespaciales que configuran la gestión urbana del recurso en el caso boliviano.

### 4.1 Contexto internacional

La escasez hídrica ha adquirido dimensiones críticas a nivel global. Según el Programa Mundial para la Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), más de 2.300 millones de personas viven en países con estrés hídrico severo, y se estima que en 2050 el 50% de la población mundial vivirá en zonas con alta vulnerabilidad al acceso al agua [28]. Este

panorama se agrava por los efectos del cambio climático, el crecimiento demográfico y el incremento de la demanda urbana. En este marco, la gestión sostenible del recurso hídrico se ha convertido en una prioridad en la agenda de gobiernos, organizaciones internacionales y actores del sector privado.

En este contexto, la gestión sostenible del recurso hídrico se ha convertido en una prioridad en la agenda de gobiernos, organismos internacionales y actores privados. Desde el urbanismo y la arquitectura, se han desarrollado múltiples estrategias para reducir el consumo de agua y fomentar su reutilización. En Estados Unidos, ciudades como San Francisco han implementado normativas que exigen el reciclaje de aguas residuales en edificios de nueva construcción. Proyectos emblemáticos como el edificio Fifteen Fifty y el complejo NEMA han logrado reciclar hasta el 95% de sus aguas grises, destinándolas al riego, descargas de inodoros y sistemas de enfriamiento, con ahorros anuales que superan los USD 90.000 [29].

Europa, por su parte, ha promovido tecnologías como el sistema modular Bluebloqs, empleado en ciudades francesas y españolas para recolectar y tratar aguas pluviales con fines no potables, mitigando los efectos de inundaciones urbanas y aliviando la presión sobre los acuíferos [30]. En Francia, el Plan de Gestión Resiliente del Agua (2023) estableció metas obligatorias para la reutilización del recurso, incluyendo incentivos fiscales para proyectos arquitectónicos con sistemas de captación y reciclaje hídrico [31].

Países del Sur Global también han desarrollado experiencias relevantes. En India, la reutilización de aguas grises se ha expandido en entornos urbanos densos mediante soluciones descentralizadas de bajo costo, facilitando el acceso en asentamientos informales [32]. En Sudáfrica, se han articulado programas municipales y comunitarios que combinan infraestructura y justicia hídrica [33].

En América Latina, la reutilización de aguas grises ha cobrado especial relevancia en países como Perú y México, donde se ha demostrado eficiencia hasta del 85% en la remoción de contaminantes mediante filtros por capas [34]. No obstante, la implementación a gran escala sigue siendo un desafío debido a la falta de financiamiento, capacidad técnica y marcos normativos consolidados.

Estas experiencias internacionales constituyen referentes útiles para el contexto boliviano, en tanto evidencian la viabilidad técnica y económica de integrar sistemas de reutilización de aguas grises en edificaciones residenciales. Asimismo, subrayan la importancia de contar con políticas públicas consistentes, incentivos regulatorios y una cultura ciudadana orientada al uso responsable del agua.

## 4.2 Contexto nacional

En Bolivia, la gestión del agua enfrenta desafíos estructurales relacionados con la desigualdad en el acceso, la baja cobertura de saneamiento, la ineficiencia institucional y el impacto del cambio climático. Según datos del Banco Mundial (2020), el 16% de la población rural carece de fuentes mejoradas de agua potable, mientras que solo el 27% de las aguas residuales generadas a nivel nacional recibe tratamiento adecuado [35].

Desde la promulgación de la Ley del Medio Ambiente N.º 1333/1992 [36] y el Reglamento de la AAPS del año 2017 [37], se han establecido disposiciones para regular el uso de aguas residuales tratadas, autorizando su empleo en actividades no potables bajo condiciones sanitarias controladas. No obstante, la implementación de estos marcos ha sido limitada y carece de mecanismos efectivos de monitoreo.

Algunas iniciativas municipales han intentado revertir esta situación. En La Paz, el Gobierno Autónomo propuso el año 2023 un reglamento para exigir la instalación de sistemas de tratamiento de aguas grises en edificios de cinco pisos o más, con el fin de reducir el consumo de agua potable y fomentar el reúso en riego, limpieza e inodoros [38]. En Santa Cruz, el 15% del mercado inmobiliario corresponde a proyectos ecológicos, muchos de los cuales incorporan sistemas de eficiencia hídrica certificados por estándares internacionales como LEED [39].

Simultáneamente, organizaciones sociales y ONG han complementado la acción estatal mediante proyectos comunitarios de recolección de aguas pluviales y educación ambiental. Entre ellas destacan la Fundación Guardianes del Agua, Fundación Agua Tuya y Water for People, que han implementado tecnologías apropiadas y servicios sostenibles en áreas rurales y periurbanas con éxito relativo [40].

Sin embargo, persisten profundas brechas entre ciudades y regiones. Los planes maestros metropolitanos de ciudades como La Paz, El Alto y Cochabamba han empezado a incorporar principios de eficiencia hídrica, pero su implementación efectiva aún depende de factores políticos, presupuestarios y culturales [41]. En Cochabamba, por ejemplo, la cobertura del servicio público de agua potable se sitúa cerca del 77% en la ciudad, aunque las zonas periféricas siguen dependiendo de cisternas y Operadores Locales de Pequeña Escala (OLPEs) como Cooperativas, Asociaciones y Comités denominados OLPE [42], [43]. Esta situación pone en evidencia la necesidad de incorporar soluciones estructurales sostenibles, pero también arquitectónicas como parte de una estrategia para mejorar la gestión del agua.

### 4.3 El caso de Cochabamba y la institucionalidad de la edificación sustentable

La ciudad de Cochabamba ha sido históricamente epicentro de disputas por el agua. La “Guerra del Agua” del año 2000 marcó un punto de inflexión al revertir la privatización del servicio y consagrar el agua como un derecho humano, lo que condujo a la recuperación del Servicio Municipal de Agua Potable (SEMAPA). Sin embargo, a más de dos décadas de ese conflicto, persisten serios problemas de cobertura, calidad y equidad en la distribución del recurso.

El Proyecto Múltiple Misicuni, concebido como solución estructural, ha ampliado la oferta de agua pero no ha resuelto el problema de distribución ni la fragmentación del sistema. Muchas zonas de la ciudad, especialmente del sur, siguen dependiendo de OLPEs y camiones cisterna, con altos costos y diferente calidad del servicio [44].

La contaminación del río Rocha, la expansión urbana descontrolada y la falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales agravan el panorama. Frente a esta situación, han surgido iniciativas sociales como las de la Fundación Abril y el proyecto “El Agua es Oro”, que promueven la cosecha de agua de lluvia y sistemas de riego por goteo en zonas periurbanas, beneficiando a más de 150.000 personas [45].

En el ámbito privado, empresas como Aquakit y Aquafilter han desarrollado e implementado tecnologías para el tratamiento de aguas grises y purificación de agua potable en edificaciones residenciales. Sus sistemas, basados en filtros biológicos, sedimentación y ósmosis inversa, cumplen con estándares como la NB 512 y han sido adoptados por numerosos edificios en la ciudad [45].

A nivel normativo, desde el año 2017 la Ley Municipal 211/2017 y su reglamento técnico el Decreto Municipal 121/2019 [7] han inaugurado la institucionalidad sobre las edificaciones sustentables en Cochabamba. Esta ley evolucionó hacia la Ley 661/2020 [46], la Ley 1184/2022 [47] y la Ley 1232/2022 [48] que establecieron parámetros denominados sustentables, caracterizados por su giro desde enfoques ambientales hacia objetivos más vinculados con la reactivación económica y la flexibilización urbanística. La Ley 211/2017 destaca como la única que prioriza un enfoque ambiental alto, aunque con problemas de fiscalización y criterios poco precisos. A partir de la Ley 661/2020, el interés ambiental se debilita considerablemente en favor de incentivos constructivos sin restricciones de altura, con escasos o nulos requisitos técnicos sustentables. La Ley 1047/2021 [49] modificada por la Ley 1184/2022 refuerzan esta tendencia al permitir mayores alturas edificables en zonas estratégicas, pero sin control ambiental significativo ni compensación económica. En cambio, la Ley 1232/2022 introduce un intento de reequilibrio al establecer exigencias técnicas más claras y sostenibles, y condiciona los beneficios a compensaciones y fiscalización efectiva (ver Tabla 1).

**TABLA 1 – EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA LEGISLACIÓN MUNICIPAL SOBRE EDIFICACIONES SUSTENTABLES EN COCHABAMBA**

Aspecto	Ley 211/2017	Ley 661/2020	Ley 1047/2021	Ley 1184/2022	Ley 1232/2022
<b>Año</b>	2017	2020	2021	2022	2022
<b>Nombre completo</b>	Ley de Incentivo para Edificaciones Sustentables.	Ley Excepcional de Fomento a la Construcción de Nuevas Edificaciones para la Reactivación Económica.	Ley Excepcional para Nuevas Edificaciones en Zonas de Renovación y Ejes Verticales.	Modificación a la Ley 1047.	Ley Municipal para Edificaciones en Zonas Estratégicas.
<b>Objetivo principal</b>	Fomentar construcciones ecológicas mediante incentivos normativos.	Impulsar la construcción como estrategia de reactivación económica postcrisis.	Promover renovación urbana y crecimiento vertical en zonas clave.	Ampliar y flexibilizar los beneficios urbanísticos.	Establecer parámetros técnicos y sostenibles para crecimiento vertical.
<b>Ámbito de aplicación</b>	General en toda la ciudad si se cumplen criterios ambientales.	Toda la ciudad, sujeto al cumplimiento del coeficiente de edificación.	Zonas específicas de renovación urbana y ejes de crecimiento vertical.	Zonas de renovación y ejes estratégicos.	Zonas estratégicas: renovación, influencia del Palacio Portales, parques.
<b>Requisitos técnicos</b>	Criterios sustentables (paneles solares, ventilación natural, etc.)	Cumplimiento del coeficiente de edificación; sin criterios sustentables obligatorios.	Edificaciones de al menos cinco plantas.	Criterios más flexibles; incluye balcones, alcantarillado, etc.	Diseño sostenible, reflectancia, conectores, absorción de suelo.
<b>Beneficios otorgados</b>	Más pisos sin presentar nuevos planos ni pagar impuestos adicionales.	Permite edificar sin límite de altura.	Permite mayor altura edificable.	Incremento de altura más permisivo.	Mayor altura a cambio de cumplimiento técnico y pago de compensación.

<b>Compensación económica</b>	No requerida.	No requerida.	No aplica.	No aplica.	Sí, obligatoria.
<b>Enfoque ambiental</b>	Alta (aunque poco controlada en la práctica).	Muy baja (la sustentabilidad dejó de ser obligatoria).	Bajo (no es central en la ley).	Muy bajo (sustentabilidad utilizada como excusa).	Medio (más técnico y estructurado que las anteriores).
<b>Críticas principales</b>	Uso del incentivo sin fiscalización efectiva; criterios vagos.	Elimina alturas máximas; debilita el enfoque ecológico.	Desregula el control de altura y genera verticalización sin control.	Amplía beneficios sin control técnico real; vacío contenido ambiental.	Depende de la fiscalización para asegurar su cumplimiento real.

Fuente: Investigación de Mónica Patzi [6] CIAU-UPB, 2025

Entorno a la reutilización de aguas grises y captación de aguas pluviales en edificaciones nuevas, los cambios desde la ley 211 no son significantes y los criterios de centran en torno a tres ejes fundamentales: el ahorro de agua gris, la reducción del consumo y el control y medición del consumo.

- En lo que respecta al ahorro de agua gris, la ley exige la implementación de una red recolectora que capte aguas grises de al menos tres artefactos sanitarios, así como un sistema de tratamiento que procese un mínimo del 45 % del volumen del consumo de agua potable del edificio, garantizando la eliminación de contaminantes físicos, biológicos y químicos. Asimismo, se requiere el diseño de una red de reutilización de las aguas tratadas y su uso obligatorio en el riego y la limpieza de áreas comunes, siendo opcional su aplicación en descargas de inodoros.
- En cuanto a la reducción del consumo, la normativa estipula la instalación de artefactos sanitarios de bajo consumo, la incorporación de señalética educativa, la utilización de técnicas de riego eficiente y la implementación de sistemas optimizados para el calentamiento de agua.
- Respecto al control y medición del consumo, se establece la obligatoriedad de contar con un medidor general de SEMAPA, medidores independientes por departamento y medidores diferenciadores específicos para el sistema de aguas grises.

No obstante, la aplicación de esta normativa ha sido limitada, y estudios recientes [50] revelan que el 81% de los edificios evaluados no cumplen plenamente sus disposiciones, principalmente por falta de fiscalización, difusión y formación técnica entre proyectistas y usuarios [51].

En este contexto, se vuelve imprescindible investigar de manera sistemática el grado de implementación, eficacia y percepción social de estos sistemas, con el fin de orientar políticas públicas, fomentar prácticas arquitectónicas sostenibles y promover una transición hídrica más equitativa y resiliente.

## 5. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque mixto que incluyó herramientas cuantitativas y cualitativas, con el propósito de comprender de manera integral las transformaciones recientes en la gestión del agua a nivel residencial en la ciudad de Cochabamba. Dada las características del tema de estudio que involucra aspectos técnicos, normativos, institucionales y socioculturales, se optó por un diseño metodológico flexible y secuencial que permitió abordar tanto el análisis estructural de edificaciones sustentables como las percepciones de actores clave. A través de múltiples técnicas e instrumentos, la metodología permitió no solo describir el estado actual de la reutilización de aguas grises y el cumplimiento de la normativa municipal, sino también identificar barreras, oportunidades y patrones que inciden en la adopción de soluciones hídricas.

### 5.1 Enfoque general de la investigación

La investigación adopta un enfoque cualitativo cuantitativo, de tipo descriptivo y exploratorio, orientado a identificar, describir y analizar las nuevas prácticas de gestión del agua en edificaciones residenciales de la ciudad de Cochabamba, con especial énfasis en la reutilización de aguas grises resultado de la aplicación de la Ley Municipal 211/2017. Se buscó establecer relaciones entre la implementación de tecnologías hídricas sostenibles, los factores que inciden en su adopción y el grado de cumplimiento de la normativa ambiental local.

Este enfoque permitió comprender las dinámicas técnicas, sociales, normativas y perceptuales que rodean la gestión del agua a nivel arquitectónico, considerando tanto variables medibles como aspectos subjetivos obtenidos mediante entrevistas y encuestas.

## 5.2 Pregunta de investigación y objetivos

La pregunta central que guio esta investigación fue:

- ¿Cuál es la situación de las prácticas y cambios de gestión de agua en las edificaciones residenciales de Cochabamba en cuanto a la reducción de consumo de agua por la reutilización de aguas grises, y que cumplimiento tiene la Ley 211/2017?

Los objetivos fueron:

General:

- Describir y explicar los cambios en las prácticas de gestión del agua en los edificios de Cochabamba, desde la promulgación de la Ley 211/2017 con base en la reducción de consumo de agua por la reutilización de aguas grises.

Específicos:

- Identificar las características técnicas de los sistemas de tratamiento de aguas grises en edificios en Cochabamba.
- Evaluar el cumplimiento y la efectividad de la Ley 211/2017 en base al sistema de tratamiento de aguas grises con relación al ahorro y reutilización.
- Establecer los factores que determinan la adopción de los sistemas de tratamiento y recolección de agua en edificios en Cochabamba.

## 5.3 Justificación y alcance

La investigación se justificó en la necesidad urgente de evaluar el impacto de la Ley 211/2017 y leyes complementarias, respecto la implementación de sistemas de reuso de aguas grises en el municipio de Cochabamba.

Se centró en la evaluación de implementación de tecnologías descentralizadas en edificios denominados “sostenibles” para la reutilización de aguas grises, bajo el marco general de las disposiciones técnicas de la ley indicada y los otros subsistemas sostenibles.

El alcance de la investigación considera sólo las edificaciones residenciales multifamiliares construidas en el municipio de Cochabamba entre 2017 y 2024, con foco en aquellas que han incorporado sistemas hídricos sostenibles. No se abordaron viviendas unifamiliares ni edificios institucionales, comerciales o industriales, tampoco aquellas que han implementado dispositivos para el fin estudiado más allá de las disposiciones o plazo de la ley.

## 5.4 Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos aplicados se organizaron en las cinco fases siguientes:

- Revisión documental: Se recopiló y analizó publicaciones académicas, estudios de caso y reportes institucionales para construir el marco teórico del estudio, mientras que para el acápite contextual se revisó normativa nacional y local sobre gestión del agua, documentos técnicos y reportes institucionales.
- Matriz de evaluación de edificaciones: Se elaboró una matriz comparativa con variables arquitectónicas, técnicas y normativas, utilizada para analizar 60 edificaciones residenciales construidas en el plazo indicado. Las variables incluyeron capacidad de tratamiento, espacio requerido, costos, tipo de sistema, durabilidad, mantenimiento, consumo reducido y usos del agua tratada.
- Entrevistas: Se realizaron entrevistas estructuradas a representantes de dos empresas proveedoras de sistemas de tratamiento de aguas grises: Aquakit y Aquafilter, a fin de conocer detalles técnicos, normativos y comerciales. Asimismo, se entrevistaron a 34 administradores de edificios para conocer aspectos operativos, dificultades de mantenimiento y nivel de satisfacción de los residentes.
- Encuestas a usuarios y arquitectos: Las encuestas a residentes de edificios con y sin sistemas de tratamiento de aguas grises (muestra de 160 personas), para medir percepción, hábitos, conocimiento de la normativa y disposición al cambio. Las encuestas a arquitectos (muestra de 40 profesionales), para evaluar su conocimiento de la Ley 211/2017, sus motivaciones o resistencias a implementar sistemas sostenibles y su visión sobre las barreras técnicas y económicas del proceso.
- Estudio de casos representativos: Se seleccionaron cinco edificaciones representativas que cuentan con sistemas de tratamiento: Torre Alpha, Bosques de Aranjuez, Torre Casa Blanca, Torre Unique y Edificio Toulouse. Se analizaron las características técnicas, el nivel de eficiencia, las condiciones de mantenimiento,

la percepción de usuarios y el cumplimiento de los criterios establecidos por la normativa local.

### **5.5 Procesamiento y análisis de la información**

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante herramientas estadísticas descriptivas como Google Sheets y Excel, generando gráficos de frecuencia, porcentajes de cumplimiento, relaciones entre variables y promedios de consumo. Los datos cualitativos fueron analizados a través de codificación temática y análisis de contenido organizados por categorías como: eficiencia, mantenimiento, percepción ciudadana, normatividad y obstáculos operativos.

Los resultados obtenidos permitieron triangular la información proveniente de distintas fuentes y contrastarla con los parámetros de la Ley 211/2017, generando una visión integral del estado actual de la gestión hídrica en el ámbito residencial de Cochabamba.

## **6. LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN COCHABAMBA**

En ese acápite, se presentan los principales resultados de la investigación, organizados según el orden de los objetivos específicos de la investigación.

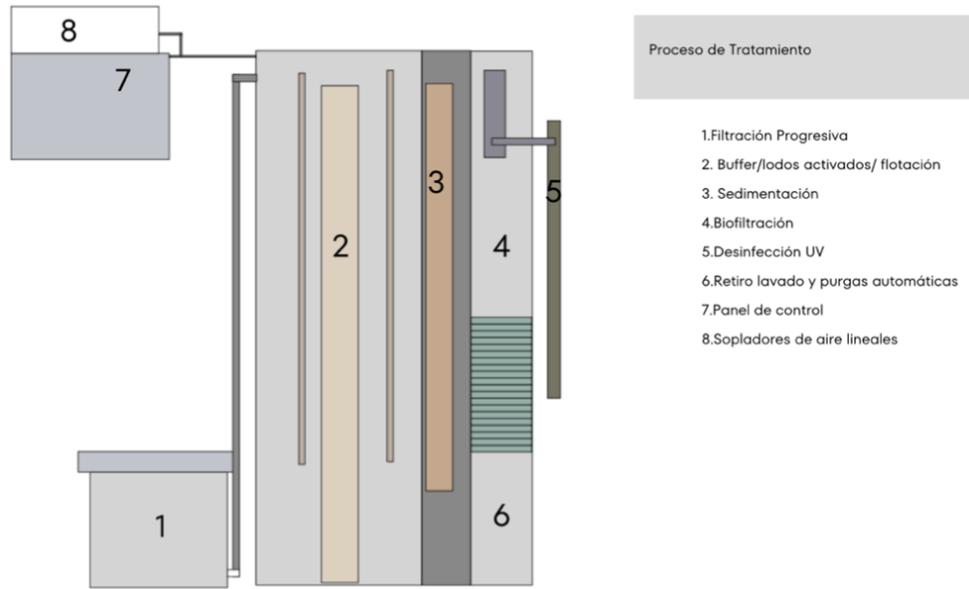
### **6.1 Características técnicas de los sistemas de tratamiento de aguas grises**

Entre los años 2017 y 2024, en el municipio de Cochabamba se habrían construido alrededor de 80 edificios denominados sustentables. De estos se analizaron 60 en una primera etapa y posteriormente 28, porque solamente éstos contaban con sistemas de tratamiento de aguas grises. De la muestra general, sólo un 46.6% habría incluido estos sistemas, siendo que la normativa disponía que todas las edificaciones deberían incluir dispositivos para la reutilización de aguas grises. Este primer elemento deja ver, el bajo cumplimiento de este requerimiento en la práctica constructiva de Cochabamba.

Las principales características que resaltan entre los sistemas implementados fueron el tipo de sistema, su emplazamiento y mantenimiento.

Respecto al tipo de sistema de tratamiento identificado, se comprobó que sólo se emplea el sistema de funcionamiento biológico-mecánico. Este sistema biológico-mecánico está presente en 25 (en los 3 restantes no se pudo obtener acceso) de las 28 edificaciones que cuentan con tratamiento de aguas grises. Este sistema se distingue por una secuencia de procesos que inicia con una filtración progresiva, seguida de un buffer de lodos activados y un tratamiento de flotación. Posteriormente, el agua pasa por un proceso de sedimentación, seguido de una biofiltración, y finalmente, por una etapa de desinfección mediante radiación UV.

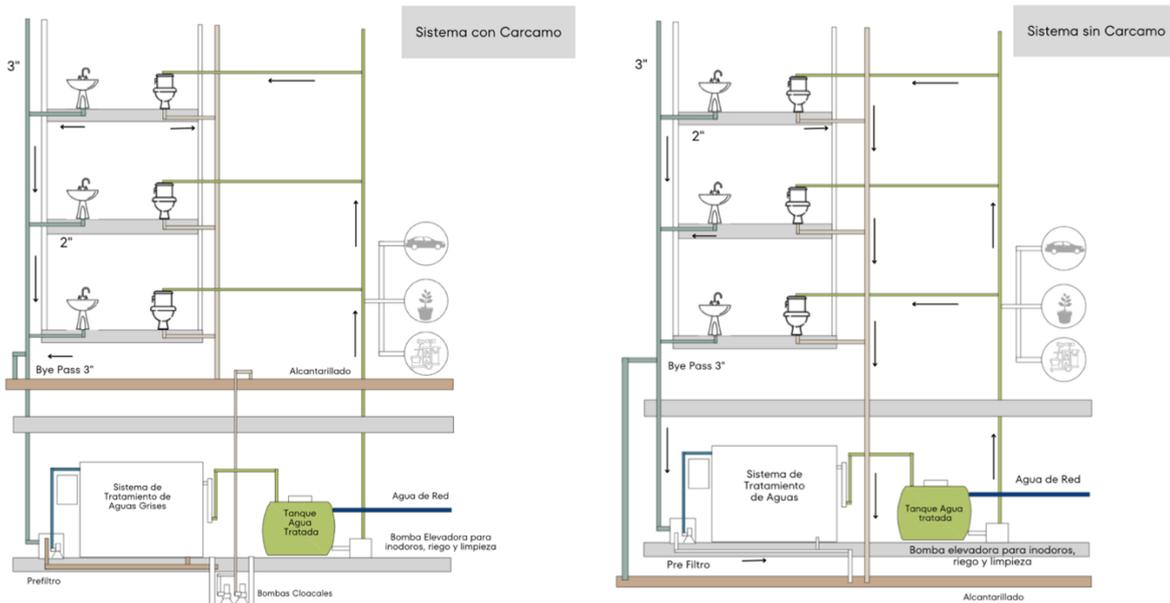
Además, el sistema cuenta con un mecanismo de lavado automático de purgas para su limpieza, un panel de control inteligente y opera mediante sopladores de aire lineales, lo que optimiza su funcionamiento y reduce la intervención manual (ver Figura 2).



**Figura 2:** Proceso de Tratamiento.

La infraestructura física de los sistemas de tratamiento de aguas grises se ubica principalmente en las plantas bajas o subsuelos de las edificaciones, ocupando superficies que varían entre 3 m<sup>2</sup> y 15 m<sup>2</sup>, dependiendo del número de departamentos y de la capacidad de tratamiento requerida. Por ejemplo, en el edificio Toulouse el sistema ocupa aproximadamente 14 m<sup>2</sup>, mientras que en edificaciones como Torre Alpha, la superficie destinada es de 6 m<sup>2</sup>.

Algunos sistemas como los emplazados en los edificios Casa Blanca, Toulouse, Bosques de Aranjuez, Alpha etc. incluyen cárcamos de recolección de aguas grises previo al tratamiento, mientras que otros integran sistemas de colecta de aguas de manera directa que vinculan los artefactos sanitarios con los dispositivos de tratamiento (ver Figura 3).



**Figura 3:** Gráficos del sistema con y sin cárcamo.

Respecto al mantenimiento de los sistemas técnicos, todos requieren intervenciones periódicas diferenciadas según su nivel de complejidad. El mantenimiento se clasifica en cuatro niveles: el básico de inspección cada 15 días, que puede ser realizado por el administrador o portero del edificio; el básico técnico cada 30 días; el intermedio cada 90 días; y el mantenimiento completo cada 180 días, los tres últimos realizados exclusivamente por personal especializado. En los edificios analizados, la empresa Aquakit es la encargada tanto de la instalación como de los mantenimientos técnicos del sistema.

Durante el trabajo de campo se identificaron casos de edificios que apagaron o desactivaron los sistemas, argumentando fallas técnicas. Sin embargo, estas afirmaciones fueron desmentidas por la empresa proveedora, quien aseguró que los sistemas funcionaban correctamente al momento de la instalación. Dado que no es posible contar con evidencia concluyente sobre cuál de las partes tiene razón, el conflicto permanece sin una verificación definitiva.

En cuanto a la eficiencia general de los sistemas, la Figura 4 presenta el caso de uno de los edificios analizados, donde se observa que el sistema de tratamiento de aguas grises permite reciclar aproximadamente el 31% del total del consumo mensual de agua, que asciende a 248 m³/mes. De este volumen, 78 m³/mes son reutilizados para riego de áreas verdes (21%) y descarga de inodoros (10%), lo cual representa una reducción significativa en el uso de agua potable proveniente de la red.

Este ahorro no solo tiene implicancias ambientales, sino también económicas, ya que en ausencia del sistema, esos 78 m³/mes deberían ser cubiertos completamente mediante el suministro convencional, incrementando el consumo de red y, en consecuencia, los costos asociados.

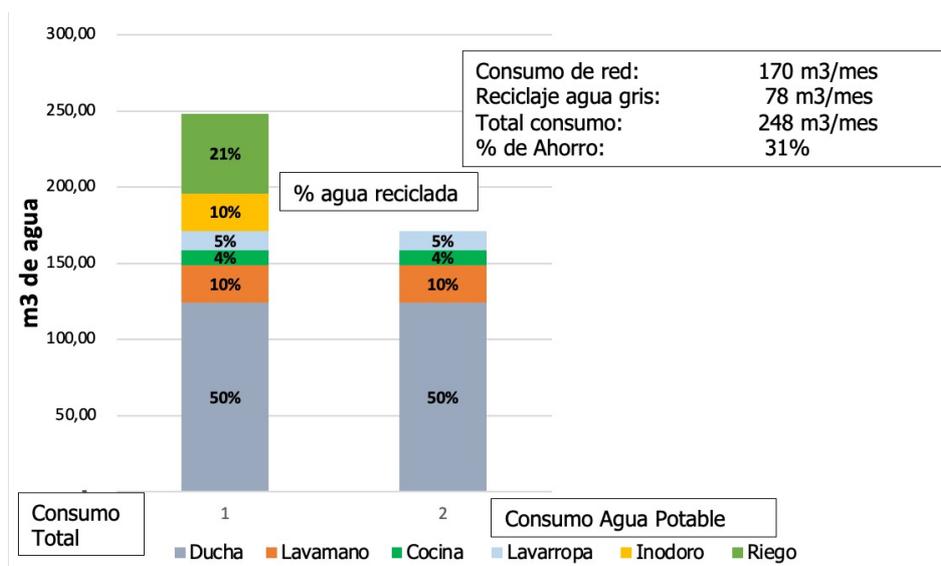


Figura 4: Ejemplo de porcentaje de ahorro

De forma precisa y de acuerdo con el estudio de los cinco edificios seleccionados como casos de estudio, se pudo confirmar que los artefactos generadores de aguas grises más comunes fueron duchas (95%), lavamanos (90%) y lavanderías (82%), mientras que las diferencias de eficiencia de ahorro de agua potable gracias al tratamiento presenta diferencias según su capacidad, proporción de agua ahorrada y destino de las mismas (ver Tabla 2)

TABLA 2 - PROPORCIÓN DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EDIFICIOS ESTUDIADOS

Edificio	Capacidad de tratamiento	Promedio de ahorro de agua	Destino de agua tratada	Integración de aguas pluviales al sistema
Torre Alpha	1.000 L/día	28%	Riego limpieza y inodoros	Ninguno
Bosques de Aranjuez	800 L/día	25%	Riego y limpieza de áreas comunes	Sistemas de captación pluvial
Torre Casa Blanca	1.200 L/día	30.5%	Riego y limpieza de áreas comunes	Ninguno
Torre Unique	1.500 L/día	31%	Riego limpieza y inodoros	Ninguno
Edificio Toulouse	1.100 L/día	29%	Riego limpieza y inodoros	Ninguno

Los sistemas implementados en los 5 edificios estudiados logran un ahorro general de entre el 25% y el 31% del consumo de agua potable por edificio gracias al tratamiento de aguas grises. Esta proporción varía según el número de usuarios y el tipo de reutilización. De acuerdo con estándares internacionales como LEED, un edificio puede ser considerado eficiente en gestión hídrica si logra, al menos, un 20 % de ahorro de agua potable respecto a un edificio de referencia. Para la obtención de créditos adicionales o certificaciones superiores, se requieren niveles de ahorro de entre el 25 % y 50 %.

Por otro lado, según los estándares establecidos en la normativa local, la Ley Municipal 211/2017 indica que el sistema de tratamiento de aguas grises debe cubrir, como mínimo, el 45 % del volumen del consumo de agua potable del edificio. Desde esta perspectiva, los edificios analizados no alcanzarían el umbral requerido para ser considerados eficientes bajo dicha normativa.

Sin embargo, este criterio no contempla que la eficiencia hídrica también depende de las necesidades reales de cada edificio. En algunos casos, cubrir el 20 % del consumo total puede ser suficiente para satisfacer por completo los usos secundarios del agua tratada (como riego e inodoros). Por tanto, aunque no se alcance el 45 %, el edificio podría estar operando de manera eficiente, ya que no existe una demanda adicional que justifique reutilizar un volumen mayor. En este sentido, cualquier ampliación del sistema debería evaluarse en función de la demanda real de reutilización y los destinos viables para el agua tratada, a fin de evitar sobredimensionamientos innecesarios.

## 6.2 Cumplimiento de los parámetros establecidos por la Ley 211/2017

La evaluación general del cumplimiento de los parámetros establecidos en la Ley 211/2017 se estructuró en torno a tres ejes fundamentales: el ahorro de agua gris, la reducción del consumo y el control y medición del consumo.

Respecto al ahorro de agua gris, se verificó en los 26 edificios que cuentan con sistemas instalados la existencia de redes recolectoras que captan aguas grises de al menos tres artefactos. En los cinco casos representativos y con base en datos precisos de consumo y volumen tratado, se comprobó que la capacidad de tratamiento varía según las características de cada edificio, principalmente en función del número de usuarios y de los requerimientos específicos del uso previsto del agua reciclada.

En cuanto a la eliminación de contaminantes, se verificó que todos los sistemas instalados cumplen con los estándares de calidad establecidos por la normativa estadounidense NSF/ANSI Standard 350. Asimismo, se evaluó el destino final del agua tratada, confirmando que es utilizada principalmente para riego, limpieza y, en algunos casos, para descargas de inodoros.

En relación con la reducción del consumo, se evaluó la implementación de técnicas de riego eficiente en los 60 edificios analizados, resultando en que 22 cumplen con los criterios de riego eficiente, 34 no los cumplen y 4 no cuentan con ningún tipo de sistema de riego. Esta evaluación no profundizó en los demás criterios establecidos por la normativa debido a limitaciones en la obtención de información.

Finalmente, en cuanto al control y medición del consumo, se verificó la presencia de medidores generales de SEMAPA y de medidores por departamento en la totalidad de los casos estudiados, mientras que los medidores diferenciadores para el sistema de aguas grises estuvieron presentes únicamente en los 26 edificios que cuentan con dicho sistema.

En términos generales, solo 19% de las 60 edificaciones analizadas cumple íntegramente con los parámetros técnicos exigidos. El resto presenta cumplimiento parcial o nulo en alguno de los siguientes aspectos clave:

*Recolección de aguas grises desde al menos tres artefactos: 74% de los edificios.*

En cuanto al punto del sistema de tratamiento de aguas grises con capacidad para cubrir el 45% del volumen total de agua potable consumida, ninguno de los edificios analizados cumple con este criterio. Esto se debe, en primer lugar, a que solo el 46.67% de los 60 edificios evaluados implementa sistemas de reutilización de aguas grises, y en segundo lugar, a que en los cinco casos estudiados en profundidad se comprobó que ninguno alcanza dicha capacidad de tratamiento. No obstante, se observó que los sistemas instalados son funcionales en relación con los usos específicos para los que fueron diseñados, logrando eficiencia operativa en riego, limpieza o descargas sanitarias.

Respecto a la captación de aguas pluviales en al menos el 70% de las cubiertas. Por otro lado, la instalación de medidores diferenciados para agua potable y agua tratada presenta un cumplimiento nulo en el 90% de los casos.

Estas cifras reflejan una brecha significativa entre lo establecido por la normativa vigente y la realidad constructiva local, atribuible a diversos factores, entre ellos la escasa fiscalización por parte de la municipalidad y el desconocimiento técnico de los profesionales encargados del diseño y la ejecución de proyectos.

Las entrevistas a los responsables de las empresas que instalan los dispositivos y hacen el mantenimiento, revelaron que muchos proyectos instalan sistemas mínimos únicamente para acceder a mayores índices de edificabilidad, sin garantizar su funcionamiento a largo plazo. Este fenómeno de “greenwashing” normativo contradice los objetivos reales de sostenibilidad ambiental.

## 6.3 Factores que determinan la adopción de sistemas de aguas grises

La adopción de sistemas de reutilización de aguas grises, es aún una práctica muy reducida en las ciudades bolivianas y Cochabamba resalta por ser la primera ciudad que promueve esta práctica constructiva a través de leyes y reglamentos.

Sin embargo la investigación ha de dejado ver que su práctica es aún reducida porque de más de 100 proyectos de edificios aprobados por la alcaldía de Cochabamba en el plazo estudiado, sólo 60 habrían proyectado e implementado algunos ítems sostenibles, de los cuales sólo 28 instalaron sistemas de reutilización de aguas grises.

De acuerdo con las encuestas realizadas a 160 residentes de edificaciones sustentables y 40 arquitectos vinculados con este tipo de obras, los conocimientos sobre la edificación sustentables y sus beneficios, así como las percepciones y actitudes alrededor de estas prácticas son determinantes en la adopción de tecnologías sostenibles en Cochabamba.

Sobre el conocimiento de las disposiciones de la ley, sus justificaciones e incentivos, el 70% de los residentes de este tipo de edificios, no sabía si su edificio contaba con un sistema de reutilización de aguas grises y sólo el 22% conocía el contenido de la Ley 211/2017 alrededor del tema. Mientras que de los arquitectos cuya actividad principal es la construcción, el 78% desconocía el contenido específico del Decreto 121/2019 [7] y aunque el 60% había diseñado al menos un edificio con características sustentables, no necesariamente siguiendo las disposiciones de la ley en cuestión, solo el 30% incluyó un sistema completo.

Sobre la percepción y actitudes para la adopción o no de estas tecnologías, el 86% de los residentes expresó satisfacción con la calidad del agua tratada utilizada en limpieza o riego, y en edificios sin los sistemas, el 65% manifestó interés en implementarlo si implicara una reducción de costos mensuales. De la población residente el 61% indicó que no había recibido información sobre el funcionamiento o beneficios del sistema por parte de la administración. En el caso de los arquitectos, adoptar estos sistemas, supondría barreras como costo de instalación (75%) falta de formación técnica (55%), complejidad de mantenimiento (52%) y falta de demanda por parte del cliente (48%).

Una respuesta que llama atención y confirma el desconocimiento de la ley, sus fines y sus incentivos es que un 82% de los encuestados estaría dispuesto a incluir estos sistemas si existieran incentivos fiscales más claros o financiamiento público, cuando el precisamente el in de la ley es el incentivo no necesariamente fiscal, sino de otorgación casi no onerosa de mayor derecho de construir sin mayor demanda de responsabilidades fiscales que aquellas tradicionales como el impuesto predial.

Estas referencias reflejan un déficit estructural de conocimiento técnico y formación en torno a los sistemas de reutilización de aguas grises que se refleja en una percepción generalizada de que los costos son elevados y que su mantenimiento representa un obstáculo para su sostenibilidad operativa.

## 7. CONCLUSIONES

Esta investigación evidencia una importante distancia entre el marco normativo ambiental urbano en Cochabamba — particularmente la Ley Municipal 211/2017 — y su implementación efectiva en el ámbito de la edificación sustentable. Aunque esta norma pionera estableció parámetros técnicos para promover la reutilización de aguas grises como estrategia de eficiencia hídrica, los resultados muestran que menos de la mitad de los edificios construidos entre 2017 y 2024 cumplieron con los requerimientos mínimos establecidos, y solo el 19% cumple de manera íntegra con todos los criterios normativos.

Desde una perspectiva técnica, los sistemas instalados —principalmente de tipo biológico-mecánico— han demostrado ser funcionales y eficientes, generando ahorros de entre el 25% y el 31% del consumo mensual de agua potable, lo que se encuentra dentro de los estándares internacionales para certificaciones sustentables como LEED. Sin embargo, ninguno de los casos analizados alcanza el 45% exigido por la normativa local, debido a la falta de adecuación del criterio normativo a la demanda real de uso no potable en cada edificio. Esto refleja un desequilibrio entre regulación y realidad operativa, y sugiere la necesidad de revisar la ley para incorporar umbrales más flexibles y contextualizados.

En el plano institucional, los déficits de fiscalización municipal, el escaso acompañamiento técnico a proyectistas, y la débil articulación entre incentivos normativos y mecanismos de verificación han propiciado una práctica de “greenwashing” normativo, en la cual los sistemas son instalados mínimamente solo para acceder a beneficios edificatorios, sin garantizar su funcionamiento continuo ni su mantenimiento efectivo. Esta situación socava el enfoque ambiental de la norma y revela un enfoque más utilitarista que transformador.

Desde el punto de vista sociocultural, las encuestas revelan niveles preocupantemente bajos de conocimiento tanto entre residentes como entre arquitectos sobre los beneficios y obligaciones relacionados con la gestión de aguas grises. La ignorancia sobre la Ley en cuestión y el resto de normas es generalizada, incluso entre quienes habitan o diseñan edificaciones supuestamente sustentables. Este desconocimiento limita la apropiación ciudadana y profesional de las tecnologías, y genera percepciones distorsionadas sobre sus costos, beneficios y exigencias.

Finalmente, si bien Cochabamba ha sido una ciudad pionera en institucionalizar la reutilización de aguas grises, la baja implementación real, el desconocimiento generalizado y la falta de una política pública integral colocan en entredicho la efectividad del modelo actual. Para avanzar hacia una transición hídrica urbana más resiliente y justa, se requiere una reformulación de la normativa con criterios más realistas, acompañada de programas de capacitación técnica, campañas

de sensibilización ciudadana, y sistemas robustos de fiscalización y seguimiento post-construcción. Solo así será posible pasar del discurso normativo a una práctica arquitectónica sustentable efectiva, con impactos significativos en la gestión del agua urbana, dado que la reutilización de aguas grises, como se ha demostrado en esta investigación, representa una herramienta clave en ese camino, siempre que se acompañe de marcos regulatorios sólidos, innovación técnica y compromiso ciudadano.

## REFERENCIAS

- [1] *Ley Municipal N° 211/2017*, Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 2017.
- [2] ONU-Agua, “Gestión integrada de los recursos hídricos,” Naciones Unidas, 2021.
- [3] R. C. Oteng-Peprah et al., "Greywater Characteristics and Treatment Options," *Environmental Reviews*, vol. 26, no. 2, pp. 115–132, 2018.
- [4] B. Jefferson et al., "Water reuse: Assessing the treatment options and policy framework," *Science of the Total Environment*, vol. 512–513, pp. 831–837, 2015.
- [5] Banco Mundial, “Reutilizar y reducir: En busca de un mejor tratamiento de las aguas residuales en América Latina y el Caribe,” *World Bank Blogs*, 2021.
- [6] Bolivia Verifica, “En La Paz se usan miles de litros de aguas residuales y purificadas para el aseo y riego de áreas verdes y públicas,” *Bolivia Verifica*, 2023.
- [7] *Decreto Municipal N° 121/2019*, "Reglamentación de la Ley Municipal de Incentivo a las Edificaciones Sustentables, Ecológicas y Amigables con el Medio Ambiente," Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 2019. [En línea].
- [8] M. Patzi, *Arquitectura residencial sustentable en altura: Proyecto de grado, Tesis de Licenciatura, Carrera de Arquitectura, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia, 2025.*
- [9] ONU-Agua, “Gestión integrada de los recursos hídricos,” Naciones Unidas, 2021.
- [10] A. Allan, "IWRM: A flawed concept for water management?" *Water International*, vol. 33, no. 3, pp. 314–326, 2008.
- [11] E. Hellberg, “Water, life and politics: Exploring the contested case of eThekweni municipality,” *Geoforum*, vol. 80, pp. 213–222, 2017.
- [12] United Nations, "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development," 2015.
- [13] ONU-Agua, “GIRH para el desarrollo sostenible,” 2021.
- [14] FAO, “Directrices para la gestión integrada de recursos hídricos,” Roma, 2020.
- [15] UN-Habitat, *Urban Water Governance: Global Practice and Local Realities*, Nairobi: UN-Habitat, 2018.
- [16] J. Budds, “Contested H2O: Science, policy and politics in water resources management in Chile,” *Geoforum*, vol. 40, no. 3, pp. 418–430, 2009.
- [17] R. Boelens y M. Seemann, “Forced engagement: Water security and local rights formalization in Yanacocha, Peru,” *Human Organization*, vol. 73, no. 1, pp. 1–12, 2014.
- [18] N. Ríos Rivera, *Nuevas prácticas de gestión del agua en edificios de Cochabamba: influencia de la reutilización de aguas grises y la Ley 211/2017*, Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia, 2025.
- [19] R. C. Oteng-Peprah et al., "Greywater Characteristics and Treatment Options," *Environmental Reviews*, vol. 26, no. 2, pp. 115–132, 2018.
- [20] B. Jefferson et al., "Water reuse: Assessing the treatment options and policy framework," *Science of the Total Environment*, vol. 512–513, pp. 831–837, 2015.
- [21] Epic Cleantec, “Case Studies: Decentralized Water Recycling in Urban Buildings,” San Francisco, USA 2022.
- [22] M. Ghaitidak and V. Yadav, "Characteristics and treatment of greywater—a review," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 2, pp. 1799–1815, 2023.
- [23] A. Gascó, “Tecnología Bluebloqs y su impacto urbano,” *Aqua España*, 2021.
- [24] USGBC, “LEED v4 for Building Design and Construction,” U.S. Green Building Council, 2020.
- [25] R. D. Urey, “Hacia una arquitectura hídrica en América Latina,” *Sociedad Arquitectónica*, 2022.
- [26] P. González-Vallejo, *Diseño sostenible y ciclo del agua: Elementos para una arquitectura resiliente*, Lima: Ediciones UPC, 2020.
- [27] A. GhaffarianHoseini et al., “Sustainable building assessment tools: A review,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 18, pp. 1–12, 2015.
- [28] WWAP, “United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water,” UNESCO, París, 2023.

- [29] Epic Cleantec, “Water Reuse in Fifteen Fifty and The Avery,” San Francisco, USA, 2022.
- [30] Ministerio de Transición Ecológica, Francia, “Plan d’action pour une gestion résiliente de l’eau,” 2023.
- [31] ONU-Hábitat, “Urbanización y Recursos Hídricos,” Informe 2021.
- [32] M. Ferguson y D. H. Roberts, “Scaling greywater systems in urban India,” *Journal of Environmental Management*, vol. 250, 109463, 2019.
- [33] E. Hellberg, “Water, life and politics: Exploring the contested case of eThekweni municipality,” *Geoforum*, vol. 80, pp. 213–222, 2017.
- [34] M. Moreno, “Arquitectura y sostenibilidad hídrica en México,” *Revista Hábitat Sustentable*, vol. 6, no. 1, pp. 22–35, 2008.
- [35] Banco Mundial, “Indicadores de Desarrollo Mundial: Bolivia”, 2020.
- [36] *Ley N° 1333*, Ley del Medio Ambiente, Bolivia, 1992.
- [37] *Reglamento Específico del Sistema de Administración de Personal (RE-SAP)*, Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), Bolivia, RAI056.2017, 2017.
- [38] M. Galindo, “Propuesta de reglamento para aguas grises en edificaciones en La Paz,” Gobierno Autónomo Municipal, Bolivia, 2023.
- [39] Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz, “Código de Urbanismo y Obras,” Bolivia, 2013.
- [40] Water for People Bolivia, “Informe Anual de Impacto,” 2023.
- [41] Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba (GAMC), Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT), Cochabamba, Bolivia, 2021.
- [42] M. Pérez y J. E. Cabrera, Del agua a la urbanización: autogestión, fragmentación y configuración urbana, en *El agua en Bolivia: Miradas, retos y propuestas*, Cochabamba: Universidad Privada Boliviana, Bolivia, 2025.
- [43] SEMAPA, “Informe Técnico de Cobertura Hídrica,” Cochabamba, Bolivia, 2023.
- [44] Fundación Abril, “Yakunata Tanta: Cosecha de Agua,” Cochabamba, Bolivia, 2022.
- [45] N. Ríos Rivera, Nuevas prácticas de gestión del agua en edificios de Cochabamba: influencia de la reutilización de aguas grises y la Ley 211/2017, Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia, 2025.
- [46] *Ley Municipal N° 661*, "Norma que fomenta la construcción de nuevas edificaciones," Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 2020. Disponible: <https://www.cochabamba.bo/normativa/ley661-2020>.
- [47] *Ley Municipal N° 1184/2022*, "Modificación a la Ley Municipal N° 1047/2021...," Gaceta Municipal 150/2022, Concejo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 08 jul. 2022. Disponible: <https://www.cochabamba.bo/gaceta/ley1184-2022>.
- [48] *Ley Municipal N° 1232/2022*, "Ley de Densificación Escalonada de Construcciones para un Desarrollo Urbano Ordenado y Sostenible," Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 2022.
- [49] *Ley Municipal N° 1047/2021*, "Ley municipal excepcional para edificaciones eplazadas en zona de renovación de la imagen urbana y ejes de crecimiento vertical". Concejo Municipal de Cochabamba, Bolivia, 08 jul. 2022.
- [50] International Code Council, *International Green Construction Code (IgCC)*, Washington, DC, USA: ICC, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://codes.iccsafe.org/One Community Global>, “LEED Tutorial,” One community 2021.
- [51] U.S. Green Building Council, *LEED AP Building Design + Construction Candidate Handbook*, Washington, DC, USA: USGBC, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.usgbc.org/>