

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS:

**Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con
materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho - 2024**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. Eddison Alfredo JAVIER OCHOA

ASESOR:

Dr. Eleazar CHUCHÓN ANGULO

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios por brindarme luz en tiempos oscuros, y ser la fe espiritual de sostén de mis quehaceres en esta investigación realizada y a la vez de los diferentes logros que hice en estos tiempos. A mis padres Walter e Inés por jamás dejar de confiar en mí y ser el motor para la dedicación de seguir adelante en momentos difíciles de mi vida, así mismo a mis hermanos Jhover y Álvaro cómplices y pilares durante la experimentación de esta investigación. No obstante, a mi asesor, por su apoyo motivacional, Intelectual y moral, las cuales forjaron la base para desarrollar con éxito esta modesta investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios principalmente agradecer por siempre permitirme que cada día brille con esa maravilla dicha que llamamos vida. Mi más profundo y sincero gratitud a mis queridos padres Walter e Inés, por la comprensión y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, quienes con sus consejos y rectitud supieron inculcarme valores, modales y principios, y todo ello con una gran dosis de amor. Cómo no hacer mención, de hacerme entender que la vida es una senda sinuosa que se debe superar, para los logros y satisfacciones. Agradezco a mi alma mater la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la gloriosa escuela profesional de Ingeniería Agrícola por albergarme en sus aulas durante mi formación académica. De manera respetuosa y especial agradecimiento a mi asesor de tesis al Dr. Eleazar Chuchón Angulo por encaminar y orientar de manera adecuada esta investigación y termino mencionando y agradeciendo a mis jurados que, con sus perspectivas y experiencia fueron perfilando para realizar un mejor trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	ix
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I.....	15
MARCO TEÓRICO	15
1.1. Antecedente de investigación	15
1.2. Historia de los inodoros.....	15
1.3. Inodoros o Water Closet (WC)	16
1.3.1. Tipos de inodoros.....	17
1.3.1.1. Inodoro con tanque elevado	17
1.3.1.2. Inodoro con tanque incorporado o inodoro One Piece	18
1.3.1.3. Inodoro con fluxómetro	19
1.3.1.4. Inodoro con tanque bajo o inodoro común	19
1.3.2. Partes internas de un tanque de inodoro	20
1.4. Válvula de admisión o de llenado.	21
1.4.1. Tipos de válvulas de admisión.....	22
1.5. Dimensiones estándares del tanque de inodoro.	23
1.6. Limitaciones y problemas comunes presentes en válvulas comerciales.....	24
1.7. Ciclo hidráulico de operación y análisis matemático de las válvulas de admisión.....	25
1.8. Limitaciones de la válvulas tradicionales y motivación para el diseño.....	27
1.9. Marco normativo y técnico aplicable	29
1.9.1. Normativa nacional de instalaciones sanitarias	29
1.9.2. Normas técnicas de tuberías y accesorios de PVC	30

1.9.3.	Lineamientos sobre uso eficiente del agua y control de fuga	30
1.9.4.	Criterios técnicos adoptados en el presente estudio.....	31
CAPÍTULO II		32
MATERIALES Y MÉTODOS		32
2.1.	Diseño del estudio.....	33
2.2.	Ámbito y condiciones de ensayo	33
2.3.	Materiales	34
2.4.	Diseño y construcción del prototipo WaterLED	38
2.5.	Hipótesis de investigación	40
2.6.	Variables de estudio.....	40
2.6.1	Definición de variables	41
2.6.2	Tabla de variables	42
2.7.	Indicadores y criterios de evaluación.....	43
2.7.1	Tabla de variables	43
2.8.	Procedimiento experimental detallado	47
2.8.1	Limitaciones funcionales de la válvula comercial de referencia	48
2.8.2	Diseño y construcción del prototipo WaterLED.....	48
2.8.3	Montaje del sistema de ensayo hidráulico con manómetro	51
2.8.4	Evaluación comparativa del desempeño hidráulico en laboratorio	53
2.8.5	Validación operativa del WaterLED en campo	53
2.8.6	Registro, control y validación de la información.....	54
2.9.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
2.10.	Procesamiento y análisis de datos.....	56
CAPÍTULO III.....		58
RESULTADOS Y DISCUSIONES		58
3.1.	Resultados de ensayos de laboratorio	58
3.2.	Resultados de ensayos de campo	60
3.3.	Discusión de resultados	62
CONCLUSIONES		66
RECOMENDACIONES		68

REFERENCIAS.....	69
ANEXO	70
Catalogo de instalación.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Componentes del tanque del inodoro y su función.....	21
Tabla 2	Componentes del prototipo WaterLED V.1	37
Tabla 3	Variables del estudio y su operacionalización	42
Tabla 4	Indicadores y criterios de evaluación de los parámetros de la variable del estudio.....	47
Tabla 5	Resultados de los ensayos de laboratorio para la válvula comercial y la válvula WaterLED bajo diferentes niveles de presión	60
Tabla 6	Comparación de resultados de campo con los ensayos de laboratorio (modelo Trébol 4,5 L).....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Modelo 3D de inodoro	17
Figura 2	Inodoro con tanque elevado	18
Figura 3	Inodoro tipo one piece.....	18
Figura 4	Inodoro con fluxómetro.....	19
Figura 5	Inodoro típico de uso común.....	20
Figura 6	Partes internas de un tanque de inodoro	20
Figura 7	Válvula de llenado instalado en un tanque de inodoro.....	22
Figura 8	Modelos de válvula de llenado con flotador cilíndrica y vertical.	23
Figura 9	Válvula de admisión de gran demanda comercial.....	24
Figura 10	Medidas estándares del tanque de inodoro.....	25
Figura 11	Corrosión y daños en los componentes de la válvula de admisión	27
Figura 12	Efectos de fuga a partir de los daños de corrosión en los componentes.	28
Figura 13	Sanitario de referencia VCR	35
Figura 14	Prototipo V.1 de válvula de ingreso de agua WaterLED	36
Figura 15	Vista general del prototipo V.1 WaterLED con identificación de componentes funcionales	38
Figura 16	Secuencia de instalación del prototipo WaterLED V.2 en función de tanque bajo.....	45
Figura 17	Componentes principales del prototipo WaterLED V.2 empleados en la construcción del sistema de admisión.....	49
Figura 18	Prototipo ensamblado WaterLED V.2 con identificación de sus elementos funcionales principales	50
Figura 19	Flujo metodológico del proceso de diseño y construcción del prototipo WaterLED V.2	51
Figura 20	Montaje del sistema de ensayo hidráulico del prototipo WaterLED V.2 con manómetro y verificación del nivel de agua	52
Figura 21	Montaje del sistema de ensayo hidráulico del prototipo WaterLED	55

LISTA DE ACRÓNIMOS

VCR	: Válvula comercial de referencia
VR	: Válvula rediseñada
WaterLED	: Nombre asignado al prototipo desarrollado.
V-1	: Versión 1 desarrollado del prototipo.
V-2	: Versión 2 desarrollado del prototipo.
m.c.a	: Metros columna de agua.

RESUMEN

Las fugas y fallas de cierre en las válvulas de admisión de inodoros constituyen una fuente relevante de pérdida intradomiciliaria de agua potable y de incremento en los requerimientos de mantenimiento sanitario. Esta problemática adquiere mayor importancia en ciudades como Ayacucho, donde las variaciones de presión, la discontinuidad del servicio y el desgaste de los componentes pueden afectar el funcionamiento hidráulico de los tanques de inodoro. La presente investigación tuvo como objetivo rediseñar una válvula sanitaria de admisión en inodoro, empleando materiales accesibles, para mejorar la eficiencia en el uso del agua en inodoros de tanque bajo, Ayacucho, 2024. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y de carácter tecnológico-experimental, con diseño cuasi-experimental y comparativo. La metodología comprendió el diagnóstico funcional de una válvula comercial de referencia, el diseño y construcción del prototipo WaterLED, ensayos hidráulicos controlados en laboratorio y validación operativa en campo. En laboratorio se evaluaron la válvula comercial y WaterLED bajo tres niveles de presión: 10, 25 y 50 m.c.a., realizando 30 ciclos de llenado por cada combinación válvula $\times$ presión. Se registraron tiempo de llenado, caudal de ingreso, goteo posterior al cierre, estabilidad operativa y ruido percibido. En campo se aplicó un esquema antes-después en dos viviendas, con 30 días de observación para cada tipo de válvula. Los resultados evidenciaron que WaterLED redujo los tiempos medios de llenado de 62 a 58 s a 10 m.c.a., de 23 a 21 s a 25 m.c.a. y de 15 a 14 s a 50 m.c.a.; además, incrementó el caudal medio de ingreso respecto a la válvula comercial. La mejora más relevante fue la reducción del goteo posterior al cierre, que disminuyó de 33,3 %, 26,7 % y 20,0 % en la válvula comercial a 3,3 %, 3,3 % y 0,0 % en WaterLED para 10, 25 y 50 m.c.a., respectivamente. En campo, el prototipo presentó menor número de fugas visibles, menos episodios de ruido operativo elevado y menor necesidad de intervenciones de ajuste. Se concluye que el prototipo WaterLED constituye una alternativa tecnológica viable, de fabricación accesible, para mejorar el desempeño hidráulico del tanque de inodoro, reducir pérdidas de agua y disminuir requerimientos de mantenimiento en viviendas de Ayacucho.

Palabras clave: válvula de admisión, WaterLED, inodoro de tanque bajo, eficiencia hídrica, fugas de agua.

ABSTRACT

Leaks and closure failures in toilet fill valves represent an important source of domestic drinking-water losses and increased sanitation maintenance requirements. This problem is particularly relevant in cities such as Ayacucho, Peru, where pressure fluctuations, intermittent water supply, and deterioration of internal toilet-tank components can affect the hydraulic performance of low-tank toilets. This study aimed to redesign a toilet fill valve using accessible materials to improve water-use efficiency in low-tank toilets in Ayacucho, 2024. The research followed a quantitative, applied, and technological-experimental approach, using a quasi-experimental and comparative design. The methodology included the functional diagnosis of a commercial reference valve, the design and construction of the WaterLED prototype, controlled hydraulic laboratory tests, and field validation under real-use conditions. In the laboratory phase, the commercial valve and WaterLED were tested under three pressure levels: 10, 25, and 50 m of water column, with 30 filling cycles performed for each valve-pressure combination. Filling time, inflow rate, post-closure dripping, operational stability, and perceived noise were recorded. Field validation was conducted in two households using a before-and-after scheme, with 30 days of observation for each valve type. The results showed that WaterLED reduced mean filling time from 62 to 58 s at 10 m w.c., from 23 to 21 s at 25 m w.c., and from 15 to 14 s at 50 m w.c., while increasing mean inflow rate compared with the commercial valve. The most relevant improvement was observed in post-closure dripping, which decreased from 33.3%, 26.7%, and 20.0% in the commercial valve to 3.3%, 3.3%, and 0.0% in WaterLED at 10, 25, and 50 m w.c., respectively. Under field conditions, the prototype showed fewer visible leaks, fewer episodes of high operational noise, and fewer adjustment interventions. These findings indicate that the WaterLED prototype is a technically feasible and accessible alternative for improving toilet-tank hydraulic performance, reducing domestic water losses, and lowering maintenance requirements in household sanitation systems in Ayacucho.

Keywords: fill valve, WaterLED, low-tank toilet, water-use efficiency, domestic leakage.

INTRODUCCIÓN

El uso eficiente del agua potable constituye un componente esencial de la gestión sostenible de los servicios de saneamiento, particularmente en contextos urbanos donde la demanda del recurso aumenta y las condiciones de prestación del servicio no siempre son uniformes. En el plano internacional, esta temática se relaciona directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, orientado a garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos (United Nations, 2024). A nivel mundial, entre 2015 y 2022, la proporción de población con acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura se incrementó de 69 % a 73 %, mientras que la cobertura de saneamiento gestionado de manera segura pasó de 49 % a 57 %; sin embargo, en 2022 todavía 2,2 mil millones de personas carecían de acceso a agua potable gestionada de manera segura y 3,5 mil millones no contaban con saneamiento gestionado de manera segura (United Nations, 2024). Estos resultados evidencian que, además de ampliar la cobertura, sigue siendo necesario mejorar la eficiencia del uso del agua en los sistemas domiciliarios.

En el Perú, la problemática del uso eficiente del agua en instalaciones domiciliarias adquiere relevancia en un escenario donde, si bien se han registrado avances en cobertura, persisten desafíos en la continuidad y aprovechamiento efectivo del servicio. El Instituto Nacional de Estadística e Informática reportó que, en el año móvil octubre 2023-setiembre 2024, el 90,4 % de la población accedió a agua para consumo humano proveniente de red pública, y que en 2024 el 91,0 % de los hogares tuvo abastecimiento de agua por red pública todos los días de la semana (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2024). No obstante, estos indicadores no eliminan las pérdidas intradomiciliarias ocasionadas por el funcionamiento deficiente de aparatos sanitarios, las cuales pueden traducirse en desperdicio de agua potable y en un incremento del gasto económico del usuario.

En Ayacucho, esta situación resulta particularmente importante debido a las condiciones operativas del servicio. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento informó que, en 2022, impuso medidas correctivas a Seda Ayacucho por problemas relacionados, entre otros aspectos, con la presión y continuidad del servicio (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2023). En un

contexto donde pueden presentarse variaciones de presión o discontinuidad en el abastecimiento, el comportamiento hidráulico de los dispositivos intradomiciliarios se vuelve más sensible, especialmente en mecanismos como la válvula de admisión del tanque del inodoro, cuya estabilidad operativa depende de un adecuado control del ingreso y cierre del agua.

En este contexto, las pérdidas de agua no se generan únicamente en la infraestructura mayor o en las redes de distribución, sino también en las instalaciones internas de las viviendas, donde diversos dispositivos sanitarios pueden convertirse en puntos de desperdicio continuo. Entre ellos, el inodoro de tanque bajo representa un elemento de especial interés, ya que su funcionamiento depende del correcto desempeño de los mecanismos internos de admisión y cierre del agua. Cuando estos componentes presentan fallas o limitaciones funcionales, pueden producirse goteos posteriores al cierre, sobrellenado, ruido excesivo durante el llenado y necesidad recurrente de reajustes, condiciones que afectan la eficiencia del sistema y generan mayores costos de mantenimiento.

Desde el punto de vista técnico, la válvula de admisión cumple la función de restituir el volumen de agua descargado después de cada uso del inodoro y detener el ingreso al alcanzar el nivel de operación del tanque. Sin embargo, las válvulas comerciales disponibles pueden presentar limitaciones asociadas al desgaste de materiales, la presencia de múltiples componentes móviles, la sensibilidad frente a variaciones de presión y deficiencias en el mecanismo de cierre. Estas condiciones favorecen pérdidas de agua, disminuyen la estabilidad del sistema y aumentan la frecuencia de mantenimiento. En consecuencia, el problema no se limita al funcionamiento aislado de una pieza mecánica, sino que repercute directamente en la eficiencia del uso del agua y en los costos de operación del sistema sanitario domiciliario.

En la revisión bibliográfica realizada para la presente investigación no se identificaron publicaciones científicas específicas centradas en el rediseño experimental de válvulas de admisión para tanques de inodoro bajo condiciones comparables a las abordadas en este estudio. Por ello, existe un vacío técnico en la literatura disponible respecto a la mejora de este componente particular, a pesar de su importancia funcional dentro del sistema sanitario domiciliario. Esta ausencia de antecedentes específicos refuerza la pertinencia

de desarrollar una propuesta tecnológica aplicada orientada a optimizar el desempeño del mecanismo de admisión de agua.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo rediseñar una válvula de admisión para tanque de inodoro que permita optimizar la eficiencia en el uso del agua y reducir los costos de mantenimiento en el contexto urbano de Ayacucho. Para alcanzar este propósito, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las limitaciones funcionales de una válvula comercial de admisión en condiciones de operación del tanque de inodoro.
2. Diseñar y construir un prototipo de válvula de admisión con materiales accesibles y configuración simplificada.
3. Evaluar comparativamente el desempeño hidráulico del prototipo y de la válvula comercial.
4. Verificar la capacidad del prototipo para contribuir a la eficiencia en el uso del agua y a la reducción de costos de mantenimiento.

Con la finalidad de abordar de manera ordenada el desarrollo de la investigación, la tesis se ha estructurado en capítulos. El Capítulo I corresponde a la introducción, donde se presenta la problemática, la justificación y el propósito del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, incluyendo los fundamentos conceptuales y técnicos relacionados con el sistema sanitario y la válvula de admisión. El Capítulo III describe los materiales y métodos, así como el procedimiento seguido para el diseño, construcción y evaluación del prototipo. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos y su respectiva discusión. Finalmente, los Capítulos V y VI contienen las conclusiones y recomendaciones de la investigación, y el Capítulo VII reúne las referencias bibliográficas utilizadas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, al no existir publicaciones que aborden el tema tratado en esta tesis, nos enfocaremos en realizar una búsqueda académica y de conceptos sobre la válvula de llenado, válvula de admisión, válvula de ingreso y otras variantes que existen en su denominación en el uso para sanitarios. Para ello comenzaremos con las definiciones en inodoros y principalmente nos enfocaremos en las válvulas de admisión.

1.1. Antecedente de investigación

Delgado Cerón y Peña Pavón (2003), desarrollaron en la Universidad Nacional Autónoma de México una tesis titulada Sistema economizador de agua en un inodoro, orientada al diseño de un sistema ahorrador aplicado al funcionamiento del inodoro. El trabajo abordó la problemática del incremento de la demanda de agua potable y la necesidad de implementar dispositivos sanitarios que permitan un uso más eficiente del recurso. Su estructura incluyó fundamentos sobre abastecimiento de agua, funcionamiento de inodoros, mecanismos de carga y descarga, diseño de un sistema ahorrador, análisis económico, fabricación, pruebas y evaluación del diseño propuesto. Aunque dicho estudio no se centró específicamente en la válvula de admisión del tanque, constituye un antecedente técnico relevante porque demuestra la viabilidad de intervenir componentes del sistema sanitario con fines de ahorro de agua y reducción del consumo.

1.2. Historia de los inodoros

La historia del inodoro se remonta a las antiguas civilizaciones que idearon sistemas básicos de evacuación sanitaria. En la antigua India, hacia el año 2500 a.C., ya se disponía de letrinas conectadas a sistemas rudimentarios de drenaje. Asimismo, los romanos implementaron una avanzada red de saneamiento público mediante cloacas que evacuaban los desechos al río Tíber, con instalaciones colectivas conocidas como *latrinae* (Chávez Rodríguez & Arango Donato, 2023).

Durante la Edad Media, se produjo un retroceso en las prácticas de higiene y saneamiento, en contraste con el legado romano. No fue sino hasta el Renacimiento que se retomaron los avances sanitarios. El primer diseño funcional del inodoro moderno se

atribuye a John Harrington en 1596, quien instaló un sistema con descarga de agua en la corte de la reina Isabel I. Sin embargo, su uso no se generalizó en esa época.

El desarrollo significativo del inodoro ocurrió en el siglo XIX, gracias a la Revolución Industrial y la expansión de redes de agua potable y alcantarillado. En 1775, Alexander Cummings patentó un mecanismo con sello hidráulico (*sifón*), lo que redujo olores y mejoró la funcionalidad. Más adelante, en 1885, Thomas Crapper contribuyó a perfeccionar los modelos de válvulas y depósitos, facilitando la producción masiva y su adopción doméstica (Chávez Rodríguez & Arango Donato, 2023)

1.3. Inodoros o Water Closet (WC)

Dentro de las definiciones más aproximadas sobre inodoros nos podemos referir específicamente al aparato sanitario con un tanque de agua para descargar los desechos. Algunos sinónimos o denominaciones utilizadas en países de Sudamérica son: retrete o WC. (Figura 1).

De otro lado, Jimeno (2016), el inodoro es el artefacto con mayor frecuencia de uso, por ser de utilidad diferente a la de tina o lavatorio, donde la función primaria es sostener agua; es también de un mecanismo más sofisticado, pudiéndose decir que tiene un semiautomático, y en el que tanto el diseño como la calidad son de suma importancia. En el diseño, la relación entre el volumen y el espacio interior debe combinar para crear un sistema con suficiente disposición de gasto y velocidad, que elimine los sólidos y que mantengan una protección automática contra emanación de gases y condiciones no sanitarias. De acuerdo al diseño de la taza, hay generalmente 2 tipos de inodoros: el inodoro con lavado hacia abajo con sifón; y el inodoro con sifón inyector o sifónico a chorro. El inodoro con lavado por sifón, debido a considerarse; y su calidad se establece por la eficiencia con que elimina los desperdicios orgánicos. La acción del sifonaje se produce por la disminución de la presión atmosférica cuando el inodoro no está en acción de lavado.

Figura 1

Modelo 3D de inodoro



Nota. Representa un inodoro estándar, el más comercializado y utilizado. Tomado de Free 3D (s.f).

1.3.1. Tipos de inodoros

Castillo (2018), tipifica de acuerdo a como se abastece de agua y en la descarga de la misma, a continuación, se mencionan:

1.3.1.1. Inodoro con tanque elevado

De acuerdo con Jimeno (2016), define como estanque alto de material alternativo y asiento, cuyo tanque de lavado es colocado a 1.50m de altura de taza como se muestra en la figura 2 y su sistema de descarga consiste en una báscula de lavado que consta de un sifón que permite un lavado energético, por lo que es más utilizado en instalaciones industriales o donde se extremen los cuidados de limpieza.

El inodoro de tanque alto se utilizó extensamente hace unas décadas, pero hoy en día se encuentra prácticamente en desuso. El tanque de agua de este sanitario, normalmente fabricado en loza o plástico, se caracteriza por estar colgado de la pared, normalmente lo más arriba posible. La altura de la que cuelgue dependerá de la taza del inodoro. La descarga se lleva a cabo mediante una cadena que cuelga de la cisterna.

Figura 2

Inodoro con tanque elevado



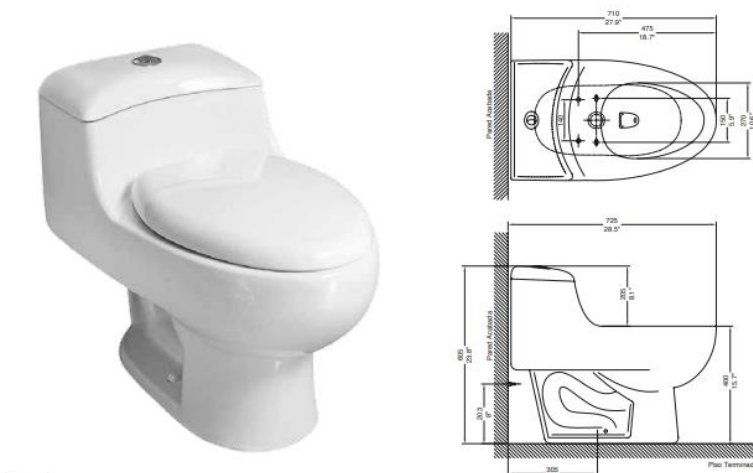
Nota. Extraído de la página web de CYPE Ingenieros S.A

1.3.1.2. Inodoro con tanque incorporado o inodoro One Piece

Es un tipo de inodoro donde el tanque de descarga y la taza vitrificada conforman un único bloque monolítico como muestra la (Figura 3). Este diseño elimina la junta de unión entre taza y tanque, reduciendo el riesgo de filtraciones y facilitando la limpieza e higiene.

Figura 3

Inodoro tipo one piece



Nota. Tomado del Catalogo Sanitarios VAINSA 2018, p.10.

1.3.1.3. Inodoro con fluxómetro

De acuerdo a Hygolet (2024), los fluxómetros al ser sistemas de descarga automatizada (se activan por medio de un sensor, al movimiento enfrente de éste, y se descarga solamente al terminar) o manual (se activan por medio de una palanca, que el usuario tiene que accionar, tirando hacia abajo), con una presión mayor a la descarga del tanque del WC, ayuda a que en los baños públicos en donde se tiene un gran tránsito de personas, se genere mucho más rápido la descarga.

Figura 4

Inodoro con fluxómetro



Nota. Extraído del Catálogo Sanitarios TREBOL, 2018.

1.3.1.4. Inodoro con tanque bajo o inodoro común

El inodoro de tanque bajo es el más utilizado y se caracteriza por tener el tanque de agua en la parte trasera superior de la taza como se muestra en la figura 5. La cisterna se une a la taza del inodoro por una cañería corta fabricada normalmente en PVC. Su instalación no supone una complicación excesiva, aunque su limpieza puede llegar a ser algo costosa debido al puente que se crea entre el tubo inferior y la pared.

Figura 5

Inodoro típico de uso común



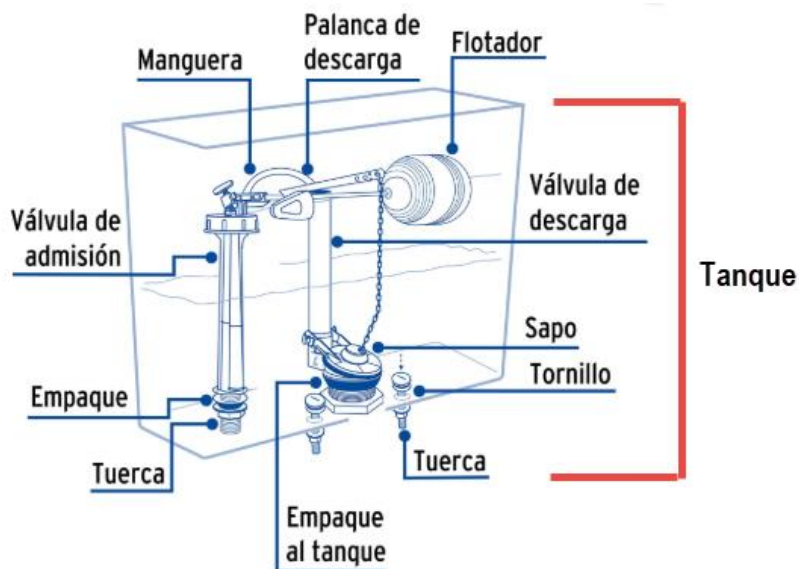
Nota. Adaptado de Catálogo Sanitarios TREBOL (Corporación Cerámica S.A, 2022).

1.3.2. Partes internas de un tanque de inodoro

Siendo esta las partes internas de un tanque de inodoro que se muestra en la Figura 6. A continuación, se detalla en la (tabla 1) con sus respectivas descripciones.

Figura 6

Partes internas de un tanque de inodoro



Nota. Adaptado del siguiente enlace https://www.truper.com/ficha_tecnica_pdf/views/ficha-print.php?id=7157.

Tabla 1*Componentes del tanque del inodoro y su función*

Componente	Función
Tanque	Es un recipiente o contenedor tanto del sistema hidráulico del inodoro y almacenador de agua
Válvula de admisión	Dispositivo que permite la entrada de agua al tanque desde la red de abastecimiento. Controla el flujo de llenado del tanque luego de cada descarga.
Manguera	Conduce el agua desde la válvula de admisión hacia el interior del tanque, normalmente hacia el tubo de reboce para evitar derrames
Palanca de descarga	Mecanismo manual (generalmente una varilla con botón o manija) que al ser accionado levanta la válvula de descarga mediante una cadena, permitiendo la evacuación del agua.
Flotador	Elemento que sube y baja con el nivel del agua. Ésta conectado a la válvula de admisión y regula su apertura o cierre, asegurando que el tanque no se desborde.
Válvula de descarga	Válvula ubicada en la parte inferior del tanque que, al abrirse, permite que el agua fluya hacia la taza del inodoro para realizar el lavado y descarga.
Sapo	También conocido como sello de descarga o flapper, es una pieza de goma que sella la salida de agua en la válvula de descarga. Se levanta al accionar la palanca.
Empaque del tanque	Juntas de goma o caucho que aseguran una conexión hermética entre la válvula de descarga y el fondo del tanque, evitando fugas.
Empaque (inferior)	Sello adicional que proviene filtraciones entre el tanque y la taza del inodoro. Usualmente está asociado al conjunto de tornillos y válvulas.
Tuerca (de válvula de descarga)	Elemento de sujeción que fija la válvula de descarga o admisión al tanque, generalmente ubicada por fuera en la base del tanque.
Tuerca (inferior o de fijación)	Asegura la unión entre el tanque y la taza, fijando firmemente el sistema para evitar movimientos o fugas.

1.4. Válvula de admisión o de llenado.

La válvula de admisión es un componente hidráulico para el tanque de un inodoro, cuya función principal es controlar el ingreso de agua desde la red de suministro hacia el interior del tanque después de cada descarga. Opera de forma automática

mediante un mecanismo de flotación, el cual regula la apertura o cierre de la válvula en función del nivel del agua almacenada.

Este dispositivo cumple una doble función: por un lado, permite el llenado eficiente del tanque tras el vaciado, y por otro, evita el desbordamiento al cerrar herméticamente una vez alcanzado el nivel máximo preestablecido. Su diseño puede incluir mecanismos de diafragma, pistón o tipo flotador, y debe garantizar hermeticidad, resistencia a la presión hidráulica y durabilidad frente a condiciones de uso continuo.

1.4.1. Tipos de válvulas de admisión

1.4.1.1. Válvula de admisión con flotador de brazo

Este tipo es el más clásico y probablemente el más conocido. Se instala en la parte superior lateral del tanque y funciona con un brazo horizontal que sostiene un flotador redondo como se muestra en la (Figura 7). Cuando el nivel del agua sube, el flotador también lo hace, y al llegar a cierta altura, empuja el brazo para cerrar el paso del agua. Aunque su mecanismo es simple y fácil de reparar, suele ser más ruidoso y ocupa más espacio dentro del tanque. Aún se encuentra en muchos hogares, especialmente en instalaciones antiguas.

Figura 7

Válvula de llenado instalado en un tanque de inodoro.



Nota. Adaptado del enlace <https://smarthomewaterguide.org/es/inspecci%C3%B3n-visual-de-fugas-en-interiores/>.

1.4.1.2. Válvula inferior con flotador integrado

Este modelo es más moderno y se instala en la parte baja del tanque. En lugar de tener un brazo largo, el flotador está integrado de forma vertical en el cuerpo de la válvula. A medida que el agua sube, este flotador interno regula la entrada de agua de forma directa.

Además de ser más silenciosa, esta válvula ahorra espacio y es muy eficiente para bajas presiones, por lo que se encuentra con frecuencia en inodoros actuales, tanto domésticos como comerciales.

Figura 8

Modelos de válvula de llenado con flotador cilíndrica y vertical.



Nota. Se muestra los diseños de tipos de válvulas de llenado. Tomado de COFLEX - México.

1.5. Dimensiones estándares del tanque de inodoro.

En el mercado existe una variedad de tipos de inodoro y estas varían según cada marca y fabricante, sin embargo, existe el principio de estandarización y comercialización de medidas, para asegurar su compatibilidad y correcto almacenamiento de agua para el presente estudio se tomó las dimensiones como se muestra en la Figura 10.

Las medidas consignadas se detallan a continuación:

Dimensiones exteriores: 410mm x 170mm x 345 mm

Dimensiones interiores: 370mm x 140mm x 300 mm

1.6. Limitaciones y problemas comunes presentes en válvulas comerciales

Las válvulas de admisión (las más comerciales) disponibles en el mercado (Figura 9) presentan una serie de limitaciones técnicas y estructurales que impactan negativamente en el desempeño hidráulico de los inodoros y en la eficiencia del uso de agua lo cual deriva en costos adicionales en la tarifa por el servicio. Entre los principales problemas detectados podemos mencionar los siguientes:

- Fugas en la base o unión de la válvula, debidas a materiales de baja calidad o sellos mal diseñados, lo que genera goteo constante y sobreconsumo.
- Deformaciones estructurales por presión o temperatura, especialmente en válvulas fabricadas con plásticos delgados o no resistentes a condiciones extremas.
- Acumulación de sedimentos o incrustaciones, lo que obstruye el paso del agua y altera la regulación del nivel dentro del tanque.
- Daños frecuentes en el flotador o diafragma, que reducen la vida útil del sistema y afectan el cierre hermético, generando descargas involuntarias.

A pesar de su bajo costo, estas válvulas implican mayores costos ocultos en mantenimiento, desperdicio de agua y reposición constante de componentes. Estas deficiencias técnicas motivan el presente rediseño, con el objetivo de ofrecer una solución más eficiente, durable y adaptada a las condiciones reales de uso.

Figura 9

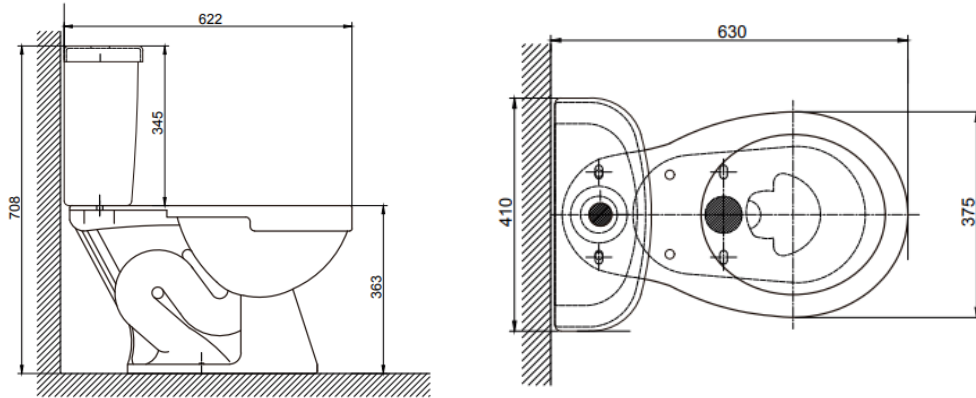
Válvula de admisión de gran demanda comercial



Nota. Corresponde a un kit universal para tanque de inodoro (válvula de llenado, flotador, válvula de descarga, pernos y empaques).

Figura 10

Medidas estándares del tanque de inodoro.



Nota. Extraído del enlace <https://es.scribd.com/document/497792378/Ficha-de-Inodoro-Punta-Sal-V02>.

1.7. Ciclo hidráulico de operación y análisis matemático de las válvulas de admisión

1.7.1. Caudal de entrada (Q): flujo a través del orificio de ingreso

Cuando la válvula se abre, el agua fluye desde la red de abastecimiento hacia el tanque del inodoro a través de un orificio de sección A (típicamente ½”), impulsada por una carga hidráulica (diferencia de presiones). Este caudal puede aproximarse mediante la fórmula para flujo a través de un orificio bajo presión:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \quad \text{Ec. 1}$$

- Q = Caudal de ingreso (m³/s)
- C_d = Coeficiente de descarga (≈ 0.6 a 0.8 para válvulas comunes)
- A = Área del orificio de entrada (m²)
- g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
- H = Altura de presión equivalente (m), relacionada con la presión de línea.

1.7.2. Tiempo de llenado del tanque (t)

Asumiendo que el caudal es constante durante el tiempo de llenado, para poder reponer el volumen total del tanque se calcula como:

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{Ec. 2}$$

- t = Tiempo de llenado (s)
- V = Volumen útil del tanque (m^3)
- Q = Caudal de ingreso (m^3/s)

Esta fórmula permite dimensionar válvulas para garantizar el tiempo de llenado óptimo (comúnmente < 60 segundos).

1.7.3. Presión hidráulica en el flotador (P):

El flotador actúa como un sensor mecánico que responde al cambio en el nivel del agua. La presión hidrostática que actúa sobre su superficie sumergida se define como:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- P = Presión hidrostática (Pa)
- ρ = Densidad del agua ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)
- h = Profundidad sumergida del flotador (m)

El diseño del flotador debe asegurar que esta presión sea suficiente para generar el momento necesario que accione el cierre del obturador interno de la válvula.

1.7.4. Condiciones de cierre: basado en equilibrio de fuerzas

El cierre de la válvula ocurre cuando la fuerza ascendente del flotador iguala la fuerza de apertura del flujo sobre el mecanismo obturador. Simplificadamente:

$$F_{\text{flotador}} = F_{\text{flujo}} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\rho \cdot g \cdot V_{\text{desplazado}} = \Delta P \cdot A \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

$V_{desplazado}$ = Volumen de agua desplazado por el flotador (m^3)

ΔP = Diferencia de presión entre entrada y tanque (Pa)

A = Área del obturador (m^2)

Este equilibrio asegura un cierre progresivo y estable, sin golpes de ariete ni rebotes hidráulicos.

1.8. Limitaciones de la válvulas tradicionales y motivación para el diseño

La evolución tecnológica de los sistemas sanitarios ha permitido optimizar diversos componentes hidráulicos, sin embargo, las válvulas de admisión tradicionales continúan presentando múltiples deficiencias estructurales y funcionales que afectan directamente la eficiencia del consumo de agua en los hogares. A pesar de la existencia de diversos modelos comerciales, estos dispositivos siguen exhibiendo problemas recurrentes como fugas en la base de instalación, fallas en el mecanismo de cierre, acumulación de sedimentos, deterioro del material de fabricación (Figura 11) deformaciones por presión, y una vida útil limitada, particularmente en contextos donde la calidad del agua o la presión de red no son constantes. Todo ello, se puede resumir en la (Figura 12), donde se aprecia la fuga de agua debido a uno o más razones expuestas líneas arriba.

Figura 11

Corrosión y daños en los componentes de la válvula de admisión



Nota. Se muestra el mal estado de la válvula de admisión por tener componentes susceptibles a la oxidación.

Figura 12

Efectos de fuga a partir de los daños de corrosión en los componentes.



Nota. Se muestra el efecto de desperdicio de agua por averías de la válvula de admisión.

Estos problemas no solo elevan los costos de operación (agua y mantenimiento), sino que además incrementan la huella hídrica residencial, comprometiendo los principios de sostenibilidad en el uso del recurso. La mayoría de válvulas disponibles en el mercado están diseñadas bajo un enfoque estandarizado, sin considerar las condiciones hidráulicas reales de regiones como Ayacucho, donde las variaciones de presión, las interrupciones en el servicio y la dureza del agua afectan significativamente el rendimiento de los sistemas sanitarios.

Esta problemática ha sido reconocida por instituciones nacionales. Por ejemplo, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento del Perú (SUNASS), junto al Consejo de Usuarios Sur – Ayacucho, ha advertido que una fuga en el inodoro puede ocasionar la pérdida de hasta 150,000 litros de agua, lo que equivale a un gasto de aproximadamente S/320 mensuales en el recibo de agua. Esta cifra evidencia que, más allá del aspecto técnico, las fallas en las válvulas de admisión tienen un impacto directo y tangible en la economía familiar y en la sostenibilidad del recurso hídrico.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un rediseño funcional de la válvula de admisión, que contemple los siguientes principios:

- Adaptabilidad hidráulica frente a presiones variables.
- Mayor durabilidad a través del uso de materiales resistentes al desgaste y la corrosión.
- Facilidad de instalación, permitiendo que el usuario final pueda sustituir la válvula sin necesidad de asistencia técnica especializada.
- Reducción del tiempo de llenado, mejorando el confort y minimizando el desperdicio.
- Ajuste ergonómico y compacto, optimizando el espacio interno del tanque.

La presente tesis propone una válvula sanitaria rediseñada, cuyo objetivo es superar estas limitaciones a través de una solución técnica innovadora, sustentada en principios de hidráulica aplicada, eficiencia energética y diseño orientado al usuario. Este rediseño busca no solo reducir el consumo de agua por evento, sino además establecer un estándar de calidad que pueda ser replicado en otras regiones del país con condiciones similares.

1.9. Marco normativo y técnico aplicable

El rediseño de la válvula de admisión WaterLED se desarrolla dentro de un conjunto de disposiciones normativas que regulan las instalaciones sanitarias en edificaciones y el uso eficiente del agua potable en el Perú. Considerar este marco no solo garantiza la seguridad hidráulica del sistema, sino que además asegura la compatibilidad del dispositivo con las redes existentes y con las políticas nacionales de gestión del recurso hídrico.

1.9.1. Normativa nacional de instalaciones sanitarias

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), a través de la Norma OS.070 – Instalaciones Sanitarias, establece los criterios generales para el diseño, ejecución y operación de los sistemas de agua fría y desagüe en edificaciones. Entre los aspectos más relevantes para el presente estudio destacan:

- La obligación de emplear materiales aprobados para uso en agua potable, resistentes a la presión de servicio y a la corrosión.

- La exigencia de que los dispositivos de control (válvulas de paso, válvulas de flotador y accesorios) garanticen un llenado seguro del tanque, sin riesgo de rebose ni de retorno de aguas contaminadas hacia la red.
- Los rangos de presión de trabajo recomendados para instalaciones domiciliarias, que justifican los niveles seleccionados en los ensayos experimentales (10, 25 y 50 m.c.a.).

El prototipo WaterLED se diseña respetando estos lineamientos, de modo que su incorporación en tanques de inodoro no implique modificaciones estructurales ni riesgos adicionales para el usuario.

1.9.2. Normas técnicas de tuberías y accesorios de PVC

En cuanto a los materiales de fabricación, la válvula rediseñada se apoya en componentes compatibles con las **Normas Técnicas Peruanas (NTP)** aplicables a tuberías y accesorios de **PVC para agua potable a presión**. Estas normas definen, entre otros aspectos:

- Diámetros nominales, espesores mínimos y **clases de presión** admisibles para tuberías y conexiones.
- Requisitos de **resistencia mecánica**, rigidez anular y comportamiento frente a la presión interna.
- Condiciones de fabricación para garantizar la **no toxicidad** y la idoneidad sanitaria del PVC en contacto con agua de consumo humano.

El uso de piezas normalizadas, como adaptadores, uniones roscadas y tuercas de fijación provenientes de catálogos comerciales (por ejemplo, Pavco Wavin), asegura que el prototipo WaterLED mantenga la intercambiabilidad con los sistemas instalados y pueda ser ensamblado con componentes disponibles en el mercado local.

1.9.3. Lineamientos sobre uso eficiente del agua y control de fuga

Desde la perspectiva de la gestión del recurso hídrico, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) promueve campañas de educación y regulación tarifaria orientadas al uso eficiente del agua potable en los hogares. En estas campañas se advierte que una fuga en el inodoro puede ocasionar la pérdida de hasta 150 000 litros de

agua al mes, con un costo aproximado de S/ 320 en el recibo de agua, lo que evidencia la magnitud económica y ambiental del problema.

En coherencia con estos lineamientos, el rediseño de la válvula de admisión no solo busca cumplir con los requisitos hidráulicos del RNE, sino también reducir pérdidas innecesarias, estabilizar el cierre del sistema y aportar a la política nacional de ahorro de agua mediante una solución de bajo costo y fácil implementación.

1.9.4. Criterios técnicos adoptados en el presente estudio

A partir de las normas y lineamientos mencionados, el trabajo adopta los siguientes criterios técnicos:

- Utilizar diámetro nominal de ½" para la conexión de alimentación, por ser el estándar en instalaciones sanitarias domiciliarias.
- Ensayar el comportamiento de la válvula en un rango de 10 a 50 m.c.a., compatible con las presiones habituales de redes urbanas y con los límites establecidos en la normativa de instalaciones.
- Emplear materiales plásticos aptos para agua potable (PVC, polietileno, polipropileno) y elementos metálicos protegidos contra la corrosión, evitando aleaciones no recomendadas para contacto con agua de consumo.
- Asegurar que el mecanismo de cierre impida el rebose del tanque y minimice el riesgo de fugas internas persistentes, en concordancia con las recomendaciones de SUNASS sobre control de pérdidas en aparatos sanitarios.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de carácter tecnológico-experimental, debido a que se orienta al rediseño, construcción y evaluación funcional de una válvula de admisión para tanque de inodoro. En tal sentido, el capítulo metodológico se estructura en función de la naturaleza experimental del estudio, cuyo propósito central es comparar el desempeño hidráulico y operatividad de una válvula comercial de referencia frente a una válvula rediseñada, denominada WaterLED, bajo condiciones controladas de laboratorio y en condiciones reales de uso. El diseño de investigación corresponde a un esquema cuasi-experimental y comparativo, complementado con validación operativa en campo mediante un esquema antes-después.

A diferencia de los estudios de carácter poblacional clásico, en la presente investigación el interés metodológico no se centra en la estimación de parámetros de una población amplia, sino en el análisis de unidades de evaluación técnica vinculadas al funcionamiento del sistema sanitario. Por ello, la población de referencia estuvo constituida por válvulas de admisión empleadas en inodoros de tanque bajo de uso domiciliario y por sistemas sanitarios compatibles con este tipo de dispositivo. La muestra experimental estuvo conformada por una válvula comercial de referencia y por la válvula rediseñada WaterLED, evaluadas en un sistema sanitario de referencia bajo tres niveles de presión de trabajo (10, 25 y 50 m.c.a.), con 30 ciclos de llenado por cada combinación válvula $\times$ presión. En la fase de validación en campo, la evaluación se realizó en dos viviendas de la ciudad de Ayacucho con inodoros de tanque bajo conectados a la red pública. La técnica de muestreo empleada fue no probabilística e intencional, debido a que las unidades de análisis fueron seleccionadas conforme a criterios técnicos de compatibilidad, accesibilidad y representatividad funcional del sistema en estudio.

Bajo este criterio, la metodología ha sido organizada para describir de manera secuencial el diseño del estudio, el ámbito y las condiciones de ensayo, los materiales empleados en la construcción del prototipo, las variables e indicadores de evaluación, el procedimiento experimental, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como el procesamiento y análisis de la información generada. Esta organización busca mantener coherencia entre los objetivos de la investigación, el diseño metodológico adoptado y la naturaleza tecnológica del problema abordado.

2.1. Diseño del estudio

El estudio se desarrolló en dos componentes complementarios. El primero correspondió a ensayos controlados en laboratorio, orientados a comparar el comportamiento hidráulico de una válvula comercial de referencia y de la válvula rediseñada WaterLED bajo condiciones estandarizadas de presión y temperatura. El segundo componente correspondió a la validación operativa en campo, con el propósito de observar el funcionamiento del prototipo en condiciones reales de uso domiciliario.

En la fase de laboratorio se trabajó con tres niveles de presión representativos de redes urbanas, equivalentes a 10, 25 y 50 m.c.a., aplicados tanto a la válvula comercial como a la válvula rediseñada. Para cada combinación válvula $\times$ presión se realizaron 30 ciclos de llenado, registrando el tiempo de llenado, el caudal de ingreso, el nivel de ruido y la estabilidad del cierre.

En la fase de campo se aplicó un esquema antes-después en dos viviendas de la ciudad de Ayacucho abastecidas por red pública. Durante un primer periodo de 30 días se observó el comportamiento del sistema con la válvula comercial instalada; posteriormente, esta fue reemplazada por la válvula WaterLED, realizándose un segundo periodo de observación de 30 días bajo las mismas condiciones de uso. Este procedimiento permitió contrastar el desempeño del prototipo tanto en condiciones controladas como en condiciones reales de operación.

2.2. Ámbito y condiciones de ensayo

Los ensayos de laboratorio se realizaron en un ambiente interior con temperatura controlada de 18 ± 2 °C, a fin de mitigar la influencia de variaciones térmicas sobre la viscosidad del agua y el caudal. La línea de alimentación fue equipada con un manómetro, permitiendo fijar y verificar las presiones de trabajo de 10, 25 y 50 m.c.a. durante las pruebas con la VCR y la VR.

En la fase de campo se ha incorporado la verificación instrumental de la presión que brinda el servicio mediante un manómetro analógico que fue instalado en la línea de alimentación del inodoro (ingreso de agua al tanque). De esta manera se logró asociar la

presión de la red con la altura de agua alcanzada dentro del tanque. Con ese procedimiento se logró la trazabilidad hidráulica y una validación operativa del prototipo.

La validación en campo se ejecutó en dos viviendas de Ayacucho con suministro convencional por red pública. En cada vivienda se registraron:

- Presiones típicas de servicio.
- Caídas o interrupciones del suministro.
- Eventos de mantenimiento reportados por la empresa prestadora.

La válvula rediseñada (VR – WaterLED) fue sometida a uso continuo y en condiciones reales, sin notificar previamente a los usuarios la sustitución de la válvula comercial, con el propósito de reproducir un patrón de uso cotidiano y evitar sesgos de comportamiento por parte de los habitantes.

2.3. Materiales

El prototipo de válvula de admisión rediseñada (VR), a partir de ahora denominado WaterLED, fue concebido con el objetivo de:

- Maximizar la eficiencia hidráulica durante el llenado del tanque.
- Minimizar las pérdidas por fugas internas.
- Facilitar las labores de instalación y mantenimiento doméstico.

La selección de cada uno de sus componentes (Tabla 2) respondió a criterios de funcionalidad, disponibilidad en el mercado nacional, compatibilidad con sistemas sanitarios estándar y durabilidad frente a las condiciones de operación habituales de una red de agua potable.

La descripción técnica del conjunto se basa en la observación directa del prototipo, la experiencia práctica en válvulas de admisión de uso sanitario y las especificaciones técnicas referenciales del catálogo de válvulas y conexiones de PVC de la marca Pavco Wavin, privilegiando el uso de PVC virgen sin estabilizantes de plomo y accesorios

normalizados para diámetros de ½". Cada componente fue identificado visualmente y caracterizado en función de su:

- Función hidráulica dentro del sistema.
- Resistencia estructural y mecánica.
- Facilidad de fabricación y sustitución.
- Compatibilidad con conexiones roscadas y de presión empleadas en tanques de inodoro.

El sanitario de referencia (VCR) empleado en los ensayos de laboratorio se muestra en la Figura 13, mientras que en la Figura 14 se presenta el prototipo de válvula de ingreso de agua WaterLED ensamblado. La Tabla 2 detalla los componentes principales del prototipo, su naturaleza constructiva y observaciones técnicas asociadas a su función en el conjunto.

Figura 13

Sanitario de referencia VCR



Nota. Se muestra el modelo de tanque de inodoro utilizado para las pruebas y la válvula de admisión que fue empleado para los ensayos.

Figura 14

Prototipo V.1 de válvula de ingreso de agua WaterLED



Nota. Se muestra el prototipo WaterLED en la primera imagen completamente armado y la segunda, instalado en un tanque de inodoro para ser utilizado.

Tabla 2

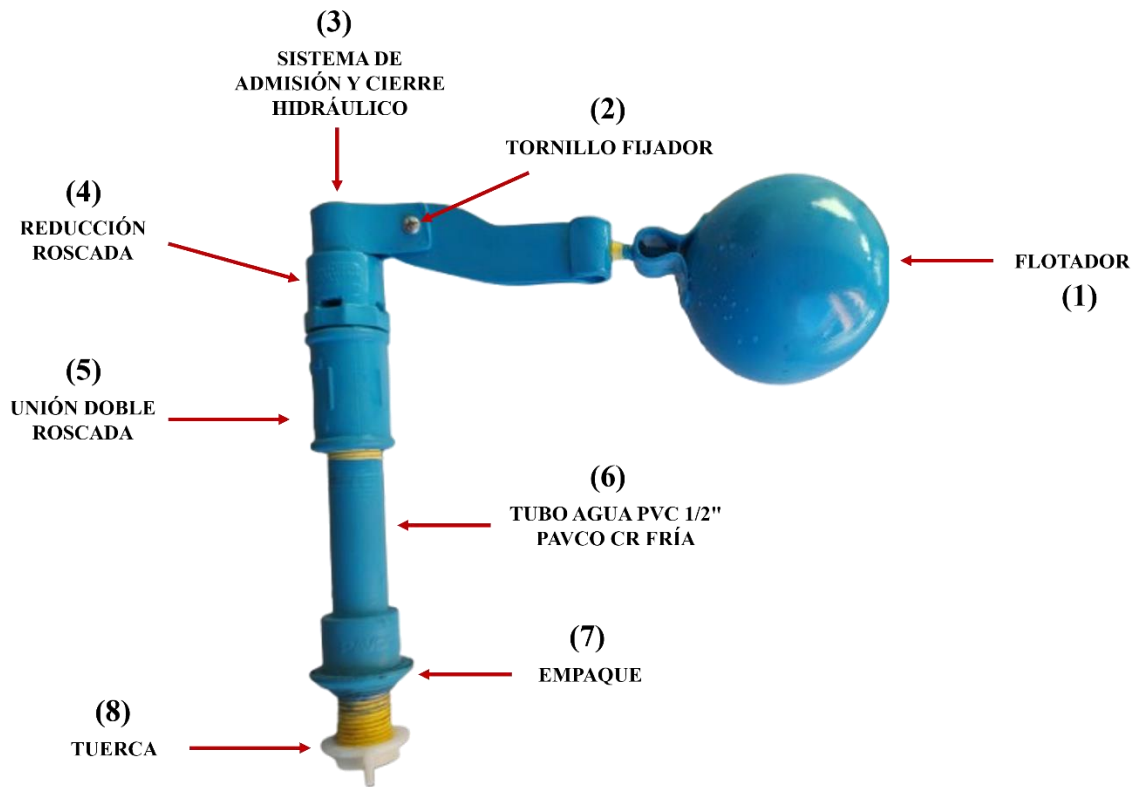
Componentes del prototipo WaterLED V.1

Nº	Componente	Imagen (referencial)	Observaciones técnicas
1	Flotador esférico		No aparece explícitamente en el catálogo; se asimila a flotador genérico comercial.
2	Brazo de palanca		Puede fabricarse con varilla roscada o estructura plástica tipo palanca moldeado a partir del PVC
3	Eje articulado		Uso de pasador metálico o tornillo en acero inoxidable según diseño.
4	Cabezal de control		Corresponde a cuerpo superior de válvula; se fabrica en PVC técnico
5	Adaptador unión presión-rosca		Conexión cuyo uso es de unir dos partes esenciales de un sistema de agua potable en línea recta con cambio de sistema de rosca a simple presión (hembra y macho)..
6	Unión PVC 1/2" CR Pavco		Fabricado de PVC virgen sin estabilizante de plomo, lo cual reduce el impacto ambiental.
7	Tuerca hexagonal con rosca interior		Pieza de sujeción que asegura la válvula a la base del tanque por el exterior.
8	Rosca de conexión hidráulica		Compatible con tuberías de red domiciliaria; puede integrar junta tórica o anillo de presión con pegamento según requerimiento.

Nota. Cada componente que se detalla es comercializada en el mercado y es accesible para su uso.

Figura 15

Vista general del prototipo V.1 WaterLED con identificación de componentes funcionales



2.4. Diseño y construcción del prototipo WaterLED

El diseño del prototipo de válvula de admisión rediseñada, denominada WaterLED, partió de los principios definidos en el capítulo teórico: adaptabilidad hidráulica frente a presiones variables, mayor durabilidad mediante el uso de materiales resistentes al desgaste y la corrosión, facilidad de instalación sin necesidad de herramientas especializadas, reducción del tiempo de llenado y configuración compacta que optimice el espacio interno del tanque.

En una primera fase se elaboraron bocetos conceptuales del mecanismo interno de la válvula, considerando un sistema de obturación por diafragma accionado por flotador, en reemplazo del cierre tradicional por asiento rígido. Estos bocetos permitieron definir la geometría general del cuerpo de la válvula, la ubicación del flotador y el recorrido del flujo de agua entre la entrada de alimentación y el interior del tanque.

A partir de este diseño preliminar se procedió a la selección de componentes comerciales disponibles en el mercado nacional. Para ello se utilizó como referencia el catálogo de tuberías y accesorios de PVC de la marca Pavco Wavin, priorizando adaptadores presión–rosca, uniones de ½", tuercas de fijación y conexiones compatibles con agua potable a presión. Sobre esta base se definieron los elementos estructurales del prototipo: flotador esférico, brazo de palanca, eje articulado, cabezal de control, adaptador unión presión–rosca, unión PVC ½" CR, tuerca hexagonal con rosca interior y rosca de conexión hidráulica, descritos en la Tabla 2.

La secuencia de trabajo puede resumirse en cuatro etapas principales:

1. Boceto y dimensionamiento inicial

- Definición de la disposición espacial de los componentes (entrada de agua, cámara interna, flotador, punto de cierre).
- Estimación de diámetros y longitudes mínimas necesarias para garantizar un caudal suficiente y un cierre progresivo, con tiempos de llenado inferiores a 60 segundos, de acuerdo con la relación $Q = V/t$.

2. Selección y adaptación de piezas Pavco

- Identificación de los accesorios de PVC que cumplieran con las clases de presión requeridas y con la compatibilidad de roscas de ½".
- Adecuación de adaptadores y uniones para conformar el cuerpo principal de la válvula y su punto de extracción al exterior del tanque.

3. Armado del prototipo WaterLED

- Ensamblaje de los componentes en el entorno de laboratorio, verificando la alineación del brazo de palanca con el flotador y el diafragma interno.
- Sellado de uniones críticas mediante juntas y adhesivos apropiados para PVC, con el fin de evitar fugas en la interfase tanque–válvula.

4. Ajustes y optimización

- Pruebas iniciales de llenado en el sanitario de referencia, con el objetivo de ajustar la longitud del brazo del flotador, la altura de cierre y la precarga del mecanismo obturador.
- Corrección de pequeñas desalineaciones y reajuste de la rosca de conexión hidráulica para asegurar un asiento estable en la base del tanque.

En la Figura 13 se presenta el sanitario de referencia WC, compuesto por un inodoro de tanque bajo estándar acoplado a un tanque acrílico de observación, que permitió visualizar el comportamiento del flujo durante los ensayos. En la Figura 14 se muestra el prototipo de válvula de ingreso de agua WaterLED, ya ensamblado, destacando la disposición del flotador, el brazo de palanca, el cabezal de control y las conexiones de entrada y salida.

Estas figuras contextualizan la integración del prototipo en un sistema sanitario real y servirán de referencia para la interpretación posterior de los resultados experimentales.⁷

2.5. Hipótesis de investigación

Hipótesis general:

El rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoros domiciliarios mejora la eficiencia en el uso del agua y reduce los costos de mantenimiento respecto a una válvula comercial convencional, en condiciones de evaluación en Ayacucho durante el año 2024.

Hipótesis específicas:

1. El prototipo WaterLED presenta menor goteo posterior al cierre que la válvula comercial convencional.
2. El prototipo WaterLED mejora el desempeño hidráulico del llenado del tanque, expresado en tiempo de llenado, caudal de ingreso y estabilidad de cierre.
3. El prototipo WaterLED reduce la frecuencia de ajustes y mantenimiento correctivo en comparación con una válvula comercial convencional.
4. El rediseño de la válvula sanitaria contribuye a una mayor eficiencia hídrica del sistema de inodoro domiciliario.

2.6. Variables de estudio

Para dar respuesta a los objetivos de la investigación, se definieron variables orientadas a evaluar comparativamente el comportamiento de la válvula comercial de referencia y de la válvula rediseñada WaterLED. En este estudio, la variable independiente corresponde al tipo y material de la válvula instalada en el tanque del inodoro, mientras que las variables dependientes describen el desempeño hidráulico y operativo del sistema durante el proceso de llenado y cierre. Esta organización es consistente con el diseño comparativo ya planteado en el capítulo metodológico.

2.6.1 Definición de variables

✓ Variable independiente

- Rediseño de válvula sanitaria de admisión:

Corresponde al dispositivo instalado en el tanque del inodoro para controlar el ingreso de agua después de cada descarga. En la presente investigación se evaluaron dos modalidades:

- a. válvula comercial de referencia (VCR), representativa del sistema convencional disponible en el mercado; y
- b. válvula rediseñada WaterLED (VR), desarrollada como propuesta tecnológica en el marco del presente estudio.

- Tipo de materiales accesibles utilizados en el rediseño de la válvula:

Corresponde a la identificación del tipo de material a utilizar para elaborar el rediseño, siendo esta su clasificación como material de PVC.

✓ Variables dependientes

- Eficiencia hídrica: Capacidad del sistema de admisión para optimizar el ingreso de agua al tanque, reducir pérdidas y asegurar un cierre estable al alcanzar el nivel de operación y garantizar la evacuación correcta, esta variable se hará su medición a través de los siguientes parámetros.

a. Tiempo de llenado del tanque (Y_1)

Es el intervalo de tiempo transcurrido desde el inicio del ingreso de agua al tanque hasta que la válvula alcanza el cierre al llegar al nivel de operación establecido.

b. Caudal de ingreso al tanque (Y_2)

Es el volumen de agua que ingresa al tanque por unidad de tiempo durante el proceso de llenado, calculado a partir del volumen útil del tanque y del tiempo de llenado registrado.

c. Nivel de ruido durante el llenado (Y_3)

Es la intensidad sonora percibida durante el funcionamiento de la válvula en el proceso de llenado del tanque, clasificada cualitativamente en niveles ordinales.

d. Estabilidad del cierre de la válvula (Y_4)

Es el comportamiento del sistema al finalizar el llenado, evaluado mediante la presencia o ausencia de goteo posterior al cierre, rebotes del mecanismo o reaperturas no deseadas.

e. Facilidad en la instalación (Y₅)

Es el grado de complejidad requerido para instalar y regular la válvula dentro del tanque del inodoro, considerando tiempo de montaje, necesidad de herramientas y cantidad de ajustes requeridos.

- **Fuerza o presión del agua.**

Grado de fuerza dinámica del agua que genera al ingresar por el abasto y la resistencia del sistema de cerrado que reconoce el instrumento denominado manómetro.

- **Durabilidad**

Gasto directo o indirecto asociado al funcionamiento, ajuste, reparación o reposición de componentes de la válvula sanitaria durante su operación.

- **Desempeño operativo**

Comportamiento funcional de la válvula durante el llenado, cierre y operación cotidiana del tanque del inodoro.

2.6.2 Tabla de variables

Tabla 3

Variables del estudio y su operacionalización

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Unidad / escala	Técnica o instrumento
Independiente	Rediseño de válvula sanitaria de admisión	Componente hidráulico instalado en el tanque del inodoro para regular el ingreso y cierre del agua después de cada descarga.	Categórica nominal	Registro técnico del prototipo, ficha de identificación del componente y observación directa
Independiente	Tipo de materiales accesibles utilizados en el rediseño de la válvula	Corresponde a la identificación del tipo de material a utilizar para elaborar el rediseño, siendo esta su clasificación como material de PVC.	Nominal	Identificación de piezas o componentes en el mercado que cumplan los requisitos de resistencia mecánica.

Dependiente principal	Eficiencia hídrica	Capacidad del sistema de admisión para optimizar el ingreso de agua al tanque, reducir pérdidas y asegurar un cierre estable al alcanzar el nivel de operación y garantizar la evacuación correcta.	Segundos; L/min; presencia/ausencia; número de eventos	Cronómetro, recipiente volumétrico, observación directa, ficha de registro de ensayo
Dependiente principal	Durabilidad	Gasto directo o indirecto asociado al funcionamiento, ajuste, reparación o reposición de componentes de la válvula sanitaria durante su operación.	Número de eventos; soles (S/); presencia/ausencia	Ficha de seguimiento en campo, registro de mantenimiento, observación directa y estimación económica Sonómetro o aplicación de medición
Dependiente de control	Desempeño Operativo	Comportamiento funcional de la válvula durante el llenado, cierre y operación cotidiana del tanque del inodoro.	dB; escala cualitativa; presencia/ausencia	acústica, observación directa y ficha de evaluación operativa
Dependiente de control	Fuerza o presión del agua	Grado de fuerza dinámica del agua que genera al ingresar por el abasto y la resistencia del sistema una vez cerrado.	PSI y bar	Registro fotográfico, ficha de lectura y observación directa

2.7. Indicadores y criterios de evaluación

2.7.1 Tabla de variables

La validación operativa del prototipo WaterLED se realizó con el propósito de verificar su comportamiento bajo condiciones reales de uso domiciliario. Para ello, se seleccionaron inodoros de tanque bajo compatibles con el sistema rediseñado, considerando como criterios principales la accesibilidad al tanque, la posibilidad de desmontaje de la válvula comercial existente, la conexión hidráulica inferior y la disponibilidad de suministro de agua desde la red pública.

Antes de instalar el prototipo, se realizó una inspección visual del tanque del inodoro, con énfasis en la ubicación de la válvula de admisión comercial, el estado de la

base de conexión, la presencia de empaques, el espacio disponible para el desplazamiento del flotador y la ausencia de interferencias con otros componentes internos, tales como el tubo de rebose, la válvula de descarga, la cadena de accionamiento y la manguera de reposición. Esta inspección permitió asegurar que el prototipo WaterLED pudiera instalarse sin modificar estructuralmente el tanque ni alterar el funcionamiento del sistema de descarga.

El proceso de instalación se desarrolló de manera secuencial. En primer lugar, se preparó el cuerpo roscado del prototipo, verificando la correcta disposición de los empaques de sellado y la continuidad de la rosca de conexión. Posteriormente, el cuerpo principal fue insertado desde el interior del tanque hacia la base inferior, asegurando que el eje vertical del tubo de alimentación quedara correctamente alineado con el orificio de conexión. Luego, desde la parte externa inferior del tanque, se colocó el adaptador o tuerca de fijación, con el objetivo de garantizar la estabilidad mecánica del conjunto y evitar filtraciones en la zona de contacto entre el tanque y el cuerpo de la válvula.

Una vez asegurada la conexión inferior, se procedió al posicionamiento del mecanismo interior. Esta etapa comprendió la ubicación del cabezal de control, el acoplamiento del brazo articulado y la verificación del recorrido libre del sistema de flotación. El brazo de control fue fijado mediante tornillo y tuerca, cuidando que la articulación mantuviera libertad de movimiento y que el flotador pudiera ascender y descender sin rozamiento contra las paredes del tanque ni contra los componentes internos del sistema de descarga.

Finalmente, se verificó la posición final del mecanismo y se conectó la manguera flexible de alimentación en la parte inferior del tanque, esta fuente de alimentación que viene de la red pública hacia la acometida es controlada con una válvula de control de diámetro de 0.50 pulgada. Esta conexión permitió restablecer el ingreso de agua desde la red hacia el prototipo WaterLED. Culminada la instalación, se realizó una prueba preliminar de llenado para comprobar la hermeticidad de la conexión, la estabilidad del cierre, la respuesta del flotador y la ausencia de fugas visibles. La secuencia de instalación se documentó mediante registro fotográfico, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Secuencia de instalación del prototipo WaterLED V.2 en función de tanque bajo.



Nota: La secuencia de instalación evidenció que el prototipo WaterLED puede ser montado utilizando conexiones convencionales, sin requerir modificaciones estructurales en el tanque del inodoro. Asimismo, permitió verificar la compatibilidad del cuerpo roscado, los empaques, el sistema de fijación inferior, el brazo articulado y la conexión flexible de alimentación con un sistema sanitario domiciliario de tanque bajo. Esta etapa fue fundamental para iniciar la validación operativa en campo, debido a que aseguró que la evaluación posterior se realizara con el prototipo correctamente instalado, alineado y funcional.

A partir de las variables definidas en el apartado anterior, se establecieron indicadores cuantitativos y cualitativos que permiten comparar el desempeño hidráulico y operativo de la válvula comercial de referencia (VCR) y de la válvula rediseñada WaterLED (VR). Estos indicadores fueron seleccionados por su relación directa con la eficiencia de llenado, la estabilidad funcional del sistema, la facilidad de instalación y la reducción de requerimientos de mantenimiento.

En el caso de las variables cuantitativas, se consideraron el tiempo de llenado y el caudal de ingreso, por ser parámetros directamente medibles y comparables bajo condiciones controladas de presión. Para las variables cualitativas y de comportamiento operativo, se consideraron el nivel de ruido, la estabilidad del cierre y la facilidad de instalación y ajuste, dado que estas permiten valorar el funcionamiento integral del prototipo tanto en laboratorio como en condiciones reales de uso.

Tabla 4

Indicadores y criterios de evaluación de los parámetros de la variable del estudio.

Variable	Indicador	Forma de cálculo / registro	Criterio de evaluación
Tiempo de llenado (Y_1)	Tiempo promedio de llenado (t)	Promedio de los tiempos de los 30 ciclos por combinación válvula $\times$ presión	Se considera mejor desempeño cuando la válvula rediseñada presenta menor tiempo promedio de llenado que la válvula comercial, manteniendo cierre estable y sin rebose
Caudal de ingreso al tanque (Y_2)	Caudal medio de ingreso (Q)	$(Q= V /t)$, donde V es el volumen útil del tanque y (t) el tiempo de llenado registrado	Se considera mejor desempeño cuando la válvula rediseñada presenta igual o mayor caudal medio que la válvula comercial, sin afectar la estabilidad del cierre
Nivel de ruido (Y_3)	Clasificación cualitativa del ruido	Registro cualitativo por ciclo en escala ordinal: bajo, medio y alto	Se considera ventaja operativa cuando la válvula rediseñada concentra mayor proporción de observaciones en nivel bajo y menor proporción en nivel alto respecto a la válvula comercial
Estabilidad de cierre (Y_4)	Porcentaje de ciclos con goteo posterior al cierre	Relación entre número de ciclos con goteo y total de ciclos evaluados, expresada en porcentaje	Se considera mejor desempeño cuando la válvula rediseñada presenta menor porcentaje de ciclos con goteo y mayor estabilidad de cierre que la válvula comercial
Facilidad en la instalación (Y_5)	Categoría de complejidad de instalación	Evaluación del proceso de montaje (tiempo requerido, herramientas necesarias, necesidad de rehacer conexiones)	Se valora como mejora si la VR se clasifica en “baja complejidad” y puede ser instalada sin herramientas especializadas

Nota: Estos indicadores se utilizarán posteriormente para estructurar la tabla comparativa técnica entre la válvula comercial y la válvula rediseñada WaterLED que se presenta en el capítulo de resultados.

2.8. Procedimiento experimental detallado

El procedimiento experimental de la investigación se organizó en función de los objetivos específicos planteados, con el fin de asegurar coherencia entre el diseño metodológico, las actividades desarrolladas y los resultados esperados. Para ello, el estudio comprendió cuatro etapas principales: identificación de limitaciones funcionales de la válvula comercial, diseño y construcción del prototipo WaterLED, evaluación comparativa en laboratorio y validación operativa en campo.

2.8.1 Limitaciones funcionales de la válvula comercial de referencia

En esta primera etapa se seleccionó una válvula comercial de referencia (VCR), representativa del uso convencional en inodoros de tanque bajo. La válvula fue instalada en el sistema sanitario de referencia y sometida a observación técnica preliminar, con la finalidad de reconocer su comportamiento durante el proceso de llenado y cierre del tanque.

La evaluación inicial permitió identificar aspectos funcionales relevantes para la investigación, tales como el tiempo de llenado, el comportamiento del caudal, la presencia de ruido durante la operación, la estabilidad del cierre y la ocurrencia de goteo posterior al llenado. Asimismo, se registraron características constructivas de la válvula comercial, incluyendo la disposición de sus componentes móviles, el tipo de mecanismo de cierre, los materiales predominantes y la facilidad de ajuste. Esta etapa constituyó la base diagnóstica para orientar el rediseño del prototipo.

2.8.2 Diseño y construcción del prototipo WaterLED

El diseño del prototipo WaterLED se desarrolló a partir del análisis funcional de la válvula comercial de referencia y de la identificación de sus principales limitaciones operativas, principalmente asociadas a la estabilidad del cierre, control del nivel de agua, facilidad de ajuste y comportamiento durante el llenado del tanque. Con base en ello, se definieron como criterios de diseño la compatibilidad con inodoros de tanque bajo, la disponibilidad de materiales en el mercado nacional, la facilidad de montaje, la estabilidad mecánica del sistema de cierre y el bajo costo de fabricación.

En una primera etapa se elaboraron bocetos conceptuales orientados a establecer la configuración general del mecanismo, considerando la interacción entre el flotador, el brazo articulado, el cabezal de control y el tubo de alimentación. Esta fase permitió definir la geometría preliminar del conjunto y la relación mecánico-hidráulica necesaria para lograr la apertura y cierre del sistema en función del ascenso del nivel de agua.

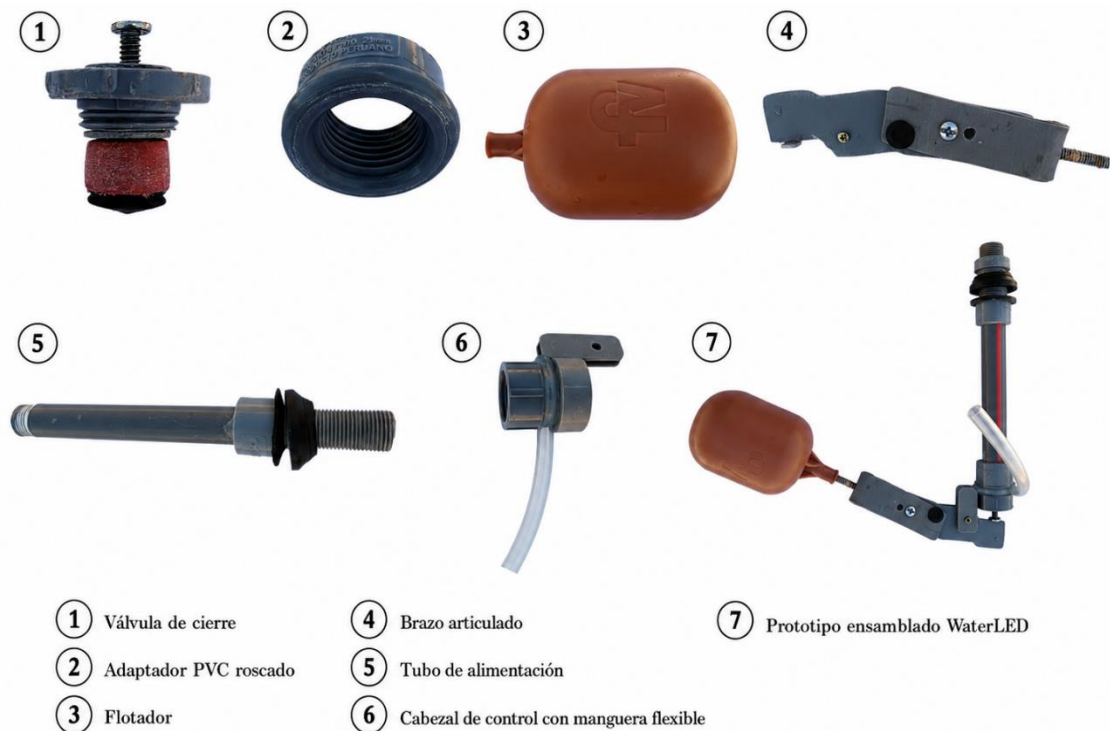
Posteriormente, se realizó la selección de materiales y accesorios, priorizando componentes normalizados, resistentes a condiciones de humedad permanente y compatibles con instalaciones sanitarias convencionales. Los elementos principales utilizados en la construcción del prototipo fueron: válvula de cierre, adaptador PVC roscado, flotador, brazo articulado, tubo de alimentación, cabezal de control con manguera flexible y elementos de unión y fijación. La integración de estos componentes

permitió conformar un sistema funcional de admisión de agua con accionamiento por flotación.

Los componentes principales que conforman el prototipo WaterLED se muestran en la Figura 16, donde se identifican los elementos utilizados en el ensamblaje del sistema.

Figura 17

Componentes principales del prototipo WaterLED V.2 empleados en la construcción del sistema de admisión



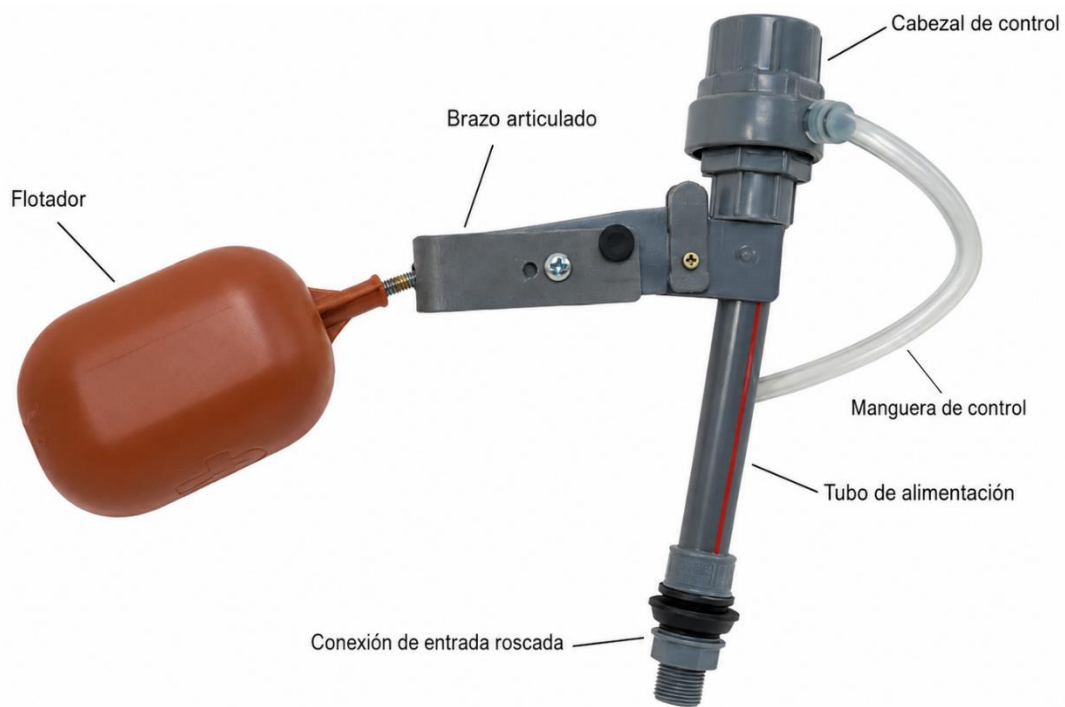
Nota: La fase de construcción comprendió la fabricación de adaptaciones, el ensamblaje del sistema y la verificación de compatibilidad geométrica y funcional entre sus partes. El prototipo fue ensamblado de manera secuencial, iniciando con la conexión del tubo de alimentación y el sistema de entrada roscada, seguido del montaje del cabezal de control, la fijación del brazo articulado y el acoplamiento del flotador. Finalmente, se

incorporó la manguera de control como elemento complementario del funcionamiento hidráulico del conjunto.

La configuración final del prototipo ensamblado se presenta en la Figura 17, donde se observan los elementos estructurales y funcionales del sistema.

Figura 18

Prototipo ensamblado WaterLED V.2 con identificación de sus elementos funcionales principales

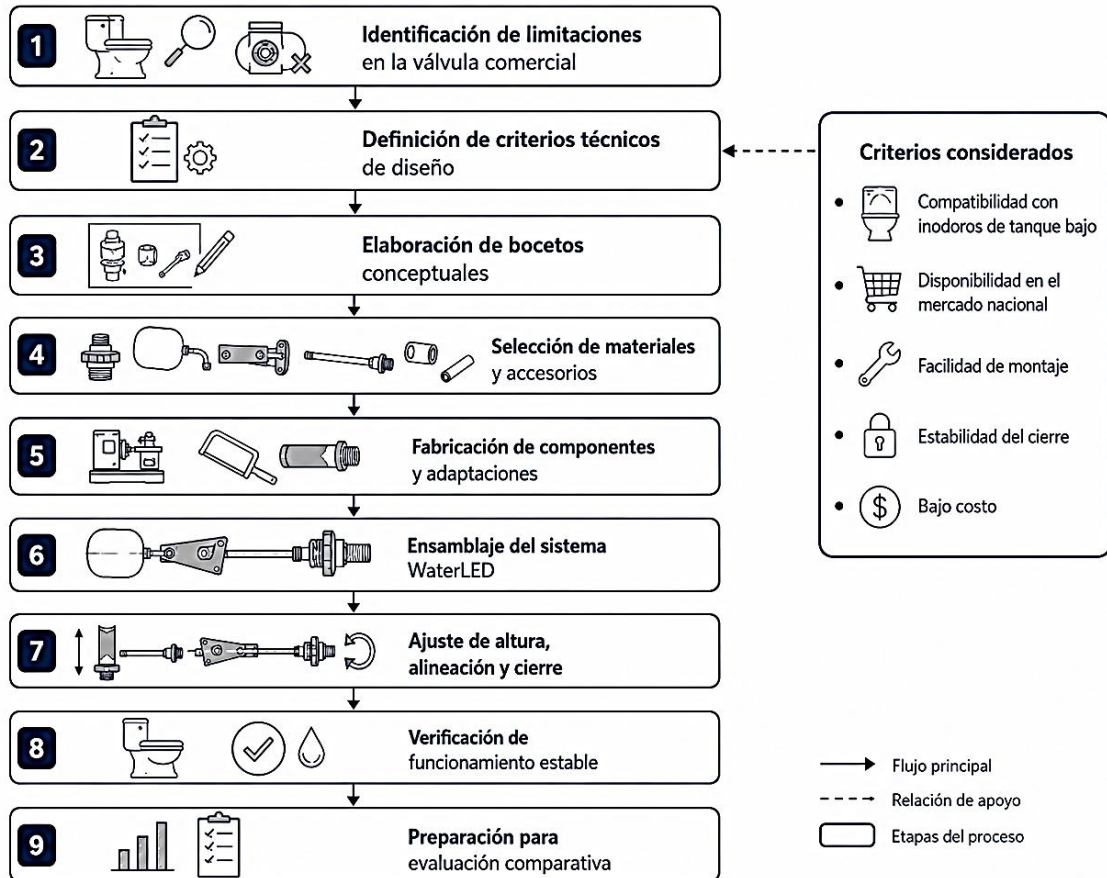


Nota: Una vez ensamblado, el prototipo fue sometido a ajustes de altura, alineación y cierre, con la finalidad de garantizar un funcionamiento estable dentro del tanque del inodoro. Estos ajustes permitieron corregir posibles desviaciones en la posición del brazo, optimizar la respuesta del flotador y asegurar el cierre efectivo del paso de agua al alcanzar el nivel de operación previsto. Con ello, el sistema quedó en condiciones adecuadas para su evaluación comparativa frente a la válvula comercial.

El proceso general seguido para el diseño, selección de materiales, ensamblaje y ajuste del prototipo se resume en la Figura 18.

Figura 19

Flujo metodológico del proceso de diseño y construcción del prototipo WaterLED V.2



Nota. Elaboración propia con apoyo de ChatGPT de OpenAI, a partir de la información metodológica del presente estudio.

En conjunto, el diseño y construcción del prototipo WaterLED constituyeron una etapa clave del estudio, ya que permitieron materializar una alternativa funcional de válvula sanitaria susceptible de ser evaluada experimentalmente en términos de eficiencia hídrica, estabilidad operativa y reducción de costos.

2.8.3 Montaje del sistema de ensayo hidráulico con manómetro

Para la evaluación hidráulica del prototipo WaterLED se implementó un sistema de ensayo conectado directamente a la línea de abasto del inodoro. El montaje tuvo como finalidad controlar el ingreso de agua hacia el tanque, verificar la presión de trabajo durante cada ciclo de llenado y asegurar que el flujo ingresara directamente al cuerpo de

la válvula rediseñada, manteniendo la misma lógica hidráulica de funcionamiento de un inodoro de tanque bajo.

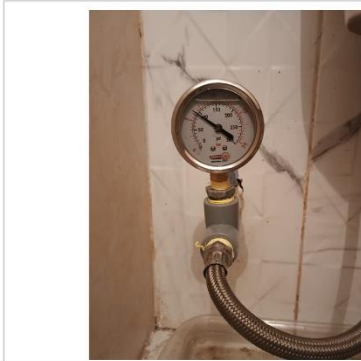
El sistema estuvo conformado por una llave de paso instalada antes del punto de medición, un manómetro de glicerina con rosca de conexión de 1/4", accesorios metálicos de unión, una manguera flexible metálica de alimentación y el prototipo WaterLED instalado en la entrada inferior del tanque. La llave de paso permitió abrir, cerrar y regular el ingreso de agua antes del ensayo, mientras que el manómetro permitió verificar la presión disponible en la línea de alimentación antes y durante el llenado del tanque.

La conexión hidráulica se realizó desde el tubo de abasto hacia la parte inferior del tanque, respetando la disposición funcional del sistema sanitario. En ese sentido, el prototipo WaterLED fue instalado en la misma línea de ingreso del agua, de modo que el flujo proveniente de la red pasara directamente hacia la válvula de admisión rediseñada. Esta disposición permitió evaluar el comportamiento del prototipo bajo condiciones controladas de presión, sin modificar estructuralmente el tanque del inodoro.

Figura 20

Montaje del sistema de ensayo hidráulico del prototipo WaterLED V.2 con manómetro y verificación del nivel de agua

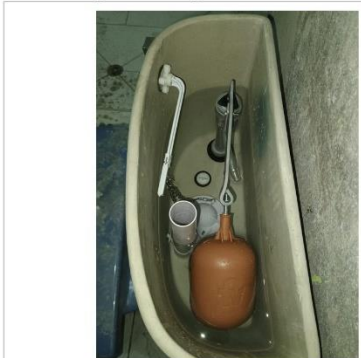
a) Manómetro instalado



b) Inodoro de prueba



c) Prototipo en tanque



d) Tanque en operación



Nota. La figura muestra la disposición del sistema de ensayo hidráulico empleado para la verificación de presión y nivel de agua: (a) manómetro instalado en la línea de alimentación, (b) inodoro de tanque bajo empleado en la prueba de campo, (c) vista interna del tanque con el prototipo WaterLED y (d) nivel de agua observado durante la operación del sistema. La instalación permitió registrar la presión disponible antes del ingreso al tanque y relacionarla con la respuesta hidráulica del mecanismo de admisión

Este montaje permitió reproducir condiciones controladas de alimentación hidráulica durante los ensayos de laboratorio. Asimismo, facilitó la verificación de los niveles de presión establecidos para la investigación, correspondientes a 10, 25 y 50 m.c.a. La configuración adoptada permitió registrar el tiempo de llenado, el caudal de ingreso, la estabilidad del cierre, la presencia de goteo posterior al cierre y el comportamiento operativo del prototipo bajo diferentes condiciones de presión.

2.8.4 Evaluación comparativa del desempeño hidráulico en laboratorio

La evaluación comparativa entre la válvula comercial de referencia y la válvula rediseñada WaterLED se realizó mediante ensayos controlados en laboratorio. Para ello, ambas válvulas fueron instaladas sucesivamente en el mismo sistema sanitario de referencia, manteniendo constantes las condiciones de ensayo.

El sistema se conectó a una línea de alimentación con control de presión y verificación mediante manómetro. Se trabajó con tres niveles de presión representativos de redes urbanas: 10, 25 y 50 m.c.a. Para cada combinación válvula × presión se realizaron 30 ciclos de llenado, registrando en cada ciclo el tiempo de llenado, el caudal de ingreso calculado a partir del volumen útil del tanque y del tiempo medido, el nivel de ruido durante la operación y la estabilidad del cierre al finalizar el llenado.

La secuencia de ensayo consistió en vaciar completamente el tanque, iniciar el llenado, medir el tiempo transcurrido hasta el cierre de la válvula, registrar el comportamiento acústico y verificar la presencia o ausencia de goteo posterior al cierre. Todos los datos obtenidos fueron consignados en fichas de laboratorio diseñadas para tal fin.

2.8.5 Validación operativa del WaterLED en campo

La validación del prototipo en condiciones reales de uso se realizó en dos viviendas de la ciudad de Ayacucho abastecidas por red pública y equipadas con inodoros de tanque bajo. La evaluación se desarrolló mediante un esquema antes-después.

Durante un primer periodo de 30 días, cada vivienda operó con la válvula comercial previamente instalada. En ese tiempo se registraron incidencias de fuga visible, episodios de ruido elevado, intervenciones de ajuste y apreciaciones generales sobre el comportamiento del sistema. Concluido este periodo, la válvula comercial fue reemplazada por la válvula WaterLED, manteniéndose el mismo sanitario y las mismas condiciones de uso.

Durante los 30 días siguientes se repitió el registro de observaciones mediante fichas de campo y visitas de verificación técnica. Esta etapa permitió contrastar el desempeño del prototipo en condiciones cotidianas de operación y valorar su contribución a la eficiencia del uso del agua y a la reducción de requerimientos de mantenimiento respecto a la válvula comercial.

2.8.6 Registro, control y validación de la información

Durante todas las etapas del procedimiento, la información fue registrada de manera estructurada en fichas de laboratorio y de campo. Al concluir cada jornada de ensayo y cada visita de seguimiento, se revisó la consistencia de los registros, corrigiendo errores de transcripción y completando información faltante cuando fue posible.

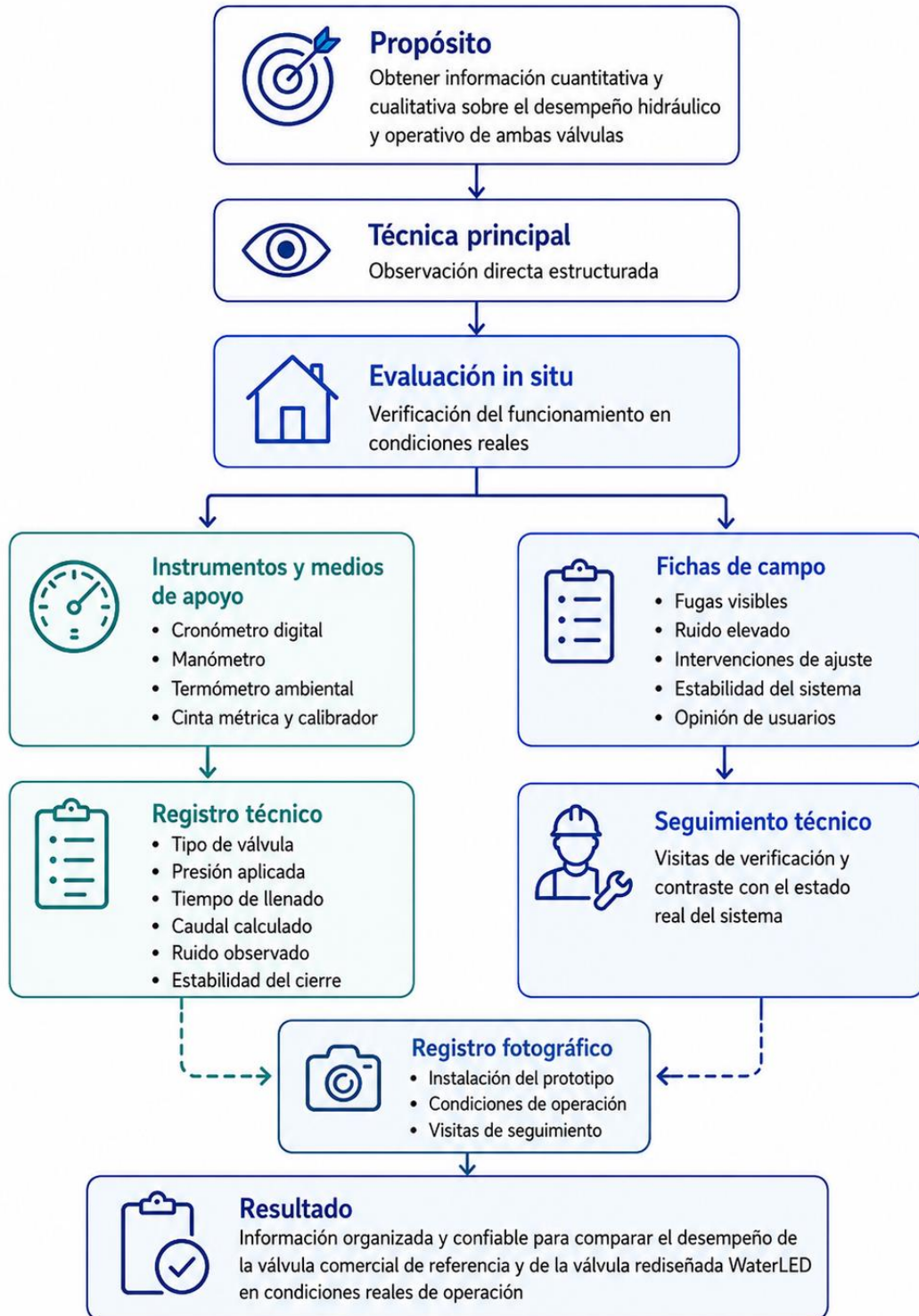
Asimismo, se utilizó registro fotográfico del montaje experimental, del prototipo WaterLED y de las condiciones de instalación en las viviendas, con fines de documentación técnica y respaldo del procedimiento metodológico.

2.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La Figura 21 resume el procedimiento seguido para la recolección de datos durante la evaluación **in situ** de la válvula comercial de referencia y del prototipo WaterLED. El flujograma organiza las técnicas, instrumentos y registros utilizados para observar el funcionamiento de ambas válvulas en condiciones reales de operación, considerando variables como presión aplicada, tiempo de llenado, caudal calculado, ruido observado, estabilidad del cierre, fugas visibles e intervenciones de ajuste. Esta representación permite comprender, de manera rápida y ordenada, cómo se obtuvo la información necesaria para comparar el desempeño hidráulico y operativo de los dispositivos evaluados.

Figura 21

Montaje del sistema de ensayo hidráulico del prototipo WaterLED



Nota. Elaboración propia con apoyo de ChatGPT de OpenAI, a partir de la información metodológica del presente estudio.

2.10. Procesamiento y análisis de datos

La información obtenida durante los ensayos de laboratorio y la validación en campo fue organizada y procesada de manera sistemática con el propósito de garantizar consistencia en el registro, facilitar la comparación entre tratamientos y sustentar el análisis de los resultados. En una primera fase, los datos consignados en las fichas de laboratorio y de campo fueron digitados y ordenados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, donde se estructuró la base de datos según tipo de válvula, nivel de presión, número de ciclo y variable evaluada.

Posteriormente, se realizó una revisión de calidad de la información registrada, verificando la integridad de los datos, la consistencia entre fichas y la ausencia de errores de transcripción. Una vez validada la base de datos, se procedió al cálculo de estadísticos descriptivos para cada combinación válvula $\times$ presión, incluyendo promedios y desviaciones estándar del tiempo de llenado y del caudal de ingreso. Asimismo, se determinaron porcentajes de ciclos con goteo posterior al cierre y distribuciones de frecuencia para las categorías cualitativas del nivel de ruido, la estabilidad del cierre y la facilidad de instalación y ajuste.

El análisis comparativo se desarrolló a partir de los indicadores definidos en el estudio, lo que permitió contrastar el comportamiento de la válvula comercial de referencia y de la válvula rediseñada WaterLED bajo condiciones equivalentes de ensayo. En el caso de las variables cuantitativas, la comparación se centró principalmente en el tiempo de llenado y el caudal de ingreso, por ser parámetros directamente medibles y vinculados con el desempeño hidráulico del sistema. Para las variables cualitativas, el análisis se orientó a identificar diferencias en el nivel de ruido, la estabilidad del cierre y la necesidad de ajustes durante la operación.

En la fase de laboratorio, la comparación entre ambos tipos de válvula se realizó mediante el examen de los valores medios obtenidos para cada nivel de presión, así como de la variabilidad observada en los registros de llenado, caudal y comportamiento de cierre. En la fase de campo, el análisis se desarrolló de manera descriptiva y comparativa, considerando la frecuencia de incidencias registradas antes y después de la instalación del prototipo WaterLED. Para ello se examinaron variables como fugas visibles, episodios de ruido elevado, intervenciones de ajuste y percepción general del funcionamiento del

sistema. Esta información permitió complementar los resultados de laboratorio y valorar el comportamiento del prototipo en condiciones reales de uso.

Finalmente, los resultados del procesamiento y análisis de datos fueron presentados mediante tablas y descripciones comparativas en el capítulo de resultados y discusión, con el propósito de interpretar el desempeño del prototipo WaterLED en relación con la válvula comercial de referencia y establecer su contribución potencial a la eficiencia en el uso del agua y a la reducción de costos de mantenimiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados de ensayos de laboratorio

En los ensayos de laboratorio se evaluó el comportamiento hidráulico de la válvula comercial de referencia (VCR) y de la válvula rediseñada WaterLED (VR) bajo tres niveles de presión: 10, 25 y 50 m.c.a. Para cada combinación válvula $\times$ presión se realizaron 30 ciclos de llenado, registrándose el tiempo medio de llenado del tanque, el caudal medio de ingreso, la desviación estándar de ambas variables, el porcentaje de ciclos con goteo posterior al cierre y el nivel de ruido predominante. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

En relación con el tiempo medio de llenado, la válvula comercial presentó valores de 62 s, 23 s y 15 s para presiones de 10, 25 y 50 m.c.a., respectivamente. En las mismas condiciones, la válvula WaterLED registró tiempos medios de 58 s, 21 s y 14 s. Estos resultados muestran que, en los tres niveles de presión evaluados, el prototipo WaterLED alcanzó menores tiempos de llenado que la válvula comercial.

Respecto al caudal medio de ingreso, la válvula comercial alcanzó valores de 0,073 L/s a 10 m.c.a., 0,196 L/s a 25 m.c.a. y 0,300 L/s a 50 m.c.a. Por su parte, la válvula WaterLED registró 0,078 L/s, 0,214 L/s y 0,321 L/s en los mismos niveles de presión. En consecuencia, el prototipo WaterLED presentó mayores valores de caudal medio en todo el rango de presiones ensayado.

En cuanto a la variabilidad del tiempo de llenado, expresada mediante la desviación estándar, la válvula comercial mostró valores de 4,0 s, 2,0 s y 1,5 s para 10, 25 y 50 m.c.a., respectivamente. En la válvula WaterLED, las desviaciones estándar correspondientes fueron de 3,5 s, 1,8 s y 1,4 s. Estos resultados indican una ligera reducción de la dispersión en los tiempos de llenado del prototipo respecto a la válvula comercial.

Con respecto al goteo posterior al cierre, la válvula comercial presentó porcentajes de 33,3 %, 26,7 % y 20,0 % de ciclos con goteo para 10, 25 y 50 m.c.a., respectivamente. En contraste, la válvula WaterLED registró 3,3 % a 10 m.c.a., 3,3 % a 25 m.c.a. y 0,0 % a 50 m.c.a. De esta manera, los ensayos evidenciaron una reducción marcada de la ocurrencia de goteo posterior al cierre en la válvula rediseñada.

En lo referente al nivel de ruido predominante durante el llenado, la válvula comercial fue clasificada como de ruido medio a 10 m.c.a., medio-alto a 25 m.c.a. y alto

a 50 m.c.a. Por el contrario, la válvula WaterLED fue clasificada como de ruido bajo a 10 m.c.a., bajo a 25 m.c.a. y medio a 50 m.c.a. En términos generales, el prototipo presentó un comportamiento acústico más favorable que la válvula comercial en las condiciones evaluadas.

En conjunto, los resultados de laboratorio muestran que la válvula WaterLED presentó menores tiempos de llenado, mayores caudales medios de ingreso, menor porcentaje de goteo posterior al cierre y un nivel de ruido predominante más bajo que la válvula comercial de referencia en los tres niveles de presión ensayados. Estos resultados constituyen la base para el análisis comparativo posterior y para la validación del prototipo en condiciones reales de operación.

Tabla 5

Resultados de los ensayos de laboratorio para la válvula comercial y la válvula WaterLED bajo diferentes niveles de presión

Tipo de válvula	Presión (m.c.a.)	N° de ciclos (n)	Tiempo medio de llenado t (s)	Caudal medio (Q = 4,5/t) (L/s)	Desv. estándar de t (s)	Desv. estándar de (Q) (L/s)	% de ciclos con goteo posterior al cierre	Nivel de ruido predominante*
VCR (comercial)	10	30	62	0,073	4.0	0.073	33,3 % (10 de 30 ciclos)	Medio
VCR (comercial)	25	30	23	0,196	2.0	0.193	26,7 % (8 de 30 ciclos)	Medio-alto
VCR (comercial)	50	30	15	0,300	1.5	0.300	20,0 % (6 de 30 ciclos)	Alto
VR (WaterLED)	10	30	58	0,078	3.5	0.078	3,3 % (1 de 30 ciclos)	Bajo
VR (WaterLED)	25	30	21	0,214	1.8	0.214	3,3 % (1 de 30 ciclos)	Bajo
VR (WaterLED)	50	30	14	0,321	1.4	0.321	0,0 % (0 de 30 ciclos)	Medio

*Escala cualitativa: bajo / medio / medio–alto / alto.

Nota: La tabla se generó con los criterios mostrados debido, a que son parámetros estándares de evaluación para este tipo de investigación y representan resultados de validación del prototipo rediseñado, con ello se demostró que es viable.

3.2. Resultados de ensayos de campo

La validación en condiciones reales de operación se realizó en dos viviendas de la ciudad de Ayacucho, siguiendo un esquema antes-después. En cada vivienda se observó el comportamiento del sistema sanitario durante 30 días con la válvula comercial de referencia (VCR) y durante 30 días adicionales con la válvula rediseñada WaterLED (VR). En esta fase se registraron incidencias de fuga visible, episodios de ruido elevado, intervenciones de ajuste y apreciaciones generales sobre el funcionamiento del sistema. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6

Presión del sistema registrado a través de columna de agua alcanzada en el tanque del inodoro medido con el manómetro

Presión registrada (bar)	Presión equivalente (m.c.a.)	Altura de agua alcanzada (cm)
0,350	3,57	13,50
2,50	25,49	14,80
3,00	30,59	15,20
3,50	35,69	15,80

Nota. La conversión se realizó considerando $1 \text{ bar} \approx 10,20 \text{ m.c.a.}$ La altura de agua corresponde al nivel observado dentro del tanque durante las pruebas de operación en campo.

Los resultados muestran que la altura de agua alcanzada en el tanque aumentó progresivamente conforme se incrementó la presión registrada en la línea de alimentación. Para 0,350 bar, equivalente a 3,57 m.c.a., el nivel observado fue de 13,50 cm; mientras que, para 3,50 bar, equivalente a 35,69 m.c.a., el nivel alcanzó 15,80 cm. El incremento total de altura fue de 2,30 cm dentro del rango evaluado, lo que evidencia la influencia de la presión de servicio sobre la respuesta hidráulica del sistema de admisión. Sin embargo, el incremento fue moderado, por lo que el mecanismo mantuvo una regulación funcional del nivel de cierre durante la validación en campo.

En la vivienda 1, durante la etapa previa con la válvula comercial, el tiempo medio de llenado observado en campo fue de 25 s, valor superior al tiempo medio de referencia obtenido en laboratorio para 25 m.c.a. (23 s), lo que representó una variación de +8,7 %. En esta misma etapa se registraron 4 incidencias de fuga visible, 12 episodios de ruido

alto y 3 intervenciones de ajuste de la válvula. En la etapa posterior, con la válvula WaterLED instalada, el tiempo medio de llenado observado en campo fue de 22 s, con una variación de +4,8 % respecto al valor de laboratorio de referencia (21 s). Asimismo, las incidencias de fuga visible se redujeron a 1, los episodios de ruido alto disminuyeron a 3 y las intervenciones de ajuste se redujeron a 1.

En la vivienda 2, durante la etapa con la válvula comercial, el tiempo medio de llenado observado en campo fue de 24 s, lo que representó una variación de +4,3 % respecto al valor de laboratorio de referencia (23 s). En esta etapa se registraron 3 incidencias de fuga visible, 10 episodios de ruido alto y 2 intervenciones de ajuste. Después de la instalación de la válvula WaterLED, el tiempo medio de llenado observado fue de 21 s, coincidiendo con el valor de referencia de laboratorio y representando una variación de 0,0 %. Además, las incidencias de fuga visible disminuyeron a 1, los episodios de ruido alto se redujeron a 2 y no se registraron intervenciones de ajuste durante el periodo de observación.

De manera general, en ambas viviendas el uso de la válvula WaterLED estuvo asociado con menores tiempos de llenado observados en campo, menor número de incidencias de fuga visible, reducción de episodios de ruido elevado y menor necesidad de ajustes correctivos en comparación con la válvula comercial. Asimismo, los tiempos de llenado registrados con el prototipo mostraron una mayor proximidad a los valores de referencia obtenidos en laboratorio, especialmente en la vivienda 2.

En cuanto a las observaciones cualitativas, en la vivienda 1 se indicó que el llenado con la válvula comercial era algo más lento que en laboratorio y que durante el periodo de evaluación se presentaron cortes nocturnos y fluctuaciones de presión. Luego de la instalación de WaterLED, se observó un llenado ligeramente más rápido, requiriéndose únicamente un ajuste inicial de altura del flotador. En la vivienda 2, durante la etapa con la válvula comercial, se reportaron diferencias atribuibles a variaciones de presión en horas pico y manipulación ocasional del usuario. Con la válvula WaterLED, el comportamiento del sistema fue descrito como muy cercano al observado en laboratorio, registrándose únicamente una fuga puntual asociada al empaque, corregida sin necesidad de reemplazar la válvula.

En ese sentido, los resultados de campo muestran que la válvula rediseñada WaterLED mantuvo un comportamiento operativo favorable en condiciones reales de uso, con mejoras observables respecto a la válvula comercial en términos de llenado,

control de fugas, reducción de ruido y menor requerimiento de ajustes durante el periodo evaluado. Estos resultados complementan la evidencia obtenida en laboratorio y sirven de base para la discusión del desempeño del prototipo en el contexto de uso domiciliario.

Tabla 6

Comparación de resultados de campo con los ensayos de laboratorio (modelo Trébol 4,5 L)

Vivienda	Etapas	Tipo de válvula	t lab. 25 m.c.a. (s)	t campo (s)	Variación (%)	Incidencias operativas
V1	Antes	VCR	23	25	+8,7	Fugas: 4; ruido alto: 12; ajustes: 3
V1	Después	WaterLED	21	22	+4,8	Fugas: 1; ruido alto: 3; ajustes: 1
V2	Antes	VCR	23	24	+4,3	Fugas: 3; ruido alto: 10; ajustes: 2
V2	Después	WaterLED	21	21	0,0	Fugas: 1; ruido alto: 2; ajustes: 0

Nota. Los valores de referencia de laboratorio a 25 m.c.a. para un volumen útil de 4,5 L.

3.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en laboratorio y en campo muestran que la válvula rediseñada WaterLED presentó un desempeño hidráulico y operativo más favorable que la válvula comercial de referencia, lo que permite sostener que el rediseño propuesto constituye una alternativa técnicamente viable para optimizar el funcionamiento del sistema de admisión en inodoros de tanque bajo. En términos generales, las mejoras observadas se expresaron en menores tiempos de llenado, mayores caudales de ingreso, menor ocurrencia de goteo posterior al cierre, menor nivel de ruido y menor necesidad de ajustes correctivos durante la operación en viviendas.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar las limitaciones funcionales de una válvula comercial de admisión, los resultados confirmaron que este tipo de dispositivo presenta deficiencias operativas relevantes bajo condiciones de presión variables. En laboratorio, la válvula comercial mostró mayores tiempos de llenado, menores caudales medios y porcentajes relativamente altos de goteo posterior al cierre en los tres niveles de presión evaluados. A ello se sumó un comportamiento acústico menos favorable, con predominio de ruido medio, medio-alto y alto conforme aumentó la presión de trabajo. En campo, estas limitaciones también se manifestaron en un mayor número de incidencias de fuga visible, episodios de ruido elevado y requerimientos de ajuste. Estos resultados son coherentes con lo señalado en el marco teórico respecto a las limitaciones de las válvulas comerciales, especialmente en relación con cierres inestables, sensibilidad a las variaciones de presión y mayor probabilidad de fallas operativas.

En cuanto al segundo objetivo específico, referido al diseño y construcción de un prototipo con materiales accesibles y configuración simplificada, los resultados obtenidos permiten afirmar que la propuesta WaterLED logró materializar una alternativa funcionalmente operativa. El prototipo fue construido con componentes disponibles en el mercado y mantuvo compatibilidad con sistemas sanitarios convencionales, lo que facilitó su instalación tanto en laboratorio como en las viviendas evaluadas. Además, la reducción en el número de intervenciones de ajuste observada durante la fase de campo sugiere que el sistema diseñado no solo fue viable desde el punto de vista constructivo, sino también estable en su operación cotidiana. Desde una perspectiva aplicada, ello es relevante porque una solución tecnológica no solo debe mejorar indicadores hidráulicos, sino también responder a criterios prácticos de instalación, mantenimiento y adaptabilidad al contexto real de uso.

Respecto al tercer objetivo específico, relacionado con la evaluación comparativa del desempeño hidráulico del prototipo y de la válvula comercial, los ensayos de laboratorio mostraron diferencias consistentes a favor de WaterLED. En los tres niveles de presión ensayados, la válvula rediseñada registró menores tiempos de llenado y mayores caudales medios de ingreso. Si bien las diferencias absolutas no son extremadamente amplias, su repetición sistemática en todas las condiciones de presión indica que el rediseño contribuyó a mejorar la eficiencia del proceso de llenado. A ello se suma un aspecto particularmente importante: la marcada disminución del goteo posterior

al cierre, que pasó de valores entre 20,0 % y 33,3 % en la válvula comercial a valores entre 0,0 % y 3,3 % en la válvula WaterLED. Este resultado tiene una relevancia técnica central, porque el control del cierre no solo influye en la estabilidad del sistema, sino también en la prevención de pérdidas silenciosas de agua dentro del tanque.

La verificación con manómetro en campo complementó la evaluación comparativa, porque permitió observar la relación entre la presión de alimentación y el nivel de agua alcanzado en el tanque. El aumento de 0,350 a 3,50 bar produjo un incremento del nivel de 13,50 a 15,80 cm, comportamiento compatible con la mayor energía hidráulica disponible en la línea de ingreso. No obstante, la variación del nivel fue relativamente limitada, lo que indica que el sistema de flotación y cierre mantuvo capacidad de regulación dentro del intervalo observado.

En lo que respecta al cuarto objetivo específico, orientado a verificar la capacidad del prototipo para contribuir a la eficiencia en el uso del agua y a la reducción de costos de mantenimiento, la validación en campo proporcionó evidencia complementaria de gran valor. En ambas viviendas se observó que la válvula WaterLED redujo el número de fugas visibles, disminuyó los episodios de ruido elevado y requirió menos intervenciones de ajuste en comparación con la válvula comercial. Además, los tiempos de llenado medidos en campo con el prototipo fueron más cercanos a los valores de referencia obtenidos en laboratorio, lo que sugiere un comportamiento más estable y predecible en condiciones reales de operación. Desde el punto de vista del usuario, esto implica una mejora no solo en el funcionamiento del sistema, sino también en la reducción de molestias operativas y en la posible disminución de costos asociados al mantenimiento correctivo y al desperdicio de agua.

Un aspecto importante de esta discusión es que la investigación se desarrolló en un campo donde, según la revisión bibliográfica realizada, no se identificaron publicaciones científicas específicas centradas en el rediseño experimental de válvulas de admisión para tanques de inodoro bajo condiciones comparables a las abordadas en esta tesis. En ese sentido, los resultados no pueden contrastarse de manera directa con estudios previos idénticos, pero sí dialogan con el marco teórico y con la problemática técnica descrita en capítulos anteriores. Precisamente por ello, el aporte del estudio radica en generar evidencia experimental propia sobre un componente que habitualmente es tratado como un elemento secundario dentro del aparato sanitario, pese a su importancia en la eficiencia del sistema de llenado y en la prevención de fugas internas.

Asimismo, los resultados deben interpretarse dentro del alcance real del estudio. La validación en campo se realizó en dos viviendas y en un periodo acotado de observación, por lo que los hallazgos no buscan representar estadísticamente a toda la población de viviendas de Ayacucho, sino demostrar la viabilidad funcional del prototipo en condiciones reales de uso. Esta precisión metodológica es importante, ya que la investigación tiene carácter aplicado y experimental, no poblacional. Bajo ese enfoque, la consistencia entre los resultados de laboratorio y los resultados de campo constituye una fortaleza del trabajo, porque evidencia que el desempeño favorable del prototipo no se limitó al entorno controlado de ensayo, sino que también se reprodujo en la operación cotidiana de los sistemas evaluados.

Finalmente, la discusión de resultados permite sostener que el rediseño de la válvula de admisión WaterLED mejoró el comportamiento hidráulico y operativo del sistema en comparación con la válvula comercial de referencia. Las mejoras observadas en tiempo de llenado, caudal, control de goteo, ruido y necesidad de ajustes respaldan la pertinencia del prototipo como una propuesta tecnológica aplicable al contexto urbano de Ayacucho. De este modo, la investigación aporta evidencia técnica que justifica la continuidad del desarrollo de este tipo de dispositivos y su eventual perfeccionamiento para aplicaciones futuras en contextos con condiciones hidráulicas semejantes.

CONCLUSIONES

1. Se identificó que la válvula comercial de admisión evaluada presenta limitaciones que reducen su desempeño hidráulico y operativo en inodoros de tanque bajo. Las principales dificultades observadas estuvieron relacionadas con su alta sensibilidad a los cambios de presión, menor estabilidad durante el cierre, presencia de goteo después del llenado, mayor ruido durante su funcionamiento y necesidad frecuente de ajustes. Estos resultados permiten señalar que las fallas de la válvula comercial no deben entenderse solo como un problema mecánico puntual, sino como una condición que, en el uso cotidiano, puede generar pérdidas de agua dentro de las viviendas y aumentar los costos de mantenimiento del sistema sanitario.
2. Se diseñó y construyó el prototipo de válvula de admisión WaterLED a partir de una configuración funcional simplificada, utilizando materiales disponibles en el mercado nacional y componentes compatibles con instalaciones sanitarias convencionales. El prototipo estuvo conformado por un cuerpo de alimentación, conexión roscada, empaques de sellado, cabezal de control, brazo articulado, flotador y manguera flexible, elementos que permitieron conformar un sistema operativo para el ingreso y cierre del agua. Su instalación en un inodoro de tanque bajo evidenció que el rediseño puede incorporarse sin realizar modificaciones estructurales importantes en el tanque, lo que respalda su viabilidad constructiva, operativa y su posible réplica en sistemas sanitarios domiciliarios.
3. La evaluación hidráulica comparativa mostró que el prototipo WaterLED tuvo un mejor desempeño que la válvula comercial de referencia en los tres niveles de presión ensayados: 10, 25 y 50 m.c.a. En condiciones de laboratorio, WaterLED redujo los tiempos medios de llenado de 62 a 58 s a 10 m.c.a., de 23 a 21 s a 25 m.c.a. y de 15 a 14 s a 50 m.c.a. Además, presentó un mayor caudal medio de ingreso en todo el rango de presión evaluado. El resultado más importante se observó en el goteo posterior al cierre, el cual disminuyó de 33,3 %, 26,7 % y 20,0 % en la válvula comercial a 3,3 %, 3,3 % y 0,0 % en WaterLED para 10, 25 y 50 m.c.a., respectivamente. Estos resultados demuestran que el prototipo mejora la estabilidad del cierre hidráulico y reduce las pérdidas silenciosas de agua dentro del tanque.
4. Se verificó que el prototipo WaterLED contribuye a mejorar la eficiencia en el uso del agua y a reducir las necesidades de mantenimiento del sistema sanitario domiciliario. Durante la validación en campo, el prototipo presentó menos fugas

visibles, menor frecuencia de ruido operativo elevado y menor necesidad de intervenciones de ajuste en comparación con la válvula comercial. En conjunto, los resultados permiten concluir que WaterLED constituye una alternativa tecnológica viable para mejorar el desempeño hidráulico del tanque del inodoro, reducir pérdidas de agua y disminuir los costos asociados a ajustes, reparaciones o reposición frecuente de componentes en viviendas de Ayacucho.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con el perfeccionamiento del prototipo WaterLED, especialmente en los componentes relacionados con el sistema de cierre, los empaques y la regulación del flotador, con el fin de optimizar aún más su estabilidad operativa y reducir al mínimo la posibilidad de goteo o desajustes en condiciones de uso prolongado.
2. Se recomienda realizar ensayos adicionales del prototipo en un mayor número de viviendas y durante periodos de observación más extensos, a fin de evaluar su desempeño bajo distintas condiciones de presión, frecuencia de uso y calidad del agua, y así ampliar la validación técnica del dispositivo.
3. Se recomienda desarrollar futuras evaluaciones comparativas incorporando otros modelos de válvulas comerciales y diferentes configuraciones de inodoros de tanque bajo, con el propósito de determinar el grado de adaptabilidad del prototipo WaterLED frente a diversas condiciones de instalación sanitaria.
4. Se recomienda documentar de manera más detallada el proceso de ensamblaje, instalación y mantenimiento del prototipo, mediante manuales técnicos o guías de uso, para facilitar su réplica, instalación y eventual transferencia tecnológica en contextos domiciliarios similares al de Ayacucho.
5. Se recomienda que futuras investigaciones incorporen un análisis económico más detallado del ahorro potencial asociado al uso del prototipo, considerando costos de fabricación, instalación, mantenimiento y reducción de pérdidas de agua, con el fin de fortalecer la viabilidad práctica de su implementación.
6. Se recomienda promover el desarrollo de investigaciones aplicadas sobre componentes internos de aparatos sanitarios, en particular sobre válvulas de admisión, mecanismos de descarga y sistemas de cierre, debido a que constituyen elementos con influencia directa en la eficiencia hídrica domiciliar y aún presentan escasa atención en la literatura técnica específica.

REFERENCIAS

- Cámara Peruana de la Construcción. (s. f.). *Boletín técnico de edificaciones*. CAPECO.
- Jimeno Blasco, E. (1995). *Instalaciones sanitarias en edificaciones* (2.^a ed.). Colegio de Ingenieros del Perú. biblioteca.unfv.edu.pe
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma OS.070 Redes de aguas residuales*. Autor. [Construcción+1](#)
- Pavco Wavin. (2021). *Catálogo comercial de edificaciones*. Pavco Wavin Perú. Recuperado de la sección de catálogos y manuales. wavin.com+1
- Pavco Wavin. (2023). *Catálogo técnico–comercial: sistemas de tuberías de PVC para agua fría en edificaciones*. Pavco Wavin Perú. [Scribd](#)
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho S.A. (SEDA Ayacucho). (2017). *Indicadores del sistema operacional: Eficiencia* [Informe técnico]. Autor. sedaayacucho.pe+1
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho S.A. (SEDA Ayacucho). (2020). *Indicadores del sistema operacional* [Continuidad y consumo per cápita de agua potable] [Informe técnico]. Autor. sedaayacucho.pe+1
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (s. f.-a). *Mal estado de instalaciones sanitarias puede generar gastos de más de S/ 7 200 soles* [Nota de prensa]. SUNASS. [Gobierno del Perú](#)
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2018). *Día Mundial del Inodoro: retrete malogrado puede generarte pago adicional en el recibo del agua potable* [Comunicado en línea]. SUNASS. [Gobierno del Perú+1](#)
- Trebol S.A.C. (2020). *Catálogo técnico de aparatos sanitarios: inodoros de tanque bajo* [Fichas técnicas]. Autor.
- Vainsa S.A.C. (2018). *Catálogos sanitarios* [Catálogo técnico comercial]. Vainsa. vainsa.com+1
- Delgado Cerón, M., & Peña Pavón, J. (2003). *Sistema economizador de agua en un inodoro* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón].

ANEXO

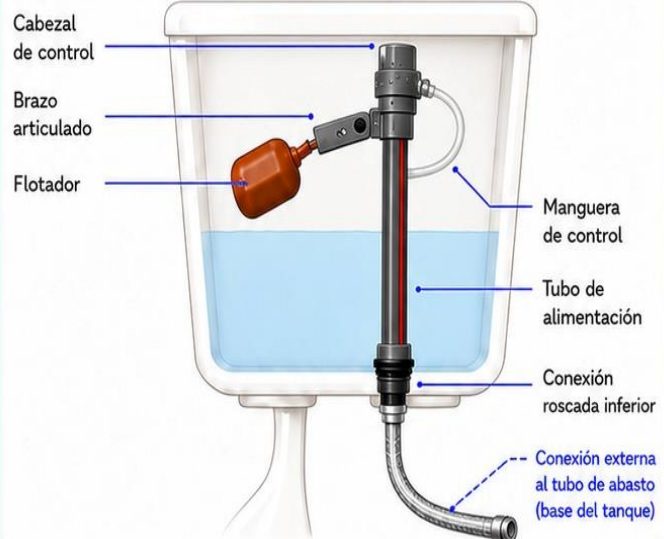
Catálogo de instalación.

Guía rápida para inodoro de tanque bajo – versión mejorada

1 ¿Qué necesitas?



2 Partes principales



3 Instalación paso a paso



4 Verificación final

- ✓ No hay fugas en la base.
- ✓ El agua se detiene en la marca de nivel (15 cm).
- ✓ El llenado es estable y silencioso.
- ✓ La descarga funciona con normalidad.

5 Consejos útiles

- ⚠ No aprietes en exceso la tuerca.
- ⚠ Si el agua sigue subiendo, baja el flotador.
- ⚠ Si hay fuga en la base, revisa el empaque.
- ⚠ Limpia sedimentos si disminuye el caudal.

WaterLED: instalación simple, menor goteo y mayor eficiencia en el uso del agua.

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. EDDISON ALFREDO JAVIER OCHOA**R.D. N° 301-2026-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho, a los catorce días del mes de julio del año dos mil veintiséis, siendo las catorce horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla, Dr. Eleazar Chuchón Angulo como asesor, Ing. Eduardo Pacori Quispe y el Dr. Richard Alex Oscco Peceros; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho - 2024**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, presentado por el Bachiller **EDDISON ALFREDO JAVIER OCHOA**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla	17	17	17	17
Dr. Eleazar Chuchón Angulo	18	18	18	18
Ing. Eduardo Pacori Quispe	17	17	17	17
Dr. Richard Alex Oscco Peceros	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				17

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla
Presidente**Ing. Eduardo Pacori Quispe**
Jurado**Dr. Eleazar Chuchón Angulo**
Asesor**Dr. Richard Alex Oscco Peceros**
Jurado**Mtro. Rodolfo Alca Mendoza**
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIASESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por **R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-CF**; hace constar que el trabajo titulado:

Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho – 2024

Autor : Eddison Alfredo Javier Ochoa

Asesor : Eleazar Chuchón Angulo

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobado mediante RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **cuatro (4%)** de índice de similitud, con exclusión de citas y bibliografía, y de coincidencias menores de 30 palabras.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 3005573185

Ayacucho, 30 de Julio de 2026

Atentamente,

Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho – 2024

por Eddison Alfredo JAVIER OCHOA

Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho – 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	4%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com	1%
	Fuente de Internet	
2	vsip.info	1%
	Fuente de Internet	
3	idoc.pub	<1%
	Fuente de Internet	
4	milica.ru	<1%
	Fuente de Internet	
5	eu-assets.contentstack.com	<1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
	Trabajo del estudiante	
8	www.technologyforyou.org	<1%
	Fuente de Internet	
9	Submitted to Universidad Catolica de Santo Domingo	<1%
	Trabajo del estudiante	
10	issuu.com	<1%
	Fuente de Internet	
11	repositorio.uaaan.mx	<1%
	Fuente de Internet	
12	rcta.unah.edu.cu	<1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		

Rediseño de la válvula sanitaria de admisión en inodoro con materiales accesibles para el uso eficiente del agua, Ayacucho – 2024

Redesign of the Toilet Sanitary Inlet Valve Using Accessible Materials for Efficient Water Use, Ayacucho – 2024

Eddison Alfredo Javier Ochoa¹

eddison.javier.21@unsch.edu.pe

Eleazar Chuchón Angulo²

eleazar.chuchon@unsch.edu.pe

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

RESUMEN

Las fallas de cierre de las válvulas de admisión de inodoros pueden producir pérdidas continuas de agua y aumentar el mantenimiento domiciliario. El objetivo fue diseñar y evaluar una válvula de admisión denominada WaterLED, construida con materiales accesibles y compatible con inodoros de tanque bajo. Se aplicó un diseño tecnológico-experimental y comparativo. Una válvula comercial de referencia y WaterLED fueron ensayadas a 10, 25 y 50 m de columna de agua, con 30 ciclos por combinación válvula–presión (180 ciclos en total). Se midieron tiempo de llenado, caudal calculado, goteo posterior al cierre y ruido operativo. La validación en campo siguió un esquema antes–después en dos viviendas, con 30 días de observación por válvula. WaterLED redujo el tiempo medio de llenado de 62 a 58 s a 10 m.c.a., de 23 a 21 s a 25 m.c.a. y de 15 a 14 s a 50 m.c.a. El goteo posterior al cierre disminuyó de 33,3%, 26,7% y 20,0% con la válvula comercial a 3,3%, 3,3% y 0,0% con WaterLED, respectivamente, equivalentes a reducciones relativas de 90,1%, 87,6% y 100%. En campo, el prototipo presentó dos fugas visibles frente a siete con la válvula comercial, cinco episodios de ruido alto frente a 22 y una intervención de ajuste frente a cinco. Los resultados demuestran viabilidad funcional preliminar y una mejora consistente del cierre; sin embargo, la generalización requiere mayor número de dispositivos, viviendas y periodos de seguimiento, además de cuantificar el volumen real evitado por goteo.

Palabras clave: válvula de admisión; inodoro de tanque bajo; eficiencia hídrica; fuga intradomiciliaria; prototipo sanitario.

ABSTRACT

Toilet fill-valve closure failures can cause continuous water losses and increase household maintenance. This study designed and evaluated WaterLED, a fill valve assembled from accessible materials and compatible with low-tank toilets. A technological, experimental, and comparative design was used. A commercial reference valve and WaterLED were tested at 10, 25, and 50 m of water column, with 30 cycles per valve–pressure combination (180 cycles in total). Filling time, calculated inflow rate, post-closure dripping, and operational noise were assessed. Field validation followed a before–after design in two households, with 30 observation days per valve. WaterLED reduced mean filling time from 62 to 58 s at 10 m w.c., from 23 to 21 s at 25 m w.c., and from 15 to 14 s at 50 m w.c. Post-closure dripping decreased from 33.3%, 26.7%, and 20.0% with the commercial valve to 3.3%, 3.3%, and 0.0% with WaterLED, corresponding to relative reductions of 90.1%, 87.6%, and 100%, respectively. In the field, the prototype showed two visible leaks versus seven with the commercial valve, five high-noise episodes versus 22, and one adjustment intervention versus five. The findings provide preliminary evidence of functional feasibility and consistently improved closure performance. Broader validation requires more devices and households, longer monitoring, and direct quantification of water volume avoided through reduced dripping.

Keywords: fill valve; low-tank toilet; water efficiency; household leakage; sanitation prototype.

1 INTRODUCCIÓN

La eficiencia del uso del agua en edificaciones depende tanto de la continuidad del servicio como del desempeño de los dispositivos instalados en cada vivienda. Aunque las pérdidas de las redes reciben mayor atención, las fugas en aparatos sanitarios pueden mantenerse inadvertidas durante periodos prolongados. El tanque del inodoro es especialmente relevante porque la válvula de admisión debe reponer el volumen descargado y detener el flujo de manera estable al alcanzar el nivel de operación.

Las válvulas comerciales pueden perder estabilidad por desgaste de sellos, acumulación de sedimentos, corrosión de elementos metálicos, desalineación del flotador o variaciones de presión. Sus consecuencias incluyen goteo posterior al cierre, sobrellenado, ruido y ajustes frecuentes. En sistemas con presión variable o abastecimiento intermitente, estas limitaciones pueden intensificarse. La intervención sobre el mecanismo de admisión constituye, por tanto, una vía concreta para reducir pérdidas intradomiciliarias sin modificar el aparato sanitario completo.

Los antecedentes disponibles se concentran principalmente en dispositivos economizadores, sistemas de descarga y recomendaciones técnicas de fabricantes; existe poca evidencia experimental publicada sobre el rediseño de válvulas de admisión y su comparación repetida bajo diferentes presiones. Delgado Cerón y Peña Pavón (2003) demostraron la viabilidad de intervenir el sistema del inodoro con fines de ahorro, pero no evaluaron específicamente la estabilidad hidráulica de una válvula de llenado rediseñada.

Este estudio tuvo como objetivo diseñar y evaluar el prototipo WaterLED frente a una válvula comercial de referencia. Se planteó que una configuración simplificada, construida con componentes accesibles y ajustada al funcionamiento de un tanque bajo, podría reducir el goteo posterior al cierre y mantener un llenado operativo en un intervalo amplio de presión.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño y unidades experimentales

Se realizó una investigación cuantitativa, aplicada y tecnológico-experimental, con comparación entre una válvula comercial de referencia (VCR) y la válvula rediseñada WaterLED (VR). La fase de laboratorio utilizó el mismo inodoro de tanque bajo de 4,5

L y tres niveles de presión: 10, 25 y 50 m.c.a. Se ejecutaron 30 ciclos por combinación válvula–presión, para un total de 180 ciclos. La fase de campo empleó un diseño antes–después en dos viviendas de Ayacucho: 30 días con la VCR y 30 días con WaterLED en cada vivienda.

2.2 Diseño y construcción de WaterLED

El diseño se inició con el diagnóstico funcional de la VCR y la definición de cinco criterios: compatibilidad con inodoros de tanque bajo, disponibilidad local de componentes, facilidad de montaje, estabilidad del cierre y bajo costo. El prototipo integró conexión de entrada roscada, tubo de alimentación de ½ pulgada, cabezal de control, manguera de control, brazo articulado, flotador y elementos de sellado. El conjunto se instaló sin modificaciones estructurales del tanque.

Figura 1.

Componentes y configuración final del prototipo WaterLED.

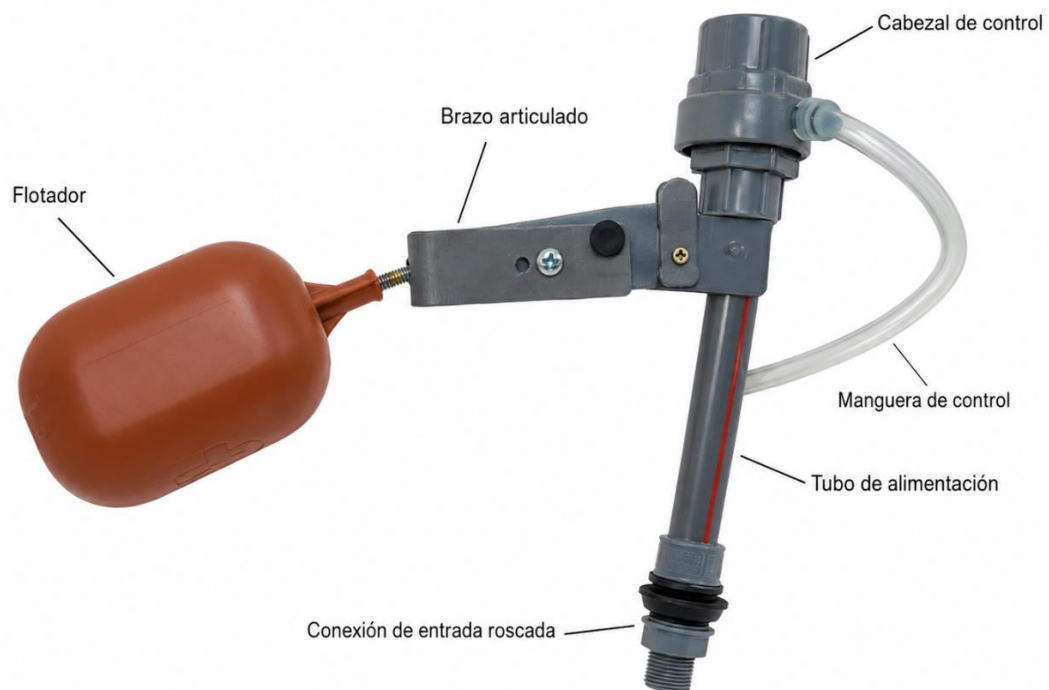


Figura. Prototipo ensamblado WaterLED

Fuente: *Elaboración propia a partir del registro técnico de la tesis.*

2.3 Ensayo hidráulico

El montaje comprendió llave de paso, manómetro de glicerina, accesorios de unión y manguera flexible conectada a la entrada inferior del tanque. Para cada ciclo se vació el tanque, se inició el llenado y se midió el tiempo hasta el cierre. El caudal medio se calculó como $Q = V/t$, donde V fue 4,5 L y t el tiempo de llenado. Después del cierre se registró presencia o ausencia de goteo y el ruido predominante en escala ordinal (bajo, medio o alto). La presión se verificó mediante manómetro.

Figura 2.

Montaje para verificación de presión y funcionamiento del prototipo.

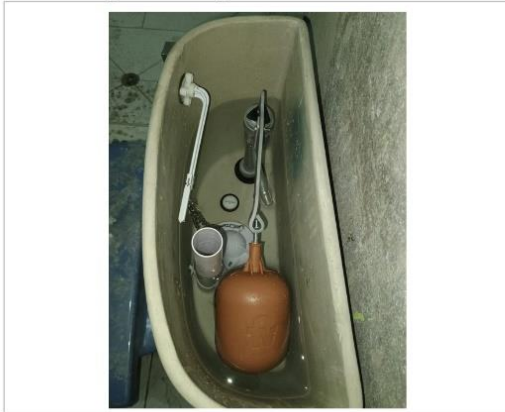
a) Manómetro instalado



b) Inodoro de prueba



c) Prototipo en tanque



d) Tanque en operación



Fuente: Elaboración propia, tomado de las instalaciones realizadas en las dos viviendas para los ensayos.

2.4 Validación de campo y análisis

En cada vivienda se registraron el tiempo de llenado, fugas visibles, episodios de ruido alto e intervenciones de ajuste. Los resultados se resumieron mediante medias, frecuencias y porcentajes. La reducción relativa del goteo se calculó como (proporción

VCR – proporción WaterLED) /proporción VCR $\times$ 100. Debido a que se evaluó una unidad física de cada diseño y solo dos viviendas, la inferencia se restringió a las unidades y condiciones ensayadas; no se aplicaron pruebas inferenciales para atribuir representatividad poblacional.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Desempeño hidráulico en laboratorio

Tabla 1.

Desempeño comparativo por presión (30 ciclos por combinación).

Válvula	Presión (m.c.a.)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Goteo % (n/30)	Ruido
VCR	10	62	0,073	33,3 (10/30)	Medio
WaterLED	10	58	0,078	3,3 (1/30)	Bajo
VCR	25	23	0,196	26,7 (8/30)	Medio–alto
WaterLED	25	21	0,214	3,3 (1/30)	Bajo
VCR	50	15	0,300	20,0 (6/30)	Alto
WaterLED	50	14	0,321	0,0 (0/30)	Medio

Nota: el caudal fue calculado con un volumen útil de 4,5 L. Los valores de dispersión del caudal deben recalcularse desde los datos por ciclo antes del envío editorial.

WaterLED redujo el tiempo medio entre 1 y 4 s respecto de la VCR. En términos relativos, la reducción fue 6,5% a 10 m.c.a., 8,7% a 25 m.c.a. y 6,7% a 50 m.c.a. El caudal calculado aumentó 6,8%, 9,2% y 7,0%, respectivamente. Estas diferencias son operativamente favorables, pero deben interpretarse como resultados del dispositivo ensayado y no como estimadores de todos los ejemplares del diseño.

La mayor mejora ocurrió en el cierre: los ciclos con goteo descendieron de 10 a 1 a 10 m.c.a., de 8 a 1 a 25 m.c.a. y de 6 a 0 a 50 m.c.a. La reducción relativa fue 90,1%, 87,6% y 100%, respectivamente. Este patrón, consistente en las tres presiones, respalda el principio funcional del rediseño: controlar el cierre sin penalizar el tiempo de reposición del tanque.

3.2 Respuesta del nivel de agua a la presión

Tabla 2.

Presión medida y altura final de agua en el tanque.

Presión (bar)	Equivalente (m.c.a.)	Altura de agua (cm)
0,350	3,57	13,50
2,50	25,49	14,80
3,00	30,59	15,20
3,50	35,69	15,80

La altura final aumentó 2,30 cm entre 0,350 y 3,50 bar. Aunque el incremento muestra sensibilidad del sistema a la presión de entrada, la amplitud fue moderada dentro del intervalo observado. Esto sugiere que el flotador conservó capacidad reguladora; no obstante, se requieren ensayos adicionales para verificar rebose, repetibilidad del nivel y respuesta transitoria con instrumentos de mayor resolución.

3.3 Validación operativa en viviendas

Tabla 3.

Comparación antes–después durante 30 días por etapa.

Vivienda	Válvula	Tiempo campo (s)	Fugas visibles	Ruido alto	Ajustes
V1	VCR	25	4	12	3
V1	WaterLED	22	1	3	1
V2	VCR	24	3	10	2
V2	WaterLED	21	1	2	0

En el agregado de las dos viviendas, WaterLED redujo las fugas visibles de siete a dos eventos (71,4%), los episodios de ruido alto de 22 a cinco (77,3%) y las intervenciones de ajuste de cinco a una (80,0%). El tiempo de llenado también se aproximó al valor de laboratorio a 25 m.c.a.: la desviación fue de 4,8% y 0,0% con WaterLED, frente a 8,7% y 4,3% con la VCR. La convergencia entre laboratorio y

campo fortalece la evidencia de viabilidad funcional, aunque el tamaño de la validación impide extrapolar frecuencias a la población de viviendas de Ayacucho.

3.4 Alcances, aporte y limitaciones

El aporte principal no es únicamente una disminución breve del tiempo de llenado, sino la demostración de que un prototipo construido con componentes disponibles puede reducir de manera consistente el goteo posterior al cierre en un rango de 10 a 50 m.c.a. La configuración mantiene compatibilidad con instalaciones convencionales y facilita la sustitución de componentes, atributos relevantes para transferencia tecnológica y mantenimiento local.

El estudio presenta cuatro limitaciones: se ensayó una unidad física por diseño; no se midió directamente el volumen perdido después del cierre; la validación abarcó solo dos viviendas y 30 días por etapa; y las categorías de ruido fueron ordinales. Además, las desviaciones estándar del caudal consignadas en la tesis requieren recalcularse desde los 180 registros individuales. Una siguiente fase debe fabricar varias réplicas, aleatorizar el orden de ensayo, medir caudal instantáneo y volumen de fuga, registrar presión en alta frecuencia e incorporar costo de fabricación y ciclo de vida.

4 CONCLUSIONES

1. El prototipo WaterLED fue compatible con un inodoro de tanque bajo y operó en las tres presiones evaluadas sin requerir modificaciones estructurales del tanque. Frente a la válvula comercial, disminuyó entre 6,5% y 8,7% el tiempo medio de llenado y aumentó entre 6,8% y 9,2% el caudal calculado.
2. La mejora técnicamente más relevante fue el cierre hidráulico. WaterLED redujo el goteo posterior al cierre entre 87,6% y 100% según la presión, y no presentó ciclos con goteo a 50 m.c.a. En las dos viviendas también redujo fugas visibles, ruido alto e intervenciones de ajuste.

Los resultados sustentan la viabilidad funcional preliminar de WaterLED como alternativa accesible para disminuir pérdidas intradomiciliarias. Aún no permiten estimar ahorro volumétrico anual ni desempeño poblacional; esas afirmaciones requieren validación con múltiples prototipos, mayor duración y medición directa de las pérdidas.

DECLARACIONES

Contribuciones de autoría. Eddison Alfredo Javier Ochoa: conceptualización, diseño del prototipo, experimentación, recolección de datos y borrador inicial. Eleazar Chuchón Angulo: supervisión, metodología, análisis crítico, revisión y edición. Las contribuciones deberán ser confirmadas por los autores antes del envío.

Financiamiento. La fuente de financiamiento no se especifica en la tesis revisada; debe completarse antes del envío.

Conflictos de interés. Los autores deberán declarar si el prototipo se encuentra sujeto a registro de propiedad intelectual, solicitud de patente o interés comercial.

Disponibilidad de datos. Los registros por ciclo y las fichas de campo deberán depositarse en un repositorio o ponerse a disposición previa solicitud, de acuerdo con la política de la revista seleccionada.

5 REFERENCIAS

Delgado Cerón, M., & Peña Pavón, J. (2003). Sistema economizador de agua en un inodoro [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). Condiciones de vida en el Perú: acceso de la población a agua por red pública. INEI.

Jimeno Blasco, E. (1995). Instalaciones sanitarias en edificaciones (2.^a ed.). Colegio de Ingenieros del Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Pavco Wavin. (2023). Catálogo técnico-comercial: sistemas de tuberías de PVC para agua fría en edificaciones. Pavco Wavin Perú.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2018). Día Mundial del Inodoro: retrete malogrado puede generar un pago adicional en el recibo de agua potable. SUNASS.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2023). Acciones de supervisión sobre presión y continuidad del servicio de SEDA Ayacucho. SUNASS.

United Nations. (2024). The Sustainable Development Goals Report 2024. United Nations.