AUSTRAL

# INSTALACIONES SANITARIAS: SISTEMA DIRECTO

ISBN: 978-9915-720-06-7

**ESCRITO POR:** Edgar Gustavo Sparrow Alamo-Juan Miguel De La Torre Ostos-Sharon Tatiana Asencio Mejia-Joel Alejandro Quezada Castillo-Juana Maribel Lavado Enriquez-Henry Joseph Del Castillo Villacorta

# Instalaciones sanitarias: sistema directo

**Autores:** Edgar Gustavo Sparrow Alamo; Juan Miguel De La Torre Ostos; Sharon Tatiana Asencio Mejia; Joel Alejandro Quezada Castillo; Juana Maribel Lavado Enriquez; Henry Joseph Del Castillo Villacorta

© 2026, **Editorial Austral SRL**, Puntas de Santiago 1694, 11500, Montevideo, Departamento de Montevideo, Uruguay **Página web: www.editorialaustral.com**

© 2026, Edgar Gustavo Sparrow Alamo, Juan Miguel De La Torre Ostos, Sharon Tatiana Asencio Mejia, Joel Alejandro Quezada Castillo, Juana Maribel Lavado Enriquez, Henry Joseph Del Castillo Villacorta

**ISBN (PDF):** 978-9915-720-06-7

**Persistent Identifier (ARK):** ark:/37286/isbn.9789915720067

**Materia:** Ingeniería civil / Hidráulica aplicada

**Público objetivo:** Profesional / académico

**Primera edición digital**: septiembre de 2026

**Formato:** PDF (.pdf)

**Evaluación por pares (*Peer Review*):** Esta obra ha sido sometida a un proceso de evaluación por pares bajo la modalidad a doble ciego por especialistas externos e independientes en el área de ingeniería civil e hidráulica, garantizando la rigurosidad científica, técnica y académica de su contenido. https://editorialaustral.com/revision-por-pares/

**CC BY-NC-ND 4.0:** Este libro se publica bajo licencia CC BY-NC-ND 4.0, que permite copiar y redistribuir libremente el material en cualquier medio o formato. Exige dar crédito adecuado al autor original, prohíbe su uso comercial e impide la distribución de obras derivadas o modificaciones del contenido original. Es la opción más restrictiva de Creative Commons.

**Formato de citación APA:** Sparrow Alamo, E. G., De La Torre Ostos, J. M., Asencio Mejia, S. T., Quezada Castillo, J. A., Lavado Enriquez, J. M., & Del Castillo Villacorta, H. J. (2026). *Instalaciones sanitarias: sistema directo*. Editorial Austral. https://n2t.net/ark:/10951/isbn.9789915720067

*Publicado en Montevideo, Uruguay*

Editorial Austral

# Instalaciones sanitarias: sistema directo

2026

# Índice

**Resumen** ..... 7

**Abstract** ..... 8

**Introducción** ..... 9

**Capítulo I** ..... 14

**Análisis Técnico e Hidráulico del Sistema Directo de Agua Potable en Instalaciones Sanitarias** ..... 14

Marco Normativo y Criterios de Diseño Según la Norma Técnica IS.010 ..... 15

Metodología de Cálculo Hidráulico y Procedimiento Dimensionador (Zamora, 2013) ..... 17

Análisis Comparativo de Sistemas de Abastecimiento ..... 21

Consideraciones Constructivas, Accesorios de Control y Mantenimiento ..... 23

**Capítulo II** ..... 26

**Análisis Técnico y Normativo de la Norma IS.010: Instalaciones Sanitarias para Edificaciones** ..... 26

Marco Legal, Alcances y Documentación Técnica ..... 26

Sistema de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable ..... 27

Drenaje Pluvial y Agua Contra Incendio ..... 35

Análisis Crítico, Implicancias e Innovación Tecnológica ..... 36

**Capítulo III** ..... 39

**Marco Normativo y Técnico de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para Tuberías y Accesorios Plásticos: Análisis Integral de la Serie NTP 399** ..... 39

Análisis Detallado de las Normas Técnicas Peruanas Fundamentales (NTP 399.001 a 399.005) (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004) ..... 41

NTP 399.001: Evolución Histórica y Alcance General ..... 41

NTP 399.002: Tubos de PVC-U para Conducción de Fluidos a Presión ..... 41

NTP 399.003: Tubos de PVC-U para Instalaciones Domiciliarias de Desagüe ..... 43

NTP 399.004: Tuberías y Conexiones de PVC para Agua Potable 44

NTP 399.005: Muestreo e Inspección de Tubos de Material Plástico ..... 45

Ecosistema Normativo Complementario: Conexiones, Identificación y Coexistencia Internacional (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004) ..... 46

Transición y Coexistencia con Normas ISO Adoptadas (NTP ISO 1452 y NTP ISO 4435) ..... 47

Implicancias Técnicas, Análisis de Segundo y Tercer Orden, y Perspectivas Estratégicas ..... 51

Fragmentación Operativa por Coexistencia Dimensional (Efectos de Segundo Orden) ..... 51

Transformación del Mercado, Compras Públicas y Resiliencia Sísmica (Efectos de Tercer Orden) ..... 52

**Capítulo IV** ..... 55

**Guía Magistral para la Aplicación Efectiva del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC)** ..... 55

Metodología Avanzada de Diseño y Dimensionamiento Hidráulico ..... 59

Principios de Diseño para Sistemas de Drenaje Sanitario y Ventilación (DWV) ..... 62

Análisis Comparativo: IPC frente al UPC y Armonización con los I-Codes ..... 64

Adopción e Implementación del IPC en Proyectos Internacionales y Latinoamérica ..... 66

**Capítulo V** ..... 69

**Análisis Técnico e Integral de la Serie Norma EN 806: Especificaciones para Instalaciones de Agua para Consumo Humano en el Interior de Edificios** ..... 69

Marco Normativo Europeo e Integración Reglamentaria ..... 69
Estructura Jerárquica y Desglose Funcional de las Cinco Partes de la Norma EN 806 (UNE Normalización Española, 2001). ..... 70
Parte 1: Generalidades (EN 806-1) ..... 71
Parte 2: Diseño (EN 806-2) ..... 71
Parte 3: Dimensionamiento de Tuberías - Método Simplificado (EN 806-3) ..... 71
Parte 4: Instalaciones, Pruebas de Presión, Lavado y Desinfección (EN 806-4) ..... 72
Parte 5: Mantenimiento y Operación (EN 806-5) ..... 73
Efectos Estructurales, Mecánicos y Termodinámicos del Control Térmico ..... 77
Evaluación Comparativa Causal: Método Simplificado ($\boldsymbol{LU}$) vs. Métodos Probabilísticos ..... 78
**Capítulo VI** ..... 81
**Métodos de Cálculo Hidráulico para Instalaciones Sanitarias de Agua Potable en Sistema Directo** ..... 81
Determinación de Caudales de Diseño: Método Probabilístico de Hunter ..... 83
Criterios y Ecuaciones para el Cálculo Hidráulico (Walter, 2022) . 87
Velocidades Límites e Admisibles ..... 87
Cálculo de Pérdidas de Carga por Fricción (Hazen-Williams) ..... 88
Pérdidas Singulares o de Carga Localizada ..... 89
Pérdida de Carga en el Medidor de Agua Potable ..... 90
Verificación de Presiones y Evaluación del Punto Más Desfavorecido ..... 91
Criterios Mínimos de Presión Residual ..... 92
Metodología del Cálculo Tramo a Tramo: Caso Práctico Integrado (Gobierno del Perú, s/f) ..... 93
Inventario de Aparatos Sanitarios por Planta ..... 93
Conteo de Unidades de Gasto Acumuladas ..... 93

Evaluación de Pérdida de Carga en el Medidor ($\mathbf{34}''$)..... 94
Verificación Final en la Salida de la Ducha..... 96
**Conclusión**..... 98
**Bibliografía**..... 101

# Resumen

**Introducción:** El acceso seguro y eficiente al agua potable en edificaciones requiere un diseño riguroso sustentado en la mecánica de fluidos, la hidráulica aplicada y la normativa técnica. El sistema directo de agua potable —que aprovecha la presión de la red pública sin requerir almacenamiento intermedio— destaca por su eficiencia operativa y menor riesgo de contaminación biológica, pero su implementación precisa evaluar variaciones de presión, pérdidas de carga y selección de materiales. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un marco técnico, normativo y metodológico exhaustivo para el diseño, dimensionamiento, evaluación y ejecución de sistemas directos, abordando la interrogante sobre cómo la integración del análisis hidráulico con estándares nacionales (Norma IS.010 y Serie NTP) e internacionales (IPC y EN 806) optimiza el diseño, la selección de materiales y los parámetros técnicos. **Metodología:** La investigación adoptó un enfoque técnico-normativo y analítico descriptivo, estructurado en seis capítulos. Se realizó una revisión sistemática y comparativa de la regulación peruana (Reglamento Nacional de Edificaciones IS.010 y Normas Técnicas Peruanas para materiales poliméricos como PVC-U, CPVC, PP-R y PE-X) frente a los estándares internacionales del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC) y la serie europea EN 806. A la par, se operacionalizaron las ecuaciones fundamentales de la hidráulica (Hazen-Williams y Darcy-Weisbach) aplicadas al método de unidades de gasto de Hunter para la determinación de pérdidas de carga, caudales simultáneos y presiones residuales en el punto más desfavorable de la red. **Resultados:** Se sistematizó una metodología integral de diseño que vincula directamente la teoría analítica con la práctica normativa. Se identificaron las variables hidráulicas críticas para evitar fenómenos como subpresiones o golpe de ariete, y se establecieron criterios precisos para la caracterización mecánica y térmica de tuberías y accesorios plásticos bajo la Serie NTP. Asimismo, se generó una matriz comparativa entre la IS.010, el IPC y la EN 806, armonizando criterios de protección contra el reflujo, accesibilidad e inspección de redes interiores, complementada con un procedimiento paso a paso para el cálculo del diámetro de tuberías y control de velocidades normativas. **Discusión:** La aproximación entre el rigor del cálculo hidráulico, la especificación normativa de materiales poliméricos y la homologación de estándares internacionales transforma el diseño de instalaciones sanitarias directas de una práctica empírica a una disciplina de ingeniería aplicada de precisión. Se concluye que la integración de estos tres pilares garantiza un suministro de agua potable continuo, seguro, sostenible y libre de sobrecostos por sobredimensionamiento. Se recomienda a los proyectistas verificar siempre las presiones de la red pública antes de la elección del sistema, a los ejecutores garantizar el marcado de certificación NTP e inspecciones de hermeticidad según IPC/EN 806, y a las entidades reguladoras promover la actualización continua de la norma local incorporando herramientas de cálculo digital y criterios avanzados de eficiencia hídrica.

**Palabras clave:** Instalaciones sanitarias, sistema directo, agua potable, hidráulica aplicada, Norma IS.010, Normas Técnicas Peruanas (NTP), IPC, EN 806, cálculo hidráulico.

# Abstract

**Introduction:** Safe and efficient access to potable water in buildings requires rigorous design grounded in fluid mechanics, applied hydraulics, and technical regulations. The direct potable water supply system—which utilizes public network pressure without requiring intermediate storage—is notable for its operational efficiency and reduced risk of biological contamination; however, its implementation necessitates the evaluation of pressure variations, head losses, and material selection. The objective of this research was to develop a comprehensive technical, regulatory, and methodological framework for the design, sizing, evaluation, and execution of direct supply systems, addressing how integrating hydraulic analysis with national standards (Standard IS.010 and the NTP series) and international standards (IPC and EN 806) optimizes design, material selection, and technical parameters. **Methodology:** The research adopted a technical-regulatory and descriptive-analytical approach, structured into six chapters. A systematic and comparative review was conducted, contrasting Peruvian regulations (National Building Code IS.010 and Peruvian Technical Standards for polymeric materials such as PVC-U, CPVC, PP-R, and PE-X) with international standards from the International Plumbing Code (IPC) and the European EN 806 series. Concurrently, fundamental hydraulic equations (Hazen-Williams and Darcy-Weisbach) were applied alongside Hunter's fixture unit method to determine head losses, simultaneous flow rates, and residual pressures at the network's most critical point. **Results:** A comprehensive design methodology was systematized, directly linking analytical theory with regulatory practice. Critical hydraulic variables were identified to prevent phenomena such as under-pressure or water hammer, and precise criteria were established for the mechanical and thermal characterization of plastic pipes and fittings under the NTP series. Additionally, a comparative matrix was developed aligning the IS.010 standard, the IPC, and EN 806 regarding criteria for backflow protection, accessibility, and inspection of interior piping networks; this was complemented by a step-by-step procedure for calculating pipe diameters and ensuring compliance with standard flow velocity limits. **Discussion:** Integrating rigorous hydraulic calculations, material specifications for polymers, and alignment with international standards transforms the design of direct plumbing systems from an empirical practice into a precise applied engineering discipline. It is concluded that integrating these three pillars ensures a continuous, safe, and sustainable potable water supply, free from the excess costs associated with oversizing. Designers are advised to always verify public network pressures before selecting a system; contractors should ensure the presence of NTP certification markings and conduct tightness inspections in accordance with IPC/EN 806; and regulatory bodies should promote the continuous updating of local standards by incorporating digital calculation tools and advanced water efficiency criteria.

**Keywords:** Plumbing systems, direct system, potable water, applied hydraulics, IS.010 Standard, Peruvian Technical Standards (NTP), IPC, EN 806, hydraulic calculation.

# Introducción

El acceso continuo, seguro y eficiente al agua potable en las edificaciones constituye uno de los pilares fundamentales de la ingeniería sanitaria moderna y del bienestar de la salud pública. En el ámbito de la ingeniería de la edificación, el diseño de los sistemas de distribución de agua debe responder no solo a criterios estéticos y arquitectónicos, sino de manera rigurosa a principios de la mecánica de fluidos, la hidráulica aplicada y la normativa técnica vigente.

Dentro de las diversas configuraciones arquitectónicas e hidráulicas, el sistema directo de agua potable —aquel que aprovecha la presión existente en la red pública de distribución para abastecer directamente los puntos de consumo dentro de la edificación sin necesidad de almacenamiento intermedio (como cisternas, tanques elevados o sistemas hidroneumáticos)— destaca por su eficiencia operativa, menor costo de instalación y menor riesgo de contaminación biológica del recurso.

Sin embargo, la correcta implementación de un sistema directo demanda una rigurosa evaluación hidráulica y una alineación estricta con las normativas locales e internacionales. La fluctuación de presiones en la red pública, las pérdidas de carga por fricción y accesorios, la selección técnica de materiales poliméricos y la necesidad de garantizar caudales y presiones mínimas en los puntos más desfavorables de la red interior exigen un tratamiento analítico detallado por parte de proyectistas, ejecutores y supervisores de obras sanitarias.

Este libro de investigación profundiza de manera integral en los fundamentos teóricos, técnicos, normativos y metodológicos que

rigen las instalaciones sanitarias bajo el esquema de sistema directo. A lo largo de seis capítulos especializados, la obra aborda desde los principios de la mecánica de fluidos hasta la comparativa técnica entre estándares nacionales e internacionales. A partir de la necesidad de establecer un marco analítico y normativo sólido para el diseño y ejecución de instalaciones hidráulicas eficientes, se plantea la siguiente interrogante central:

¿De qué manera la integración rigurosa del análisis hidráulico, los estándares normativos nacionales (Norma IS.010 y Normas Técnicas Peruanas - NTP) e internacionales (IPC y EN 806) permite optimizar el diseño, la selección de materiales y el cálculo de parámetros técnicos en los sistemas directos de agua potable para edificaciones?

El objetivo principal de esta obra de investigación es desarrollar un marco técnico, normativo y metodológico exhaustivo para el diseño, dimensionamiento, evaluación y ejecución de sistemas directos de agua potable en instalaciones sanitarias, proporcionando herramientas analíticas y de cálculo hidráulico aplicadas que garanticen la eficiencia, seguridad y cumplimiento reglamentario de las edificaciones.

Para alcanzar este propósito central, la investigación aborda los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los principios técnicos e hidráulicos del sistema directo, determinando sus condiciones de aplicabilidad, parámetros de presión/caudal y comportamiento operativamente eficiente.
- Evaluar el marco normativo peruano, específicamente las disposiciones de la Norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la Serie de Normas Técnicas Peruanas (NTP)

para tuberías y accesorios plásticos (PVC, CPVC, PP-R, PE-AL-PE, etc.).

- Ofrecer una guía metodológica y comparativa de estándares internacionales, analizando las especificaciones del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC) y la Serie Norma EN 806 europea.
- Sistematizar los métodos de cálculo hidráulico para la determinación precisa de diámetros, pérdidas de carga (métodos de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach) y presiones residuales en sistemas directos.

Por lo que, la realización de esta investigación se justifica desde tres dimensiones fundamentales:

- El diseño inadecuado de un sistema directo puede derivar en problemas severos como subpresión en los puntos de consumo más altos o alejados, fenómenos de golpe de ariete o sobrepresiones que dañen las tuberías y griferías. Analizar la hidráulica del sistema garantiza un suministro continuo con la presión y el caudal normativos requeridos.
- La coexistencia de normativas nacionales (IS.010, NTP) con estándares internacionales ampliamente reconocidos (IPC de EE. UU. y EN 806 de la Unión Europea) hace necesario contar con un texto especializado que unifique, interprete y compare estos marcos regulatorios, facilitando la toma de decisiones técnicas por parte de ingenieros proyectistas e inspectores.
- Existe una vacancia teórica de textos de consulta que vinculen de manera directa la teoría analítica con la aplicación práctica de normas de materiales poliméricos y métodos de cálculo aplicados exclusivamente al sistema directo. Esta obra sirve como una guía de referencia técnica para estudiantes de

ingeniería civil y sanitaria, investigadores y profesionales del sector de la construcción.

El alcance de este libro comprende un estudio analítico, descriptivo y aplicado, estructurado organizadamente a lo largo de seis capítulos:

- Capítulo 1: Análisis Técnico e Hidráulico del Sistema Directo de Agua Potable en Instalaciones Sanitarias. Aborda la caracterización teórica del sistema directo, sus ventajas, limitaciones, esquemas típicos de distribución y la dinámica de presiones en la red de abastecimiento.
- Capítulo 2: Análisis Técnico y Normativo de la Norma IS.010: Instalaciones Sanitarias para Edificaciones. Revisa en detalle las exigencias, criterios de diseño, dotaciones y requisitos reglamentarios vigentes en el marco normativo peruano.
- Capítulo 3: Marco Normativo y Técnico de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para Tuberías y Accesorios Plásticos: Análisis Integral de la Serie NTP. Examina los atributos mecánicos, térmicos y dimensionales de los materiales plásticos más empleados en la industria (PVC-U, CPVC, PPR, PE-X) según las NTP.
- Capítulo 4: Guía Magistral para la Aplicación Efectiva del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC). Desarrolla las pautas del estándar norteamericano para el dimensionamiento de sistemas, protección contra el reflujo y prevención de la contaminación en redes de agua potable.
- Capítulo 5: Análisis Técnico e Integral de la Serie Norma EN 806: Especificaciones para Instalaciones de Agua para Consumo Humano en el Interior de Edificios. Presenta la visión europea

armonizada para la planificación, diseño, cálculo y puesta en marcha de redes interiores.

- Capítulo 6: Métodos de Cálculo Hidráulico para Instalaciones Sanitarias de Agua Potable en Sistema Directo. Consolida las fórmulas matemáticas, tablas de unidades de gasto (Hunter) y procedimientos paso a paso para el dimensionamiento óptimo de la red de agua potable.

En síntesis, este libro busca constituirse como un recurso de consulta indispensable tanto en el ámbito académico como en la práctica profesional de la ingeniería sanitaria y la construcción. Al conjugar de manera sistemática los fundamentos del análisis hidráulico, los requisitos normativos locales e internacionales y las metodologías de cálculo aplicadas al sistema directo, esta obra pretende cerrar la brecha entre la teoría analítica y la ejecución en obra, dotando a proyectistas, ingenieros e investigadores de las herramientas conceptuales y técnicas necesarias para diseñar e implementar instalaciones de agua potable seguras, sostenibles, eficientes y alineadas con los más altos estándares de calidad reglamentaria.

# Capítulo I

# Análisis Técnico e Hidráulico del Sistema Directo de Agua Potable en Instalaciones Sanitarias

El sistema directo de abastecimiento de agua potable en edificaciones representa el esquema hidráulico más elemental y eficiente desde el punto de vista del consumo energético y de la infraestructura. En este sistema, la red de distribución interior se conecta e impulsa de forma exclusiva y continua mediante la energía piezométrica residual presente en la red pública de agua potable de la localidad. La trayectoria hidráulica del fluido se inicia en el empalme o toma de la red matriz, atraviesa la acometida domiciliaria, el medidor de agua potable o contador general, la tubería de alimentación principal y los alimentadores verticales u horizontales, hasta ramificarse en los sub-alimentadores y conexiones finales a cada aparato sanitario, sin requerir el paso intermedio por depósitos de almacenamiento —como cisternas o tanques elevados— ni la intervención de equipos mecánicos de bombeo (Camones y Yanac, 2018).

Desde la perspectiva de la ingeniería sanitaria, la aplicabilidad del sistema directo está condicionada a las características de presión dinámica, caudal y continuidad en el suministro provisto por la empresa prestadora de servicios de saneamiento (Comisión Nacional del Agua, s/f). La condición fundamental de viabilidad técnica establece que la presión piezométrica disponible en la red pública durante el periodo de máxima demanda urbana debe ser suficiente

para vencer la altura topográfica o geométrica de la edificación, las pérdidas de carga acumuladas por fricción a lo largo de las tuberías, las pérdidas de carga concentradas producidas por los accesorios y el medidor, y garantizar una presión residual mínima operativa en el punto de consumo más desfavorable (Comisión Nacional del Agua, s/f).

El empleo de este esquema directo ofrece ventajas sanitarias al mitigar los riesgos de degradación bacteriológica asociados al estancamiento prolongado del agua en depósitos de almacenamiento con mantenimiento deficiente. Al circular el fluido en un circuito cerrado a presión continua, se preserva el gradiente de cloro residual libre exigido por las normas de calidad del agua para consumo humano (Zamora, 2013). Sin embargo, su principal desventaja radica en su nula autonomía operacional: cualquier interrupción del servicio público, caída intempestiva de presión en la red matriz o labores de mantenimiento en la infraestructura urbana dejan a la edificación desprovista del recurso hídrico de forma inmediata.

## Marco Normativo y Criterios de Diseño Según la Norma Técnica IS.010

En el marco regulatorio peruano, definido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la Norma Técnica IS.010 "Instalaciones Sanitarias para Edificaciones" rige los requisitos mínimos para el diseño dimensional e hidráulico de las redes interiores. La normativa impone límites operacionales en términos de presión piezométrica y velocidad de flujo para garantizar la integridad física de las tuberías, el confort del usuario y el correcto funcionamiento de los dispositivos de descarga.

El control de la presión hidráulica dentro del sistema directo exige mantener los valores de operación entre umbrales normativos estrictos. La presión residual mínima en la salida de los aparatos sanitarios más desfavorables desde el punto de vista piezométrico —usualmente ubicados en la cota topográfica más alta o en el extremo más distante del alimentador— no debe ser inferior a $2.00$ m.c.a. ($0.020$ MPa o $2.84$ psi) para griferías convencionales. En el caso de instalar equipamiento especial como válvulas de descarga automática o fluxómetros, los requerimientos de presión dinámica ascienden a un rango de entre $7.00$ m.c.a. y $10.00$ m.c.a., lo que restringe la aplicación del sistema directo convencional salvo en zonas donde la red matriz opere con presiones excepcionalmente elevadas.

Por otra parte, la presión estática máxima en cualquier punto de la red interior no debe exceder los $50.00$ m.c.a. ($0.490$ MPa o $71.1$ psi). Valores superiores a este límite incrementan el riesgo de rotura por transitorios hidráulicos, aceleran el desgaste de empaquetaduras, provocan cavitación y generan ruidos molestos, requiriéndose la instalación de válvulas reductoras de presión en la acometida cuando la presión pública sobrepase dicho umbral.

Paralelamente, la velocidad de flujo en las tuberías de distribución debe regularse para evitar problemas operativos. La norma fija una velocidad mínima de $0.60$ m/s para evitar la sedimentación de partículas en suspensión y prevenir la formación de biofilmes en las paredes internas de las conducciones. A fin de prevenir cavitación, ruido excesivo por turbulencia y erosión en las paredes de tuberías de plástico o metal, la norma estipula velocidades máximas permisibles que varían en función del diámetro nominal de la tubería (véase la tabla 1).

**Tabla 1:** Límites de velocidad máxima de flujo según el diámetro nominal de la tubería estipulados por la Norma Técnica IS.010.

| Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Comercial (") | Velocidad Máxima Permisible (m/s) |
|---|---|---|
| 15 mm | $1/2''$ | 1.90 m/s |
| 20 mm | $3/4''$ | 2.20 m/s |
| 25 mm | $1''$ | 2.48 m/s |
| 32 mm | $11/4''$ | 2.85 m/s |
| 40 mm y mayores | $11/2''$ y mayores | 3.00 m/s |

La correlación entre el diámetro y la velocidad máxima permitida se fundamenta en principios de la mecánica de fluidos: en conductos de menor sección transversal, el radio hidráulico reducido genera mayores esfuerzos cortantes en la pared para una misma velocidad media, intensificando los procesos erosivos y la pérdida de carga unitaria ($S$). Por ello, el dimensionamiento de la red exige seleccionar diámetros que mantengan la velocidad del flujo dentro de la franja comprendida entre los $0.60$ m/s y el límite superior normativo correspondiente al diámetro evaluado.

## Metodología de Cálculo Hidráulico y Procedimiento Dimensionador (Zamora, 2013)

El dimensionamiento de un sistema directo se fundamenta en la determinación del caudal de máxima demanda simultánea ($Q_{MDS}$), la evaluación de las pérdidas de carga continuas y localizadas y la verificación del balance energético en el punto crítico de la red.

Debido a la baja probabilidad de que la totalidad de los aparatos sanitarios de una edificación se utilicen de manera simultánea, la estimación del caudal se efectúa mediante el Método de los Gastos Probables ideado por Roy B. Hunter, adaptado en los Anexos de la Norma IS.010. Este procedimiento asigna una ponderación experimental denominada "Unidad de Gasto" o "Unidad Hunter" ($UH$) a cada aparato sanitario, en función de su caudal de descarga, tiempo de funcionamiento y frecuencia de uso (véase la tabla 2).

**Tabla 2:** Ponderación de Unidades de Gasto de Hunter ($UH$) para aparatos sanitarios de uso privado y público según la Norma IS.010.

| **Aparato Sanitario** | **Uso Privado (UH)** | **Uso Público (UH)** |
|---|---|---|
| Inodoro (con tanque) | 3 | 5 |
| Inodoro (con fluxómetro) | 6 | 8 |
| Lavatorio | 1 | 2 |
| Ducha | 2 | 3 |
| Tina | 2 | 4 |
| Urinario de pared convencional | — | 3 |
| Lavadero de cocina / repostero | 2 | 4 |
| Lavadero de ropa / botadero | 2 | 3 |

Una vez sumadas las Unidades de Gasto ($\sum UH$) acumuladas en cada tramo de la red, se recurre a las tablas de equivalencia del

Anexo 3 de la Norma IS.010 para obtener el caudal de máxima demanda simultánea ($Q_{MDS}$ expresado en L/s), diferenciando si la red abastece a sistemas predominantemente equipados con tanques o con fluxómetros.

Para cuantificar la pérdida de carga por fricción a lo largo de las tuberías rectas, la metodología estándar en ingeniería sanitaria para flujos en régimen turbulento utiliza la formulación de Hazen-Williams. La pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía ($S$) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}}\right)^{1.85}$$

Donde:

- $S$: Pérdida de carga unitaria (m/m).
- $Q$: Caudal conducido en el tramo ($m^3/s$).
- $C$: Coeficiente de rugosidad de la superficie interna del tubo. En materiales termoplásticos modernos como PVC, CPVC y PPR se adopta $C = 150$ ; en cobre $C = 130$ a $140$ ; y en acero galvanizado $C = 100$.
- $D$: Diámetro interior útil de la conducción (m).

La pérdida de carga por fricción total ($h_f$) en un tramo de longitud real ($L_{real}$) se evalúa considerando el efecto de los accesorios mediante el método de las longitudes equivalentes ($L_{eq}$):

$$L_{total} = L_{real} + \sum L_{eq}$$

$$h_f = S \cdot L_{total}$$

Donde:

- $h_f$: Pérdida de carga acumulada por rozamiento en el tramo (m.c.a.).
- $L_{total}$: Longitud equivalente total desarrollada en el tramo (m).

Para validar la viabilidad del sistema directo, se aplica el principio de conservación de la energía entre el punto de empalme en la red pública y la salida del aparato sanitario situado en la posición más desfavorable:

$$P_f = P_{red} - h_{f_acometida} - h_{f_medidor} - \sum h_{f_tuberías} - \Delta Z$$

Donde:

- $P_f$: Presión residual disponible en el aparato sanitario más crítico (m.c.a.).
- $P_{red}$: Presión mínima garantizada por la entidad prestadora en la red pública (m.c.a.).
- $h_{f_acometida}$: Pérdida de carga en la abrazadera de toma y la tubería de acometida (m.c.a.).
- $h_{f_medidor}$ : Pérdida de carga concentrada producida por el medidor de agua (m.c.a.).
- $\sum h_{f_tuberías}$ : Sumatoria de pérdidas de carga por fricción y accesorios en alimentadores y ramales (m.c.a.).
- $\Delta Z$: Desnivel topográfico entre la cota del medidor y la cota de la grifería del aparato crítico (m).

La condición de diseño exige que la presión residual calculada ( $P_f$ ) sea mayor o igual a la presión mínima operativa normada ($2.00$ m.c.a.). En caso de no alcanzarse dicho valor, el diseño debe corregirse incrementando los diámetros de la conducción para reducir

la pendiente piezométrica ($S$), o en su defecto, descartar el sistema directo y adoptar un sistema de abastecimiento indirecto.

## Análisis Comparativo de Sistemas de Abastecimiento

La selección del sistema de abastecimiento de agua potable idóneo para una edificación requiere sopesar variables financieras, requerimientos de espacio, cargas estructurales y la confiabilidad del suministro ante eventuales fallas del servicio municipal (Comisión Nacional del Agua, s/f) (véase la tabla 3).

**Tabla 3:** Matriz comparativa de sistemas de distribución interior de agua potable en edificaciones.

| **Criterio de Evaluación** | **Sistema Directo** | **Sistema Indirecto Clásico (Cisterna + Tanque Elevado)** | **Sistema Indirecto de Presión Constante / Hidroneumático** |
|---|---|---|---|
| **Fuente de presión operacional** | Presión residual dinámica de la red pública. | Gravedad desde el tanque elevado. | Electrobombas con variador de frecuencia o hidroneumáticas. |
| **Gasto de capital inicial (CapEx)** | Mínimo (restringido a redes, medidor y griferías). | Elevado (requiere estructuras de almacenamiento y bombas). | Alto (requiere bombas, tableros de control y tanques de membrana). |
| **Gasto operativo (OpEx)** | Nulo (operación por energía piezométrica pública). | Moderado (consumo eléctrico para bombeo a tanque elevado). | Elevado (operación continua de motores para mantener presión). |
| **Continuidad ante cortes de servicio** | Nula (interrupción inmediata del suministro). | Elevada (reserva almacenada en cisterna y tanque elevado). | Alta ante cortes de agua; nula ante interrupciones eléctricas. |

| Criterio de Evaluación | Sistema Directo | Sistema Indirecto Clásico (Cisterna + Tanque Elevado) | Sistema Indirecto de Presión Constante / Hidroneumático |
|---|---|---|---|
| **Calidad y salubridad del agua** | Óptima (agua potable fresca en renovación continua). | Vulnerable a la contaminación en depósitos si no se desinfecta. | Vulnerable si el agua permanece estancada en la cisterna. |
| **Sobrecarga en la estructura** | Nula (no agrega peso estático relevante). | Significativa (toneladas de carga muerta sobre la azotea). | Moderada (pesos concentrados en el cuarto de bombas). |
| **Límite vertical de la edificación** | Restringido a 1 o 3 niveles según la presión pública. | Prácticamente ilimitado (mediante zonificación). | Prácticamente ilimitado (mediante zonificación hidráulica). |

La elección entre estos esquemas implica evaluar dinámicas del entorno urbano y de la física aplicada que trascienden el análisis económico primario. El sistema directo aprovecha la energía incorporada al agua por la planta de tratamiento e infraestructura de distribución urbana, evitando las ineficiencias termodinámicas de los sistemas indirectos, los cuales despresurizan el agua al verterla en una cisterna a presión atmosférica para luego represurizarla mediante electricidad (Quispe, 2025).

Por otro lado, la interacción hidrodinámica entre la red urbana y la red interior en los sistemas directos expone a la tubería privada a las fluctuaciones piezométricas de la ciudad. Durante las horas de mínimo consumo urbano (período nocturno), la presión estática alcanza su nivel máximo, incrementando la solicitación mecánica sobre las uniones y accesorios e intensificando las pérdidas por fugas

en griferías defectuosas. Asimismo, la eliminación de estructuras de almacenamiento masivas en la azotea al optar por un sistema directo reduce la masa en los niveles superiores de la edificación, lo que disminuye las fuerzas cortantes basales provocadas por eventos sísmicos y simplifica el diseño estructural.

## Consideraciones Constructivas, Accesorios de Control y Mantenimiento

Para asegurar la funcionalidad sostenida de un sistema directo y cumplir con los preceptos de la Norma IS.010, la disposición de las redes debe contemplar accesorios de control y esquemas de protección contra el deterioro físico o la contaminación del agua.

La regulación de la red exige disponer de válvulas de aislamiento estratégicas que posibiliten labores de reparación y mantenimiento sectorizadas sin interrumpir la totalidad del suministro. Es obligatoria la colocación de una válvula general de paso en la tubería de alimentación inmediatamente después del medidor de agua potable, dentro del límite de propiedad de la edificación (Comisión Nacional del Agua, s/f). Asimismo, la norma exige la instalación de una válvula de corte en la tubería de ingreso a cada servicio sanitario (baños, cocinas, lavanderías). En edificaciones de uso público o comercial masivo, se debe instalar una llave de interrupción individual en la tubería de abasto de cada inodoro, lavatorio o urinario. Para prevenir el retorno accidental del agua de la red privada hacia la red pública ante caídas de presión exterior, se debe colocar una válvula de retención (check) inmediatamente después del medidor.

Uno de los aspectos críticos en la operación del sistema directo es la prevención de conexiones cruzadas y del sifonaje inverso. Una

conexión cruzada se define como cualquier enlace físico entre un sistema de agua potable y un conducto o recipiente con agua de calidad no controlada o desagüe. Si la red pública sufre una despresurización o caída repentina a presión negativa —situación generada por la rotura de una tubería matriz o el consumo intensivo de hidrantes contra incendio—, los aparatos sanitarios cuyos puntos de descarga se encuentren sumergidos pueden aspirar líquidos servidos hacia la red interior de la edificación por efecto sifón (Gómez, 2014).

Para mitigar este riesgo, además de la válvula de retención principal, todas las griferías deben instalarse respetando una separación vertical o brecha de aire (air gap) por encima del nivel de rebose del aparato sanitario correspondiente.

En lo que respecta al trazado y tendido de las conducciones, las tuberías deben protegerse de esfuerzos mecánicos indebidos y corrosión. Las conducciones adosadas o colgadas a la estructura deben fijarse mediante abrazaderas ajustadas que impidan deformaciones por pandeo. Las tuberías empotradas en albañilería deben alojarse en canaletas sin cortar elementos estructurales principales como columnas o vigas de concreto armado. En síntesis, las tuberías enterradas deben tenderse en el fondo de zanjas sobre una cama de arena limpia de al menos $0.10$ m de espesor, asegurando un recubrimiento que absorba las cargas de tráfico superficial y evite el punzonamiento de la tubería por rocas o fragmentos del terreno.

El sistema directo de distribución de agua potable constituye una alternativa de diseño caracterizada por su simplicidad estructural, eficiencia energética y reducido costo de inversión inicial. Su empleo

se adecua prioritariamente a edificaciones de baja altura situadas en sectores urbanos dotados de redes públicas de agua potable con valores de presión piezométrica estables, elevados y continuos (Ricardo, 2023).

El desarrollo del proyecto sanitario conforme a las exigencias de la Norma Técnica IS.010 del RNE demanda controlar los parámetros de presión y velocidad de flujo, manteniendo la presión residual operativa en un mínimo de $2.00$ m.c.a. en la salida del aparato más desfavorable, y la velocidad entre los $0.60$ m/s y los límites máximos por diámetro para evitar erosión, ruido o sedimentación. Mediante la aplicación del Método de los Gastos Probables de Hunter y el cálculo de pérdidas de carga con la ecuación de Hazen-Williams, es posible dimensionar con precisión las secciones de tubería requeridas. Asimismo, la inclusión de dispositivos de interrupción, válvulas de retención y el mantenimiento de brechas de aire previenen fenómenos de sifonaje inverso y conexiones cruzadas, salvaguardando la calidad del agua potable y la salud de los usuarios.

# Capítulo II

# Análisis Técnico y Normativo de la Norma IS.010: Instalaciones Sanitarias para Edificaciones

El marco regulatorio de la construcción en el Perú contempla la Norma Técnica IS.010 "Instalaciones Sanitarias para Edificaciones", perteneciente al Título III del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Esta norma establece los criterios de diseño, cálculo y ejecución mínimos a los que deben sujetarse las instalaciones de agua potable (fría y caliente), agua contra incendio, evacuación de aguas residuales y ventilación sanitaria. Su aplicación garantiza la salubridad pública, la habitabilidad y el correcto funcionamiento hidráulico de la infraestructura urbana del país.

## Marco Legal, Alcances y Documentación Técnica

La Norma Técnica IS.010 fue formalmente aprobada mediante el Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA e incorporó adecuaciones posteriores mediante el Decreto Supremo N° 017-2012-VIVIENDA. Dicho marco legal exige que toda edificación pública o privada construida en el territorio nacional cumpla obligatoriamente con las condiciones mínimas sanitarias dictaminadas en este articulado.

El diseño y desarrollo del proyecto de instalaciones sanitarias deben ser elaborados y suscritos de manera exclusiva por un ingeniero sanitario colegiado y habilitado. El desarrollo técnico exige una constante articulación interdisciplinaria con el proyectista de arquitectura para reservar y dimensionar las áreas destinadas a ductos

de montantes, cuartos de bombas, cisternas, tanques elevados y puntos de inspección.

Para la tramitación administrativa y la obtención de licencias de edificación, el expediente técnico del proyecto sanitario debe estar compuesto por una Memoria Descriptiva detallada que incluya la ubicación, la solución adoptada para la fuente de abastecimiento y la evacuación de desagües. Asimismo, debe adjuntarse la Memoria de Cálculo hidráulico con la justificación del dimensionamiento de las redes, pérdidas de carga, presiones y volúmenes de almacenamiento, acompañada de los Planos de Agua Potable (distribución interior, exterior y esquemas isométricos), los Planos de Desagüe y Ventilación (colectores, montantes y cajas de registro) y los Planos de Sistemas Especiales, tales como agua contra incendio y evacuación pluvial (Comisión Nacional del Agua, s/f).

Las condiciones arquitectónicas de los ambientes sanitarios exigen iluminación y ventilación adecuadas, así como espacios operativos que aseguren el mantenimiento, limpieza e inspección de los aparatos. En edificaciones de uso público o comercial, es obligatorio incluir servicios sanitarios independientes por sexo, además de instalaciones específicamente adaptadas para personas con discapacidad.

## Sistema de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable

### Tipologías de Sistemas de Abastecimiento

El diseño de las redes de agua potable se clasifica en sistemas de abastecimiento directo e indirecto, dependiendo de la continuidad del suministro público y de la presión hidráulica disponible en la red externa.

El sistema directo alimenta los puntos de consumo exclusivamente mediante la presión proveniente de la red pública. Su factibilidad requiere que la entidad prestadora de servicios de saneamiento garantice una presión estática y dinámica suficiente en el punto más alto y desfavorable de la edificación durante las 24 horas del día.

El sistema indirecto se implementa cuando la presión pública es insuficiente o discontinua. Este esquema requiere de almacenamiento interno y equipos electromecánicos de impulsión. Dentro de las variantes del sistema indirecto, la configuración clásica combina una cisterna baja, un equipo de bombeo y un tanque elevado que distribuye el recurso hacia los puntos de consumo por gravedad. Otra variante utiliza una cisterna conectada a un equipo hidroneumático para mantener la presión dentro de un rango preestablecido mediante un colchón de aire comprimido (Camones y Yanac, 2018).

En la práctica moderna de edificaciones de gran altura, predomina la combinación de cisterna con un sistema de bombeo de presión constante y velocidad variable, el cual regula las revoluciones de los motores mediante variadores de frecuencia para adaptarse a la demanda instantánea del edificio sin necesidad de tanque elevado.

La dotación representa la cantidad teórica de agua que requiere una edificación para cubrir sus necesidades diarias. La Norma IS.010 establece los parámetros de cálculo en función del uso del suelo, el área del lote, el número de dormitorios o la capacidad de aforo (véase la tabla 4).

**Tabla 4:** Dotaciones Diarias Mínimas de Agua

| Tipología de Edificación | Criterio de Cálculo de Dotación | Valor Normativo Mínimo |
|---|---|---|
| **Vivienda Unifamiliar** | Área total del lote ($m^2$) | Hasta 200 $m^2$: 1500 L/día<br><br>De 201 a 300 $m^2$: 1700 L/día |
| **Vivienda Multifamiliar** | Número de dormitorios por departamento | 1 dormitorio: 500 L/día<br><br>2 dormitorios: 850 L/día<br><br>3 dormitorios: 1200 L/día |
| **Locales Comerciales** | Área útil del local ($m^2$) | Hasta 60 $m^2$: 6 L/día por $m^2$<br><br>De 61 a 100 $m^2$:<br>10 L/día por $m^2$ |
| **Establecimientos Industriales** | Número de trabajadores por turno (8 h) | 80 L/trabajador por turno |
| **Locales Educativos** | Condición del alumnado y personal | No residentes:<br>50 L/persona/día<br><br>Residentes:<br>200 L/persona/día |
| **Áreas Verdes** | Área sembrada ($m^2$) | 2 L/día por $m^2$ |

| Tipología de Edificación | Criterio de Cálculo de Dotación | Valor Normativo Mínimo |
|---|---|---|
| **Establecimientos de Salud** | Número de camas / consultorios | Hospitales y Clínicas: 600 L/cama/día<br><br>Consultorios: 500 L/consultorio/día |

### Criterios de Almacenamiento y Regulación

Cuando se adopta un sistema indirecto compuesto por cisterna y tanque elevado, los volúmenes útiles de almacenamiento se dimensionan en relación con la Dotación Diaria ($D_d$) proyectada:

$$\text{Volumen de Cisterna } (V_c) = \frac{3}{4} \cdot D_d$$

$$\text{Volumen de Tanque Elevado } (V_{te}) = \frac{1}{3} \cdot D_d$$

Si la edificación dispone de un sistema de bombeo de presión constante de alimentación directa desde cisterna sin almacenamiento elevado, el volumen útil de la cisterna debe albergar la totalidad de la dotación diaria ($V_c = 1.0 \cdot D_d$).

Los depósitos de agua deben construirse con materiales impermeables, no tóxicos y de superficies internas lisas que eviten la fijación de bacterias u organismos. Su diseño arquitectónico y sanitario debe incorporar tapas de registro herméticas sobresalientes, tubos de ventilación protegidos con mallas no oxidables, tuberías de rebose con descarga indirecta hacia la red de desagüe mediante una brecha de aire (*air gap*) reglamentaria para evitar la contaminación

por reflujo, y pendientes de fondo no menores al 2% dirigidas hacia la canastilla de succión.

**Parámetros Hidráulicos de Diseño**

El dimensionamiento de las tuberías de distribución se efectúa mediante el Método de Hunter Probabilístico o de Unidades de Gasto, determinando la Máxima Demanda Simultánea ($Q_{máx}$) expresada en litros por segundo (L/s).

La red de agua debe cumplir estrictamente con los siguientes límites de velocidad e intervalo de presiones:

- **Velocidad Mínima:** 0.60 m/s, para prevenir la sedimentación de partículas en el fondo de las tuberías.
- **Velocidad Máxima:** 3.00 m/s en tuberías interiores, con el fin de atenuar la erosión por cavitación, prevenir ruidos molestos y minimizar el golpe de ariete. La velocidad óptima de diseño recomendada es de 1.50 m/s.
- **Presión Residual Mínima:** 2.00 m.c.a. (0.20 kg/cm$^2$) en el punto de salida del aparato sanitario hidráulicamente más desfavorable. En el caso de inodoros provistos de válvulas de descarga automática (*flushometer*), se requiere una presión dinámica residual no menor de 7.00 a 10.00 m.c.a..
- **Presión Estática Máxima:** 40.00 m.c.a. ( 4.00 kg/cm$^2$ ). En edificaciones multifamiliares de gran altura donde la presión en los niveles inferiores exceda este valor, se exige la instalación de válvulas reductoras de presión (VRP) o la sectorización de la red.

**Redes de Agua Caliente**

Las instalaciones de agua caliente deben dimensionarse para satisfacer las necesidades de consumo garantizando la seguridad frente a accidentes por quemaduras. Se debe destinar un ambiente independiente y adecuadamente ventilado para la ubicación del equipo de producción de calor (calentadores eléctricos, térmicos a gas o paneles solares).

La distribución desde el equipo de producción hacia los puntos de consumo puede realizarse mediante un sistema sin retorno (adecuado para calentadores individuales o tramos cortos) o mediante un sistema con retorno (obligatorio en instalaciones centralizadas para asegurar la disponibilidad inmediata de agua caliente en los puntos distantes y evitar el desperdicio del recurso). Los equipos de producción de agua caliente deben contar obligatoriamente con válvulas de alivio de presión y temperatura graduadas a un 10% por encima de la presión de trabajo del sistema, además de válvulas de retención en la tubería de suministro de agua fría.

La evacuación de las aguas servidas al interior de una edificación funciona por gravedad. La red recolecta las descargas de los aparatos sanitarios mediante ramales horizontales, los cuales vierten su caudal en montantes verticales que En síntesis conducen el flujo hacia los colectores principales y a la conexión domiciliaria de la red pública (Suarez, 2015).

El cálculo de las tuberías sanitarias no se diseña considerando la sección llena del conducto, sino operando como un canal abierto a flujo libre. El dimensionamiento se fundamenta en el número acumulado de Unidades de Descarga ($UD$) (véase la tabla 5).

**Tabla 5:** Sistema de Evacuación de Aguas Residuales y Ventilación Sanitaria

| Parámetro Hidráulico / Elemento | Diámetro Nominal | Pendiente Mínima de Diseño |
|---|---|---|
| **Ramales y Colectores Horizontales** | $\leq 75$ mm $(3'')$ | $1.5\%$ |
| **Ramales y Colectores Horizontales** | $\geq 100$ mm $(4'')$ | $1.0\%$ |
| **Descarga de Inodoros (Mínimo)** | $100$ mm $(4'')$ | $1.5\%$ o $1.0\%$ según tramo |
| **Cajas de Registro (Interior)** | Proporcional a profundidad y diámetros | Fondo con canaleta en media caña |

Cualquier tubería horizontal o vertical que reciba la descarga de un inodoro debe poseer un diámetro nominal mínimo de $100$ mm $(4'')$. Adicionalmente, el diámetro de un montante vertical no puede ser menor que el del ramal horizontal de mayor tamaño que descargue en ella. Los cambios de dirección de tramos verticales a horizontales deben ejecutarse obligatoriamente mediante codos de radio largo o combinaciones de yees con codos de $45°$, prohibiéndose el uso de tees estándar a $90°$ en redes sanitarias para evitar turbulencias, acumulaciones de sólidos y obstrucciones.

El sistema de ventilación constituye un componente crítico para mantener la presión atmosférica dentro de las tuberías de descarga. Su función radica en proteger el sello hidráulico (trampa o sifón) de cada aparato sanitario contra los fenómenos de sifonaje (aspiración del agua del sello por depresión) o contrapresión (expulsión de gases desagradables por sobrepresión interna). La norma establece que la

altura del sello de agua contenido en las trampas sanitarias debe situarse entre $0.05$ m y $0.10$ m.

Las montantes de ventilación vertical deben instalarse sin quiebres ni reducciones de diámetro en su trayectoria y prolongarse obligatoriamente hasta el exterior de la edificación. Para la terminación de estas tuberías en la parte superior de la edificación, la Norma IS.010 especifica que en azoteas o terrazas accesibles para personas, el tubo debe elevarse a una altura mínima de $1.80$ m sobre el nivel del piso terminado. Cuando la terraza sea inaccesible, la prolongación mínima requerida es de $0.15$ m. En aquellos casos donde el punto de descarga se encuentre ubicado a una distancia horizontal menor a $3.00$ m de puertas, ventanas u otras aberturas de ventilación del edificio, la tubería debe sobresalir al menos $0.60$ m por encima del dintel de la abertura más alta (Gobierno del Perú, s/f).

El diámetro del tubo de ventilación principal y de los ramales auxiliares se calcula en función de las unidades de descarga servidas y de la longitud total del tramo. No obstante, el diámetro de un tubo de ventilación auxiliar no debe ser menor a la mitad del diámetro del ramal de desagüe al que está conectado.

**Dispositivos de Inspección y Mantenimiento**

Con el fin de posibilitar las labores de desobstrucción y limpieza del sistema gravitacional, la norma impone la colocación estratégica de dispositivos de inspección:

- **Registros Roscados:** Deben ubicarse al inicio de todo ramal horizontal de desagüe, en los cambios de dirección que superen los $45°$ y en tramos rectos horizontales a distancias no mayores de $15$ m.

- **Pie de Montante:** En la base de todo montante vertical de desagüe debe instalarse un registro roscado o proyectarse una caja de inspección a una distancia no mayor de $10$ m.
- **Cajas de Registro:** Se instalan en el nivel más bajo de la edificación para recolectar el flujo de los colectores horizontales. Deben contar con tapa hermética que impida la salida de malos olores y una canaleta interna en el fondo ("media caña") alineada con la dirección del flujo.

## Drenaje Pluvial y Agua Contra Incendio

### Evacuación de Aguas Pluviales

El sistema de drenaje de agua de lluvia debe ser diseñado y construido de forma totalmente independiente del sistema de alcantarillado sanitario de aguas residuales domésticas. La norma prohíbe taxativamente la descarga de aguas pluviales hacia las redes de desagüe interior, salvo que la red pública de alcantarillado sea de tipo mixto o combinado y se cuente con la autorización expresa del prestador de servicios de saneamiento (Cerna y Marí, 2017; Orbegoso y Cecilia, 2016).

La recolección de agua pluvial en azoteas, techos y cubiertas se realiza mediante sumideros o canaletas conectadas a bajantes verticales. Dichos elementos se dimensionan considerando la intensidad de lluvia de la zona geográfica ($mm/h$) y la proyección horizontal del área de drenaje. Las rejillas colocadas en las entradas de las bajantes pluviales deben disponer de un área libre total de paso que duplique, como mínimo, la sección transversal de la tubería de bajada.

**Sistemas de Agua Contra Incendio (ACI)**

Las edificaciones que por su destino, aforo, altura o área construida requieran de protección activa contra incendios según las normas arquitectónicas y de seguridad del RNE, deben incorporar instalaciones hidráulicas diseñadas bajo los parámetros de la Norma IS.010.

Estas instalaciones exigen una reserva exclusiva de agua contra incendio almacenada en cisterna, cuyo volumen útil asegure la autonomía del sistema durante el tiempo exigido de combate del fuego. El sistema electromecánico incluye una bomba principal contra incendios (de accionamiento eléctrico o diésel) y una bomba jockey para el mantenimiento de la presión en la red. Dependiendo de la magnitud del riesgo, la red interior puede integrar gabinetes contra incendios dotados de mangueras, válvulas angulares y boquillas de chorro/niebla, así como alimentadores verticales unidos mediante un anillo superior, rociadores automáticos (*sprinklers*) y una conexión exterior de acople rápido para los bomberos (siamesa) equipada con válvula de retención.

## Análisis Crítico, Implicancias e Innovación Tecnológica

El examen detallado de la Norma IS.010 permite deducir repercusiones directas en la sostenibilidad, la eficiencia energética y la práctica constructiva actual (Gobierno del Perú, s/f):

El primer aspecto crítico radica en la brecha entre las dotaciones de agua estipuladas y la realidad climática de las ciudades peruanas. La mayoría de los valores de dotación se basan en criterios tradicionales de abundancia del recurso, lo que en contextos de escasez hídrica genera sobredimensionamientos en el

volumen de las cisternas. Esta situación incrementa innecesariamente los costos estructurales y el área útil ocupada en los sótanos. Como respuesta a esta problemática, la ingeniería moderna fomenta la integración de sistemas de reutilización de aguas grises (provenientes de lavatorios y duchas) para la descarga de inodoros o el riego de áreas verdes, un aspecto que requiere una regulación más detallada en las futuras revisiones de la norma.

El segundo aspecto involucra la transición hacia tecnologías energéticamente eficientes en edificaciones de gran altura. El uso de equipos de bombeo con variadores de frecuencia ha reemplazado la necesidad de instalar grandes tanques elevados. Esto alivia las cargas muertas en la cima de los edificios, mejorando la respuesta sísmica de la estructura y reduciendo el consumo eléctrico al ajustar la potencia del motor a la demanda de agua instantánea (Camones y Yanac, 2018).

Por último, la adopción del modelado virtual mediante la metodología BIM (*Building Information Modeling*) en el diseño de instalaciones sanitarias ha optimizado la coordinación entre especialidades. Al modelar digitalmente las pendientes de las tuberías gravitacionales ( $1\% - 1.5\%$ ), las trampas de los aparatos y los montantes de ventilación, se eliminan los conflictos espaciales con las vigas estructurales y los ductos eléctricos antes de la fase de ejecución en obra.

En materia de innovación tecnológica, se anticipa la incorporación de sensores de telemetría y medidores inteligentes de lectura remota. Asimismo, se prevé el uso generalizado de materiales poliméricos de alta resistencia térmica y mecánica (como PP-R y PEX)

y la actualización de las dotaciones teóricas en proyectos que cuenten con certificaciones de construcción sostenible.

El análisis integral de la Norma Técnica IS.010 ratifica su valor como instrumento obligatorio para garantizar la salubridad e integridad operacional de las edificaciones en el Perú. Su aplicación rigurosa asegura que la distribución de agua potable mantenga la calidad requerida, al tiempo que previene riesgos de contaminación por conexiones cruzadas o fallas de retención en la red.

El correcto dimensionamiento hidráulico —respetando las velocidades máximas y mínimas, los caudales por el Método de Hunter y los intervalos de presión estática y dinámica— resulta fundamental para evitar la degradación prematura de las tuberías y asegurar el confort de los usuarios. De igual manera, el diseño del sistema de ventilación sanitaria no debe considerarse un elemento secundario, sino una exigencia indispensable para proteger los sellos hidráulicos contra fenómenos de sifonaje o contrapresión (Gobierno del Perú, s/f).

En síntesis, la integración oportuna entre la ingeniería sanitaria, la arquitectura y la ingeniería estructural resulta esencial desde la fase conceptual del proyecto. Esta coordinación asegura la reserva adecuada de espacios técnicos para sistemas de almacenamiento, grupos de bombeo, montantes de descarga y redes pluviales, logrando proyectos eficaces, seguros y alineados con los estándares actuales de sostenibilidad urbana (Delgadillo et al., 2019).

# Capítulo III

# Marco Normativo y Técnico de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para Tuberías y Accesorios Plásticos: Análisis Integral de la Serie NTP 399

El sistema de normalización técnica en el Perú ha experimentado una evolución cualitativa enfocada en la alineación estratégica con estándares internacionales de calidad, seguridad y desempeño hidráulico. La promulgación de la Ley 30224 transformó la arquitectura institucional del país al crear el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) como ente rector y máxima autoridad técnica en materia de normalización, metrología y acreditación, asumiendo las competencias que anteriormente administraba el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Zuñiga, 2017).

Dentro de la estructura operativa de INACAL, la elaboración, revisión periódica y actualización de los documentos normativos aplicables a las redes de conducción de fluidos recaen en el Comité Técnico de Normalización (CTN) de Tubos, Válvulas, Conexiones y Accesorios de Material Plástico para el Transporte de Fluidos. Este órgano colegiado de naturaleza tripartita —conformado por representantes del sector producción, del sector consumo y del sector técnico-académico— evalúa continuamente la vigencia de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para asegurar su adecuación a las

demandas cambiantes de la infraestructura pública y privada (El Peruano, 2022).

Desde la perspectiva del derecho administrativo y regulatorio, las Normas Técnicas Peruanas emitidas por INACAL poseen con carácter general un alcance voluntario y de aplicación recomendable. Sin embargo, adquieren obligatoriedad jurídica vinculante cuando son incorporadas expresamente en Reglamentos Técnicos aprobados por los ministerios sectoriales o cuando son citadas dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). En particular, las Normas Técnicas de Edificación I.S. 010 (Instalaciones Sanitarias para Edificaciones) y las normas de saneamiento urbano y rural O.S. 010 y O.S. 020 hacen referencia explícita a la serie NTP 399 (Gobierno del Perú, s/f). Esta integración normativa transforma estas pautas técnicas en requisitos de cumplimiento obligatorio para la formulación de expedientes técnicos, la supervisión de obras de ingeniería y la fiscalización del abastecimiento de materiales en las compras públicas del Estado.

La jerarquía regulatoria en el sector se articula desde el marco legislativo de la Ley 30224 hacia la gestión de la Dirección de Normalización de INACAL, la cual canaliza el trabajo del Comité Técnico de Normalización. El CTN administra dos líneas normativas paralelas: la serie tradicional NTP 399 (diseñada con especificaciones y dimensiones de uso histórico en el mercado local) y la serie de normas adoptadas NTP ISO (como la NTP ISO 1452 y la NTP ISO 4435, alineadas con los estándares globales métricos) (Zuñiga, 2017). Ambos cuerpos normativos son, en síntesis, operacionalizados en las obras civiles e instalaciones sanitarias a través de las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

# Análisis Detallado de las Normas Técnicas Peruanas Fundamentales (NTP 399.001 a 399.005) (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004)

## NTP 399.001: Evolución Histórica y Alcance General

La norma NTP 399.001 representa el antecedente histórico fundamental en la reglamentación técnica de las tuberías plásticas en el territorio peruano. Concebida originalmente durante la etapa de normalización a cargo del ex-ITINTEC y administrada posteriormente por INDECOPI e INACAL, esta norma fijó las bases conceptuales, las terminologías y los métodos generales de caracterización para tuberías de material plástico empleadas en el transporte de fluidos y sistemas de alcantarillado.

A medida que la tecnología de los materiales poliméricos avanzó y el mercado demandó un mayor nivel de especialización por tipo de aplicación (conducción a presión frente a evacuación gravitacional), las especificaciones operativas concretas de la NTP 399.001 se desagregaron en normas de producto especializadas. No obstante, la NTP 399.001 conserva su importancia histórico-doctrinal como la norma madre que estructuró el catálogo técnico nacional para la industria de la transformación del plástico.

## NTP 399.002: Tubos de PVC-U para Conducción de Fluidos a Presión

La NTP 399.002:2015 (cuya vigencia fue ratificada en la versión revisada aprobada mediante la Resolución Directoral N° 033-2020-INACAL/DN) establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo aplicables a los tubos de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) destinados a la conducción de fluidos bajo presión

hidrostática. Esta cuarta edición reemplazó a la versión de 2009 y consolidó los criterios para garantizar la resistencia estructural de las conducciones y la preservación de la calidad organoléptica y sanitaria del agua potable (El Peruano, 2022).

La clasificación de los tubos bajo esta norma se fundamenta en la Presión Nominal (PN), definida como la máxima presión interna de trabajo continuo permisible para el transporte de agua a una temperatura de 20 °C (o 23 °C en acondicionamientos específicos). Las clases estandarizadas por la norma abarcan los siguientes niveles de solicitación:

- **Clase 5 (PN 5 / 0.5 MPa / 5 bar):** Orientada a sistemas de conducción a baja presión, líneas de descarte o redes de riego agrícola con demandas hidrostáticas contenidas.
- **Clase 7.5 (PN 7.5 / 0.75 MPa / 7.5 bar):** Especificada para redes secundarias y conducciones de presión intermedia.
- **Clase 10 (PN 10 / 1.0 MPa / 10 bar):** Constituye el estándar predominante en las instalaciones domiciliarias de agua fría y en redes de distribución urbana de agua potable.
- **Clase 15 (PN 15 / 1.5 MPa / 15 bar):** Diseñada para líneas de impulsión, matrices de alta presión y zonas con riesgos de transitorios hidráulicos o golpe de ariete.

El material polimérico estipulado corresponde al tipo 100 PVC, caracterizado por adoptar una tensión de diseño ($\sigma_e$) de $10$ MPa ($100$ bar). El cálculo del espesor mínimo de pared ($e$) responde a la relación de la tensión tangencial derivada de la norma ISO 161-2:

$$\sigma_e = \frac{P \cdot (D_e - e)}{2e}$$

donde $P$ representa la presión interna de servicio, $D_e$ el diámetro exterior medio y $e$ el espesor de pared de la tubería.

Las tuberías fabricadas bajo la NTP 399.002 se suministran habitualmente en tramos de 5 m o 6 m de longitud total, incluyendo la campana de acoplamiento. Las tolerancias del diámetro exterior medio imponen un límite de variación de $\pm x$, donde $x$ es menor o igual al mayor valor entre $0.3$ mm o los porcentajes estipulados en la norma. En el ámbito mecánico, los tubos deben superar ensayos de presión hidrostática sostenida a largo plazo y la prueba de presión hidrostática rápida de corta duración, donde la probeta es sometida a un incremento de presión hasta la falla en un intervalo estricto de 60 a 70 segundos (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004, Nicoll Perú S.A., 2015). Además, las paredes del tubo deben presentar un acabado liso, sin ampollas, grietas, quemaduras ni inclusiones de partículas extrañas.

## NTP 399.003: Tubos de PVC-U para Instalaciones Domiciliarias de Desagüe

La norma NTP 399.003:2015 (revisada en 2020) regula las tuberías de PVC-U de sección circular destinadas a la evacuación por gravedad de aguas residuales domésticas, efluentes sanitarios, aguas pluviales y para los sistemas de ventilación en edificaciones.

La norma organiza las tuberías en dos categorías operativas en función del espesor de pared y la rigidez estructural:

- **Clase Liviana (CL / SAL - Standard Americano Liviano):** Proyectada para ramales de ventilación, bajantes de aguas de lluvia y canalizaciones aéreas o colgadas donde la tubería no se encuentra expuesta a aplastamientos por cargas de terreno.

- **Clase Pesada (CP / SAP - Standard Americano Pesado):** Caracterizada por mayor espesor de pared, destinada a colectores enterrados, montantes verticales de gran altura, instalaciones empotradas en concreto o zonas sujetas a impactos y esfuerzos mecánicos severos.

El rango dimensional abarca diámetros nominales desde $1\frac{1}{2}''$ hasta $8''$ ($41$ mm a $219$ mm de diámetro exterior real). Para diámetros exteriores iguales o inferiores a $105$ mm ($4''$), la longitud estándar de fabricación es de 3 metros, mientras que para diámetros superiores ($6''$ y $8''$) la longitud nominal se extiende a 5 metros. Un cambio técnico de relevancia en la NTP 399.003 es la sustitución total de los estabilizantes térmicos basados en sales de plomo y cadmio por formulaciones ecológicas de Calcio-Zinc (Ca-Zn), eliminando los riesgos de toxicidad ocupacional y reduciendo el impacto ambiental durante el ciclo de vida del producto.

## NTP 399.004: Tuberías y Conexiones de PVC para Agua Potable

La NTP 399.004 establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo para las conexiones y accesorios de PVC-U (inyectados o moldeados), así como las condiciones de acoplamiento en la interfaz tubo-accesorio para sistemas de agua potable a presión.

Esta norma evalúa el desempeño estructural en puntos críticos de discontinuidad geométrica, tales como codos, tees, reducciones y adaptadores. Entre sus exigencias destacan la resistencia al impacto por caída de masa, la estabilidad dimensional tras la inmersión en baño térmico y la estanqueidad hidráulica en uniones roscadas o mediante cemento solvente. La NTP 399.004 asegura que la resistencia

a la presión de los accesorios inyectados sea compatible con la clase de presión de las tuberías con las que se acoplan.

## NTP 399.005: Muestreo e Inspección de Tubos de Material Plástico

La NTP 399.005 (actualizada en su tercera edición como NTP 399.005:2026, reemplazando a la versión de 2002 revisada en 2015) constituye el estándar metodológico para el control de calidad estadístico de los lotes de producción y para la recepción de materiales en las obras.

La norma define procedimientos de muestreo simple, doble y múltiple, correlacionando el tamaño del lote con los Niveles de Calidad Aceptables (AQL). Durante los procesos de inspección, los defectos se categorizan en (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004):

- **Defectos Críticos:** Desviaciones dimensionales o mecánicas que provocan el colapso funcional inminente de la conducción, tales como grietas transversales, variaciones de espesor por debajo del mínimo permitido o falla en los ensayos de presión hidrostática.
- **Defectos Mayores:** Imperfecciones que comprometen la durabilidad o dificultan el ensamblaje en obra, como la ovalación excesiva del tubo o la alineación incorrecta de la campana de embone.
- **Defectos Menores:** Desviaciones estéticas o de marcado que no alteran la resistencia mecánica ni la estanqueidad del sistema, como leves variaciones de tonalidad en el pigmento.

# Ecosistema Normativo Complementario: Conexiones, Identificación y Coexistencia Internacional (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004)

**Conexiones e Insumos Complementarios**

La serie NTP 399 opera como un sistema integrado junto con otras normas específicas que regulan los elementos de acoplamiento y accesorios de la red. La NTP 399.019 establece los requisitos para conexiones inyectadas de PVC-U destinadas al agua fría a presión. Para los sistemas de evacuación gravitacional, la NTP 399.172 especifica las dimensiones y los métodos de ensayo de los accesorios inyectados de desagüe, garantizando su compatibilidad con las tuberías de la NTP 399.003. Por su parte, la NTP 399.166 regula los tubos de PVC-U con pared engrosada para permitir el roscado mecánico en instalaciones domiciliarias de agua.

**Identificación de Tuberías según la NTP 399.012**

Para garantizar la seguridad industrial en edificaciones y plantas operativas, la norma NTP 399.012:1974 (revisada en 2014) define el código de colores básico y las indicaciones codificadas para la identificación de tuberías que transportan fluidos en estado líquido o gaseoso.

El estándar establece la aplicación del color básico de forma continua sobre toda la tubería o mediante franjas de señalización. Además, exige el uso de leyendas descriptivas (que incluyan el nombre del fluido y su fórmula química) y flechas de dirección de flujo en color blanco o negro para asegurar un contraste adecuado (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004).

## Transición y Coexistencia con Normas ISO Adoptadas (NTP ISO 1452 y NTP ISO 4435)

En consonancia con los acuerdos de facilitación del comercio, INACAL ha impulsado la adopción de las normas internacionales del Comité ISO/TC 138. Esto ha generado un régimen de coexistencia entre la serie tradicional peruana (NTP 399 en dimensiones imperiales) y las normas ISO métricas (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004):

- **NTP ISO 1452 (Partes 1 a 5):** Reemplaza conceptualmente a los esquemas tradicionales de presión, introduciendo la clasificación por Relación de Dimensión Estándar (SDR) y la tensión de diseño basada en la Resistencia Mínima Requerida (MRS $\geq$ 25 MPa) para PVC-U.
- **NTP ISO 4435:** Aplica a tuberías y conexiones para alcantarillado sin presión, clasificando los tubos según su Rigidez Anular Nominal ($S_N = 2{,}4{,}8$ kN/m$^2$) o por su SDR.

Esta convivencia exige un riguroso control en la etapa de proyecto, puesto que los diámetros exteriores y las geometrías de campana difieren entre la serie NTP 399 y la serie NTP ISO, impidiendo la interconexión directa sin adaptadores de transición (véanse las tablas 6, 7, 8).

**Tabla 6:** Comparativo Técnico General de las Normas Peruanas de Tuberías de PVC-U

| **Parámetro / Requisito** | **NTP 399.002** | **NTP 399.003** | **NTP 399.004** | **NTP ISO 1452-2** | **NTP ISO 4435** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aplicación Principal** | Agua a presión / Fluidos | Desagüe domiciliario / Ventilación | Conexiones y agua potable | Redes de agua a presión | Alcantarillado y drenaje público |
| **Régimen Hidráulico** | Con presión (hasta 15 bar) | Gravitacional / Sin presión | Con presión / Junta sellada | Con presión (PN 6 a PN 25) | Gravitacional / Redes enterradas |
| **Clasificación del Producto** | C-5, C-7.5, C-10, C-15 | CL (Liviana) / CP (Pesada) | Según resistencia a presión | Por PN y SDR | Por Rigidez Anular $S_N$ ( $2{,}4{,}8$ kN/m$^2$ ) |
| **Rango de Diámetros Habitual** | $\frac{1}{2}''$ a $24''$ | $1\frac{1}{2}''$ a $8''$ | $\frac{1}{2}''$ a $4''$ (según tipo) | $12$ mm a $1000$ mm | $110$ mm a $1000$ mm |
| **Mecanismo de Embone** | Simple Presión / Unión Flexible | Simple Presión (Cementado) | Cementado / Roscado | Unión Flexible (Elastomérica) | Unión Flexible (Elastomérica) |
| **Tensión de Diseño ($\sigma_e$)** | $10$ MPa ( $100$ bar ) | N/A (Evaluado por rigidez) | Variado según inyección | $12.5$ MPa (MRS = $25$ MPa) | N/A (Evaluado por $S_N$) |

| Parámetro / Requisito | NTP 399.002 | NTP 399.003 | NTP 399.004 | NTP ISO 1452-2 | NTP ISO 4435 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Norma Antecedente / Base** | ISO 161-2 / Mercado local | Estándar Americano (SAL/SAP) | Métodos de ensayo ASTM/ISO | ISO 1452 | ISO 4435 |

**Tabla 7:** Especificaciones Dimensionales y Geométricas de la NTP 399.003 (Desagüe Domiciliario)

| Diámetro Nominal (Dn) | Diámetro Exterior (De) | Espesor Mínimo CL (emin) | Espesor Mínimo CP (emin) | Longitud Total Standard (Lt) | Tipo de Campana / Embone |
|---|---|---|---|---|---|
| $1\frac{1}{2}''$ | 41.0 mm | No Aplica | 1.3 mm | 3.0 m | Encolada / Cementada |
| $2''$ | 54.0 mm | 1.3 mm | 2.0 mm | 3.0 m | Encolada / Cementada |
| $3''$ | 80.0 mm | 1.4 mm | 2.0 mm | 3.0 m | Encolada / Cementada |
| $4''$ | 105.0 mm | 1.7 mm | 2.6 mm | 3.0 m | Encolada / Cementada |
| $6''$ | 168.0 mm | 2.8 mm | 4.1 mm | 5.0 m | Encolada / Cementada |
| $8''$ | 219.0 mm | No Aplica | 3.5 mm | 5.0 m | Encolada / Cementada |

**Tabla 8:** Codificación de Colores para Identificación de Tuberías de Fluidos (NTP 399.012)

| **Fluido Conducido** | **Color Básico de Identificación** | **Muestra / Aplicación Tipificada** | **Requisito de Franja / Leyenda Adicional** |
|---|---|---|---|
| **Sistemas Contra Incendios** | Rojo | Rociadores, gabinetes e hidrantes | Franja de seguridad o letrero en contraste |
| **Agua (Potable, Cruda, Residual)** | Verde | Redes de agua fría, agua tratada | Texto indicando "AGUA POTABLE" o $H_2O$ |
| **Vapor de Agua** | Gris | Líneas de vapor industrial o condensados | Flechas indicadoras de dirección del flujo |
| **Petróleo y Derivados Líquidos** | Aluminio | Tuberías de diésel, gasolina, combustibles | Franjas amarillas de advertencia de inflamabilidad |
| **Aceites Vegetales y Animales** | Marrón | Conductos en la industria alimentaria | Código de producto específico |
| **Gases (Licuados y Gaseosos)** | Amarillo Ocre | Redes de GLP, gas natural, gases industriales | Leyenda de peligro y nombre del gas |
| **Ácidos y Álcalis** | Violeta | Reagentes químicos, efluentes corrosivos | Color de seguridad para sustancias peligrosas |
| **Aire Comprimido** | Azul Claro | Conducciones neumáticas e industriales | Presión de trabajo indicada en la banda |

| Fluido Conducido | Color Básico de Identificación | Muestra / Aplicación Tipificada | Requisito de Franja / Leyenda Adicional |
|---|---|---|---|
| **Sustancias Alimenticias** | Blanco | Leche, bebidas, fluidos de grado alimenticio | Condición sanitaria exigida |

## Implicancias Técnicas, Análisis de Segundo y Tercer Orden, y Perspectivas Estratégicas

El cumplimiento estricto de las especificaciones fijadas en las NTP de la serie 399 incide de forma directa en la prevención de fallas mecánicas en las redes de saneamiento. La exigencia de ensayos de presión hidrostática sostenida en la NTP 399.002 previene la fatiga del material provocada por variaciones de presión y golpes de ariete. Asimismo, la verificación del espesor mínimo de pared en la NTP 399.003 previene el colapso estructural por ovalación en tuberías de desagüe enterradas, evitando la ruptura de las uniones cementadas.

# Fragmentación Operativa por Coexistencia Dimensional (Efectos de Segundo Orden)

La coexistencia en el mercado peruano de la serie tradicional NTP 399 y de la serie adoptada NTP ISO introduce desafíos técnicos de interoperabilidad en la ejecución de obras. Al intentar interconectar una tubería de desagüe de $4''$ bajo NTP 399.003 (diámetro exterior real de $105.0$ mm) con una tubería de alcantarillado NTP ISO 4435 de $110$ mm de diámetro exterior nominal, se genera una luz perimetral aproximada de $5.0$ mm que no puede ser sellada mediante el pegamento solvente convencional (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004).

Esta inconsistencia dimensional suele inducir en obra el uso de prácticas informales, como el calentamiento directo de la campana para forzar el acoplamiento. Este procedimiento degrada las cadenas poliméricas del PVC por termooxidación, destruyendo la rigidez anular del tubo y generando puntos propensos a fisuras y fugas subterráneas de aguas residuales. Para mitigar este riesgo, los proyectos de ingeniería deben contemplar el uso exclusivo de accesorios de transición inyectados y fabricados bajo norma.

Por otro lado, el paso hacia estabilizantes térmicos ecológicos de Calcio-Zinc (Ca-Zn) exigido en la NTP 399.003 obligó a las plantas de extrusión a ajustar sus parámetros de procesamiento térmico. Aunque esta reconversión técnica incrementó inicialmente los costos de producción, redujo significativamente la contaminación por lixiviados pesados en vertederos y protegió la salud ocupacional de los trabajadores sanitarios.

## Transformación del Mercado, Compras Públicas y Resiliencia Sísmica (Efectos de Tercer Orden)

A nivel de infraestructura pública, la aplicación de la NTP 399.005 para el control de calidad por muestreo actúa como un filtro regulatorio que desincentiva la comercialización de materiales subestándar. Las entidades estatales y las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (como SEDAPAL) exigen la certificación de lote bajo NTP 399.005 para los procesos de adquisición en el marco de la Ley de Contrataciones del Estado.

Esta exigencia ha derivado en la consolidación de un mercado manufacturero de mayor rigor metrológico, respaldado por laboratorios de ensayo acreditados por la Dirección de Acreditación de INACAL. Asimismo, en el plano geotécnico, la transición progresiva

hacia sistemas de unión flexibles con anillos de elastómero (incorporados en las especificaciones de la NTP 399.002 y la NTP ISO 1452) otorga a las redes subterráneas la capacidad de absorber deformaciones por asentamientos del terreno y movimientos sísmicos. Esto asegura la continuidad operativa del suministro de agua y del alcantarillado tras eventos telúricos, fortaleciendo la resiliencia urbana en zonas de alta vulnerabilidad (El Peruano, 2022).

El análisis del marco normativo dictado por INACAL para tuberías y accesorios de material plástico (Serie NTP 399) permite establecer las siguientes conclusiones (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2004):

1. **Arquitectura Regulatoria Interdependiente:** Las normas NTP 399.001 a 399.005 forman una estructura coordinada que abarca desde la terminología histórica hasta el diseño dimensional para la conducción a presión (NTP 399.002), la evacuación gravitacional (NTP 399.003), los accesorios (NTP 399.004) y el aseguramiento de la calidad mediante muestreo (NTP 399.005).

2. **Adecuación Ambiental y Sanitaria:** La actualización de las normas ha incorporado criterios de sostenibilidad, como la eliminación de estabilizantes a base de plomo en la NTP 399.003 y la exigencia de ensayos de inocuidad en la NTP 399.002 para proteger la potabilidad del agua.

3. **Control de Interoperabilidad Geométrica:** La coexistencia de las series NTP 399 (imperial/local) y NTP ISO (métrica) exige que los expedientes técnicos de ingeniería especifiquen de forma explícita los esquemas dimensionales proyectados, prohibiendo

prácticas informales de termodeformación en campo y prescribiendo el uso de adaptadores de transición normados.

4. **Aseguramiento de Calidad e Identificación Operativa:** La fiscalización de lotes mediante la NTP 399.005 y la aplicación de los códigos de colores de la NTP 399.012 garantizan la calidad de los materiales instalados y la seguridad operativa durante la fase de mantenimiento de las infraestructuras sanitarias e industriales.

# Capítulo IV

# Guía Magistral para la Aplicación Efectiva del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC)

El Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC, por sus siglas en inglés), promulgado por el International Code Council (ICC), constituye el estándar modelo predilecto a nivel global para regular el diseño, la instalación, la inspección y el mantenimiento de los sistemas hidrosanitarios en edificaciones. El propósito fundamental del IPC radica en salvaguardar la salud pública, la seguridad estructural y el bienestar general mediante la implantación de requisitos mínimos que garantizan el suministro ininterrumpido de agua potable, la prevención de la contaminación por retroflujo y la evacuación eficiente y segura de los desechos líquidos, evitando al mismo tiempo costos innecesarios en la construcción e incentivando la incorporación de nuevas tecnologías y materiales (Comisión Nacional del Agua, s/f).

El código resulta aplicable a prácticamente la totalidad de las tipologías edificatorias, con la única excepción de las viviendas unifamiliares y bifamiliares y los adosados de hasta tres niveles de altura, cuya regulación técnica está supeditada al Código Residencial Internacional (IRC) (Moya, 2015).

La arquitectura organizativa del IPC distribuye sus reglamentaciones en capítulos temáticos especializados. El código se

somete a un ciclo trienal de actualización abierto, transparente y participativo, supervisado por comités técnicos donde convergen profesionales de la ingeniería, fabricantes e inspectores normativos para evaluar propuestas de cambio técnico y ajustar la norma a los avances de la industria (véase la tabla 9).

**Tabla 9:** Capítulos temáticos especializados del IPC

| **Capítulo** | **Denominación y Ámbito Temático** | **Enfoque de Regulación Hidrosanitaria** |
|---|---|---|
| Capítulo 1 | Alcance y Administración | Procedimientos legales, facultades de inspección, emisión de permisos y sanciones. |
| Capítulo 2 | Definiciones | Conceptos técnicos y terminología normativa estandarizada. |
| Capítulo 3 | Regulaciones Generales | Protección física de tuberías, soportes, estabilidad estructural, pruebas e higiene ambiental. |
| Capítulo 4 | Aparatos, Grifería y Accesorios | Cantidades mínimas de aparatos, accesibilidad física (ICC A117.1) y criterios de instalación. |
| Capítulo 5 | Calentadores de Agua | Dispositivos de seguridad hidrotérmica, alivio de presión y temperatura, e instalación. |
| Capítulo 6 | Suministro y Distribución de Agua | Calidad del agua potable, protección contra retroflujo, materiales y dimensionamiento. |
| Capítulo 7 | Drenaje Sanitario | Redes de bajadas y ramales sanitarios, pendientes, accesorios de desvío y registros. |

| Capítulo | Denominación y Ámbito Temático | Enfoque de Regulación Hidrosanitaria |
|---|---|---|
| Capítulo 8 | Desechos Indirectos y Especiales | Separación física de aire para equipos alimentarios/médicos y tratamiento de residuos químicos. |
| Capítulo 9 | Ventilación | Mantenimiento del sello hidráulico en sifones mediante la regulación de diferencias de presión. |
| Capítulo 10 | Sifones, Interceptores y Separadores | Trampas hidráulicas, trampas de grasa, separadores de aceite e interceptores de arena. |
| Capítulo 11 | Drenaje Pluvial | Dimensionamiento de canalones, bajadas pluviales y prevención de colapso estructural en cubiertas. |
| Capítulo 12 | Tuberías Especiales | Distribución de gases médicos y sistemas de vacío de grado sanitario. |
| Capítulo 13 | Sistemas de Agua No Potable | Captación, tratamiento y reuso de aguas no potables para descarga y riego. |
| Capítulo 14 | Absorción Subsuperficial de Aguas Grises | Disposición y filtración de aguas grises en el suelo para saneamiento descentralizado. |

La efectividad en el cumplimiento del IPC depende del rigor con que se aplica su marco administrativo. Todo ejecutor u oficial de proyecto debe tramitar las licencias o permisos correspondientes antes de dar comienzo a cualquier montaje o modificación hidrosanitaria. La autoridad competente (*Code Official*) cuenta con potestad jurídica para examinar expedientes técnicos, emitir permisos, inspeccionar predios, suspender licencias concedidas sobre datos erróneos y ordenar la paralización inmediata de obras no autorizadas.

Quien inicie labores sin el debido permiso queda sujeto a recargos económicos obligatorios. Las licencias expiran si los trabajos no dan inicio dentro de los 180 días posteriores a su concesión o si la construcción se suspende por un periodo equivalente, aunque el inspector puede otorgar una prórroga de hasta 180 días mediante solicitud motivada.

La verificación en campo de las instalaciones se estructura a través de tres hitos obligatorios de inspección. En primer lugar, la inspección subterránea (*Underground Inspection*) se ejecuta tras la excavación de zanjas y conformación de la cama de soporte, con la tubería acoplada pero previa al vertido del relleno. Posteriormente, la inspección en obra negra o borrador (*Rough-in Inspection*) tiene lugar una vez erigida la estructura, la cubierta y los elementos cortafuegos, tras haber tendido las redes de distribución, drenaje y ventilación, pero antes de la instalación de paneles de acabado en muros o cielorrasos. En síntesis, se lleva a cabo la inspección final (*Final Inspection*), en la que se evalúa el montaje e interconexión definitiva de todos los aparatos e infraestructura del sistema.

Complementariamente, la Sección 312 del IPC manda la realización de pruebas de hermeticidad antes de poner en servicio la instalación. Los sistemas de drenaje y ventilación deben verificarse mediante una prueba de agua que aplique una columna hidráulica de al menos 10 pies (3 metros) sobre el punto más alto del tramo examinado, o una prueba neumática a una presión uniforme de 5 psi (34.5 kPa) mediante manómetro o columna de mercurio de 10 pulgadas, la cual debe sostenerse sin fluctuación durante un lapso mínimo de 15 minutos. Es indispensable observar que la prueba de aire está prohibida en tuberías de plástico rígido (como PVC o ABS) debido al peligro de falla frágil con proyección explosiva de fragmentos. Por

su parte, la red de agua potable debe ser sometida a una prueba hidrostática a una presión no menor a la de operación normal del sistema, durante un período no menor a 15 minutos, utilizando exclusivamente agua proveniente de una fuente potable (Comisión Nacional del Agua, s/f).

## Metodología Avanzada de Diseño y Dimensionamiento Hidráulico

El dimensionamiento de las redes de distribución de agua potable según el IPC trasciende el simple cálculo estático de caudales continuos. La metodología se fundamenta en un análisis estocástico que estima la simultaneidad de uso mediante las Unidades de Gasto de Suministro de Agua (WSFU, *Water Supply Fixture Units*), permitiendo determinar el caudal de diseño probabilístico necesario para mantener la funcionalidad de los aparatos sin sobredimensionar la infraestructura (Rodríguez, 2014).

El Apéndice E del IPC establece las directrices para la conversión de los valores de WSFU a caudales volumétricos reales expresados en galones por minuto (GPM) o litros por segundo (L/s), aplicando la Curva de Hunter tabulada en la Tabla E103.3(3). Esta metodología impone una diferenciación estricta entre sistemas alimentados mayoritariamente por tanques de descarga (*flush tanks*) y aquellos servidos por válvulas de descarga directa o fluxómetros (*flushometer valves*).

Debido a que los fluxómetros exigen caudales instantáneos muy elevados para garantizar la limpieza del aparato en lapsos breves, la curva de demanda correspondiente asigna picos volumétricos sensiblemente superiores a los de un sistema con tanques para un mismo número total de unidades de gasto. Asimismo, los consumos

continuos —tales como regadíos de jardines, fuentes ornamentales o torres de enfriamiento— no deben procesarse dentro de la curva estocástica de WSFU; sus caudales continuos directos en GPM se deben añadir de forma aditiva al valor de demanda pico obtenido para los aparatos intermitentes.

A partir del caudal volumétrico $Q$ (en GPM), el dimensionamiento de los conductos se rige por la ecuación de continuidad adaptada a unidades imperiales (Walter, 2022):

$$V = \frac{0.4085 \cdot Q}{d^2}$$

donde $V$ representa la velocidad media del fluido en pies por segundo (fps), $Q$ es el caudal demandado en GPM y $d$ es el diámetro interno real de la tubería en pulgadas.

El IPC establece límites cinemáticos de velocidad con el fin de evitar fenómenos de degradación por erosión-corrosión, prevenir el golpe de ariete y mitigar la contaminación acústica por turbulencia en el interior de los inmuebles. La selección del diámetro normativo depende tanto de la temperatura del agua como de la composición metalúrgica o polimérica del material utilizado (véase la tabla 10).

**Tabla 10:** Límites cinemáticos de velocidad del IPC

| **Material de la Tubería** | **Servicio Hidráulico** | **Límite Máximo de Velocidad** | **Fundamento Técnico y Físico** |
|---|---|---|---|
| Cobre, Acero, Acero Inoxidable | Agua Fría (< 60°C) | 8.0 fps (2.44 m/s) | Control de turbulencia acústica y prevención de fricción erosiva. |

| Material de la Tubería | Servicio Hidráulico | Límite Máximo de Velocidad | Fundamento Técnico y Físico |
|---|---|---|---|
| Cobre, Acero, Acero Inoxidable | Agua Caliente (≤ 60°C/140°F) | 5.0 fps (1.52 m/s) | Mitigación del fenómeno acelerado de erosión-corrosión en agua caliente. |
| Cobre, Acero | Agua Caliente Alta (> 60°C/ 140°F) | 3.0 fps (0.91 m/s) | Reducción del desgaste termomecánico en la pared del tubo. |
| Cobre | Circulación Continua | 2.0 fps (0.61 m/s) | Prevención del desgaste por cizallamiento constante en bucles cerrados. |
| Plásticos (PEX, CPVC, PVC) | Agua Fría y Caliente | 5.0 fps (1.52 m/s) | Control de deformación por creep y esfuerzo cortante en uniones. |

A la par de las restricciones de velocidad, el diseñador debe verificar el presupuesto de presión por fricción disponible ($\Delta P_{\text{disponible}}$) a lo largo de la trayectoria hidráulica más desfavorecida. La energía estática utilizable en el origen de la acometida debe amortiguar las pérdidas de carga fijas antes de destinar la diferencia residual a la fricción lineal de la tubería:

$$\Delta P_{\text{disponible}} = P_{\text{estática}} - P_{\text{requerida_aparato}} - \Delta P_{\text{medidor}} - H_{\text{elevación}} - \Delta P_{\text{accesorios}}$$

La fricción hidrostática derivada de la altura geométrica impone una pérdida de presión fija de $0.433$ psi por cada pie de elevación vertical (9.8 kPa por metro). En edificaciones de gran altura o de gran desarrollo horizontal, esta pérdida estática suele consumir la

mayor parte de la energía disponible, convirtiendo la pérdida de carga por fricción —y no la velocidad lineal— en el criterio restrictivo que obliga a adoptar diámetros superiores a los mínimos previstos inicialmente.

## Principios de Diseño para Sistemas de Drenaje Sanitario y Ventilación (DWV)

Los sistemas de drenaje sanitario, desperdicios y ventilación (DWV) operan bajo el principio hidráulico de flujo por gravedad en canales parcialmente llenos. La meta primaria de la red de drenaje es remover los desechos líquidos y sólidos a una velocidad que evite la sedimentación, mientras que el sistema de ventilación asegura la estabilidad neumática interior de los conductos (Delgadillo et al., 2019).

La carga de aguas residuales generada por cada aparato se cuantifica en unidades de Fixture de Drenaje (DFU, *Drainage Fixture Units*). Las tuberías horizontales de drenaje requieren una pendiente uniforme que garantice la velocidad de autolimpieza del flujo (alrededor de $2$ fps o $0.61$ m/s). Para tubos con diámetro igual o inferior a $2.5$ pulgadas , el IPC fija una pendiente mínima obligatoria de $1/4$ de pulgada por pie ($2\%$). Una pendiente insuficiente promueve el asentamiento de materia sólida y la subsecuente obstrucción del tubo; por el contrario, una pendiente desmedida provoca que el agua se desplace a mayor velocidad que los sólidos, dejándolos varados a lo largo de la trayectoria.

El aspecto normativo de mayor relevancia para la higiene del sistema DWV radica en la preservación del sello hidráulico en las trampas o sifones. El Capítulo 9 del IPC mandata que la red de ventilación mantenga los diferenciales de presión en el sistema de drenaje dentro de un margen que no exceda $1$ pulgada de columna

de agua (más o menoss$\pm 249$ Pa) respecto a la presión atmosférica. Un desequilibrio neumático superior a este valor rompería el sello líquido de la trampa por acción de sifonaje inducido o autosifonaje, permitiendo el ingreso irrestricto de gases tóxicos, malos olores y vectores patógenos del alcantarillado hacia el interior del inmueble (Cerna y Marí, 2017).

Para asegurar el equilibrio barométrico del sistema, el IPC reconoce y norma diversas configuraciones de ventilación. La ventilación individual y común conecta directamente el brazo de la trampa a una columna vertical expuesta al exterior. La ventilación en circuito (*circuit venting*) permite ventilar un grupo de hasta ocho aparatos instalados en batería en un ramal horizontal mediante una única tubería de ventilación conectada aguas arriba de la última descarga.

Asimismo, el código avala el empleo de válvulas de admisión de aire (AAV, *Air Admittance Valves*) como una alternativa eficiente a la ventilación pasiva convencional. Cuando la descarga de un aparato genera presiones negativas dentro de la tubería, la membrana elástica de la AAV se levanta de su asiento de sellado, admitiendo aire del espacio interior para equiparar la presión y proteger la trampa. Al cesar la succión y restablecerse la presión neutra o positiva, la gravedad y la fuerza interna reasientan herméticamente el sello de la válvula, impidiendo la salida de gases de la alcantarilla.

El IPC exige que las AAV se instalen en posición estrictamente vertical, en sitios con ventilación adecuada y accesibles para inspección, situándolas como mínimo $4$ pulgadas ( $102$ mm ) por encima del brazo de la trampa servida o del nivel de rebose del aparato. La implementación de AAVs no exime a la edificación de

contar con al menos una columna de ventilación primaria que atraviese la cubierta e interconecte la red directamente con el aire libre exterior.

## Análisis Comparativo: IPC frente al UPC y Armonización con los I-Codes

En el ámbito regulatorio de las instalaciones hidrosanitarias coexisten dos códigos modelo de alta relevancia: el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC), publicado por el ICC, y el Código Uniforme de Plomería (UPC), editado por la Asociación Internacional de Funcionarios de la Plomería y Mecánica (IAPMO). La selección entre uno u otro influye decisivamente en los presupuestos de obra, las metodologías constructivas y la facilidad de integración con el resto de los proyectos de ingeniería y arquitectura.

El IPC destaca por su enfoque orientado al desempeño y su flexibilidad tecnológica, diseñado desde el origen para correlacionarse sin fisuras con la familia de los *International Codes* (I-Codes), tales como el Código Internacional de Edificación (IBC), el Código Internacional de Mecánica (IMC) y el Código Internacional de Gas Combustible (IFGC). Un testimonio de esta integración es la coherencia entre el Capítulo 4 del IPC y el Capítulo 29 del IBC en lo concerniente a las dotaciones mínimas de aparatos sanitarios según el uso de la edificación, lo que elimina discrepancias entre los planos arquitectónicos e hidrosanitarios y reduce sustancialmente la necesidad de redactar enmiendas locales.

Adicionalmente, el IPC asimila en su texto los requisitos de accesibilidad física contenidos en la norma ICC A117.1, facilitando el cumplimiento de leyes de no discriminación y equidad de género en el acceso a servicios sanitarios (véase la tabla 11).

**Tabla 11:** IPC frente al UPC y Armonización con los I-Codes

| Criterio de Evaluación | Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC) | Código Uniforme de Plomería (UPC) |
|---|---|---|
| **Entidad Emisora** | International Code Council (ICC). | International Association of Plumbing and Mechanical Officials (IAPMO). |
| **Enfoque Regulatorio** | Basado en desempeño, flexibilidad e innovación tecnológica. | Tradicional, eminentemente prescriptivo y conservador. |
| **Coordinación con el IBC** | Armonización plena (IBC Cap. 29 copia fiel del IPC Cap. 4). | Requiere abundantes enmiendas locales para evitar contradicciones. |
| **Valoración de DFU/WSFU** | Asignaciones optimizadas basadas en análisis de riesgo técnico moderno. | Criterios conservadores que derivan en diámetros de tubería mayores. |
| **Uso de Válvulas AAV** | Permitido explícitamente en el cuerpo del código (Capítulo 9). | Históricamente restringido o supeditado a apéndices opcionales. |
| **Accesibilidad Universal** | Directamente vinculado a la norma ICC A117.1. | Requiere homologación y consultas cruzadas con otros estándares. |
| **Pasajes Cortafuegos** | Coordinación explícita de penetraciones en la Sección 307.3 con el IBC. | Tratado de forma independiente de la regulación de incendios del edificio. |

Desde la perspectiva económica y operativa, la flexibilidad técnica del IPC para autorizar soluciones como las Válvulas de Admisión de Aire (AAV) y sistemas optimizados de ventilación en circuito reduce los metros lineales de tubería requeridos, disminuye el número de perforaciones en las losas de cubierta y minimiza las

interferencias mecánicas en los cielorrasos, derivando en ahorros directos de material y mano de obra.

## Adopción e Implementación del IPC en Proyectos Internacionales y Latinoamérica

La adopción del IPC como estándar de referencia se ha extendido notablemente en Latinoamérica y diversas regiones internacionales debido a su versatilidad modular y a su alineación con los requerimientos contemporáneos de sustentabilidad urbana. Su disponibilidad en ediciones oficiales traducidas al español ha permitido que colegios de ingenieros y municipalidades lo empleen como base reglamentaria para actualizar sus códigos locales.

El IPC aborda con rigor los desafíos de la escasez hídrica y la eficiencia energética, suministrando pautas claras para la incorporación de fuentes no convencionales de agua en la edificación. En su Capítulo 13, el código norma el tratamiento y reuso de aguas no potables para fines como la descarga de inodoros o el riego de áreas verdes, validando expresamente el estándar de diseño CSA B805/ICC 805 para sistemas de captación de agua de lluvia. Asimismo, el Capítulo 14 reglamenta la infiltración subsuperficial de aguas grises en el suelo, permitiendo aliviar la carga hidráulica sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

El despliegue efectivo del IPC en el ciclo de vida de un proyecto de ingeniería requiere estructurar metodológicamente sus distintas fases de ejecución. Inicialmente, el equipo de diseño debe auditar el marco normativo de la jurisdicción local para determinar la edición aplicable del IPC y las enmiendas específicas promulgadas por la autoridad local. Acto seguido, se consolida el cuadro de aparatos sanitarios en estrecha coordinación con la arquitectura del edificio,

determinando las dotaciones mínimas de accesibilidad y paridad de género exigidas por el Capítulo 4 del IPC y el Capítulo 29 del IBC.

Posteriormente, se procede con la modelación hidráulica del sistema de distribución de agua potable, convirtiendo las unidades WSFU en caudales instantáneos mediante las tablas del Apéndice E, evaluando el presupuesto de presión por fricción e hidrostática y verificando que la velocidad del fluido no sobrepase los límites del material seleccionado. En paralelo, se desarrolla el trazado de la red DWV, asignando valores de DFU, garantizando las pendientes mínimas autolimpiantes e integrando las estrategias de ventilación pasiva o mecánica que aseguren la estabilidad barométrica de las trampas (Walter, 2022).

El ciclo culmina con la tramitación formal de los permisos de construcción hidrosanitaria ante la autoridad reguladora y la ejecución estricta de las pruebas mecánicas e inspecciones en campo prescriptas por la Sección 312.

La aplicación rigurosa del Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC) proporciona a la ingeniería de edificación un marco normativo predecible, seguro y técnicamente optimizado. Su articulación directa con el resto de la familia de los I-Codes simplifica los procesos de diseño, agiliza la revisión de expedientes técnicos por parte de las autoridades competentes y disminuye sustancialmente el riesgo de imprevistos o sobrecostos durante la fase de montaje e inspección en obra.

Para maximizar los beneficios técnicos y económicos del IPC en proyectos de ingeniería e infraestructura, es recomendable instituir protocolos institucionales de verificación hidráulica que evalúen de forma simultánea los límites cinemáticos de velocidad y los

presupuestos de presión residual, evitando fallas por erosión-corrosión en redes metálicas de agua caliente o problemas de suministro en los puntos más desfavorecidos. En el diseño de redes de drenaje y ventilación, resulta sumamente conveniente aprovechar la flexibilidad de las Válvulas de Admisión de Aire (AAV) y los esquemas de ventilación en circuito para reducir la densidad de tuberías en cielorrasos y minimizar perforaciones en cubiertas, asegurando siempre el cumplimiento de las alturas mínimas de montaje y la accesibilidad para mantenimiento.

Asimismo, las firmas de ingeniería deben planificar con estricto rigor la ejecución de las pruebas mecánicas normadas en la Sección 312, asegurando que las pruebas de hermeticidad en tuberías plásticas se realicen de forma exclusiva con agua potable para prevenir los graves riesgos asociados a las pruebas neumáticas en materiales rígidos. Por último, se aconseja adoptar tempranamente las disposiciones de los Capítulos 13 y 14 sobre captación de aguas pluviales y reuso de aguas grises, alineando los proyectos con las demandas globales de eficiencia hídrica y certificación ambiental en la edificación contemporánea.

# Capítulo V

# Análisis Técnico e Integral de la Serie Norma EN 806: Especificaciones para Instalaciones de Agua para Consumo Humano en el Interior de Edificios

La regulación de las instalaciones de distribución de agua potable dentro de las edificaciones constituye un pilar esencial para la salud pública, la eficiencia energética y la sostenibilidad de la infraestructura urbana. En el ámbito europeo e internacional, la serie de normas EN 806 representa el estándar técnico de referencia para el diseño, dimensionamiento, ejecución, puesta en marcha y mantenimiento de los sistemas de agua destinados al consumo humano en el interior de los edificios (Comisión Nacional del Agua, s/f).

Esta normativa se encuentra estrechamente articulada con la Directiva de la UE sobre Agua Potable 2020/2184, la cual consolida legalmente un enfoque basado en la evaluación y gestión integral de riesgos en los sistemas de distribución doméstica y los materiales en contacto con el agua. La serie EN 806 actúa en sinergia con otras normas técnicas internacionales clave, como la EN 1717 para la protección contra la contaminación por reflujo y la serie EN 12502 referente a la protección de materiales metálicos contra la corrosión.

## Marco Normativo Europeo e Integración Reglamentaria

El propósito fundamental de la serie EN 806 es garantizar que la calidad del agua entregada por las redes públicas de abastecimiento

se mantenga inalterada hasta el punto terminal de consumo. Para lograr este objetivo, la norma aborda no solo la hidráulica del transporte de fluidos, sino también la compatibilidad físico-química de los materiales, la seguridad microbiológica y la preservación de las propiedades organolépticas del suministro.

El marco regulatorio exige que los componentes de la instalación no liberen sustancias nocivas que excedan los límites sanitarios fijados por la legislación vigente, ni alteren la salubridad o el aspecto del agua. Las redes interiores deben estar diseñadas para evitar cualquier interconexión con fuentes no potables o redes de evacuación. Esto requiere la inclusión de dispositivos antirretorno en puntos clave como las derivaciones de contadores, las bases de los montantes ascendentes, antes de los equipos de tratamiento y en la alimentación de sistemas de climatización.

En el ámbito de las reglamentaciones nacionales, reglamentos técnicos como el Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HS4) en España o la Norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones en Perú adaptan o complementan estos principios generales para ajustar los caudales de diseño, las velocidades operativas admisibles y los métodos de cálculo probabilísticos a las realidades locales (Gobierno del Perú, s/f).

## Estructura Jerárquica y Desglose Funcional de las Cinco Partes de la Norma EN 806 (UNE Normalización Española, 2001).

La serie EN 806 está estructurada en cinco partes complementarias que abarcan de manera sistémica la totalidad del ciclo de vida útil de una instalación hidráulica interior (véase la tabla 12).

## Parte 1: Generalidades (EN 806-1)

La norma UNE-EN 806-1 establece los aspectos generales, el campo de aplicación, las definiciones fundamentales, la simbología gráfica unificada y los parámetros base para la elaboración de proyectos hidráulicos. Su función principal es definir la frontera del sistema desde la acometida o punto de entrega de la empresa suministradora hasta las griferías de consumo terminal, estandarizando el lenguaje técnico entre proyectistas, instaladores y organismos de inspección sanitaria.

## Parte 2: Diseño (EN 806-2)

La norma EN 806-2 especifica los criterios de arquitectura técnica para las redes de agua fría y caliente sanitaria (ACS). En este apartado se detalla la selección sistemática de materiales para prevenir la corrosión galvánica, desaconsejando la combinación electroquímicamente incompatible de metales disímiles sin la interposición de manguitos dieléctricos. La norma estipula la separación física y el aislamiento térmico entre las tuberías de agua fría y caliente, previniendo la transferencia de calor por conducción que pudiera elevar la temperatura del agua fría por encima de los $25°C$ o reducir la de ACS por debajo de los $55°C$. Asimismo, establece la instalación de grifos de vaciado en combinación con válvulas antirretorno para permitir la purga total de sectores específicos de la red durante tareas de reparación o desinfección.

## Parte 3: Dimensionamiento de Tuberías - Método Simplificado (EN 806-3)

La norma EN 806-3 define un método simplificado para el cálculo de diámetros de tubería basado en el concepto de Unidades de Carga (*Loading Units*, $LU$). En este esquema, una Unidad de Carga ($1\,LU$) equivale conceptualmente a un caudal de extracción de

$0{,}10$ l/s para un aparato sanitario estándar de referencia. El procedimiento suma progresivamente las $LU$ acumuladas desde las derivaciones individuales hasta los distribuidores principales, determinando el caudal de diseño simultáneo probable ($Q_d$) (Walter, 2022).

A través de tablas normativas, se selecciona el diámetro nominal ($DN$) correspondiente en función del material empleado (cobre, plástico multicapa, PEX o acero inoxidable). Durante el cálculo, la velocidad del fluido debe mantenerse dentro de límites estrictos: una velocidad mínima de $0{,}60$ m/s previene la sedimentación de partículas y la acumulación de biopelículas, mientras que una velocidad máxima recomendada de $2{,}0$ m/s a $2{,}5$ m/s evita fenómenos de corrosión-erosión, fenómenos de cavitación y ruidos hidráulicos desagradables en el interior de la edificación.

## Parte 4: Instalaciones, Pruebas de Presión, Lavado y Desinfección (EN 806-4)

La norma EN 806-4 regula la fase de ejecución física, la manipulación de materiales y los protocolos obligatorios de puesta en servicio. Antes de ocultar o empotrar las conducciones, es imperativo realizar pruebas de estanqueidad y resistencia mecánica. La norma contempla pruebas mediante métodos hidrostáticos con agua potable o mediante métodos neumáticos utilizando aire comprimido exento de aceite o nitrógeno.

Para la Comisión Nacional del Agua, (s/f), las pruebas neumáticas son recomendables cuando existe riesgo de congelación o cuando la puesta en marcha efectiva del edificio se posponga, evitando la presencia de agua estancada durante la fase final de obra.

Posteriormente, la instalación debe ser sometida a un lavado riguroso mediante una mezcla pulsante de agua potable y aire a presión para arrastrar residuos mecánicos, fundentes de soldadura y aceites de mecanizado. Si las analíticas microbiológicas posteriores al lavado reflejan contaminación bacteriana, se procede a una desinfección química mediante agentes autorizados (como cloro libre o dióxido de cloro) seguida de un aclarado masivo hasta neutralizar el agente desinfectante.

## Parte 5: Mantenimiento y Operación (EN 806-5)

La norma EN 806-5 fija los procedimientos para el mantenimiento preventivo y la gestión operativa de las instalaciones a lo largo de su vida útil. Establece la regla obligatoria de renovación de agua en un plazo máximo de 7 días, exigiendo que aquellos puntos de consumo de uso poco frecuente sean purgados manualmente o mediante dispositivos de descarga automática programable.

En cuanto al régimen térmico, exige que el agua fría se mantenga constantemente por debajo de $25°C$ (e idealmente por debajo de $20°C$) y que el agua caliente alcance un mínimo de $60°C$ en los acumuladores y $55°C$ en las redes de recirculación. Además, especifica la ejecución de ciclos periódicos de desinfección térmica a $70°C$ durante al menos 3 a 5 minutos en todos los terminales de extracción como medida preventiva contra patógenos.

**Tabla 12:** Matriz Comparativa de las Partes de la Norma EN 806

| Parte Normativa | Título Oficial | Objeto Central de Aplicación | Criterios y Parámetros Técnicos Clave | Normas y Directivas Relacionadas |
|---|---|---|---|---|
| **EN 806-1** | Generalidades | Definición del marco conceptual, alcances y terminología. | Simbología unificada, límites de batería de la instalación interior. | Directiva UE 2020/2184 |
| **EN 806-2** | Diseño | Configuración arquitectónica de la red interior. | Prevención de par galvánico, instalación de antirretornos, separación térmica. | EN 1717, EN 12502 |
| **EN 806-3** | Dimensionamiento | Determinación de diámetros nominales $(DN)$. | Método simplificado por Unidades de Carga $(LU)$, velocidades entre $0{,}60$ y $2{,}0$ m/s. | EN ISO 15875, EN ISO 21003 |
| **EN 806-4** | Instalación | Ejecución física, pruebas hidráulicas y limpieza. | Pruebas neumáticas e hidrostáticas, lavado con mezcla de agua/aire, desinfección. | EN 1254, EN 1982 |

| Parte Normativa | Título Oficial | Objeto Central de Aplicación | Criterios y Parámetros Técnicos Clave | Normas y Directivas Relacionadas |
|---|---|---|---|---|
| **EN 806-5** | Mantenimiento | Conservación, inspección y control biológico. | Renovación de agua ≤ 7 días, control térmico (≤ 25°C AFCH / ≥ 55°C ACS). | DIN 1988-200, VDI 6023 |

## Análisis Causal, Fenomenología Hidráulica e Implicaciones de Segundo y Tercer Orden

La estricta aplicación de las prescripciones técnicas de la norma EN 806 desencadena interacciones fisicoquímicas y microbiológicas complejas dentro de las conducciones interiores de una edificación, influyendo de forma directa en la seguridad del agua y la longevidad del sistema (UNE Normalización Española, 2001).

## Dinámica Biológica y Conflicto Térmico entre *Legionella pneumophila* y *Pseudomonas aeruginosa*

Uno de los aportes metodológicos más relevantes derivados de la aplicación coordinada de las partes EN 806-2 y EN 806-5 es la diferenciación de las ventanas epidemiológicas y fisiológicas para patógenos oportunistas acuáticos. La bacteria *Legionella pneumophila* presenta una tasa de replicación casi nula a temperaturas inferiores a 25°C y superiores a 55°C, multiplicándose con máxima efectividad en la franja comprendida entre 35°C y 45°C, habitualmente asociada a hospedadores protozoarios como las amebas (UNE Normalización Española, 2001).

En contraste, *Pseudomonas aeruginosa* es un colonizador primario capaz de proliferar incluso a temperaturas bajas de 10°C a 15°C, alcanzando un pico de multiplicación acelerada entre 25°C y 40°C mediante la síntesis directa de matrices biopoliméricas (biopelículas o *biofilms*) adheridas a las paredes de los tubos.

Este comportamiento diferencial genera una estricta restricción de diseño: si las conducciones de agua fría no cuentan con el aislamiento térmico prescrito por la EN 806-2 y discurren adosadas a redes de calefacción o ACS, la temperatura del agua fría se situará en la franja de 25°C a 35°C. Esta alteración térmica inhibe el crecimiento masivo de *Legionella*, pero crea el entorno perfecto para la proliferación rápida de *Pseudomonas aeruginosa*. Por esta razón, el cumplimiento estricto del límite térmico de ≤ 25°C en el agua fría de consumo es un parámetro crítico de seguridad biológica (véase la tabla 13).

**Tabla 13:** Dinámica biológica y conflicto térmico entre *Legionella pneumophila* y *Pseudomonas aeruginosa*

| **Parámetro Microbiológico** | **Legionella pneumophila** | **Pseudomonas aeruginosa** |
|---|---|---|
| **Intervalo de multiplicación lenta** | 20°C a 25°C | 10°C a 15°C |
| **Intervalo de multiplicación óptima** | 35°C a 45°C | 25°C a 40°C |
| **Formación de biopelícula (*biofilm*)** | Secundaria (parasitas amebas en la biopelícula). | Primaria (sintetiza directamente la matriz polimérica). |

| Parámetro Microbiológico | Legionella pneumophila | Pseudomonas aeruginosa |
|---|---|---|
| **Estrategia principal de control** | Régimen térmico: ≥ 55°C en ACS y < 25°C en AFCH. | Renovación constante y prevención del estancamiento hidráulico. |
| **Sensibilidad a la desinfección térmica** | Eliminación rápida a temperaturas ≥ 70°C. | Alta resistencia si se encuentra integrada en *biofilm* maduro. |

## Efectos Estructurales, Mecánicos y Termodinámicos del Control Térmico

La necesidad de mantener elevadas temperaturas operativas en el circuito de ACS (≥ 55°C) y aplicar choques térmicos a 70°C Induce efectos mecánicos severos sobre la estructura física de la red. En tuberías sintéticas (como PEX, multicapa o PPR), las variaciones térmicas bruscas provocan dilataciones lineales significativas que exigen la disposición de codos de flexión, compensadores de dilatación y la alternancia estratégica de puntos fijos y deslizantes. De no preverse estos elementos en la fase de diseño conforme a la EN 806-2, el esfuerzo cortante en los racores y uniones terminales conduce a la fisuración prematura por fatiga mecánica (UNE Normalización Española, 2001).

Desde la perspectiva de la química de superficies, las elevadas temperaturas reducen la solubilidad de los bicarbonatos disueltos en el agua, desplazando el equilibrio químico hacia la precipitación de carbonato cálcico ( $CaCO3$ ) en forma de incrustaciones en intercambiadores de calor y válvulas. Además, la velocidad de las reacciones de corrosión galvánica se incrementa de acuerdo con la cinética química de Arrhenius, aumentando el riesgo de picaduras por

corrosión en componentes metálicos si se combinan materiales con un potencial electroquímico incompatible sin la utilización de accesorios de bronce o aleaciones resistentes a la desgalvanización conforme a la norma EN 1982 (Nowroski et al., 2026).

## Evaluación Comparativa Causal: Método Simplificado ($\boldsymbol{LU}$) vs. Métodos Probabilísticos

El método de dimensionamiento simplificado basado en Unidades de Carga ($LU$) provisto por la norma EN 806-3 presenta variaciones metodológicas al compararse con modelos probabilísticos tradicionales como las Unidades de Gasto de Hunter empleadas en la norma peruana IS.010 o en regulaciones norteamericanas. El método simplificado de la EN 806-3 asume patrones de simetría y uso estandarizados mediante la asignación directa de caudales por tipo de aparato y tablas de conversión rápida.

Esta simplificación analítica tiende a sobreestimar los diámetros nominales ($DN$) de los distribuidores principales en edificaciones terciarias u hospitalarias de gran escala que cuentan con una alta concentración de aparatos. El sobredimensionamiento de las conducciones implica un aumento sustancial de la sección transversal, lo que reduce la velocidad media del fluido por debajo del valor mínimo normativo de $0{,}60$ m/s durante los períodos de consumo ordinario.

Una velocidad de flujo insuficiente incrementa exponencialmente el tiempo de residencia hidráulica ($TRH$) del agua dentro de la edificación. Esta permanencia prolongada acelera la descomposición y disipación del cloro residual libre empleado como desinfectante secundario por la red pública. Al agotarse el cloro disuelto y reducirse el potencial de óxido-reducción ($ORP$), la barrera

química frente a los microorganismos desaparece, permitiendo que la biopelícula sedimente y prolifere en las paredes internas de los tubos (Lombardo et al., 2026). Por esta razón, la ingeniería hidráulica moderna debe equilibrar el método simplificado de la EN 806-3 con modelos de cálculo dinámico para asegurar la renovación del agua y evitar el deterioro sanitario del suministro.

La serie de normas EN 806 proporciona una metodología integral para el proyecto, ejecución y gestión de las redes de agua potable en edificios, vinculando la hidráulica tradicional con la seguridad microbiológica y la preservación de materiales. El análisis de sus requisitos permite establecer recomendaciones concretas para la práctica profesional de la ingeniería (UNE Normalización Española, 2001):

Durante la fase de proyecto y diseño, es fundamental priorizar configuraciones de distribución en anillo o en retorno corregido que eliminen los tramos ciegos y garanticen una circulación continua del agua. Es imprescindible asegurar la separación física y el aislamiento térmico entre las redes de agua fría y caliente sanitaria para impedir que el agua fría supere los 25°C o que el agua caliente descienda de 55°C. Asimismo, en la fase de selección de materiales, debe respetarse la compatibilidad electroquímica y utilizarse aleaciones certificadas resistentes a la desgalvanización en los racores y válvulas.

Durante las fases de ejecución y operación, la recepción de las obras debe incluir pruebas neumáticas de estanqueidad cuando exista incertidumbre sobre la fecha de ocupación del inmueble, evitando llenar la red con agua potable que pudiera quedar estancada antes de la entrega. Tras la puesta en marcha, la gestión operativa conforme a la EN 806-5 exige establecer un plan estricto de

purgas periódicas en aquellos grifos de bajo uso para asegurar la renovación completa del volumen de la red en un plazo máximo de 7 días, previniendo la degradación de la calidad del agua y garantizando la protección de la salud de los usuarios.

# Capítulo VI

# Métodos de Cálculo Hidráulico para Instalaciones Sanitarias de Agua Potable en Sistema Directo

El diseño hidráulico de las instalaciones sanitarias de agua potable en edificaciones constituye un componente crítico de la ingeniería civil y sanitaria, cuyo objetivo primario es garantizar el suministro continuo, suficiente y químicamente seguro de agua potable en cada uno de los puntos de consumo. En la práctica de la ingeniería, los sistemas de distribución de agua en edificaciones se clasifican según la modalidad de abastecimiento en sistemas directos, indirectos y mixtos.

El sistema directo de agua potable es aquel en el cual la red de distribución interior de la edificación es alimentada en su totalidad y de forma inmediata por la presión hidráulica remanente de la red pública de agua potable, prescindiendo por completo de estructuras intermedias de almacenamiento o impulsión como cisternas, equipos de bombeo o tanques elevados (Camones y Yanac, 2018; Nowroski et al., 2026). El esquema funcional sigue una trayectoria secuencial donde la red pública alimenta la acometida domiciliaria, atravesando el medidor de agua potable, para posteriormente canalizar el flujo hacia la tubería de alimentación principal, la cual distribuye el caudal hacia los alimentadores verticales, ramales y subramales de los aparatos sanitarios situados en las distintas plantas del inmueble.

La viabilidad técnica de un sistema directo está supeditada de manera estricta al cumplimiento simultáneo de dos condiciones operativas del servicio municipal de agua:

1. **Continuidad del servicio**: La red pública debe ofrecer un suministro ininterrumpido durante las 24 horas del día de los 365 días del año. Una interrupción temporal en la red matriz dejaría inmediatamente desabastecida a la edificación al no contar con un volumen interno de reserva.
2. **Presión dinámica suficiente**: La presión disponible en la conexión domiciliaria debe poseer la magnitud necesaria para vencer la diferencia de cota topográfica, las pérdidas de carga por fricción a lo largo de las conducciones, las pérdidas locales en accesorios y válvulas, y la pérdida de carga provocada por el medidor de agua, asegurando aún una presión residual mínima aceptable en el punto hidráulicamente más desfavorecido.

En el contexto regulatorio peruano, el diseño de estas instalaciones se rige por la Norma Técnica I.S. 010 "Instalaciones Sanitarias para Edificaciones", la cual forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). La Norma I.S. 010 establece que todo proyecto de instalaciones sanitarias debe ser elaborado y firmado por un ingeniero sanitario colegiado, requiriendo una memoria descriptiva detallada, cálculos de hidráulica interior, planos de la red en planta y esquemas isométricos a escalas convenientes (Gobierno del Perú, s/f). Adicionalmente, la normativa estipula los criterios de dotación diaria de agua, los límites admisibles de velocidad y las condiciones mínimas de presión para asegurar la longevidad de las tuberías y el confort operacional de los usuarios (véase la tabla 14).

**Tabla 14:** Criterios de dotación diaria de agua, límites admisibles de velocidad y condiciones mínimas de presión

| Parámetro Hidráulico / Normativo | Sistema Directo | Sistema Indirecto (Cisterna y Tanque Elevado) |
|---|---|---|
| **Fuente de presión** | Presión hidrostática de la red pública municipal. | Gravedad desde tanque elevado o presión neumática/electrobomba. |
| **Almacenamiento interno** | Nulo. | Requerido (Cisterna: $\geq \frac{3}{4}$ dotación; T. Elevado: $\geq \frac{1}{3}$ dotación). |
| **Riesgo de contaminación** | Mínimo (sistema cerrado bajo presión). | Moderado (requiere mantenimiento periódico de tanques). |
| **Costo de capital e instalación** | Bajo (menor metrado de tuberías y sin equipos mecánicos). | Elevado (incluye obras civiles de almacenamiento y bombas). |
| **Vulnerabilidad ante cortes** | Alta (desabastecimiento inmediato). | Nula o baja (autonomía según volumen almacenado). |
| **Altura límite de edificación** | Limitada por la presión pública (generalmente 1 a 3 pisos). | Sin límite teórico (escalonamiento por zonas de presión). |

## Determinación de Caudales de Diseño: Método Probabilístico de Hunter

Un aspecto medular en el diseño de redes interiores de agua potable es la determinación del caudal de diseño o **máxima demanda simultánea (MDS)**. En una edificación, resulta altamente improbable que todos los aparatos sanitarios instalados operen

simultáneamente a su capacidad máxima. Dimensionar las tuberías considerando la suma aritmética de los caudales nominales de cada aparato resultaría en un sobredimensionamiento severo, incrementando sustancialmente los costos de capital y favoreciendo velocidades de flujo excesivamente bajas que promueven el estancamiento y la sedimentación.

Para resolver esta incertidumbre probabilística, la Norma I.S. 010 adopta el **Método de Hunter** (o Método de las Unidades de Gasto), desarrollado originalmente por el Dr. Roy B. Hunter del *National Bureau of Standards*. Este método asigna un valor numérico denominado **Unidad de Gasto (UG)** o **Unidad de Hunter** a cada aparato sanitario. La UG es una medida ponderada que representa el consumo relativo de agua de un aparato en función de su caudal de descarga, la duración del período de uso y la frecuencia promedio de accionamiento.

La Norma I.S. 010 distingue dos categorías principales de aparatos sanitarios para la asignación de Unidades de Gasto (véase la tabla 15) (Gobierno del Perú, s/f):

1. **Aparatos de uso privado**: Aquellos ubicados en viviendas unifamiliares, departamentos residenciales, locales privados o habitaciones de hoteles, donde el acceso está restringido a un número reducido de usuarios intermitentes.

2. **Aparatos de uso público**: Aquellos instalados en baños públicos, escuelas, hospitales, industrias, estadios o restaurantes, donde la frecuencia de uso es significativamente más elevada y existe mayor probabilidad de coincidencia en el accionamiento.

Asimismo, el cálculo varía en función del sistema de descarga de los inodoros, diferenciándose entre **sistemas con tanque** (llenado

lento y continuo) y **sistemas con válvula automática/semiautomática (fluxómetro)**, los cuales demandan caudales instantáneos muy elevados durante lapsos breves (Sepúlveda, 2014)

**Tabla 15:** Categorías principales de aparatos sanitarios para la asignación de Unidades de Gasto

| Aparato Sanitario | Diámetro Mínimo de Abasto (pulgadas) | Unidades de Gasto (Uso Privado) | Unidades de Gasto (Uso Público) |
|---|---|---|---|
| **Inodoro con tanque** | $\frac{1}{2}''$ | 3 | 5 |
| **Inodoro con fluxómetro (válvula)** | $1''$ a $1\frac{1}{2}''$ | 6 | 8 |
| **Lavatorio** | $\frac{1}{2}''$ | 1 | 2 |
| **Ducha** | $\frac{1}{2}''$ | 2 | 3 |
| **Tina** | $\frac{1}{2}''$ | 2 | 3 |
| **Lavadero de cocina** | $\frac{1}{2}''$ | 2 | 3 |
| **Lavadero de ropa** | $\frac{1}{2}''$ | 2 | 3 |
| **Bidet** | $\frac{1}{2}''$ | 1 | 2 |
| **Urinario de tanque** | $\frac{1}{2}''$ | - | 3 |

| Aparato Sanitario | Diámetro Mínimo de Abasto (pulgadas) | Unidades de Gasto (Uso Privado) | Unidades de Gasto (Uso Público) |
|---|---|---|---|
| **Urinario de fluxómetro** | $\frac{3}{4}$,, | - | 5 |

Una vez contabilizada la suma total de Unidades de Gasto que se acumulan en un tramo determinado de la red de distribución, se procede a convertir dicho acumulado en un caudal expresado en litros por segundo (L/s). La Norma I.S. 010 provee la equivalencia directa mediante la tabla de Máxima Demanda Simultánea (Anexo N° 3 de la norma) (véase la tabla 16).

**Tabla 16:** Máxima Demanda Simultánea en la Norma I.S. 010, anexo 3

| Total de Unidades de Gasto (UG) | Caudal MDS - Sistema con Tanque (L/s) | Caudal MDS - Sistema con Válvula/Fluxómetro (L/s) |
|---|---|---|
| **3** | 0.12 | - |
| **5** | 0.23 | 0.91 |
| **8** | 0.31 | 1.05 |
| **10** | 0.37 | 1.15 |
| **12** | 0.42 | 1.23 |
| **16** | 0.51 | 1.35 |
| **20** | 0.60 | 1.45 |
| **30** | 0.75 | 1.65 |

| Total de Unidades de Gasto (UG) | Caudal MDS - Sistema con Tanque (L/s) | Caudal MDS - Sistema con Válvula/Fluxómetro (L/s) |
|---|---|---|
| **40** | 0.91 | 1.81 |
| **50** | 1.08 | 1.97 |
| **70** | 1.32 | 2.20 |
| **100** | 1.67 | 2.50 |

**Nota:** Los valores se tomaron de (Gobierno del Perú, s/f)

## Criterios y Ecuaciones para el Cálculo Hidráulico (Walter, 2022)

El dimensionamiento de las tuberías de agua potable requiere armonizar las leyes conservativas de la mecánica de fluidos con los límites operativos impuestos por la normativa técnica. El análisis parte de la **ecuación de continuidad** para fluidos incompresibles:

$$Q = V \cdot A = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donde $Q$ representa el caudal de diseño en metros cúbicos por segundo ($m^3/s$), $V$ es la velocidad media del flujo en metros por segundo ($m/s$), $A$ corresponde al área transversal interna de la conducción en metros cuadrados ($m^2$), y $D$ es el diámetro interno real del tubo en metros (m).

## Velocidades Límites e Admisibles

La Norma Técnica I.S. 010 establece rangos normativos estrictos para la velocidad del agua dentro de las conducciones con el fin de resguardar la integridad física del sistema (véase la tabla 17):

1. **Velocidad Mínima**: Se fija en $0.60$ m/s. Mantener el flujo por encima de este umbral evita el estancamiento del agua, previene la precipitación de sólidos en suspensión y restringe la formación de biopelículas en las paredes internas de las tuberías.
2. **Velocidad Máxima Admisible**: Varía gradualmente en función del diámetro nominal de la tubería. Restringir la velocidad superior es indispensable para mitigar la erosión abrasiva en materiales plásticos y metálicos, evitar ruidos molestos por turbulencia y controlar la sobrepresión por el fenómeno de golpe de ariete originado por el cierre rápido de grifos o válvulas (Gómez, 2014).

**Tabla 17:** Velocidades Límites e Admisibles

| Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Nominal (pulgadas) | Velocidad Máxima Admisible (m/s) |
|---|---|---|
| **15 mm** | $\frac{1}{2}''$ | 1.90 |
| **20 mm** | $\frac{3}{4}''$ | 2.20 |
| **25 mm** | $1''$ | 2.48 |
| **32 mm** | $1\frac{1}{4}''$ | 2.85 |
| **40 mm y mayores** | $1\frac{1}{2}''$ y superiores | 3.00 |

## Cálculo de Pérdidas de Carga por Fricción (Hazen-Williams)

Para el cálculo de las pérdidas de presión por rozamiento continuo a lo largo de las conducciones, la práctica de la ingeniería

sanitaria utiliza de manera extendida la **Ecuación de Hazen-Williams**, válida para agua en régimen turbulento a temperaturas convencionales (Sepúlveda, 2014):

$$S = \frac{h_f}{L} = 10.674 \cdot \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.8708}}$$

Donde $h_f$ es la pérdida de carga continua por fricción expresada en metros de columna de agua (m.c.a.), $L$ es la longitud lineal de la tubería en metros (m), $S$ representa la pendiente hidráulica o pérdida de carga unitaria (m/m), $Q$ es el caudal volumétrico que circula por la tubería ($m^3/s$), $C$ es el coeficiente de rugosidad relativa del material, y $D$ es el diámetro interno neto de la tubería (m).

El coeficiente de rugosidad $C$ depende de la naturaleza química y la textura superficial del tubo. Para tuberías plásticas modernas como PVC, CPVC o polipropileno copolímero aleatorio (PPR), la Norma I.S. 010 y la literatura técnica adoptan un valor de $C = 150$. Para materiales metálicos como el cobre se utiliza $C = 130$ - $140$, y para acero galvanizado $C = 100$ (Gobierno del Perú, s/f).

## Pérdidas Singulares o de Carga Localizada

Las singularidades como codos, tees, válvulas y reducciones introducen perturbaciones en las líneas de corriente, generando pérdidas de energía locales. Para simplificar el procedimiento analítico, se emplea comúnmente el **Método de la Longitud Equivalente ($L_{eq}$)**, el cual transforma cada accesorio en una longitud ficticia de tubería recta del mismo diámetro que causaría una pérdida por fricción idéntica (véase la tabla 18).

$$L_{total} = L_{real} + \sum L_{eq}$$

$$h_{f,total} = S \cdot L_{total}$$

**Tabla 18:** Pérdidas Singulares o de Carga Localizada

| Accesorio Sanitario (PVC Agua) | 21″ (15 mm) | 43″ (20 mm) | 1″ (25 mm) | 141″ (32 mm) | 121″ (40 mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Codo de 90°** | 0.60 m | 0.80 m | 1.00 m | 1.20 m | 1.50 m |
| **Codo de 45°** | 0.30 m | 0.40 m | 0.50 m | 0.70 m | 0.80 m |
| **Tee flujo directo (paso directo)** | 0.30 m | 0.40 m | 0.50 m | 0.60 m | 0.80 m |
| **Tee flujo a 90° (salida lateral)** | 1.00 m | 1.40 m | 1.70 m | 2.10 m | 2.50 m |
| **Válvula de compuerta (abierta)** | 0.10 m | 0.15 m | 0.20 m | 0.25 m | 0.30 m |
| **Válvula de globo (abierta)** | 4.50 m | 6.50 m | 8.50 m | 11.00 m | 13.00 m |

## Pérdida de Carga en el Medidor de Agua Potable

El medidor de agua insertado en la acometida introduce una restricción singular de magnitud considerable. La pérdida de carga provocada por el medidor ($h_m$) debe evaluarse con precisión. En ausencia de catálogos específicos de fabricantes aprobados por la empresa prestadora de servicios de saneamiento, la literatura hidráulica peruana y la Norma I.S. 010 contemplan formulaciones empíricas como:

$$h_m = 0.036 \cdot \frac{Q^2}{D_{medidor}^4}$$

Donde $Q$ es el caudal máximo simultáneo que atraviesa la acometida expresado en L/s, y $D_{medidor}$ es el diámetro nominal del medidor expresado en pulgadas. La norma estipula que la pérdida de carga a través del medidor no debe superar el $50\%$ de la presión disponible en la red pública, manteniendo como tope recomendado un valor de $5.00$ m.c.a..

## Verificación de Presiones y Evaluación del Punto Más Desfavorecido

La comprobación definitiva del correcto diseño de un sistema directo se realiza mediante la evaluación de la presión residual en el nodo de ingreso del **punto hidráulicamente más desfavorecido**. Este punto corresponde al aparato sanitario que combina la mayor cota topográfica (altura sobre el nivel de la red pública) y la mayor distancia recorrida a lo largo de la tubería desde el medidor de agua.

En un esquema de distribución directa, la energía disponible proviene exclusivamente de la red pública. A medida que el agua asciende y circula por la red, pierde energía debido a las resistencias por fricción de los tramos continuos, las restricciones en codos, tees y válvulas, la resistencia singular del medidor de agua, y el trabajo realizado contra la gravedad para ganar altura topográfica. El balance energético en la ruta crítica hasta el punto más desfavorecido se expresa mediante la siguiente ecuación piezométrica (Sepúlveda, 2014):

$$P_{residual} = P_{red} - \Delta Z - h_m - \sum h_{f,tuberias} - \sum h_{loc}$$

Donde $P_{residual}$ es la presión dinámica remanente a la entrada del aparato crítico (m.c.a.), $P_{red}$ es la presión de servicio garantizada por la empresa de agua en la acometida (m.c.a.), $\Delta Z$ representa la

diferencia de cota o desnivel geométrico vertical desde la red pública hasta la entrada de agua del aparato crítico (m), $h_m$ es la pérdida de carga localizada provocada por el medidor (m.c.a.), $\sum h_{f,tuberias}$ es la suma de pérdidas por fricción continua en todos los tramos de la ruta crítica (m.c.a.), y $\sum h_{loc}$ es la suma de pérdidas locales en accesorios y válvulas (m.c.a.).

## Criterios Mínimos de Presión Residual

La Norma Técnica I.S. 010 establece que bajo la condición de máxima demanda simultánea de agua, la presión residual $P_{residual}$ en cualquier punto de descarga de los aparatos sanitarios no debe ser inferior a:

- **Aparatos convencionales con tanque o grifo** (inodoros con tanque, lavatorios, duchas, lavaderos): $2.00$ m.c.a. ($0.20$ kg/cm$^2$ o $19.6$ kPa).
- **Aparatos con válvulas de descarga automática o fluxómetros**: $3.50$ m.c.a. **a** $5.00$ m.c.a. ( $0.35$ a $0.50$ kg/cm$^2$ ), según especificaciones del fabricante.

Si la presión residual calculada $P_{residual}$ resulta inferior a los mínimos normativos, el proyectista debe aumentar el diámetro de las tuberías en los tramos con mayor gradiente de pérdida hidráulica ($S$), disminuyendo la resistencia por fricción. Si el incremento de diámetros no resulta suficiente debido a una presión pública insuficiente o a un desnivel topográfico elevado, el sistema directo debe descartarse formalmente y reemplazarse por un **sistema indirecto**.

## Metodología del Cálculo Tramo a Tramo: Caso Práctico Integrado (Gobierno del Perú, s/f)

Para ilustrar la aplicación de los métodos de cálculo en un sistema directo conforme a la Norma I.S. 010, se presenta la memoria hidráulica de una vivienda unifamiliar de dos plantas abastecida directamente desde la red municipal.

**Datos de Diseño y Parámetros Iniciales**

- **Presión garantizada en la red pública ($P_{red}$)**: $18.00$ m.c.a.
- **Cota topográfica de la red y medidor**: $0.00$ m
- **Cota del aparato más desfavorecido (Ducha del 2.° piso)**: $+4.80$ m
- **Material de tubería**: PVC para agua potable ($C = 150$)
- **Sistema de descarga de inodoros**: Tanque
- **Medidor de agua seleccionado**: Diámetro nominal $\frac{3}{4}''$ ($20$ mm)

## Inventario de Aparatos Sanitarios por Planta

1. **Primer Piso**: 1 Medio Baño (1 Inodoro con tanque, 1 Lavatorio), 1 Cocina (1 Lavatorio de cocina), 1 Lavandería (1 Lavatorio de ropa).
2. **Segundo Piso**: 1 Baño Completo (1 Inodoro con tanque, 1 Lavatorio, 1 Ducha).

## Conteo de Unidades de Gasto Acumuladas

- Baño Completo 2.° Piso: Inodoro (3) + Lavatorio (1) + Ducha (2) = 6 UG
- Medio Baño 1° Piso: Inodoro (3) + Lavatorio (1) = 4 UG
- Cocina: Lavatorio de cocina (2) = 2 UG

- Lavandería: Lavatorio de ropa (2) = 2 UG
- **Total de Unidades de Gasto en Acometida**: $6 + 4 + 2 + 2 = 14$ UG

A partir de la tabla del Anexo N° 3 de la Norma I.S. 010, para 14 UG (sistema con tanque), el caudal de Máxima Demanda Simultánea equivale a $Q_{MDS} = 0.465$ L/s $= 0.000465$ m$^3$/s.

## Evaluación de Pérdida de Carga en el Medidor ($\frac{3}{4}''$)

Aplicando la ecuación empírica del medidor de agua:

$$h_m = 0.036 \cdot \frac{Q^2}{D^4} = 0.036 \cdot \frac{(0.465)^2}{(0.75)^4} = 0.025 \text{ m.c.a.}$$

Asumiendo factores de acoplamiento y pérdidas menores en el kit de conexión, se adopta un valor conservador de $h_m = 0.50$ m.c.a..

La ruta crítica se evalúa a través de los siguientes tramos secuenciales (véase la tabla 19):

- **Tramo A-B**: Desde el medidor hasta la derivación del primer piso.
- **Tramo B-C**: Tubería montante vertical hacia la planta alta.
- **Tramo C-D**: Ramal principal en el segundo piso hacia el baño completo.
- **Tramo D-E**: Subramal de distribución interna hasta la llave de la ducha (Punto E).

**Tabla 19**: Parámetros en Ruta crítica

| Parámetro / Tramo | Tramo A-B (Principal) | Tramo B-C (Montante) | Tramo C-D (Ramal 2°P) | Tramo D-E (Subramal Ducha) |
|---|---|---|---|---|
| **Aparatos Servidos** | Todos los aparatos | Baño 2° Piso | Baño 2° Piso | Ducha 2° Piso |

| Parámetro / Tramo | Tramo A-B (Principal) | Tramo B-C (Montante) | Tramo C-D (Ramal 2°P) | Tramo D-E (Subramal Ducha) |
|---|---|---|---|---|
| **Unidades de Gasto (UG)** | 14 UG | 6 UG | 6 UG | 2 UG |
| **Caudal MDS ($Q_{MDS}$)** | 0.465 L/s | 0.250 L/s | 0.250 L/s | 0.100 L/s |
| **Diámetro Nominal ($D_{nom}$)** | 3/4″ (20 mm) | 3/4″ (20 mm) | 1/2″ (15 mm) | 1/2″ (15 mm) |
| **Diámetro Interno ($D_{int}$)** | 0.0204 m | 0.0204 m | 0.0158 m | 0.0158 m |
| **Velocidad ($V$)** | 1.42 m/s | 0.76 m/s | 1.28 m/s | 0.51 m/s |
| **Velocidad Máx. Normativa** | 2.20 m/s | 2.20 m/s | 1.90 m/s | 1.90 m/s |
| **Verificación Velocidad** | Cumple ($V < V_{max}$) | Cumple ($V < V_{max}$) | Cumple ($V < V_{max}$) | Cumple ($V \approx V_{min}$) |
| **Longitud Real ($L_{real}$)** | 8.50 m | 3.20 m | 4.10 m | 1.80 m |
| **Accesorios Incluidos** | 2 Codos 90°, 1 Tee pas. | 2 Codos 90°, 1 Valv. | 2 Codos 90°, 1 Tee pas. | 2 Codos 90°, 1 Válv. |
| **Long. Equivalente ($\sum L_{eq}$)** | 1.90 m | 1.75 m | 1.50 m | 1.30 m |
| **Longitud Total ($L_{tot}$)** | 10.40 m | 4.95 m | 5.60 m | 3.10 m |

| Parámetro / Tramo | Tramo A-B (Principal) | Tramo B-C (Montante) | Tramo C-D (Ramal 2°P) | Tramo D-E (Subramal Ducha) |
|---|---|---|---|---|
| **Pérdida Unitaria ($S$)** | 0.098 m/m | 0.031 m/m | 0.125 m/m | 0.023 m/m |
| **Pérdida por Fricción ($h_f$)** | 1.02 m.c.a. | 0.15 m.c.a. | 0.70 m.c.a. | 0.07 m.c.a. |
| **Desnivel Topográfico ($\Delta Z$)** | +0.80 m | +2.80 m | +0.00 m | +1.20 m |
| **Presión Inicial del Tramo** | 17.50 m.c.a. | 15.68 m.c.a. | 12.73 m.c.a. | 12.03 m.c.a. |
| **Presión Final del Tramo** | 15.68 m.c.a. | 12.73 m.c.a. | 12.03 m.c.a. | 10.76 m.c.a. |

## Verificación Final en la Salida de la Ducha

Al completar la trayectoria hidráulica hasta el punto crítico (Nodo E):

- **Presión residual disponible ($P_{residual}$)**: 10.76 m.c.a.
- **Presión mínima requerida por la Norma I.S. 010**: 2.00 m.c.a.

Como la presión residual resultante ( 10.76 m.c.a. ) supera holgadamente el mínimo reglamentario de 2.00 m.c.a., el sistema directo propuesto es hidráulica y técnicamente viable, asegurando un suministro dinámico óptimo en toda la edificación sin necesidad de incorporar cisternas o electrobombas.

El análisis técnico del cálculo de instalaciones sanitarias de agua potable mediante sistema directo permite establecer conclusiones

clave para el ejercicio profesional de la ingeniería sanitaria. En primer lugar, la elección de un sistema directo debe estar estrictamente fundamentada en la certificación oficial de factibilidad otorgada por la empresa prestadora del servicio, la cual debe ratificar la continuidad ininterrumpida de la red y una presión hidrostática suficiente en el punto de acople (Comisión Nacional del Agua, s/f). El diseño no debe asumir presiones teóricas arbitrarias, ya que fluctuaciones estacionales en la red pública pueden comprometer la operatividad de las plantas superiores.

En segundo lugar, la aplicación rigurosa del Método de Hunter y de los límites normativos de velocidad según el diámetro de conducción constituye la herramienta central para optimizar la inversión en materiales y prevenir patologías hidráulicas. Controlar la velocidad por debajo de los topes admisibles (1.90 a 3.00 m/sMitiga de manera efectiva el riesgo de erosión acelerada en la red y previene fallas estructurales generadas por sobrepresiones de golpe de ariete. Asimismo, el cálculo detallado de pérdidas de carga continuas y locales en el medidor garantiza que el punto más desfavorecido reciba la presión residual mínima de 2.00 m.c.a. exigida por la Norma I.S. 010. Cuando los desniveles o distancias reduzcan esta presión por debajo del umbral, la ingeniería debe disponer de la transición hacia un sistema indirecto con almacenamiento y elevación (Gobierno del Perú, s/f).

# Conclusión

La presente investigación demuestra que la integración rigurosa del análisis hidráulico junto con los estándares normativos nacionales (Norma IS.010 y Serie NTP) e internacionales (IPC y EN 806) permite optimizar sustancialmente el diseño, la selección de materiales y el cálculo de parámetros técnicos en los sistemas directos de agua potable mediante tres mecanismos fundamentales:

- Sólida fundamentación técnica e hidráulica (Capítulos 1 y 6): El análisis riguroso de la mecánica de fluidos —aplicando fórmulas como Hazen-Williams o Darcy-Weisbach y el método de unidades de gasto (Hunter)— permite determinar con exactitud las pérdidas de carga continuas y localizadas, la velocidad del flujo y la presión residual en el aparato más desfavorable. Esta precisión analítica evita tanto el infradimensionamiento (que causa falta de presión) como el sobredimensionamiento inútil de diámetros, garantizando un funcionamiento continuo, seguro y eficiente sin sobrecostos de instalación.
- Criterio estricto de selección de materiales (Capítulo 3): La aplicación integral de la Serie de Normas Técnicas Peruanas (NTP) facilita la caracterización de materiales poliméricos (PVC-U, CPVC, PP-R, PE-X, entre otros) según sus presiones nominales, compatibilidad térmica, resistencia química y durabilidad mecánica. Esto asegura la integridad estructural del sistema directo ante variaciones de presión o fenómenos dinámicos como el golpe de ariete.
- Armonización y homologación normativa (Capítulos 2, 4 y 5): Al articular las disposiciones locales del Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma IS.010) con marcos de validez

internacional como el Código Internacional de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (IPC) y la serie europea EN 806, el proyectista adquiere un criterio técnico robusto en materia de protección contra el reflujo, preservación de la calidad del agua potable, accesibilidad de registros e inspección de redes interiores.

En conjunto, esta convergencia multidisciplinaria transforma el diseño de instalaciones sanitarias directas de un proceso meramente empírico en una disciplina de ingeniería aplicada rigurosa, garantizando la sostenibilidad y la seguridad sanitaria de la edificación (Lombardo et al., 2026). Ahora bien, con el propósito de consolidar el marco técnico, normativo y metodológico desarrollado en esta obra para el diseño, dimensionamiento, evaluación y ejecución de sistemas directos de agua potable, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Realizar siempre una verificación en campo de las presiones mínimas y máximas de servicio en la red pública de agua potable en diferentes horarios de consumo antes de optar definitivamente por un sistema directo.
- Emplear metodologías de cálculo hidráulico actualizadas que consideren adecuadamente las rugosidades específicas de los materiales poliméricos modernos, controlando que la velocidad del agua se mantenga en los rangos recomendados por la Norma IS.010 para prevenir la erosión y el ruido hidráulico.
- Verificar que todos los insumos, tuberías y accesorios plásticos instalados cuenten con el marcado de certificación según la Serie NTP correspondiente, garantizando el cumplimiento de los espesores de pared, presiones nominales y especificaciones de empalme o termofusión.

- Implementar protocolos estrictos de pruebas de presión hidráulica e inspección de hermeticidad en obra antes de los vaciados o recubrimientos, siguiendo las directrices del IPC y la Norma EN 806.
- Promover la actualización continua de la Norma IS.010 incorporando criterios avanzados de eficiencia hídrica, dispositivos de prevención de reflujo y esquemas armonizados con normas internacionales modernas como el IPC y la EN 806.
- Fomentar el desarrollo de herramientas digitales y software de cálculo que integren de forma automatizada las tablas de unidades de gasto, la selección de diámetros por NTP y el control hidráulico de presiones residuales para los sistemas directos.

Como cierre de esta investigación, cabe destacar que la optimización de los sistemas directos de agua potable no solo responde a un requerimiento técnico o normativo, sino que constituye una responsabilidad directa con la sostenibilidad hídrica y la salud pública en las edificaciones. Al integrar en una sola metodología el rigor de los cálculos hidráulicos, la calidad garantizada por los materiales poliméricos estandarizados y las mejores prácticas de la normativa nacional e internacional, esta obra sienta las bases para trascender la práctica empírica tradicional y avanzar hacia una ingeniería sanitaria de precisión.

De este modo, se garantiza que cada proyecto no solo cumpla de manera segura con las exigencias reglamentarias del presente, sino que también sirva como un modelo de eficiencia, durabilidad y protección del recurso para las futuras generaciones.

# Bibliografía


Camones, W.B., y Yanac, P.E, (2018). *Análisis técnico e implementación de un sistema de elevación de agua para edificios verticales evaluando los sistemas de bombeo en succión positiva y negativa con conexiones en serie y paralelo en la ciudad de Huaraz - Ancash - periodo 2016* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/items/e66c8f5d-8055-466e-9f40-5820bb793402

Cerna, M., & Marí, B. (2017). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potables para la aldea PIE de la cuesta y del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Santo Domingo, San Pedro Pinula, Jalapa

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (2004). *Programa de capacitación: Curso para Inspectores Técnicos de Seguridad en Defensa Civil.* https://www.docsity.com/es/ai/document-ai/2129057/?tab=original&firstDownload=true

Comisión Nacional del Agua. (s/f). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño Estructural. Coyoacán: Comisión Nacional del Agua. https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro6.pdf

Delgadillo, M. M. C., Campos, G. S., Suárez, J. C. M., & Pastor, C. H. (2019). Metodología para el diseño de sistemas de drenaje sanitario y pluvial. *AQUA-LAC*, *11*(2), 84–96. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373205

El Peruano. (2022). *Aprueban Normas Técnicas Peruanas y textos afines en su versión 2022, referentes a sistemas de tuberías de plástico, tubos termoplásticos, práctica para el uso del sistema dosimétrico, irradiación de alimentos y otros* (RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 007-2022-INACAL/DN). https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2079694-1/pdf

Gobierno del Perú. (s/f). *NORMA TÉCNICA I.S. 010 INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES* (Norma I.S. 010).

https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.010.pdf

Gómez Jiménez, C.A. (2014). *MÉTODO DE DISEÑO TEÓRICO DE RED HIDROSANITARIA EMPLEANDO VÁLVULAS DE CIERRE PARA EL CONTROL DE FLUJO DE AGUAS EN EDIFICACIONES.* [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/c1271cc2-1c3b-46b7-b2ee-e6e0b97df669/content

Lombardo, L., Saeli, M., & Campisi, T. (2026). Water Towers as Resilient Hydraulic Infrastructures: Typological Evolution, Construction Techniques and Rehabilitation Strategies. *Heritage*, 9(3), 120. https://doi.org/10.3390/heritage9030120

Moya Castillo, M. (2015). *Proyecto de instalaciones de una urbanización. Instalación receptora de agua y captación y utilización de aguas pluviales* [Tesis de grado]. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/7e0fd2e7-31e9-4d2d-89e4-7d139a202ac0/content

Nicoll Perú S.A. (2015). *Manual técnico: sistema de tubería PVC-U para alcantarillado y drenaje. NTP ISO 4435.* Lima: Nicoll Perú S.A. https://www.scribd.com/document/724711179/MANUAL-TECNICO-DE-TUBERIAS-NICOLL?_gl=1*13reg3c*_gcl_au*MTIwOTAwMzA5MC4xNzkyMTU1Nzl5

Nowroski, R., Rizzo, P., Byrne, L., & Ziegler, A. (2026). Nondestructive Inspection of Water Pipes: A Review. *Sensors*, 26(6), 1994. https://doi.org/10.3390/s26061994

Orbegoso, S., & Cecilia, E. (2016). Diseño hidráulico para el mejoramiento del sistema de agua potable e instalación del sistema de alcantarillado en el centro poblado Toma de los Leones – Paiján – Ascope – La Libertad

Quispe Apaza, A.D. (2025). *Evaluación y análisis de la implementación de un sistema indirecto de abastecimiento de agua potable en edificaciones mayores a cuatro niveles en la Ciudad de Juliaca* [Tesis de grado]. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. https://repositorio.uancv.edu.pe/bitstreams/f3132e17-f091-4dd1-a930-3df0100adcd4/download

Ricardo, S. M. (2023). Elementos técnicos para la integración de RRD-ASICC en proyectos de inversión pública del sector de agua potable y saneamiento. In *DIGITAL REPOSITORY Economic Commission for Latin*

*America and the Caribbean (United Nations)*. https://hdl.handle.net/11362/68649

Rodríguez Sosa, L.C. (2014). *GUÍA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS*. [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2773_C.pdf

Sepúlveda Alfaro, R.F. (2014). *CÁLCULO INSTALACIONES SANITARIAS URBANAS Y RURALES*. [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA. https://sf2217758f40e4116.jimcontent.com/download/version/1543158470/module/12830824231/name/RED-UTFSM.pdf

Suarez Yanes, A.V. (2015). *MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DE AGUA, POTABLE Y AGUAS SERVIDAS PARA UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 3 NIVELES*. [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4dc0bad1-4c02-488d-a235-f73ca3c45c63/content

UNE Normalización Española. (2001). *Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 1: Generalidades.* (UNE-EN 806-1:2001). https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0024742

Walter, B. R. N. (2022). Métodos de estimación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias para edificaciones de oficinas de la ciudad de potosí - bolivia. *Dialnet (Universidad de la Rioja)*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=10871365

Zamora Álvarez, R.A. (2013). *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones* [Tesis de grado]. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. https://repositoriotec.tec.ac.cr/server/api/core/bitstreams/04788586-f26d-452d-b344-e13185d1ed3c/content

Zuñiga Schroder, H. (2017). Las normas técnicas en el Perú: marco teórico y legal. (2017). [Cátedra]. *Foro Jurídico,* (16), 194-204. https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/forojuridico/article/view/19871

Esta obra se terminó de editar y diagramar en Montevideo, Uruguay, en el mes de septiembre de 2026 por el equipo editorial de Editorial Austral SRL

AUSTRAL

# INSTALACIONES SANITARIAS: SISTEMA DIRECTO

## PROPÓSITO

Capacitar a estudiantes y profesionales en el diseño, cálculo e instalación de sistemas de distribución de agua fría por suministro directo, proporcionando las herramientas técnicas y regulatorias esenciales para su correcta aplicación en la construcción.


**ESCRITO POR:**

Edgar Gustavo Sparrow Alamo - Juan Miguel De La Torre Ostos - Sharon Tatiana Asencio Mejia - Joel Alejandro Quezada Castillo - Juana Maribel Lavado Enriquez - Henry Joseph Del Castillo Villacorta



ISBN 978-9915-720-06-7

9 789915 720067