

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA
DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



DIPLOMADO

“INSTALACIONES HIDROSANITARIAS EN EDIFICACIONES”

**ANALISIS DE VALIDEZ DE VALORES DE DEMANDA
MÁXIMA POR ARTEFACTO SANITARIO EN LA
CIUDAD DE ORURO**

DOCENTE:

M.Sc. ING. JARIN HASBEL ALCALÁ CASTRO

CURSANTE:

MOYA ATAHUICHI GUSTAVO PABLO

ORURO – BOLIVIA

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada esposa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Gustavo Jamil y Edison Santino, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

ANALISIS DE VALIDEZ DE VALORES DE DEMANDA MÁXIMA POR ARTEFACTO SANITARIO EN LA CIUDAD DE ORURO

RESUMEN.

Gran parte de los problemas de sobredimensionamiento ocurrientes en sistemas de agua potable domiciliario suceden debido al uso de métodos de diseño que fueron desarrollados en otros países para otras realidades y distintos tiempos. La mayoría de estos métodos de cálculo se basan en aspectos como: consumo máximo de agua potable en edificios según su tipo de infraestructura, tiempo de uso de los artefactos sanitarios, tipo de artefactos sanitarios usados en la edificación, intervalo de uso de artefactos sanitarios, etc. Cabe resaltar que existe diferencias entre los artefactos sanitarios fabricados en otro lugar y época respecto a lo actual, debido a que las fabricas hoy en día tienen una tendencia a producir artefactos eficientes para reducir el consumo de agua.

El método más usado dentro el entorno boliviano para el diseño de sistemas de agua potable domiciliara es el método Hunter, el cual se encuentra como referencia dentro el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA, 2011), este método se basa en el uso de Unidades de Gasto asignadas a cada artefacto sanitario. Este método ha ganado su aprobación a lo largo del mundo con el paso de los años, y simplemente la mayoría lo usa porque garantiza un correcto diseño, pero no toma en cuenta las condiciones para la cual fue desarrollada el método y las muchas implicaciones que se puede llegar a tener al usar un método desactualizado.

Mediante esta investigación se demostró que los caudales propuestos de demanda máxima de consumo por artefacto sanitario son mayores a los caudales que se usan de manera controlada, obteniendo los siguientes resultados: Caudal RENISDA Lavamanos = 3.40 veces mayor al Caudal Controlado, Caudal RENISDA Lavaplatos = 5.20 veces mayor al Caudal Controlado, Caudal RENISDA Lavandería = 1.83 veces mayor al Caudal Controlado, Caudal RENISDA Ducha = 3.20 veces mayor al Caudal Controlado, Caudal RENISDA Tina = 3.92 veces mayor al Caudal Controlado y Caudal RENISDA Pileta = 4.04 veces mayor al Caudal Controlado. Los pasados resultados implican tener Unidades de Gasto asignadas a cada artefacto sanitario mayorados, por ende, un sobredimensionamiento de los sistemas de agua potable domiciliarios.

Palabras Clave: Método Hunter, Unidades de Gasto, Demanda Máxima de Consumo por artefacto sanitario.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I

1.1.	Introducción.	1
1.2.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.1.	Situación problemática.	1
1.2.2.	Causas más probables.....	2
1.2.3.	Delimitación del problema.	3
1.2.4.	Formulación del problema.....	3
1.2.5.	Objeto de estudio.....	3
1.2.6.	Campo de acción	3
1.3.	Objetivo.	3
1.4.	Hipótesis.	4
1.5.	Justificación	4

CAPITULO II

2.1.	Estado del arte.	5
2.2.	Marco teórico.	6
2.2.1.	Agua potable.	6
2.2.2.	Caudal.	6
2.2.3.	Caudal controlado.	6
2.2.4.	Presión	7
2.2.5.	Velocidad.	7
2.2.6.	Red pública de agua potable.	7
2.2.7.	Sistemas de abastecimiento de agua potable.	7
2.2.8.	Dimensionamiento de las redes de distribución de agua potable fría.....	8
2.2.9.	Determinación del caudal máximo probable.	11
2.2.10.	Unidades de gasto - método de hunter.....	12
2.2.11.	Producción de artefactos sanitarios	12
2.2.12.	Peligros del método hunter.	13
2.2.13.	Biopelículas en las tuberías de sistema de agua potable.	14

CAPITULO III

3.1. Tipo de investigación	15
3.2. Zona de estudio.	15
3.3. Criterios de selección de artefacto sanitario.....	17
3.4. Recolección de datos	18
3.5. Levantamiento de información de campo.	18

CAPITULO IV

Comparación de resultados obtenidos por artefacto sanitario.....	23
--	----

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones.....	25
-------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Sistemas de abastecimiento de agua potable</i>	8
<i>Tabla 2. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario</i>	9
<i>Tabla 3. Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios</i>	10
<i>Tabla 4. Caudales de funcionamiento de diferentes artefactos sanitarios.....</i>	13
<i>Tabla 5. Características de la zona de estudio.....</i>	17
<i>Tabla 6. Recolección de información para artefacto sanitario: lavamanos</i>	19
<i>Tabla 7. Recolección de información para artefacto sanitario: lavaplatos.....</i>	19
<i>Tabla 8. Recolección de información para artefacto sanitario: lavandería</i>	19
<i>Tabla 9. Recolección de información para artefacto sanitario: ducha.....</i>	20
<i>Tabla 10. Recolección de información para artefacto sanitario: tina de baño</i>	20
<i>Tabla 11. Recolección de información para artefacto sanitario: pileta</i>	20
<i>Tabla 12. Caudales obtenidos para lavamanos.....</i>	21
<i>Tabla 13. Caudales obtenidos para lavaplatos</i>	21
<i>Tabla 14. Caudales obtenidos para lavandería.....</i>	21
<i>Tabla 15. Caudales obtenidos para ducha</i>	22

<i>Tabla 16. Caudales obtenidos para tina de baño</i>	22
<i>Tabla 17. Caudales obtenidos para pileta.....</i>	22
<i>Tabla 18. Resultados finales de caudal para los diferentes artefactos sanitarios</i>	23
<i>Tabla 19. Tabla comparativa de resultados de caudales propuestos vs calculados</i>	24
<i>Tabla 20. Recolección de información para artefacto sanitario: lavamanos</i>	29
<i>Tabla 21. Recolección de información para artefacto sanitario: lavaplatos.....</i>	29
<i>Tabla 22. Recolección de información para artefacto sanitario: lavandería</i>	30
<i>Tabla 23. Recolección de información para artefacto sanitario: ducha.....</i>	31
<i>Tabla 24. Recolección de información para artefacto sanitario: tina de baño</i>	31
<i>Tabla 25. Recolección de información para artefacto sanitario: pileta</i>	32
<i>Tabla 26. Caudales obtenidos para lavamanos.....</i>	33
<i>Tabla 27: caudales obtenidos para lavaplatos.....</i>	33
<i>Tabla 28. Caudales obtenidos para lavandería.....</i>	34
<i>Tabla 29. Caudales obtenidos para ducha</i>	35
<i>Tabla 30. Caudales obtenidos para tina de baño</i>	35
<i>Tabla 31. Caudales obtenidos para pileta.....</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Maximum demand at individual water outlets.....</i>	10
<i>Figura 2. Unidades de gasto por artefacto sanitario. Método hunter</i>	11
<i>Figura 3. Unidades de gasto para conjunto de artefactos. Método hunter.....</i>	12
<i>Figura 4. Carimbo del plano de red de agua potable de oruro</i>	15
<i>Figura 5. Plano de red de agua potable de oruro</i>	16
<i>Figura 6. Zona col para recolección de datos.....</i>	16
<i>Figura 7. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario</i>	17

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1. Recolección de información en lavaplatos.....</i>	37
<i>Fotografía 2. Recolección de información en tina</i>	37

<i>Fotografía 3. Recolección de información en lavandería</i>	<i>37</i>
<i>Fotografía 4. Recolección de información en lavamanos</i>	<i>38</i>
<i>Fotografía 5. Recolección de información en ducha.....</i>	<i>38</i>
<i>Fotografía 6. Recolección de información en lavandería</i>	<i>38</i>
<i>Fotografía 7. Recolección de información en lavamanos</i>	<i>39</i>
<i>Fotografía 8. Recolección de información en lavandería</i>	<i>39</i>
<i>Fotografía 9. Recolección de información en pileta</i>	<i>39</i>

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN.

El método Hunter fue desarrollado antes de la II guerra mundial, su uso se ha expandido alrededor del mundo, dando buenos resultados en muchos países al largo de los años.

Los ingenieros que diseñan los sistemas de agua potable en la actualidad no toman en cuenta que este método fue elaborado con accesorios de la época, presiones de salida diferentes a las actuales por ende caudales distintos a cada realidad de cada país, incluso los accesorios sanitarios actuales son fabricados de diferente manera, para evitar el desperdicio de agua.

Desde hace unos años algunos investigadores de distintas regiones del planeta han planteado nuevos métodos, desarrollado nuevos softwares, estudiado a los accesorios y su comportamiento de acuerdo a la presión de salida de diferentes zonas. Por esa misma razón, se actualizan normativas como el Código Nacional de Plomería (National Plumbing Code), el cual tendrá repercusiones en diferentes países debido a que se plantea nuevos métodos para encontrar la demanda máxima por accesorios lo cual implica directamente en la demanda máxima probable de un edificio.

Pese a existir a nivel mundial muchos métodos para el diseño de sistemas de agua potable en edificaciones, en el contexto boliviano la totalidad de proyectistas hace uso del Método Hunter, porque el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA) lo recomienda. Pese a estar normado su uso y su procedimiento es metódico, la mayoría de profesionales no se pregunta sobre el origen de este método y si es idóneo para el entorno boliviano.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. Situación problemática.

En el entorno boliviano el diseño de sistemas de agua potable domiciliarias es realizado de acuerdo a la norma vigente RENISDA del año 2011, la cual indica que debe usarse el método probabilístico Hunter para estimar la demanda máxima de artefactos sanitarios. Muchos profesionales proyectistas desconocen que este método fue desarrollado hace décadas y para condiciones diferentes a la nuestra. La implicación más grande al usar este método son los costos

de materiales de construcción porque se sobredimensiona las tuberías del sistema de agua potable.

1.2.2. Causas más probables.

Se identifican como causas más probables:

Aplicación de métodos para la demanda máxima probable.

Pese a existir muchos métodos desarrollados a nivel mundial, en la mayoría de los casos el ingeniero proyectista opta por su simpleza el uso del método probabilístico Hunter, ya que este autor brinda una tabla de unidades de gasto la cual se asigna a un artefacto sanitario, y sirve para realizar un cálculo directo y rápido.

Si bien existen a nivel mundial muchos otros métodos como el Método Británico, Método de la Norma Francesa, Método Alemán de la raíz cuadrada, Método Racional, Método CIHSE, etc. la gran mayoría de los proyectistas no ven la necesidad de aprender, investigar o aplicar nuevas metodologías de cálculo en nuestro país.

Deducción de Unidad de Gasto – Método Hunter.

Los diferentes tipos de accesorios sanitarios tienen una unidad de gasto (UG) asignado, originalmente denominado Water Supply Fixture Units (WSFU) por Hunter como también llamado factores de carga, unidades de peso o unidades mueble en otros países.

Esta unidad de gasto fue ideada por Hunter para representar el grado de carga de un artefacto sanitario dentro un sistema de agua potable, su concepción fue realizada en la década de los 40's, basándose en la demanda máxima de artefactos sanitarios existentes de la época, los cuales son mayores a los actuales. La producción de artefactos sanitarios contaba con una tecnología diferente en décadas pasadas, hoy en día las industrias fabrican accesorios de baja demanda, lo cual contribuye al ahorro de agua.

Sobredimensionamiento de tuberías de agua potable.

Los valores propuestos por Hunter son aceptados y usados en muchos países, sin tomar en cuenta el año de concepción del método y su procedencia. Ya que estos valores están

mayorados, es que se tiene un sobredimensionamiento de tuberías en nuestro medio, lo cual incluso afecta a la economía del proyecto.

1.2.3. Delimitación del problema.

El estudio de caudales se realizará en artefactos sanitarios de acuerdo a la tabla de Demanda Máxima de Consumo del Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA) para el Distrito 1 de la ciudad de Oruro.

1.2.4. Formulación del problema.

La falta de conocimiento sobre la realidad de consumos máximos en artefactos sanitarios reales lleva a un sobredimensionamiento en el sistema de agua potable en edificios, al asumir los valores de Hunter como correctos.

1.2.5. Objeto de estudio.

Demanda máxima de artefactos sanitarios.

Los proyectistas de nuestro país usan el método Hunter para el diseño de sistemas de agua potable en edificaciones, desconociendo que las Unidades de Gasto y caudales de Demanda Máxima en artefactos sanitarios son distintas para nuestra realidad boliviana.

1.2.6. Campo de acción

Tras develar el impacto y la diferencia de valores de caudales, un proyectista buscara nuevos métodos de diseño de agua potable, para evitar un sobredimensionamiento de tuberías.

1.3. OBJETIVO.

Objetivo General.

Analizar los valores de Demanda Máxima en artefactos sanitarios propuestos el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), mediante un estudio de campo en la ciudad de Oruro.

Objetivos Específicos.

- Caracterizar los artefactos sanitarios estudiados por Hunter.

- Realizar medición de caudales es distintos puntos de la zona de estudio.
- Comparar valores propuestos con los encontrados en artefactos sanitarios actuales.
- Analizar las implicaciones del uso del método Hunter.
- Proponer soluciones para no sobredimensionar el sistema de agua potable en la ciudad de Oruro.

1.4. HIPÓTESIS.

Formulación de la Hipótesis.

Los valores planteados de demanda máxima por artefacto sanitario planteados por el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), no son adecuadas y conllevan a un sobredimensionamiento de tuberías en sistemas de agua potable en edificios de la ciudad de Oruro.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Al concluir la presente investigación se demostrará que las tablas propuestas por el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), no son las adecuadas para el diseño de sistemas de agua potable en nuestra ciudad. Asimismo, se tendrá un claro panorama de que es necesario actualizar este método o caso contrario buscar opciones de nuevos métodos para encontrar la demanda máxima en edificios.

CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1. ESTADO DEL ARTE.

A continuación, se presentarán estudios previos donde varios investigadores comparan valores experimentales con valores teóricos, relacionados al caudal del artefacto sanitario y el consumo de agua en poblaciones.

Caballero et al (2017), realizaron un cálculo de unidades de consumo a través de caudales máximos medidos en zonas de servicio de la ciudad de Bogotá, con el fin de comparar con los valores obtenidos con los propuestos por la norma NTC1500 (Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Colombia). Para realizar estas mediciones se consideraron factores como tipo de vivienda, número de habitantes, frecuencia y uso de aparatos sanitarios. Al finalizar el estudio los autores proponen una metodología de corrección para las unidades propuestas por Hunter y aplicarlas de manera correcta al contexto colombiano.

Ventura J. (2017), realizo aforos de caudal en vertederos con el fin de comparar valores teóricos y experimentales para evaluar el sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Planes Norte, concluyendo que la población del lugar no le está dando el uso adecuado para el cual fue diseñado el dicho vertedero.

Orduña & Mosquera (2014), obtuvieron y evaluaron curvas patrones de consumo de agua de usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá, a partir de la realización de mediciones de caudal y encuestas de caracterización a los usuarios de acuerdo al tipo de edificación donde viven y estrato económico. Las normativas vigentes en dicho país como la RAS 2000 y NTC 1500, plantean dotaciones netas muy alejadas de su realidad. Este estudio fue realizado en 4 zonas de dicha ciudad dando como resultado un consumo promedio diferente para cada zona, con diferencias significativas entre zona y zona, también dando a descubrir que la población reutiliza entre el 15-25% del agua usada a diario.

Zamora R. (2013), realiza una evaluación de métodos de diseño para instalaciones hidráulicas con el fin de hacer más eficiente el cálculo de instalaciones hidrosanitarias y racionalizar el agua en edificaciones. Dentro de este estudio se hace énfasis en la comparación de valores de caudal

reales en artefactos sanitarios en cuatro edificaciones con los valores planteados por diferentes normativas como la norma británica, norma francesa, normas CIHSE, método Alemán, Método de Hunter, Método Hunter Colombia, etc. Obteniendo valores de caudal para artefactos sanitarios muy por debajo de los propuestos por las diferentes normas, concluyendo que el avance tecnológico de la fabricación de los aparatos sanitarios como grifos, duchas, bañeras, fregaderos, inodoros, etc. actualmente se proyectan para que exista un bajo consumo de agua, el cual permite un ahorro de agua. El método que más se acomoda a la realidad colombiana es el método Hunter Colombia, y esto da luces de que cada país debe adecuar este método a su propia realidad para un diseño correcto y económico.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Agua potable.

Se entiende por agua potable a aquella agua que tiene calidad higiénica, es agradable en sabor y olor, el cual no ocasiona problemas de salud a aquellas personas que la consuman. (Fernández, 2011). La norma boliviana NB 512 define al agua potable como: “aquella que, por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para el consumo humano y que cumple con lo establecido en la presente norma.”

2.2.2. Caudal.

El caudal es aquella cantidad de fluido que circula a través de una sección en un tiempo determinado. Este caudal puede ser calculado teniendo como información el tiempo que tardo en llenarse un recipiente con volumen conocido.

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Donde: V = volumen (lt)
t = tiempo (seg)

2.2.3. Caudal controlado.

El caudal controlado se refiere a aquel caudal que la percepción humana estima como suficiente para el uso de agua potable en los diferentes artefactos sanitarios.

2.2.4. Presión

La presión del agua se refiere a la fuerza ejercida por el agua sobre las paredes del conducto propio del sistema de agua potable, en este estudio debemos conocer y diferenciar la presión disponible y la presión de servicio. El Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, RENISDA (2011), diferencia estas presiones mediante las siguientes definiciones: la *presión disponible* es aquella presión dinámica que ofrece la entidad competente de distribución de agua en el punto de conexión domiciliaria y la *presión de servicio* es aquella presión mínima que requiere un artefacto sanitario para su correcto funcionamiento sin generar desgastes del mismo.

2.2.5. Velocidad.

La velocidad de flujo es un parámetro importante en el diseño de tuberías de agua potable, su control limita la generación de ruidos y sedimentación de sólidos, este valor no debe ser menor que 0.60 (m/s). Asimismo, el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, (RENISDA, 2011) brinda tablas con velocidades máximas admisibles y caudales máximos en función del diámetro de la tubería.

2.2.6. Red pública de agua potable.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, (RENISDA, 2011), se define como:

“Son aquellas obras civiles de infraestructura, administradas, operadas y mantenidas, por la Entidad Competente, y que son componentes de un sistema público de abastecimiento de agua potable. Comprenden el conjunto de conductos o tuberías, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, accesorios, dispositivos y conexiones domiciliarias que permiten el suministro de agua a los usuarios en forma continua, presión apropiada, cantidad suficiente y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades domésticas.”

2.2.7. Sistemas de abastecimiento de agua potable.

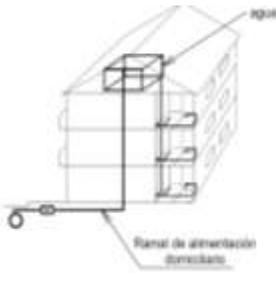
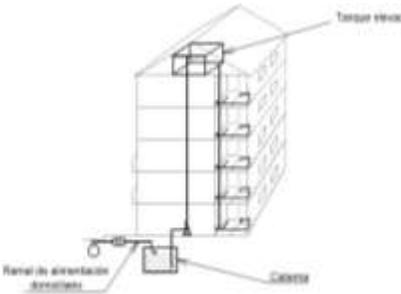
La instalación domiciliaria de agua potable se refiere al sistema usado dentro un inmueble para que este tenga abastecimiento de agua potable. De acuerdo al Código Colombiano de Fontanería

NTC 1500, este sistema debe contar con los siguiente: conjunto de tuberías, equipos o dispositivos, destinados a la distribución de agua.

El Reglamento Boliviano de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, RENISDA (2011), indica que este sistema está constituido por: ramal externo, ramal de alimentación domiciliario, almacenamiento y red de distribución hacia los puntos de consumo.

Asimismo, este sistema puede ser directo, indirecto o mixto; RENISDA (2011) define estos abastecimientos de la siguiente manera:

Tabla 1: Sistemas de abastecimiento de agua potable

SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO	SISTEMA MIXTO
		
<p>La cual se encuentra directamente conectada a la red pública de agua potable, alimenta a los puntos de consumo de una vivienda o edificación con la presión disponible que la entidad competente ofrece a la zona.</p>	<p>La cual se encuentra conectada a un tanque elevado o sistemas hidroneumáticos, y desde este punto elevado es que se realiza la distribución interna a los puntos de consumo de la vivienda o edificación.</p>	<p>El cuál es la combinación de un sistema directo e indirecto, para la distribución interna de agua potable.</p>

Fuente: RENISDA, pg.112, 113, 153.

2.2.8. Dimensionamiento de las redes de distribución de agua potable fría

El dimensionamiento de las redes de agua potable, de acuerdo al Reglamento Boliviano de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, RENISDA (2011), debe satisfacer la demanda máxima probable en los diferentes puntos de consumo de la vivienda o edificación. La tabla que propone la normativa boliviana vigente es la siguiente:

Tabla 2. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario

ARTEFACTO	L/min
Lavamanos con medidor de caudal	0,95
Lavamanos con cierre automático	1,89
Bebedero (Chorro)	2,84
Lavamanos corriente	9,46
Tina de baño, 15 mm	18,93
Ducha, 15 mm	9,46
Lavandería, 15 mm	9,46
Máquina de lavar ropa (3,50 a 7 kg), lavadora	15,14
Inodoro c/tanque de gravedad	11,36
Inodoro c/válvula de descarga de 15 mm , 11 mca de presión (0,11 Mpa)	56,78
Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 11 mca de presión (0,11 MPa)	102,20
Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 18 mca de presión (0,18 MPa)	132,48
Urinario corriente	5,68
Urinario con válvula de descarga	45,42
Lavaplatos o pileta de cocina 15 mm	17,03
Lavaplatos o pileta de cocina 20 mm	22,71
Máquina doméstica de lavar platos	15,14
Grifo de riego de 15 mm	18,93
Pileta de servicio de 20 mm	22,71

Fuente: RENISDA, pg.125

La tabla anterior fue extraída del Anexo B del National Plumbing Code (2006), este reglamento mantiene hasta la última edición de 2024 la misma tabla y los mismos valores de Water Supply Fixture Units (WSFU), unidades de gasto para el método Hunter.

Figura 1. Maximum demand at individual water outlets

Table B.3 MAXIMUM DEMAND AT INDIVIDUAL WATER OUTLETS	
Type of Outlet	Maximum Demand (gpm)
Metering lavatory faucet	0.25 gal/cycle
Public lavatory faucet	0.5 @ 60 psi
Drinking fountain jet	0.75
Private lavatory faucet	2.2 @ 60 psi
Kitchen sink faucet	2.2 @ 60 psi
Shower head	2.5 @ 80 psi
Ballcock in water closet flush tank	3.0
Dishwashing machine (domestic)	4.0
Laundry machine (8 or 16 lbs.)	4.0
Laundry sink faucet	5.0
Service sink faucet	5.0
Bath faucet, 1/2"	5.0
Hose bibb or sillcock (1/2")	5.0
1/2" flush valve (15 psi flow pressure)	15.0
1" flush valve (15 psi flow pressure)	27.0
1" flush valve (25 psi flow pressure)	35.0

Fuente: National Standard Plumbing Code Illustrated (2024), pg 256.

Para los mismos artefactos sanitarios y sus respectivas demandas de consumo de la tabla anterior es que RENISDA presenta una tabla extraída del National Plumbing Code (2006), el cual ayuda a dimensionar las tuberías de conexión hacia los artefactos sanitarios.

Tabla 3. Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios

ARTEFACTO SANITARIO	DIAMETRO NOMINAL (DN)	
	AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
	mm	mm
Tina de baño o tina con ducha	15	15
Bidet	15	15
Lavadora automática, doméstica	15	15
Lavaplatos automático, doméstico		15
Bebedero	15	
Grifo de riego 15	15	
Grifo de riego adicional, por cada unidad	15	
Lavaplatos o pileta de cocina, doméstico	15	15
Lavandería doméstica o pileta de lavado	15	15
Lavamanos o lavatorio	15	15

Pileta de servicio	15	15
Ducha individual	15	15
Ducha de uso continuo	15	15
Urinario c/válvula de descarga de 3.75 L	20	
Urinario c/válvula de descarga > a 3.75 L	20	
Inodoro, c/tanque de gravedad de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/ tanque de hidro presión de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L	25	
Inodoro c/tanque de gravedad de 12 L por descarga	15	
Inodoro c/válvula de descarga de 12 L	25	
Tina de hidromasaje	15	15

Fuente: RENISDA, pg.127

2.2.9. Determinación del caudal máximo probable.

El caudal máximo probable en un sistema de distribución de agua potable puede ser encontrado al combinar dos o más artefactos sanitarios, esta suma de unidades de gasto determinara los caudales máximos probables en cada punto de la red. RENISDA (2011). La tabla desarrollada por Hunter se presenta de dos maneras diferentes; una donde se tiene unidades de gasto por artefacto sanitario y otra donde se tiene unidades de gasto por conjunto de artefactos.

Figura 2. Unidades de gasto por artefacto sanitario. Método hunter

Artefacto Sanitario	Viviendas Unifamiliares o de dos Deptos.			Edificios Multifamiliares, con 3 o más Deptos.			Edificios públicos, comerciales.			Edificios de alta ocupación: Teatros, Stadiums, escuelas y similares		
	Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)		
	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente	Total	Fria	Caliente
Tina de baño o tina con ducha	4.0	3.0	3.0	3.5	2.6	2.6	4.0	3.0	3.0			
Bidet	1.0	0.8	0.8	0.5	0.4	0.4						
Lavadora automática (doméstica)	4.0	3.0	3.0	2.5	1.9	1.9	4.0	3.0	3.0			
Máquina automática de lavar platos (doméstico)	1.5		1.5	1.0		1.0	1.5		1.5			
Bebedero							0.5	0.5		0.8	0.8	
Grifo de riego	2.5	2.5		2.5	2.5		2.5	2.5				
Grifo de riego adicional, por c/ Unid. añadida	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0				
Lavaplatos o pileta de cocina	1.5	1.1	1.1	1.0	0.8	0.8	1.5	1.1	1.1			
Lapaplatos o pileta de cocina exclusivo**	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	4.0	3.0	3.0			
Lavandería o pileta de lavado	2.0	1.5	1.5	1.0	0.8	0.8	2.0	1.5	1.5			
Lavamanos o Lavatorio	1.0	0.8	0.8	0.5	0.4	0.4	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
Pileta de servicio							3.0	2.3	2.3			
Ducha individual	2.0	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5			
Ducha de uso continuo							5.0	3.8	3.8	5.0	3.8	3.8
Urinario c/válvula de descarga de 3.75 L							4.0	4.0		5.0	5.0	
Urinario, c/válvula de descarga > a 3.75 L							5.0	5.0		6.0	6.0	
Inodoro c/tanque de descarga de 6 L	2.5	2.5		2.5	2.5		2.5	2.5		4.0	4.0	
Inodoro c/ tanque de hidro presión de 6 L	2.5	2.5		2.5	2.5		2.5	2.5		3.5	3.5	
Inodoro, c/válvula de descarga de 6 L	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		8.0	8.0	
Inodoro, c/ tanque de descarga de 13 L	3.0	3.0		3.0	3.0		5.5	5.5		7.0	7.0	
Inodoro, c/válvula de descarga de 13 L	7.0	7.0		7.0	7.0		8.0	8.0		10.0	10.0	
Tina de hidromasaje	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0						

* Fuente: National Standard Plumbing Code 2008. ** En cocinas que no cuentan con máquina de lavar platos

Fuente: RENISDA, pg.131

Figura 3. Unidades de gasto para conjunto de artefactos. Método hunter

Conjuntos de baño, inodoros con tanques de descarga de 6L	Total en viviendas individuales o de dos departamentos			Total en edificios multifamiliares mayores o iguales a 3 Deptos.		
	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG
Medio baño o de vistas	3,5	3,3	0,8	2,5	2,5	0,4
1 Baño completo o conjunto de baño	5,0	5,0	3,8	3,5	3,5	3,0
1 1/2 Baño	6,0	6,0	4,5			
2 Baños completos	7,0	7,0	7,0			
2 1/2 Baños	8,0	8,0	8,0			
3 Baños completos	9,0	9,0	9,0			
1/2 Baño adicional	0,5	0,5	0,5			
Grupo adicional de 1 Baño completo	1,0	1,0	1,0			
Conjuntos de Baño, inodoros con tanques de descarga de 12 L	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG
Medio baño o de vistas	4,0	3,8	0,8	3,0	3,0	0,4
1 Baño completo	6,0	6,0	3,8	5,0	5,0	3,0
1 1/2 Baño	8,0	8,0	4,5			
2 Baños completos	10,0	10,0	7,0			
2 1/2 Baño	11,0	11,0	8,0			
3 Baños completos	12,0	12,0	9,0			
1/2 Baño adicional	0,5	0,5	0,5			
Grupo adicional de baño	1,0	1,0	1,0			
Otros Conjuntos de baño	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fria UG	Agua Caliente UG
Baño completo, inodoros con válvula de descarga de 6L	6,0	6,0	3,8	4,0	4,0	3,0
Baño completo, inodoro con válvula de descarga de 12 L	8,0	8,0	3,8	6,0	6,0	3,0
Cocina completa (Lavaplatos y máquina de lavar platos)	2,0	1,1	2,0	1,5	0,8	1,5
Lavandería completa (lavandería y máquina de lavar ropa)	5,0	4,5	4,5	3,0	2,6	2,6

Fuente: National Standard Plumbing Code 2008

Fuente: RENISDA, pg.132

2.2.10. Unidades de Gasto - Método de Hunter.

Hunter fue el que concibió la idea de asignar “factores de carga” a los diferentes tipos de artefactos sanitarios, para representar el grado de carga dentro un sistema de agua potable. En su lenguaje original lo denominó como “Water Supply Fixture Units (WSFU)”, Cortez (2008). El Reglamento Boliviano de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA), lo denomina como “Unidades de Gasto”, en otros países es más conocido como unidades de peso o unidad mueble.

Pese a que la concepción de estos factores de carga fue ideada en la década de los 40’s, basándose en la demanda máxima de artefactos sanitarios existentes de la época, en la actualidad estos valores son muy usados en diferentes países para el diseño de sistemas de agua potable. Cortez (2008).

2.2.11. Producción de artefactos sanitarios

Actualmente debido a los problemas de agua que diferentes regiones del planeta sufren, es que surge una responsabilidad social en las industrias sanitarias. Esta consiste en desarrollar dispositivos para reducir el consumo de agua; estas nuevas tecnologías se aplican actualmente en griferías, mecanismos, artefactos, etc. que tienen un bajo costo, fácil mantenimiento e instalación. Massuh (2008). Además, en décadas pasadas la producción de artefactos sanitarios

contaba con una tecnología diferente, hoy en día las industrias fabrican accesorios de baja demanda de consumo para priorizar el ahorro de agua.

Demanda de caudal en artefactos sanitarios

Los caudales de funcionamiento de diferentes artefactos sanitarios pueden ser solicitados a los fabricantes o distribuidores, a continuación, se muestra algunas especificaciones propias de fabrica de algunos artefactos sanitarios.

Tabla 4. Caudales de funcionamiento de diferentes artefactos sanitarios

MARCA	DUCHA (l/min)	LAVAMANOS (l/min)	INODORO (l/min)	LAVAPLATOS (l/min)	GRIFOS (l/min)
GRIVAL	5.77	5.87	4.8	5.46	27.70
FV	6.9	5.87	4.2	4	6.78
CORONA	5.8	5.8	4.7	7	

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera el National Standard Plumbing Code (2024), hace notar que si no se tiene un caudal de funcionamiento correcto en los artefactos sanitarios se tiene un rendimiento negativo y baja durabilidad del sistema.

2.2.12. Peligros del método Hunter.

El método Hunter fue desarrollado en la década de los 40's, en una realidad diferente a la que se vive hoy en día, fue la primera curva creada para medir el caudal de un artefacto en función de la duración de flujo y la probabilidad de que este estuviera en uso. Pese a tener un enfoque conservador al momento de diseñar el sistema de agua potable, puede generar aumentos sustanciales en el costo final de la instalación debido al sobredimensionamiento de tuberías.

El método Hunter fue desarrollado gracias a la toma de valores de caudal del artefacto (q), frecuencia de uso de acuerdo al tipo de edificación (T) y duración de uso (t); los parámetros anteriormente mencionados simplemente variarían sus datos debido a que los artefactos sanitarios de la actualidad no son los mismos que los fabricados hace décadas. Acero (2009).

En la actualidad debido al movimiento industrial de producción de artefactos de baja demanda, se obtienen valores más bajos con los que fue concebido Hunter. Por ejemplo, para un artefacto tipo, Hunter tenía un caudal de 27gpm, un tiempo de flujo de 9 segundos y un tiempo de recurrencia de 300 segundos, donde la probabilidad de uso de este artefacto según Hunter es de $9/300=0.03$; en contraparte para un artefacto actual del mismo tipo se tiene un volumen de flujo de 1.6 galones en un periodo de 4 segundos, y su probabilidad de uso baja a $4/300=0.013$ y su caudal a 24 gpm. Bhatia, (2020).

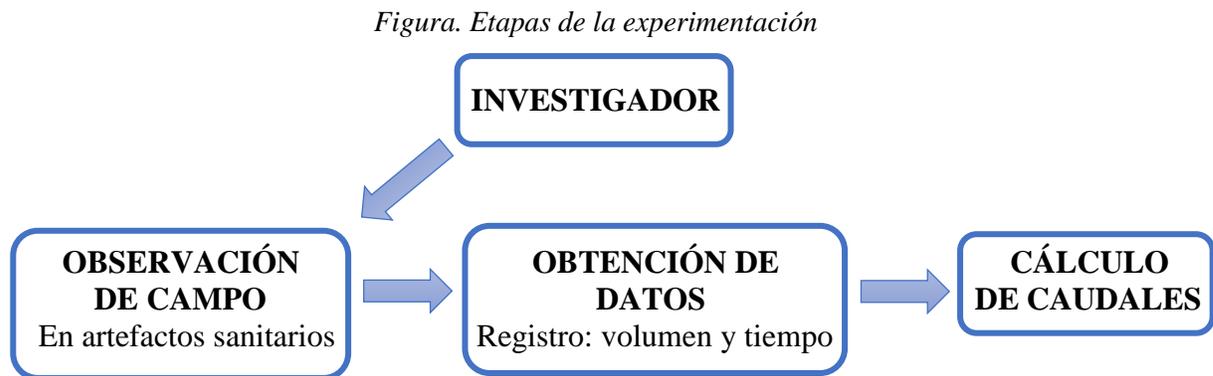
2.2.13. Biopelículas en las tuberías de sistema de agua potable.

Cuando se instalan tuberías sobredimensionadas o de gran tamaño, existe el crecimiento de biopelículas dentro las tuberías del sistema de agua potable, la poca velocidad de flujo y baja presión hacen que estas bacterias dañinas para la salud humana vayan creciendo con el paso del tiempo. Furst & Nasir (2022).

CAPÍTULO III. MARCO PRÁCTICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación aplicada es la directa, haciendo uso de la técnica de observación de campo, mediante la cual uno se dirige al lugar donde ocurre el fenómeno para recolectar información auténtica y necesaria. Los datos recolectados incluyen datos de volumen y tiempo, para poder encontrar el caudal mediante el uso de la ecuación (1). Los pasos a seguir pueden resumirse en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración Propia

3.2. ZONA DE ESTUDIO.

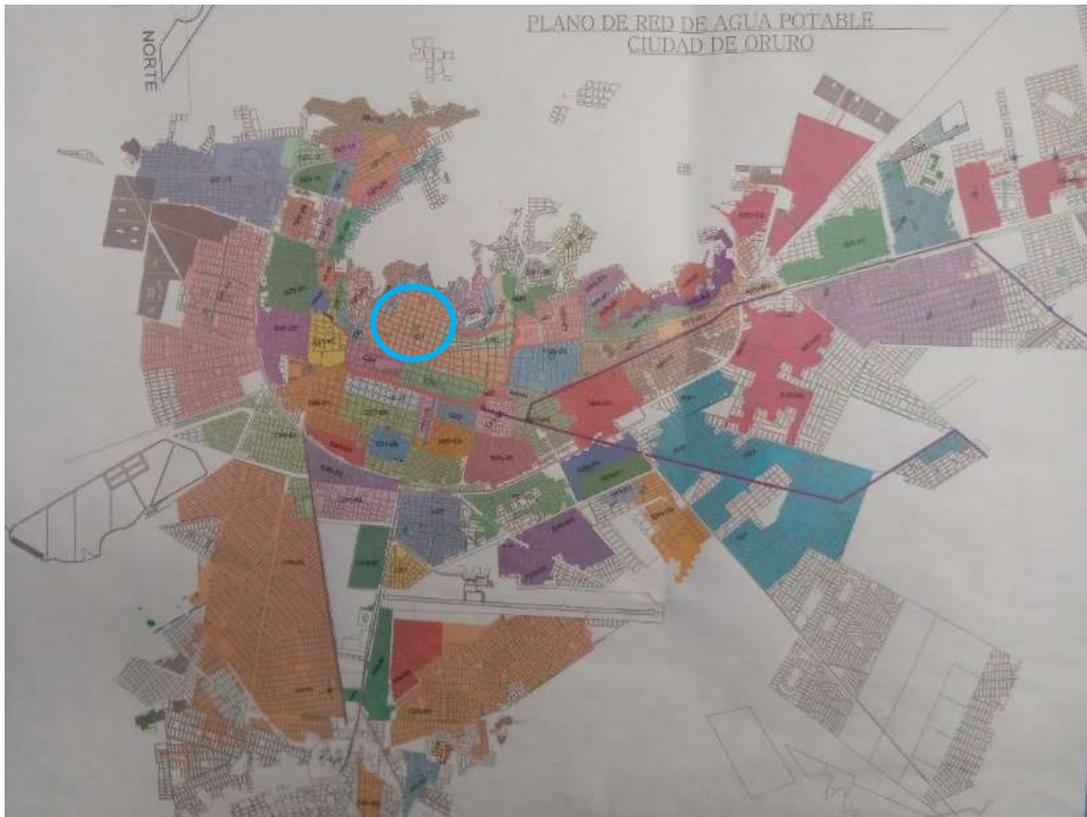
La zona de estudio elegida para la obtención de datos fue seleccionada de acuerdo al Plano de Red de Agua Potable de la ciudad de Oruro. Este plano tiene como finalidad mostrar valores de presiones, dotaciones, tiempo de distribución y volumen distribuido por zonas en Oruro.

Figura 4. Carimbo del plano de red de agua potable de oruro



Fuente: SELA Oruro

Figura 5. Plano de red de agua potable de oruro



Fuente: SELA Oruro

Figura 6. Zona col para recolección de datos



Fuente: SELA Oruro

Esta zona denominada como CO1, tiene las siguientes características:

Tabla 5. Características de la zona de estudio

CO1	
MACROMEDIDOR:	WOLTMANN
DIRECCIÓN:	CAMACHO CARO MONTECINOS
VOL. DISTRIBUIDO (m³):	2147737
% DEL VOLUMEN DISTRIBUIDO:	37.44%
ÁREA DEL CIRCUITO (has):	146.86
PRESIÓN (m.c.a):	32
DOTACIÓN m³/hab/día:	178
HORAS DE DISTRIBUCIÓN:	0:00 a 24:00 (24 horas)

Fuente: Elaboración Propia

3.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ARTEFACTO SANITARIO

Los artefactos sanitarios a tomar en cuenta para su medición son aquellos que se encuentran en la tabla que aparece en la norma RENISDA.

Figura 7. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario

Artefacto	L / min
Lavamanos con medidor de caudal	0,95
Lavamanos con cierre automático	1,09
Bebedero (Chorro)	2,94
Lavamanos comente	9,46
Tina de baño, 15 mm	18,93
Ducha, 15 mm	9,46
Lavandería, 15 mm	9,46
Máquina de lavar ropa (3,50 a 7 kg), lavadora	15,14
Inodoro c/ tanque de gravedad	11,36
Inodoro c/ válvula de descarga de 15 mm , 11 mca de presión (0,11 MPa)	56,78
Inodoro c/ válvula de descarga de 25 mm , 11 mca de presión (0,11 MPa)	102,20
Inodoro c/ válvula de descarga de 25 mm , 18 mca de presión (0,18 MPa)	132,48
Urinario comente	5,98
Urinario con válvula de descarga	46,42
Lavajatos o piletta de cocina 15 mm	17,03
Lavajatos o piletta de cocina 20 mm	22,71
Máquina doméstica de lavar platos	15,14
Orfo de riego de 15 mm	18,93
Piletta de servicio de 20 mm	22,71

Fuente: Tabla 1.6. Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA)

Tras una inspección previa a distintas viviendas y edificios se logró identificar los artefactos sanitarios con mayor uso en la zona CO1 de Oruro y estos son: Lavamanos, Tina, Ducha, Lavandería, Lavaplatos y Pileta.

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica.

La técnica usada para medición de caudales es el método directo, esta se refiere a la toma de datos directamente del flujo de corriente o artefacto sanitario.

Materiales.

Los materiales usados en el proceso experimental fueron un recipiente con un volumen conocido y un cronómetro.

Procedimiento.

Para el caso de estudio se debe colocar el recipiente bajo la salida de agua del artefacto sanitario, la medida de caudales puede ser tomada de dos maneras: una abriendo toda la llave del artefacto sanitario y otra abriendo hasta obtener un caudal suficiente. Se procede a cronometrar cuando se abre la salida de agua del artefacto hasta llenar el recipiente con volumen ya determinado. Para el cálculo del caudal, se usa su fórmula donde se divide el volumen conocido en litros entre el tiempo en segundos.

3.5. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAMPO.

Antes de realizar la recolección de campo se identificó los límites de donde se iba a tomar la información, teniendo hacia el Oeste la calle Linares, hacia el Este la calle Pagador, hacia el Sud la calle San Felipe y al Norte la calle Montecinos. En la zona de estudio se intervino 4 departamentos multifamiliares y 16 viviendas unifamiliares, donde se midió el tiempo de llenado de un volumen conocido en los artefactos sanitarios de cada hogar.

La información recolectada puede ser observada en las siguientes tablas:

Tabla 6. Recolección de información para artefacto sanitario: lavamanos

LAVAMANOS					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	1	19.5	1	17.5
2	Tanque elevado	1	20.5	1	16.72
3	Tanque elevado	1	23.72	1	17.68
4	Directo	0.5	10.9	0.5	2.5
...
20	Tanque elevado	1	19.89	1	17.36

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Recolección de información para artefacto sanitario: lavaplatos

LAVAPLATOS					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	43.84	2	22.53
2	Tanque elevado	2	35.44	2	21.23
3	Tanque elevado	2	34.87	2	22.01
4	Directo	2	48.91	2	22.31
...
20	Tanque elevado	2	37.89	2	21.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Recolección de información para artefacto sanitario: lavandería

LAVANDERIA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	18.87	2	7.72
2	Tanque elevado	2	21.01	2	7.74
3	Tanque elevado	2	19.59	2	7.75
4	Directo	2	24.84	2	12.12
...
20	Tanque elevado	2	22.65	2	7.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Recolección de información para artefacto sanitario: ducha

DUCHA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	28.56	2	11.72
2	Tanque elevado	2	54.6	2	28.13
3	Tanque elevado	2	31.47	2	26.74
4	Directo	2	32.47	2	
...
20	Tanque elevado	2	37.65	2	27.77

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Recolección de información para artefacto sanitario: tina de baño

TINA DE BAÑO					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	25.35	2	20.65
2	Tanque elevado	2	24.48	2	19.84
3	Tanque elevado	2	25.1	2	20.12
4	Directo	2	24.3	2	20.31
...
20	Tanque elevado	2	25.35	2	20.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Recolección de información para artefacto sanitario: pileta

PILETA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	19.01	2	5.23
2	Tanque elevado	2	19.25	2	5.12
3	Tanque elevado	2	18.97	2	6.01
4	Directo	2	19.64	2	8.6
...
20	Tanque elevado	2	20.65	2	5.62

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas con la información completa pueden apreciarse en el Anexo 1.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Para la obtención de los caudales en artefactos sanitarios se hizo uso de la siguiente formula:

$$Q = V/t \text{ (lt/s)}$$

Obteniendo así los siguientes caudales para los diferentes artefactos sanitarios:

Tabla 12. Caudales obtenidos para lavamanos

		LAVAMANOS	
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.051	0.057
2	Tanque elevado	0.049	0.060
3	Tanque elevado	0.042	0.057
4	Directo	0.046	0.200
...
20	Tanque elevado	0.050	0.058

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Caudales obtenidos para lavaplatos

		LAVAPLATOS	
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.046	0.089
2	Tanque elevado	0.056	0.094
3	Tanque elevado	0.057	0.091
4	Directo	0.041	0.090
...
20	Tanque elevado	0.053	0.092

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Caudales obtenidos para lavandería

		LAVANDERÍA	
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.106	0.259

2	Tanque elevado	0.095	0.258
3	Tanque elevado	0.102	0.258
4	Directo	0.081	0.165
...
20	Tanque elevado	0.088	0.282

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Caudales obtenidos para ducha

DUCHA			
Nº	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.070	0.171
2	Tanque elevado	0.037	0.071
3	Tanque elevado	0.064	0.075
4	Directo	0.062	
...
20	Tanque elevado	0.053	0.072

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Caudales obtenidos para tina de baño

TINA DE BAÑO			
Nº	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.079	0.097
2	Tanque elevado	0.082	0.101
3	Tanque elevado	0.080	0.099
4	Directo	0.082	0.098
...
20	Tanque elevado	0.079	0.097

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Caudales obtenidos para pileta

PILETA			
Nº	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.105	0.382
2	Tanque elevado	0.104	0.391
3	Tanque elevado	0.105	0.333

4	Directo	0.102	0.233
...
20	Tanque elevado	0.097	0.356

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas completas de obtención de caudales en cada artefacto sanitario se encuentran en el Anexo 2. Cada vivienda o edificio tuvo un sistema de bombeo de agua diferente, ya sea directo, indirecto (c/tanque) o mixto.

Se obtuvo dos tipos de caudales, un caudal controlado, el cual es el caudal a ser comparado por tablas de la normativa RENISDA (2011) y por otro lado está el caudal de llave abierta normal, el cual tiene bastante variación de acuerdo al tipo de sistema de bombeo de agua en cada vivienda o edificio.

Tras la obtención de datos en diferentes puntos de la zona de estudio, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados finales de caudal para los diferentes artefactos sanitarios

Q (lt/s)	LAVAMANOS		LAVAPLATOS		LAVANDERIA		DUCHA		TINA DE BAÑO		PILETA	
	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL										
MÁX.	0.062	0.200	0.087	0.100	0.106	0.294	0.070	0.171	0.082	0.101	0.106	0.392
MÍN.	0.042	0.057	0.043	0.087	0.070	0.165	0.037	0.059	0.077	0.097	0.040	0.233
PROM.	0.047	0.084	0.053	0.092	0.087	0.253	0.050	0.075	0.079	0.098	0.094	0.335
RENISDA	0.16		0.28		0.16		0.16		0.31		0.38	

Fuente: Elaboración Propia

COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON DEMANDA MÁXIMA DE CONSUMO POR ARTEFACTO SANITARIO

De las mediciones anteriormente realizadas por ejemplo para el caudal controlado de lavamanos se tiene un caudal mínimo de 0.042 (lt/s), un caudal máximo de 0.062 (lt/s), teniendo un promedio de 0.047 (lt/s). y el caudal brindado por RENISDA es de 0.16 (lt/s) el cual es mayor. De la misma manera se puede realizar estas comparaciones para los demás artefactos sanitarios, de manera resumida se tiene:

Tabla 19. Tabla comparativa de resultados de caudales propuestos vs calculados

ARTEFACTO SANITARIO	Q (lt/s)		
	CAUDAL RENISDA	VECES MAYOR A	CAUDAL CONTROLADO
LAVAMANOS	0.16	3.40	0.047
LAVAPLATOS	0.28	5.20	0.053
LAVANDERIA	0.16	1.83	0.087
DUCHA	0.16	3.20	0.050
TINA	0.31	3.92	0.079
PILETA	0.38	4.04	0.094

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con el trabajo realizado se ha podido encontrar los caudales en diferentes artefactos sanitarios en una zona de la ciudad de Oruro, estos valores al compararlos con los descritos en el Reglamento Boliviano de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias, RENISDA (2011), presentan una variación notoria. Las conclusiones obtenidas tras el finalizar este trabajo son:

- El caudal controlado promedio obtenido en todos los artefactos: Lavamanos, Tina, Ducha, Lavandería, Lavaplatos y Pileta; son menores a los caudales propuestos por la normativa RENISDA (2011); esto quiere decir que las Unidades de Gasto de estos artefactos, usadas en el diseño de sistemas de agua potable están mayoradas y por ende conllevan a un sobredimensionamiento de las tuberías en los sistemas de agua potable.
- El efecto de tener caudales altos en llave abierta normal conlleva a un alto consumo de agua, reducen la vida útil de las griferías, pago excesivo de consumo de agua en facturas mensuales.
- Se aprecia notoriamente que los artefactos fabricados en la actualidad son más eficientes y tienen tendencia hacia una conciencia global para reducir el consumo de agua.
- Tras encontrar que los artefactos actuales producen un caudal mucho menor al de las tablas propuestas, se sabe contundentemente que los valores de Unidad de Gasto están mayorados y conducen a sobredimensionar las tuberías en los sistemas de agua potable en edificios.
- El método Hunter es desactualizado para el diseño de sistemas de agua potable, por tanto, en el medio boliviano se no se recomienda su uso.

Recomendaciones.

A partir de esta investigación se propone buscar nuevas unidades de gasto para el contexto boliviano, es decir contar de un tiempo a esta parte con un método propio para Bolivia en diseño de sistemas de agua potable. Al contar con Unidades de Gasto propias para nuestro contexto, el sobredimensionamiento de las tuberías desaparecerá y se ayudará a la economía de la población en sus construcciones.

REFERENCIAS.

- Caballero Rojas, D., Aldana Arévalo, J. M., Zamudio Huertas, E., (2017). Cálculo de unidades de consumo a través de caudales máximos instantáneos medidos en cuatro zonas de servicio de la ciudad de Bogotá D.C., Bogotá, 14(1), 123-132.
- Cortez Pérez, C. M., (2008). Análisis del método Hunter y actualización del método de cálculo para instalaciones hidráulicas en edificios. México D.F. Instituto Politécnico Nacional
- Cuervo, M. (1997). El agua potable como bien mayor. *Urbana*, 2(21), 47-47.
- Definición, a., & definición, e. N. E. R. G. Í. A. (2010). Conceptos básicos.
- Fernández, m. S. (2011). Agua potable y saneamiento. *Pediatría para la cooperación*, 117.
- Hobbs, I., Anda, M., & Bahri, P. A. (2019). Estimating peak water demand: Literature review of current standing and research challenges. *Results in Engineering*, 4(May), 100055. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100055>
- Hunter, R. (Department of C. (1940). Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems. Building Materials and Structures Report BMS65, 23, 28.
- Mangalekar, R. D., & Gumaste, K. S. (2021). Residential water demand modelling and hydraulic reliability in design of building water supply systems: A review. *Water Science and Technology: Water Supply*, 21(4), 1385–1397. <https://doi.org/10.2166/WS.2021.021>
- Omaghomi, T., & Buchberger, S. G. (2018). Variation in peak water demand with building size: Parameters and methods. 1st International WDSA / CCWI 2018 Joint Conference.
- Omaghomi, T. O. (2014). Analysis of Methods for Estimating Water Demand in Buildings. http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1406881340
- Orduña, a. J. G., & mosquera, r. O. O. (2014). Evaluación de los métodos de cálculo de caudales máximos probables en edificaciones de uso residencial de la ciudad de Bogotá. *de XIII Simpósio Iberoamericano de redes de agua, aguas residuales y drenaje, Brasil*.

Orduña, A. G., & Mosquera, R. O. (2014). Determinación de consumos reales de agua potable para usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá. *XIII Simpósio Iberoamericano de redes de agua, aguas residuales y drenaje, Brasil*, 1-12.

Romero, N. W. B. (2022). Métodos de estimación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias para edificaciones de oficinas de la ciudad de Potosí-Bolivia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5630-5647.

Ventura Marroquín, J. M. (2017). *Determinación del caudal actual, experimental y teórico, y evaluación del sistema de alcantarillado de la colonia Planes Norte, zona 5 de Villa Nueva, Guatemala* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

ANEXOS

ANEXO 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Tabla 20. Recolección de información para artefacto sanitario: lavamanos

LAVAMANOS					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	1	19.5	1	17.5
2	Tanque elevado	1	20.5	1	16.72
3	Tanque elevado	1	23.72	1	17.68
4	Directo	0.5	10.9	0.5	2.5
5	Directo	0.5	11.47	0.5	2.89
6	Directo	0.5	9.1	0.5	2.87
7	Directo	0.5	8.25	0.5	2.67
8	Tanque elevado	2	32.09	1	16.82
9	Tanque elevado	1	22.89	1	17.23
10	Tanque elevado	1	21.56	1	17.45
11	Tanque elevado	1	23.54	1	16.87
12	Tanque elevado	1	23.12	1	16.72
13	Tanque elevado	1	24.54	1	17.56
14	Tanque elevado	1	23.8	1	17.21
15	Tanque elevado	1	20.65	1	16.78
16	Tanque elevado	1	20.87	1	16.45
17	Tanque elevado	1	23.41	1	16.98
18	Tanque elevado	1	23.81	1	16.25
19	Tanque elevado	1	21.23	1	17.21
20	Tanque elevado	1	19.89	1	17.36

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Recolección de información para artefacto sanitario: lavaplatos

LAVAPLATOS					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	43.84	2	22.53
2	Tanque elevado	2	35.44	2	21.23
3	Tanque elevado	2	34.87	2	22.01
4	Directo	2	48.91	2	22.31
5	Directo	2	45.64	2	20.16
6	Directo	2	46.24	2	22.5
7	Directo	2	46.57	2	22.53

8	Tanque elevado	2	22.87	2	20.02
9	Tanque elevado	2	35.64	2	21.89
10	Tanque elevado	2	36.87	2	21.65
11	Tanque elevado	2	35.98	2	22.12
12	Tanque elevado	2	37.21	2	21.23
13	Tanque elevado	2	37.01	2	21.51
14	Tanque elevado	2	36.64	2	22.13
15	Tanque elevado	2	35.98	2	22.14
16	Tanque elevado	2	35.87	2	22.42
17	Tanque elevado	2	35.41	2	22.31
18	Tanque elevado	2	38.94	2	22.22
19	Tanque elevado	2	39.02	2	22.89
20	Tanque elevado	2	37.89	2	21.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Recolección de información para artefacto sanitario: lavandería

LAVANDERIA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	18.87	2	7.72
2	Tanque elevado	2	21.01	2	7.74
3	Tanque elevado	2	19.59	2	7.75
4	Directo	2	24.84	2	12.12
5	Directo	2	28.74	2	11.59
6	Directo	2	24.96	2	11.36
7	Directo	2	25.61	2	12.01
8	Tanque elevado	2	25.81	2	6.81
9	Tanque elevado	2	23.21	2	6.98
10	Tanque elevado	2	21.61	2	7.24
11	Tanque elevado	2	22.46	2	7.12
12	Tanque elevado	2	19.85	2	7.59
13	Tanque elevado	2	23.45	2	7.35
14	Tanque elevado	2	23.98	2	7.41
15	Tanque elevado	2	22.41	2	6.85
16	Tanque elevado	2	24.87	2	6.99
17	Tanque elevado	2	24.14	2	7.44
18	Tanque elevado	2	23.54	2	7.46
19	Tanque elevado	2	21.65	2	7.65
20	Tanque elevado	2	22.65	2	7.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. Recolección de información para artefacto sanitario: ducha

DUCHA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	28.56	2	11.72
2	Tanque elevado	2	54.6	2	28.13
3	Tanque elevado	2	31.47	2	26.74
4	Directo	2	32.47	2	
5	Directo	2	34.54	2	
6	Directo	2	35.01	2	
7	Directo	2	32.68	2	
8	Tanque elevado	2	50.25	2	33.78
9	Tanque elevado	2	45.56	2	28.65
10	Tanque elevado	2	48.74	2	31.47
11	Tanque elevado	2	45.65	2	32.54
12	Tanque elevado	2	38.98	2	31.77
13	Tanque elevado	2	39.78	2	33.74
14	Tanque elevado	2	37.98	2	26.58
15	Tanque elevado	2	47.89	2	27.89
16	Tanque elevado	2	50.01	2	28.88
17	Tanque elevado	2	49.58	2	28.45
18	Tanque elevado	2	47.65	2	28.65
19	Tanque elevado	2	42.68	2	26.97
20	Tanque elevado	2	37.65	2	27.77

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Recolección de información para artefacto sanitario: tina de baño

TINA DE BAÑO					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	25.35	2	20.65
2	Tanque elevado	2	24.48	2	19.84
3	Tanque elevado	2	25.1	2	20.12
4	Directo	2	24.3	2	20.31
5	Directo	2	26.1	2	20.45
6	Directo	2	25.5	2	20.74
7	Directo	2	25.65	2	20.61
8	Tanque elevado	2	25.67	2	20.74

9	Tanque elevado	2	25.21	2	20.65
10	Tanque elevado	2	25.32	2	20.64
11	Tanque elevado	2	25.33	2	20.63
12	Tanque elevado	2	25.41	2	20.62
13	Tanque elevado	2	25.56	2	19.82
14	Tanque elevado	2	26.01	2	19.86
15	Tanque elevado	2	24.31	2	19.99
16	Tanque elevado	2	24.86	2	20.35
17	Tanque elevado	2	24.96	2	20.36
18	Tanque elevado	2	24.99	2	20.54
19	Tanque elevado	2	25.12	2	20.65
20	Tanque elevado	2	25.35	2	20.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Recolección de información para artefacto sanitario: pileta

PILETA					
N°	SISTEMA	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)
1	Tanque elevado	2	19.01	2	5.23
2	Tanque elevado	2	19.25	2	5.12
3	Tanque elevado	2	18.97	2	6.01
4	Directo	2	19.64	2	8.6
5	Directo	2	24	2	6.03
6	Directo	2	19.32	2	7.23
7	Directo	2	49.52	2	5.1
8	Tanque elevado	2	22.19	2	6.32
9	Tanque elevado	2	18.94	2	6.53
10	Tanque elevado	2	21.23	2	6.21
11	Tanque elevado	2	22.01	2	6.12
12	Tanque elevado	2	21.45	2	5.65
13	Tanque elevado	2	21.65	2	5.24
14	Tanque elevado	2	20.23	2	6.12
15	Tanque elevado	2	20.54	2	6.42
16	Tanque elevado	2	20.32	2	6.35
17	Tanque elevado	2	21.65	2	5.74
18	Tanque elevado	2	22.03	2	5.98
19	Tanque elevado	2	21.99	2	5.48
20	Tanque elevado	2	20.65	2	5.62

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2. CAUDALES CALCULADOS.

Tabla 26. Caudales obtenidos para lavamanos

LAVAMANOS			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.051	0.057
2	Tanque elevado	0.049	0.060
3	Tanque elevado	0.042	0.057
4	Directo	0.046	0.200
5	Directo	0.044	0.173
6	Directo	0.055	0.174
7	Directo	0.061	0.187
8	Tanque elevado	0.062	0.059
9	Tanque elevado	0.044	0.058
10	Tanque elevado	0.046	0.057
11	Tanque elevado	0.042	0.059
12	Tanque elevado	0.043	0.060
13	Tanque elevado	0.041	0.057
14	Tanque elevado	0.042	0.058
15	Tanque elevado	0.048	0.060
16	Tanque elevado	0.048	0.061
17	Tanque elevado	0.043	0.059
18	Tanque elevado	0.042	0.062
19	Tanque elevado	0.047	0.058
20	Tanque elevado	0.050	0.058

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: caudales obtenidos para lavaplatos

LAVAPLATOS			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.046	0.089
2	Tanque elevado	0.056	0.094
3	Tanque elevado	0.057	0.091
4	Directo	0.041	0.090
5	Directo	0.044	0.099
6	Directo	0.043	0.089
7	Directo	0.043	0.089
8	Tanque elevado	0.087	0.100

9	Tanque elevado	0.056	0.091
10	Tanque elevado	0.054	0.092
11	Tanque elevado	0.056	0.090
12	Tanque elevado	0.054	0.094
13	Tanque elevado	0.054	0.093
14	Tanque elevado	0.055	0.090
15	Tanque elevado	0.056	0.090
16	Tanque elevado	0.056	0.089
17	Tanque elevado	0.056	0.090
18	Tanque elevado	0.051	0.090
19	Tanque elevado	0.051	0.087
20	Tanque elevado	0.053	0.092

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Caudales obtenidos para lavandería

LAVANDERÍA			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.106	0.259
2	Tanque elevado	0.095	0.258
3	Tanque elevado	0.102	0.258
4	Directo	0.081	0.165
5	Directo	0.070	0.173
6	Directo	0.080	0.176
7	Directo	0.078	0.167
8	Tanque elevado	0.077	0.294
9	Tanque elevado	0.086	0.287
10	Tanque elevado	0.093	0.276
11	Tanque elevado	0.089	0.281
12	Tanque elevado	0.101	0.264
13	Tanque elevado	0.085	0.272
14	Tanque elevado	0.083	0.270
15	Tanque elevado	0.089	0.292
16	Tanque elevado	0.080	0.286
17	Tanque elevado	0.083	0.269
18	Tanque elevado	0.085	0.268
19	Tanque elevado	0.092	0.261
20	Tanque elevado	0.088	0.282

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Caudales obtenidos para ducha

DUCHA			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.070	0.171
2	Tanque elevado	0.037	0.071
3	Tanque elevado	0.064	0.075
4	Directo	0.062	
5	Directo	0.058	
6	Directo	0.057	
7	Directo	0.061	
8	Tanque elevado	0.040	0.059
9	Tanque elevado	0.044	0.070
10	Tanque elevado	0.041	0.064
11	Tanque elevado	0.044	0.061
12	Tanque elevado	0.051	0.063
13	Tanque elevado	0.050	0.059
14	Tanque elevado	0.053	0.075
15	Tanque elevado	0.042	0.072
16	Tanque elevado	0.040	0.069
17	Tanque elevado	0.040	0.070
18	Tanque elevado	0.042	0.070
19	Tanque elevado	0.047	0.074
20	Tanque elevado	0.053	0.072

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Caudales obtenidos para tina de baño

TINA DE BAÑO			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.079	0.097
2	Tanque elevado	0.082	0.101
3	Tanque elevado	0.080	0.099
4	Directo	0.082	0.098
5	Directo	0.077	0.098
6	Directo	0.078	0.096
7	Directo	0.078	0.097
8	Tanque elevado	0.078	0.096
9	Tanque elevado	0.079	0.097

10	Tanque elevado	0.079	0.097
11	Tanque elevado	0.079	0.097
12	Tanque elevado	0.079	0.097
13	Tanque elevado	0.078	0.101
14	Tanque elevado	0.077	0.101
15	Tanque elevado	0.082	0.100
16	Tanque elevado	0.080	0.098
17	Tanque elevado	0.080	0.098
18	Tanque elevado	0.080	0.097
19	Tanque elevado	0.080	0.097
20	Tanque elevado	0.079	0.097

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Caudales obtenidos para pileta

PILETA			
N°	SISTEMA	CAUDAL CONTROLADO	LLAVE ABIERTA NORMAL
1	Tanque elevado	0.105	0.382
2	Tanque elevado	0.104	0.391
3	Tanque elevado	0.105	0.333
4	Directo	0.102	0.233
5	Directo	0.083	0.332
6	Directo	0.104	0.277
7	Directo	0.040	0.392
8	Tanque elevado	0.090	0.316
9	Tanque elevado	0.106	0.306
10	Tanque elevado	0.094	0.322
11	Tanque elevado	0.091	0.327
12	Tanque elevado	0.093	0.354
13	Tanque elevado	0.092	0.382
14	Tanque elevado	0.099	0.327
15	Tanque elevado	0.097	0.312
16	Tanque elevado	0.098	0.315
17	Tanque elevado	0.092	0.348
18	Tanque elevado	0.091	0.334
19	Tanque elevado	0.091	0.365
20	Tanque elevado	0.097	0.356

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 3. FOTOGRAFÍAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Fotografía 1. Recolección de información en lavaplatos



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 2. Recolección de información en tina



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 3. Recolección de información en lavandería



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 4. Recolección de información en lavamanos



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 5. Recolección de información en ducha



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 6. Recolección de información en lavandería



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 7. Recolección de información en lavamanos



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 8. Recolección de información en lavandería



Fuente: Fotografía Propia

Fotografía 9. Recolección de información en pileta



Fuente: Fotografía Propia