

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3683](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3683)

## Métodos de estimación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias para edificaciones de oficinas de la ciudad de potosí - bolivia

Néstor Walter Barrera Romero

[nestor.barrera@upds.edu.bo](mailto:nestor.barrera@upds.edu.bo)

<https://orcid.org/0000-0001-5447-252X>

Universidad Privada Domingo Savio

Potosí - Bolivia

### RESUMEN

Estimar el caudal máximo probable es fundamental para el diseño de redes hidrosanitarias en edificaciones. Una de las dificultades en las normativas es adecuar el método Hunter, propuesto para pequeñas viviendas y edificaciones residenciales en 1940, a las condiciones actuales de una edificación residencial, de oficinas o industrial. Esta investigación busca describir las características de los métodos de determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias de abastecimiento para edificaciones de oficinas descritos en distintas normativas. La metodología empleada fue el análisis documental en base a normativas de distintos países de habla hispana, y los reglamentos americano y japonés. En cuanto las técnicas de análisis de resultados se aplicó el análisis comparativo de los valores propuestos por cada una de las normativas, para la instalación hidrosanitaria de abastecimiento de una edificación tipo. Los resultados de la investigación indican que en la mayoría de las normas se emplean los métodos del Coeficiente de Simultaneidad o el método Hunter modificado, con valores propios de cada país. Siendo el método de la UNE 149201, aquella que determina el caudal más económico para oficinas, debido a que propone una ecuación específica para oficinas, en base al coeficiente de simultaneidad, que permite considerar el efecto de los usuarios de la edificación.

**Palabras clave:** Caudal máximo probable; sistema de abastecimiento de agua del edificio; método de Hunter

Correspondencia: [nestor.barrera@upds.edu.bo](mailto:nestor.barrera@upds.edu.bo)

Artículo recibido: 15 septiembre 2022. Aceptado para publicación: 18 octubre 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia  Creative Commons

Como citar: Barrera Romero, N. W. (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. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3683](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3683)

## Methods of estimating the maximum probable flow of hydrosanitary networks for office buildings in the city of Potosí - Bolivia

### ABSTRACT

Estimating the probable maximum flow is essential for the design of building's water supply system. One of the difficulties in the regulations is to adapt the Hunter method, proposed for small houses and residential buildings in 1940, to the current conditions of a residential, office or industrial building. This research seeks to describe the characteristics of the methods for determining the probable maximum flow of building's water supply system for office buildings described in different regulations. The methodology used was documentary analysis based on regulations from different Spanish-speaking countries, and American and Japanese regulations. Regarding the techniques of analysis of results, the comparative analysis of the values proposed by each of the regulations was applied, for the water supply demand of a typical building. The results of the investigation indicate that in most of the standards the Simultaneity Coefficient methods or the modified Hunter method are used, with values specific to each country. Results indicates that the method of the UNE 149201, is the one that determines the most economic flow for offices, because it proposes a specific equation for offices, based on the coefficient of simultaneity, which allows considering the effect of the users of the building.

**Keywords:** Peak Water demand; building water supply system; Hunter's Method

## INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros métodos probabilísticos desarrollados en fue el método de Hunter realizado en 1940 (Hobbs et al., 2019; Mangalekar & Gumaste, 2021; Soriano & Pancorbo, 2012), una de las características es que (Hunter, 1940) no menciona las diferencias entre edificios de oficinas y viviendas pequeñas, aunque resulta lógico suponer que eso se debe a que por aquél entonces se buscaba primero responder las necesidades de la población, y que además no existían una cantidad considerable de infraestructura de oficinas. Sin embargo, aún con dichas consideraciones, el método fue aceptado en la mayor parte del territorio estadounidense.

En las últimas décadas se han desarrollado políticas de desarrollo sostenible ante el incremento poblacional y la escasez de recursos, ocasionando que la industria empiece a construir artefactos sanitarios más eficientes. Por lo que en los últimos años a la par de investigaciones donde se estudia métodos alternos se ha ido analizando la pertinencia o no del método de Hunter.

Los investigadores (Garzón & Ortiz, 2017) mencionan “que no necesariamente se ajusta a las condiciones, características y patrones de consumo de la población Colombiana” (p. 1). Mientras que (Zamora, 2013) encontró que para el caso de edificaciones en Costa Rica, el método que se aproxima con menor error al consumo de oficinas es el de la Norma Francesa.

Estas observaciones no solamente se mencionan para los consumos sudamericanos, sino que además, (Mangalekar & Gumaste, 2021) indican que, la mayoría de los códigos nacionales e internacionales utilizan la curva de Hunter (1940) debido al sólido enfoque probabilístico y la facilidad del cálculo del caudal máximo probable, sin embargo, es un hecho ampliamente aceptado que la curva de Hunter sobredimensiona la demanda de agua en el tamaño de las tuberías de plomería (Mangalekar & Gumaste, 2021). Por lo que los países tienden a modificar el valor del caudal máximo probable, ajustándolo a sus características.

Por su parte (Hobbs et al., 2019) menciona que la disparidad entre los actuales artefactos de alta eficiencia y el modelo probabilístico (de Hunter) ha dado lugar al sobredimensionamiento de las redes de tuberías, lo que aumenta la huella de carbono de las edificaciones.

En el caso de Japón, (T. O. Omaghomí, 2014) menciona que la ingeniosa curva de Hunter para estimar la demanda no es flexible al rendimiento de los artefactos y la probabilidad de uso de artefactos individuales. (T. Omaghomí & Buchberger, 2018) lograron demostrar que el método de Hunter no se adapta al flujo máximo para las estimaciones de artefactos individuales, incluido el dilema de la demanda cero.

Actualmente el Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA) de Bolivia, se aplica a cualquier edificación, tanto de uso domiciliario, comercial, institucional o industrial, en dicho reglamento indica que se debe diseñar el consumo máximo probable de una edificación por medio del método probabilístico de Hunter, para que posteriormente el caudal máximo probable se calcule por medio de ecuaciones en función de las unidades de gasto, (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011).

Sin embargo, no se indica la fuente de las ecuaciones ni el año de dicha investigación, u otra información adicional. Por lo que su aplicabilidad se generaliza y no se tiene descrito si el mismo ha sido obtenido para viviendas, oficinas u otro uso comercial, realizando alguna modificación de las propias tablas de Hunter.

En caso de poder analizar y describir, el enfoque inicial del método de Hunter, y otros métodos u enfoques actuales para la determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias para edificaciones de oficinas de la ciudad de Potosí descritos en la normativa internacional, el presente artículo busca comparar los métodos de estimación del caudal máximo probable actuales y compararlos con los del RENISDA, para proponer actualizarlo y generar un dimensionamiento óptimo de las tuberías.

### **Aspectos Teóricos**

#### **Determinación del Caudal Máximo Probable QMP**

El caudal máximo probable (QMP), se determina en función de un coeficiente de simultaneidad de uso, debido a que el consumo de agua de la red de una edificación varía con el comportamiento de sus ocupantes en los diferentes momentos del día. (Soriano & Pancorbo, 2012).

La tipología de los métodos de estimación que toman el criterio de la simultaneidad, y es esta variable la cual a su vez presentan distintas maneras de calcularse, (Soriano & Pancorbo, 2012) indican la siguiente clasificación: certeza total, métodos empíricos, semi empíricos y probabilísticos.

### **Métodos probabilísticos para el cálculo del caudal máximo probable**

El método de Hunter fue el precursor de muchos métodos probabilísticos, sin embargo, (Hobbs et al., 2019) menciona el método de Webster de 1972 con el mismo enfoque, aplicando el teorema Binomial de Newton, Sin embargo, al no ser desarrollado en una época con acceso a las computadoras, el modelo no se adoptó a las normas y reglamentos sanitarios.

Otro modelo matemático, es el de Murakawa, desarrollado en 1985 mediante la teoría de colas. Se empleó la distribución de probabilidad de Poisson para el uso simultáneo de artefactos, y se descubrió que las Unidades de Artefacto de Murakawa producían tasas de flujo de diseño más bajas que las de la curva de Hunter.(Mangalekar & Gumaste, 2021).

### **El método de Hunter**

El modelo probabilístico para determinar la demanda máxima de suministro de agua en los sistemas de plomería de edificios se ha basado históricamente en la Unidad de Artefactos (Fixture) de Hunter. También llamado Unidades de Gasto (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011) o Unidades de Hunter (Pérez Carmona, 2010). Fue desarrollado en base a investigaciones en 1921 en pequeñas viviendas, y posteriormente desde 1937 a 1940 en viviendas de bajo costo.

El modelo de Hunter demostró que el flujo intermitente de agua en un edificio podría describirse utilizando la hipótesis de distribución binomial. El modelo de Hunter requería conocimiento de  $n$  (recuento de artefactos);  $q$  (caudal del artefacto);  $t$  (duración del uso) y  $T$  tiempo medio entre usos sucesivos. La duración del uso ( $t$ ) y el tiempo promedio entre usos sucesivos ( $T$ ) influenciados por los patrones de comportamiento humano son notoriamente difíciles de determinar. En el caso de Hunter, los datos utilizados en su determinación se recopilaron durante varios años (Hobbs et al., 2019).

Se concentró en el percentil 99 de la demanda de agua durante un pico (Hunter, 1940; Mangalekar & Gumaste, 2021; Zamora, 2013) y desarrolló una serie de curvas intermedias. Cuando se grafican contra las unidades de artefactos, forman la curva de Hunter. A partir de estas curvas, Hunter desarrolló una sola curva, presentada en la Figura. 1, que razonó, podría usarse para estimar la demanda máxima de agua asociada con artefactos de agua similares y distintos. La Figura. 1 muestra cómo se determina el número total de Unidades de Artefactos.

Para estimar el número de unidades de artefactos en el sistema cuando hay menos de 1000 artefactos y dominan las válvulas de descarga, la curva 1 se utiliza para establecer la demanda de agua. Mientras que la curva 2 se utiliza debe usar cuando los tanques de descarga dominan el sistema en consideración. La diferencia en la demanda de cada sistema disminuye a medida que aumenta la carga unitaria del artefacto hasta alcanzar los 1.000 FU. En esta carga y más allá, la demanda de agua para válvulas de descarga y tanques de descarga son las mismas. El límite inferior de uso no está claramente definido, por lo que no es adecuado para estimar las demandas máximas de agua en viviendas pequeñas. (Hobbs et al., 2019)

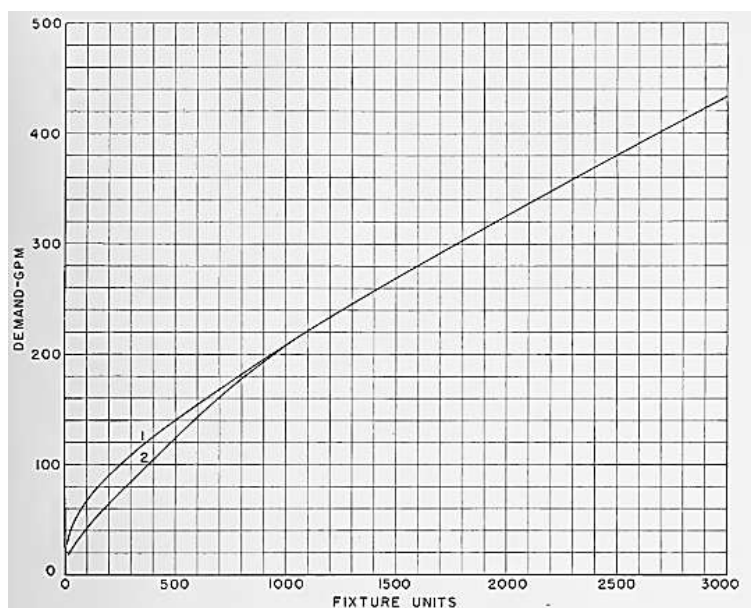


Figura 1 Curva de Hunter para la estimación de demanda máxima Fuente: (Hunter, 1940)

### Métodos probabilísticos computacionales para el cálculo del caudal máximo probable

En respuesta al mayor uso de artefactos hidrosanitarios eficientes y un uso sostenible del agua, la Asociación Internacional de Funcionarios de Plomería y Mecánica (IAPMO) y la Sociedad Americana de Ingenieros de Plomería (ASPE) impulsaron la creación de un equipo de especialistas, para proponer un nuevo modelo, alternativo al de Hunter, que permita estimar el caudal máximo probable en una edificación.

Para tal efecto (Buchberger et al., 2017) propusieron modelos que eviten el sobredimensionamiento que conlleva el uso de la Curva de Hunter (Fig. 1). Estos modelos son: Exhaustive Enumeration Method (EEM) y el Modified Wistort Method (MWM). Sin embargo, estos modelos son complicados de aplicar en la práctica profesional, incluso conociendo los parámetros de cálculo necesarios, lo que llevó a que Buchberger a desarrollar una calculadora con un entorno amigable, para cualquier número de

artefactos sanitarios denominada como Calculadora de Demanda de Agua o Water Demand Calculator (WDC). La misma ha sido reconocida e incorporada al Uniform Plumbing Code 2021. Sin embargo, la relación entre el usuario y los artefactos, no se exploró en el estudio (Mangalekar & Gumaste, 2021). Y al presentar solamente 2 tipos de edificaciones, una Residencia Unifamiliar y Edificio Multifamiliar, no es aplicable a oficinas.

#### Estimación del caudal máximo probable bajo Reglamentación Boliviana

El método propuesto para el cálculo del caudal máximo probable descrito por (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011), aplica el método probabilístico de Hunter, A diferencia del método de Hunter, el RENISDA presenta ecuaciones, en función de las Unidades de Gasto (U.G.) que permiten estimar el Caudal Máximo Probable (QMP), así mismo los autores mencionan que los valores propuestos corresponden a una actualización del método de Hunter que introduce el empleo de artefactos de bajo consumo y diferentes categorías de inmuebles de acuerdo al grado de utilización de los artefactos sanitarios, dividiéndose según el número de artefactos sanitarios y el tipo de artefactos de descargas predominante.

Tabla 1 QMP para sistema predominante de tanques cisterna de descarga (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011)

Rango de U.G.	Ecuación
$0 < UG < 100$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 0,083373 + 0,022533 \cdot UG - 8,31 \cdot 10^{-5} \cdot UG^2$
$100 \leq UG \leq 500$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 0,8142228 + 0,007263 \cdot UG - 5,55 \cdot 10^{-7} \cdot UG^2$
$500 \leq UG \leq 1000$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 1.501666 + 0,005683 \cdot UG$

Tabla 2 QMP para sistema predominante de válvula de descarga (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011)

Rango de U.G.	Ecuación
$5 < UG < 100$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 0,212260 + 0,026369 \cdot UG - 1,04 \cdot 10^{-4} \cdot UG^2$
$100 \leq UG \leq 500$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 1,523285 + 0,008663 \cdot UG - 4,11 \cdot 10^{-6} \cdot UG^2$
$500 \leq UG \leq 1000$	$QMP \left[ \frac{L}{s} \right] = 2,546667 + 0,004663 \cdot UG$

### Normativa y Reglamentación Internacional

En el ámbito internacional se tienen varias normativas y reglamentos, aquellos que han sido revisados para la presente investigación se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 3 Normas y reglamentos internacionales de instalaciones de sanitarias consultados

País	Año	Reglamento O Normativa
Brasil	1998 & 2020	NBR 5626
Chile	2004	Reglamento De Instalaciones Domiciliarias De Agua Potable Y Alcantarillado (RIDAA)
Colombia	2004	Norma Técnica Colombiana NTC 1500
España	2022	CTE DB HS 4
Unión Europea	2007	UNE 149201:2008 - UNE EN 806-3 2007
Francia	2013	NF DTU 60.11
Ecuador	2011	Norma Ecuatoriana De La Construcción NEC-11 Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua
Japón	2009	SHASE-S 206 - MLIT
Perú	2012	Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones
Reino Unido	2006	BS 6700
República Dominicana	2010	Reglamento Para El Diseño Y La Construcción De Instalaciones Sanitarias En Edificaciones
Usa	2021	International Plumbing Code Uniform Plumbing Code

Fuente: Propia

### NBR 5626 - 1998 (Brasil)

La actualización de la norma NBR 5626 del año 2020, unifica la anterior NBR 5626 (1998) y NBR 7198 (1993), permite ahora una mayor libertad para el diseñador con respecto al dimensionamiento de los sistemas prediales de agua fría y agua caliente puesto que ya no se describen los métodos de emplear en el dimensionamiento de tuberías (Bandeira



de Melo, 2022; De Amorim, 2021). Sin embargo los métodos descritos en la versión de 1998, son aplicables (De Amorim, 2021).

Para la estimación del Caudal Máximo Probable, la norma presenta la ecuación:

$$Q = 0.3 \cdot \sqrt{\sum P} \quad (0.1)$$

Dónde:

Q es el caudal estimado en la sección considerada, en litros por segundo;

$\sum P$  es la suma de los pesos relativos de todas las partes de uso alimentadas por la tubería considerada.

### RIDAA - 2004 (Chile)

Para la estimación del Caudal Máximo Probable, el reglamento presenta la ecuación:

$$QMP = 1.7391 \cdot QI^{0.6891} \quad (0.2)$$

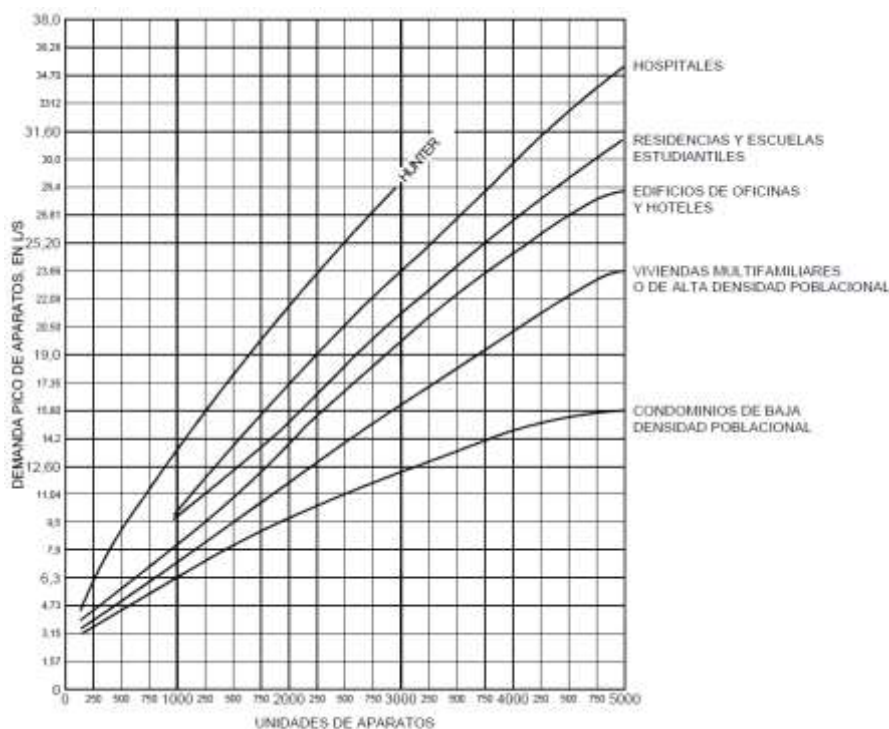
Donde:

QI: Gasto instalado en L/min; QMP: Gasto máximo probable en L/min.

El Gasto instalado se obtiene del Anexo N°3 del reglamento.

### Norma Técnica Colombiana NTC 1500 – 2004 (Colombia)

El art. 6.9.5 del código indica, que el consumo probable estimado para los aparatos usados intermitentemente, expresado en L/s, y correspondientes al número total de unidades de consumo servidas por cualquier tubo de suministro, se puede obtener de la figura:



**Figura 2**

Curva de demanda - Gráfica de Hunter Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1500

**CTE DB HS 4 - 2022 (España)**

La normativa CTE DB HS 4 del 14 de junio de 2022, indica que se debe realizar el establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado, el cual no se menciona. (Soriano & Pancorbo, 2012) mencionan el uso en España de las normas UNE 149201:2008 y UNE EN 806-3:2007 las cuales se describen más adelante.

**UNE 149201:2008 - UNE EN 806-3 2007 (Unión Europea)**

La norma UNE EN 806-3 2007 hace referencia a un método simplificado de diseño, a partir del número de artefactos, se asignan Unidades de Peso y caudales de uso, posteriormente en base a tablas se describe el diámetro comercial a utilizar.

La Norma UNE EN 149201: 2008 indica que el caudal máximo probable, está en función de la suma de los caudales instantáneos de los aparatos, según el tipo de edificación se le asigna un valor correspondiente, el cual está descrito en la Tabla 2 organizada por (Soriano & Pancorbo, 2012). La fórmula es del tipo:

$$Q_C = a \cdot Q_t^b + c \quad (0.3)$$

Donde:  $Q_t$  es el caudal total instalado (suma de los caudales mínimos de cada aparato  $Q_{min}$  según la tabla 2.1 del DB HS4);  $Q_c$  es el caudal simultáneo de cálculo, y los factores  $a$ ,  $b$  y  $c$  se describen en la Tabla 4.

Tabla 4 Caudal simultáneo  $Q_c$  en función del tipo de edificación

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \frac{l}{s}$	$Q_t \leq 20 \frac{l}{s}$	
		Si todo $Q_{min} < 0.5 \frac{l}{s}$	Si algún $Q_{min} \geq 0.5 \frac{l}{s}$
			$Q_t \leq 1 \frac{l}{s}$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_C = 0.4 \cdot Q_t^{0.54} + 0.48$	$Q_C = 0.682 \cdot Q_t^{0.45}$	$Q_C = 1.7 \cdot Q_t^{0.21}$

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012)

**NF DTU 60.11 – 2013 (Francia)**

La normativa francesa permite el método simplificado de la UNE EN 806:3 2007. Así también presenta su propia formulación para la estimación del caudal máximo probable, mediante la multiplicación un coeficiente K, inferior a la unidad denominado coeficiente de simultaneidad en función del número de artefactos hidrosanitarios:

$$K = \frac{0.8}{\sqrt{x-1}} \quad (0.4)$$

Donde x es el número de artefactos hidrosanitarios, mayor a 5. El caudal máximo probable será:

$$Q_c = K \cdot \sum Q_{\min} \quad (0.5)$$

Donde:  $\sum Q_{\min}$  es la suma de los caudales mínimos de cada aparato ( $Q_{\min}$  según la tabla 1 del DTU 60.11) y  $Q_c$  es el caudal simultáneo de cálculo.

#### **NEC-11 Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua – 2011 (Ecuador)**

El criterio que se emplea es similar al europeo, a partir del factor de simultaneidad  $k_s$  se determina el caudal total, la ecuación a emplear es:

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F \cdot (0.04 + 0.04 \cdot \log(\log(n))) \quad (0.6)$$

Donde n = número total de aparatos servidos;  $k_s$  = coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.0;  $q_i$  = caudal mínimo de los aparatos suministrados; F = factor que toma los siguientes valores:

F = 0, según Norma Francesa NFP 41204

F = 1, para edificios de oficinas y semejantes

F = 2, para edificios habitacionales

F = 3, hoteles, hospitales y semejantes

F = 4, edificios académicos, cuarteles y semejantes

F = 5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores.

El caudal máximo probable (QMP) se calculará con la ecuación:

$$Q_{MP} = k_s \cdot \sum q_i \quad (0.7)$$

La particularidad de esta norma, es que requiere el incremento de 1.67 el resultado cuando se trata de edificaciones de uso público.

#### **SHASE-S 206 – MLIT -2009 (Japón)**

Los métodos convencionales del caudal máximo probable son descritos en la Norma o Estándar de Diseño MLIT y SHASE-S 206. Se presentan dos métodos en el Estándar de Diseño y cuatro métodos en SHASE-S 206 (Wu et al., 2017). Estos se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5 Métodos de estimación de caudal máximo probable de Japón

Norma	Método de cálculo	Uso
Norma de diseño MLIT	Método de cálculo basado en el personal	PM Es el método a emplear por defecto.
Norma de diseño MLIT	Método de cálculo basado en artefacto sanitario	FM Se emplea cuando el método de personal no es adecuado
SHASE-S 206	Método de cálculo basado en la tasa de tiempo de uso del agua y la unidad de artefacto para el suministro de agua	WFM Varios tipos de edificación
SHASE-S 206	Método basado en la nueva unidad de demanda de suministro de agua	NWM Aplicable a viviendas unifamiliares, multifamiliares y oficinas
SHASE-S 206	Predicción basada en métodos de uso de artefacto	PFM Aplicable según criterio del arquitecto cuando un número pequeño de artefactos son empleados o un existe regularidad en el uso
SHASE-S 206	Método basado en la unidad de carga de suministro de agua del artefacto	SLM Múltiples usos basado en el método de Hunter

Fuente: (Wu et al., 2017)

De acuerdo a (Wu et al., 2017), se comparó el valor medido experimental en una edificación con la Simulación para el Consumo de Agua (MSWC), se encontró que los valores del caudal máximo probable  $Q_{max}$  para cada piso son sobredimensionados por los métodos convencionales de la norma SHASE sobreestiman los valores, a diferencia de los métodos del MLIT. Para poder verificar esto se procedió a realizar la comparación entre el método Hunter y el Método basado en la nueva unidad de demanda de suministro de agua para oficinas.

Método basado en la nueva unidad de demanda de suministro de agua NUDSA

La nueva unidad de demanda de suministro de agua de cada artefacto se elige en la tabla 4, y el peso se calcula utilizando la suma de la nueva unidad de demanda de suministro de agua de cada artefacto por medio de la siguiente figura 3.

Tabla 6 Nueva Unidad de Demanda de suministro de agua de oficinas

Género	Artefacto	NUDSA	Observaciones
Hombres	Inodoro	5	Válvula de descarga
	Inodoro	3.5	Tanque
	Urinario	3	Válvula de descarga
	Lavamanos	1.5	-
Mujeres	Inodoro	8	Válvula de descarga
	Inodoro	5	Tanque
	Lavamanos	1.5	-

Fuente (Wu et al., 2017)

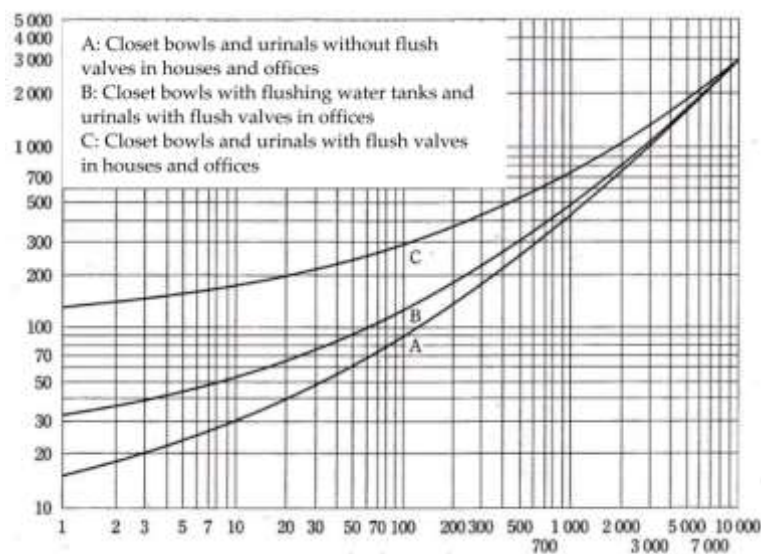


Figura 3 Caudal máximo probable  $Q_{max}$  en función del número total la suma de nuevas unidades de demanda de suministro de agua (Wu et al., 2017)

#### Norma Técnica I.S. 010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones – 2012 (Perú)

Esta norma técnica emplea el método de Hunter modificado, los valores empleados para el caudal máximo probable se encuentran en la tabla del Anexo 3.

#### BS 6700- 2006 (Reino Unido)

La normativa permite diseñar el suministro de agua para uso doméstico dentro de edificaciones, presenta 2 métodos. El primero de ellos menciona a la UNE EN 806:3 que se describió anteriormente. El segundo método se menciona que se aplica a viviendas pequeñas, emplea unidades de artefacto para cada artefacto que pertenece a la red en estudio, y mediante un ábaco se permite encontrar el caudal máximo probable en función de las unidades artefacto

#### Reglamento Para El Diseño Y La Construcción De Instalaciones Sanitarias En Edificaciones – 2010 (República Dominicana)

El reglamento permite realizar el diseño mediante métodos de cálculo hidráulico generalmente aceptados, no mencionando ninguno. Sin embargo, la Tabla 4 del

documento, indica los valores de los caudales de cada aparato sanitario, esto permitiría emplear el método del coeficiente de simultaneidad.

#### **International Plumbing Code – 2021 (USA)**

El método de Hunter es el que se emplea en este código, para el cálculo del caudal máximo probable se emplean la Tabla E103.3 (3). Además de describir las unidades de gasto correspondientes para cada artefacto en la tabla E103.3 (2)

#### **Uniform Plumbing Code – 2021 (USA)**

Para el dimensionamiento de las tuberías no se calcula el caudal máximo probable, sino que mediante la Tabla 610.3. se determina el número máximo de unidades artefacto y mediante la tabla 610.4 Se determina el diámetro de la tubería en función de la presión, entre rangos de 30, 45 y 60 psi (21,31 y 42 mca), y el diámetro de la tubería de abastecimiento en el medidor.

Así también, la versión 2021, incluye el apéndice M, el cual permite el cálculo del caudal máximo probable por medio del Water Demand Calculator WDC, sin embargo, debido a que la base de datos empleada fue obtenida de viviendas, no se puede emplear en una edificación de oficinas.

#### **METODOLOGÍA**

Se definió la investigación de acuerdo a su metodología y temporalidad como descriptiva, mediante un enfoque cuantitativo de alcance exploratorio, puesto que nos basaremos en la recopilación de información documentada comparando las distintas fuentes de información (Cruz del Castillo Socorro, 2014; Hernández et al., 2014; Tamayo y Tamayo, 2003), describiendo las características de los distintos métodos de obtención del caudal máximo probable, mediante una unidad de análisis, definida a partir de una edificación de oficinas con una distribución de baños idéntica en todas las plantas.

La técnica para la recolección de datos empleados fue el análisis documental en base al acopio de información (Baena Paz, 2014) de 14 normativas de distintos países de habla hispana, como también los métodos americano y japonés. Los instrumentos aplicados fueron las fichas de trabajo debido a las características de la presente investigación (Baena Paz, 2014; Tamayo y Tamayo, 2003).

Para el análisis comparativo se ha realizado el cálculo de las unidades de gasto o el caudal total de artefactos para la edificación de 10 pisos de la figura siguiente, obteniendo el caudal máximo

probable de la red de abastecimiento.

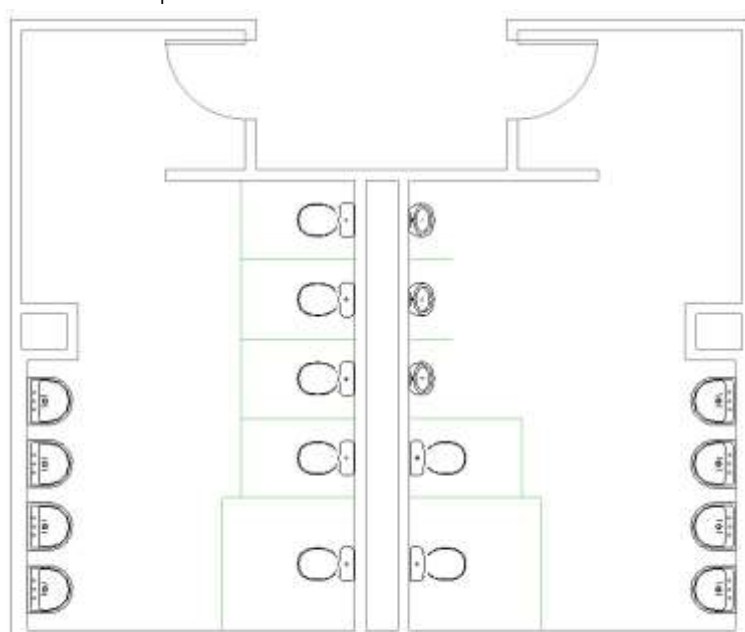


Figura 4 Plano en planta tipo Fuente: Propia

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, presentamos un cuadro donde resumimos aquellos reglamentos que mencionan alguna modificación en cuanto a oficinas:

Tabla 7 Análisis de normas y reglamentos para edificaciones en oficinas

Reglamento O Normativa	Método empleado	Especificaciones para oficinas
RENISDA	Hunter Modificado	Tabla 1.8
NBR 5626 1998	Coef. Simultaneidad	No menciona
RIDAA	Hunter Modificado	No menciona
NTC 1500	Hunter Modificado	Figura 3
CTE DB HS 4	No menciona	No menciona
UNE 149201:2008	Coef. Simultaneidad	Ecuaciones específicas
UNE EN 806-3 2007	Hunter Modificado	No menciona
NF DTU 60.11	Coef. Simultaneidad	Art.3.2.2 Para agua potable no se emplea un coeficiente K
NEC-11	Coef. Simultaneidad	Ecuaciones específicas
SHASE-S 206 - MLIT	Hunter Modificado	Tablas específicas
Norma Técnica I.S. 010	Hunter Modificado	No menciona
BS 6700	Hunter Modificado	No menciona
Reglamento República Dominicana	No menciona	No menciona
International Plumbing Code 2021	Hunter Original	Presenta valores de Unidades Hunter específicas
Uniform Plumbing Code 2021	Hunter Original Water Demand Calculator	Presenta valores de Unidades Hunter específicas

Fuente: Propia

A partir de los resultados podemos observar que las normativas actuales emplean 2 métodos: el método de Unidades Hunter con valores propios de cada región y el Método del Factor de Simultaneidad. Los valores del caudal máximo probable se describen a continuación:

*Tabla 8 Caudal máximo probable estimado por métodos del coeficiente de simultaneidad*

Tipo de Artefacto	N° Artefactos	NEC 11 Tabla 16.1		UNE 149201 Tabla 2.1		NF DTU 60.11 Tabla 1		RIDAA Anexo N°5		NBR 5626 1998 Tabla A.1	
		Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
Lavamanos	80	0.1	8	0.1	8	0.2	16	10	800	0.3	24
Inodoro (Tanque)	70	0.1	8	0.1	8	0.12	9.6	8	640	0.3	24
Urinario	30	0.5	40	0.15	12	0.5	40	6	480	2.8	224
Total	180		56		28		65.6		1920		272
<b>QMS L/s</b>			<b>7.2</b>		<b>2.9</b>		<b>3.9</b>		<b>5.3</b>		<b>4.9</b>

Fuente Propia

*Tabla 9 Caudal máximo probable estimado por métodos de Hunter Modificado*

Tipo de Artefacto	N° Artefactos	RENISDA TABLA 1.8		IPC 2021 Tabla E103.3		NTC 1500 Tabla 8		I.S. 010 Anexo 2		BS 6700 Tabla D.1		SHASE 206	
		Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
Lavamanos	80	1	80	3	240	4	320	2	160	2	160	1.5	120
Inodoro (Tanque)	70	5.5	440	5	400	5	400	5	400	3	240		320
Urinario	30	4	320	5	400	5	400	5	400	3	240	3	240
Total	180		840		1040		1120		960		640		680
<b>QMS L/s</b>			<b>6.3</b>		<b>13.4</b>		<b>10.3</b>		<b>7.5</b>		<b>4.8</b>		<b>5.2</b>

## CONCLUSIONES

Los métodos disponibles actualmente para la determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias de abastecimiento, en la mayoría de las normas son los métodos del coeficiente de Simultaneidad y el de Hunter modificado, con valores propios de cada país. Dentro de los métodos más actuales tenemos al: Exhaustive Enumeration Method (EEM), Modified Wistort Method (MWM), que forman parte del Water Demand Calculator (WDC) de la IAPMO, y el Murakawa's Simulation for Water Consumption (MSWC). Siendo el WDC. la primera innovación en la estimación probabilística en los últimos 80 años.

En cuanto a la aplicabilidad de los métodos de determinación del caudal máximo probable de redes hidrosanitarias de abastecimiento para edificaciones de oficinas de la ciudad de Potosí en el año 2022, empleando las normativas de la presente investigación el RENISDA el presenta un valor muy cercano al promedio los valores de todas las normativas. Sin embargo, su valor está por encima de las normativas europeas y algunas sudamericanas, siendo únicamente menor al de la Norma Peruana I.S. 010 y la Norma Ecuatoriana NEC 11. Finalmente, el valor más bajo para oficinas es el de la UNE 149201,



debido a que presenta una ecuación específica para oficinas que permite considerar el efecto de los usuarios de la edificación.

#### LISTA DE REFERENCIAS

- Baena Paz, G. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Serie integral por competencias* (Tercera Ed, Issue 2017). Grupo Editorial Patria. <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- Bandeira deMelo, P. (2022). *UM COMPARATIVO ENTRE AS NORMAS DE 1998 E 2020 PARA INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
- Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 01 310 (2011).
- Buchberger, S., Omaghomí, T., Wolfe, T., Hewit, J., & Cole, D. (2017). Peak Water Demand Study. *Probability Estimates for Efficient Fixtures in Single and Multi-Family Residential Buildings, January*. <http://www.iapmo.org/WESTand/Documents/PeakWaterDemandStudy-ExecutiveSummary.pdf>
- Cruz del Castillo Socorro, C. (2014). *Metodología de la investigación* (Primera Ed). Grupo Editorial Patria.
- De Amorim, V. (2021). *Proposta e avaliação de metodologia alternativa para dimensionamento de sistemas de distribuição de água quente prediais*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.
- Garzón, A., & Ortiz, R. (2017). Maximum Instant Flows Rates for Residential Users of Bogotá City Caudales Máximos Instantáneos de Usuarios Residenciales de Bogotá. *XV Seminario Iberoamericano de Redes de Agua y Drenaje, SEREA*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic). McGraw Hill.
- 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](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1406881340)
- Pérez Carmona, R. (2010). *Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Instalaciones* (Sexta Edic). Ecoe Ediciones. [https://www.academia.edu/41685015/Instalaciones\\_Hidrosanitarias\\_y\\_de\\_Gas\\_para\\_Instalaciones\\_Rafael\\_Perez\\_Carmona\\_6ta\\_ed](https://www.academia.edu/41685015/Instalaciones_Hidrosanitarias_y_de_Gas_para_Instalaciones_Rafael_Perez_Carmona_6ta_ed)
- Soriano, A., & Pancorbo, F. J. (2012). *Suministro, Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria* (1ra Edició). MARCOMBO S.A.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso De La Investigación Científica* (Cuarta Edi). LIMUSA. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Wu, G. Z., Sakaue, K., & Murakawa, S. (2017). Verification of calculation method using monte carlo method for water supply demands of office building. *Water (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/w9060376>
- Zamora, R. (2013). *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*. 61.