

Demanda de agua urbana: acueducto Metropolitano de Mérida. Algunas reflexiones sobre el valor de la demanda

MIGUEL EDUARDO MEDINA PADILLA

E-MAIL: miguelmp5ster@gmail.com

Facultad de Ingeniería. Departamento de Hidráulica y Sanitaria. Universidad de Los Andes, Mérida – Venezuela

MARÍA ALEJANDRA PÉREZ MONTILLA

E-MAIL: alalej22@gmail.com

Centro de Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT-ULA). Universidad de Los Andes, Mérida – Venezuela

RESUMEN

La estimación de la demanda de agua para abastecimiento urbano es un procedimiento que puede ser complejo, pero debe tener, en función de lo que se necesite, un gran alto grado de precisión que permita planificar, a diferentes niveles, el buen uso del recurso. Se presenta la aplicación de la metodología de los componentes para el caso del acueducto metropolitano de Mérida, Venezuela, haciendo algunas reflexiones que plantean situaciones a tomar en cuenta por los planificadores en las empresas hidrológicas, y a los ingenieros proyectistas en general.

PALABRAS CLAVES:

abastecimiento urbano, demanda de agua, estimación de demanda, método de los componentes, planificación

Urban water demand: Metropolitan Aqueduct of Mérida. Some thoughts about the demand value

ABSTRACT

Estimating water demand for urban supply is a procedure that can be complex, but it must have, depending on what is needed, a high degree of precision that allows planning, at different levels, the use of the resource. The application of the component methodology for the case of the metropolitan aqueduct of Mérida, Venezuela is presented, making some reflections that pose situations to be taken into account by planners in hydrological companies, and by project engineers in general.

KEYWORDS:

urban supply, water demand, demand forecasting, component methodology, planning

01 INTRODUCCIÓN

El interés por el estudio de las funciones de demanda de agua para uso urbano se ha desarrollado en los últimos años, todo con la finalidad de encontrar un elemento que permita minimizar el costo para lograr un consumo eficiente del recurso, además de establecer una mejor distribución entre las diferentes demandas que componen la totalidad de la demanda doméstica de agua, haciendo el cobro del recurso mucho más equitativo.

No existen lineamientos sencillos para seleccionar el método de estimación de la demanda a ser utilizado, así que, para tomar una decisión sobre el método, debe realizarse un balance entre:

El nivel de precisión deseado

El costo para obtener este nivel de precisión

Los beneficios extra obtenidos por un mayor nivel de precisión

En este artículo se presenta, como estudio de caso, la demanda de agua urbana en el acueducto metropolitano del Municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela, estimada según el Método de los Componentes, además de algunas reflexiones sobre la influencia del agua destinada para el riego de jardines residenciales sobre el total de la demanda urbana.

ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE AGUA PARA ABASTECIMIENTO URBANO

De acuerdo a Cetron (1969) “la estimación tecnológica se define como una predicción, con un nivel de confianza, de un logro tecnológico en un espacio de tiempo dado con un nivel específico de soporte”

Según comenta Whitford (1970) esta definición no es realmente útil en el caso de estimaciones para abastecimiento de agua potable, dado que es ésta una técnica poco sofisticada. El mismo autor señala que en la actualidad es difícil ubicar un ejemplo en el que pueda expresarse algún nivel de confianza para el caso de estimaciones para abastecimiento de agua potable.

Al hablar de proyección, generalmente se asocia con una de las herramientas básicas para la estimación, pudiéndose definir la proyección como “una extrapolación gráfica o algebraica de valores pasados de una variable con la finalidad de poder predecir su valor para un tiempo futuro dado”. (Whitford, 1970)

En función de lo anterior, obligatoriamente debe entonces plantearse la interrogante de “¿Por qué es necesario estimar?”, en este particular caso, demandas de agua para abastecimiento urbano.

Billings and Jones (1996) han intentado dar respuesta a esta pregunta, señalando la importancia de realizar las estimaciones de demanda de agua, y su repercusión económica en los planes de expansión de los sistemas de abastecimiento, así como la influencia que puede llegar a tener para la concepción de planes de conservación del recurso, entre otros aspectos no menos importantes.

Existen numerosos métodos para realizar las estimaciones de demanda de agua, la selección de éstos depende de algunos factores como, por ejemplo, la capacidad técnica del analista, los datos disponibles, y los recursos disponibles para el proceso de estimación. La mayoría de las técnicas de estimación utilizan valoraciones estadísticas de las tasas de uso de agua *per capita*. (O por usuario) (Billings and Jones, 1996)

ESTIMACION DE LA DEMANDA POR EL MÉTODO DE LOS COMPONENTES

La metodología se basa, fundamentalmente, según se indica en el informe preparado para HIDROVEN por Azpúrua (1993) en la concepción del núcleo urbano como consecuencia de un hecho económico, administrativo o de servicios. Con las posibles excepciones de ciudades – dormitorio o industrias extraurbanas el núcleo urbano suministra la fuente de empleo de sus residentes y áreas cercanas, en consecuencia, en dicho núcleo existirán, además de actividades residenciales, actividades de comercio y servicio, actividades industriales y actividades público – educativas.

Además, cada núcleo posee características particulares distintivas, tales como el clima, demanda de riego, tipos de vivienda, índices de facilidades médico – asistenciales y de servicios, por citar algunos, lo cual deberá ser tomado en cuenta para la estimación de la demanda de agua de un núcleo urbano en particular.

De acuerdo al citado informe, la demanda de agua de los núcleos urbanos, se calculará con base en: las actividades de sus habitantes, parámetros urbanos característicos y dotaciones unitarias.

No se hace, en este trabajo, una exposición detallada de esta metodología de estimación de demanda, simplemente, se presentan valores estimados de demandas de agua para abastecimiento urbano según ésta. Se expone, como aporte adicional, la estimación de un factor que se considera importante a tomar en cuenta como un componente de la demanda, tal como son las pérdidas de agua en la red, sin entrar en mayor descripción del método de estimación de estas.

PÉRDIDAS EN LA RED

Este valor puede llegar a ser muy subjetivo, y depende del estado físico de la red de distribución. Las pérdidas en redes, se estiman, generalmente, entre un 12 y 20%. La tendencia mundial actual es expresar las pérdidas en función del Índice de Pérdidas, altamente estudiado y caracterizado para redes de abastecimiento urbano a nivel mundial.

Este índice varía de acuerdo al nivel de operación y mantenimiento del sistema considerado, aunque puede variar también en función de las características físicas y orográficas del terreno, características de tráfico vial, entre otros factores.

Los expertos, con la finalidad de establecer parámetros para la estimación de las pérdidas en redes, adoptan el término “Agua No Facturada” (NRW por sus siglas en inglés).

De acuerdo a la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos, USAID por sus siglas en inglés, el Agua No Facturada, está compuesta de los siguientes aspectos: (Farley et al., 2018)

- Consumo Autorizado No Facturado
- Pérdidas Aparentes
- Pérdidas Reales

Para obtener la demanda de agua por este método, se hace mediante la suma de cada uno de los componentes individuales.

El valor de la demanda obtenido con la aplicación de esta metodología resulta útil para la planificación a gran escala de los sistemas de abastecimiento de los núcleos urbanos, pues se obtienen valores aproximados de las cantidades de aguas necesarias para la satisfacción de las

necesidades de este importante servicio, lo cual permite estimar, de manera general, dimensiones de los principales componentes de un sistema de abastecimiento. (Plantas Potabilizadoras, almacenamientos, grandes alimentadores)

ESTUDIO DE CASO

Se presenta, como estudio de caso, el análisis de demanda para la Ciudad de Mérida, Municipio Libertador, del estado Mérida, Venezuela, de acuerdo con la metodología expuesta.

Se excluyen del análisis las siguientes parroquias: Arias, El Morro, Jacinto Plaza y Los Nevados, pues éstas no se encuentran abastecidas por el Acueducto Metropolitano de Mérida a cargo de la Empresa Hidrológica Aguas de Mérida, C.A.

Los datos necesarios para el cálculo se resumen en las tablas 1 y 2. La información presentada corresponde, en parte, a valores extraídos del XIII Censo Anual de Población y Vivienda, realizado en el año 2001. (INE 2001) Es importante aclarar que no toda la información requerida para el análisis de demanda mediante esta metodología, se encuentra disponible en los datos registrados por el Instituto Nacional de Estadística, pues el Instituto ya no mide ciertas variables necesarias, tales como la composición de la fuerza de trabajo en los sectores productivos (Primario, Secundario y Terciario) para la aplicación del análisis propuesto por Azpúrua (1993), por lo que se utilizan algunos valores extraídos del Informe presentado por el mencionado ingeniero en su oportunidad.

La tabla 1 muestra la Población total para las Parroquias consideradas, de acuerdo al Censo realizado en 2001. La tabla 2 refleja, de acuerdo al Censo 2001, la composición de viviendas para las Parroquias incluidas en el caso de estudio.

Dado que la información estadística consultada es limitada, o no está disponible, en relación con la metodología de estimación desarrollada, algunos parámetros, tales como el porcentaje de la población económicamente activa, agrupada bajo el término “Industria Dispersa” e “Industria Concentrada”, fueron extraídos del informe presentado a Hidroven por Azpúrua (1993) según sus estimaciones para el año 2000. En el caso del valor de Población Flotante, se calcula en base a la población residente en hoteles o similares.

Tabla 5. Población, por Parroquias, en el Municipio Libertador, estado Mérida

Municipio	Parroquia	Población
Libertador	Antonio Spinetti Dini	26463
	Caracciolo Parra Pérez	10611
	Domingo Peña	21188
	El Llano	9953
	Gonzalo Picón Febres	5466
	Juan Rodríguez Suarez	15073
	Lasso De La Vega	12559
	Mariano Picón Salas	15253
	Milla	20861
	Osuna Rodríguez	19335
	Sagrario	6644
	TOTAL	163406
[fuente: INE (2001)]		

Tabla 6. Composición de Viviendas en el Municipio Libertador, estado Mérida

Tipo Vivienda	Porcentaje
Quinta	0,06%
Casa	46,71%
Apartamento	51,54%
Rancho c/s	0,41%
Rancho Evol	1,04%
Rancho s/s	0,24%
TOTAL	100,00%
[fuente: INE (2001)]	
Nota:	Rancho Evol: Ranchos con paredes de bloques y servicios sanitarios
	Rancho s/s: Ranchos Sin Servicios Sanitarios

Se presenta, en la Tabla 3, un resumen de los datos introducidos al programa para la estimación de la demanda urbana para este estudio de caso.

En cuanto a la estimación de las pérdidas físicas, de acuerdo al Informe de Diagnóstico elaborado por TAHAL Consulting Engineers, LTD (1998), las pérdidas corresponden a 20% del total de la demanda, es decir, un Factor de Mayoración de Pérdidas de 1,20.

Tabla 7. Resumen de datos para el cálculo de la demanda

Parámetro	Valor	Fuente
Composición de viviendas	(Ver tabla 2)	INE, 2001
Porcentaje PEA	40,4	INE, 2001
Porcentaje Pob. Flotante	3	Azpúrua, 1993
Porcentaje Estudiantil	40,9	INE, 2001
% Sector II en la PEA	20	Azpúrua, 1993
% Sector III en la PEA	79	Azpúrua, 1993
Porcentaje IC	30	Azpúrua, 1993
Porcentaje ID	70	Azpúrua, 1993
Clima	Tipo 1	Azpúrua, 1993
Nivel Industrial	Tipo C	Azpúrua, 1993
Nivel de Desarrollo	Nivel 2	Azpúrua, 1993
Nota:	PEA: Población Económicamente Activa IC: Industria Concentrada ID: Industria Desconcentrada	

02 RESULTADOS

Aplicando la Metodología descrita, se obtienen los resultados, por componentes, mostrados de manera tabulada en la tabla 4.

Azpúrua (1993) obtiene como resultado, para la ciudad de Mérida, el valor medio de demanda, estimada en 249 l/hab/d, para el año 1990, sin tomar en cuenta las pérdidas en la red, valor que, extrapolando linealmente, es de 257 l/hab/d para el año 2000.

Con los datos para el año 2001, el valor de la demanda calculado, sin considerar pérdidas, es de 262,46 l/hab/d, de acuerdo a lo presentado en la Tabla 4. En este caso, al utilizar los datos de población, composición de viviendas, y población estudiantil, extraídos del XIII Censo de Población y Vivienda, el valor de la demanda, para el año 2001, se considera como ajustado a las condiciones reales del núcleo urbano utilizado como estudio de caso, a pesar de las dificultades para la obtención de la información necesaria para la aplicación del método.

TAHAL (1998) estimó, para el año 2000, una demanda de 481 l/hab/d, en función de las mediciones realizadas en campo y las proyecciones por ellos realizadas. Por otra parte, de acuerdo a Mora et al. (2006) el consumo promedio para la ciudad de Mérida para el año 2003, sin tomar en cuenta las pérdidas físicas, tiene un valor de 310 l/hab/d, valor igualmente superior al teórico calculado mediante la aplicación del método de los componentes.

Lo anterior infiere que la demanda teórica no se corresponde con aquella que realmente ocurre en la ciudad, y de allí la importancia de contar con herramientas que permitan la estimación, de manera sencilla, rápida y eficiente, de estos importantes parámetros.

Por ejemplo, se ha comprobado la influencia de la dotación de riego para el caso de estudio sobre el valor de la demanda doméstica. Para ello, se han dejado como parámetros constantes, todos los coeficientes, salvo la dotación sugerida para riego de jardines y zonas verdes residenciales. De acuerdo a lo señalado en la Tabla 5, este valor corresponde a 0,58 l/m²/d para nuestro caso. Se calcula, entonces, la demanda variando esta dotación, la cual adoptó los siguientes valores: 0,5, 2,0, y 2,25, expresados en las mismas unidades.

Tabla 8. Resultados de la estimación de la demanda por el Método de los Componentes

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN ESTUDIO	
COMPOSICION DE VIVIENDAS (%)	
Quintas	0,06
Casas	46,71
Apartamentos	51,54
Ranchos con servicios	0,41
Ranchos sin servicios	0,24
Rancho evolucionados	1,04
DATOS SOCIO-ECONOMICOS (%)	
Población económicamente activa (%)	40,4
Población flotante (%)	3
Población estudiantil (%)	40,9
NIVEL DE DESARROLLO INDUSTRIAL	
Porcentaje del Sector II en la Población Económicamente Activa	20
Porcentaje de Industria Concentrada	30
Porcentaje de Industria Dispersa	70
Porcentaje del Sector III en la Población Económicamente Activa	79
DATOS PARA CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN LA RED	
Factor de Mayoración de Pérdidas	0
Densidad de la Red (m/hab)	0

Indice Lineal de Perdidas (l/m/d)	0
RESULTADOS DE DEMANDAS (l/hab/d)	
Demanda doméstica	159,94
Demanda comercio y servicios	25,21
Demanda público educacional	31,4
Demanda industrial	31,51
Demanda población flotante	14,4
Sub total demanda	262,46
Demanda por pérdidas en la red	0
Total demanda urbana	262,46

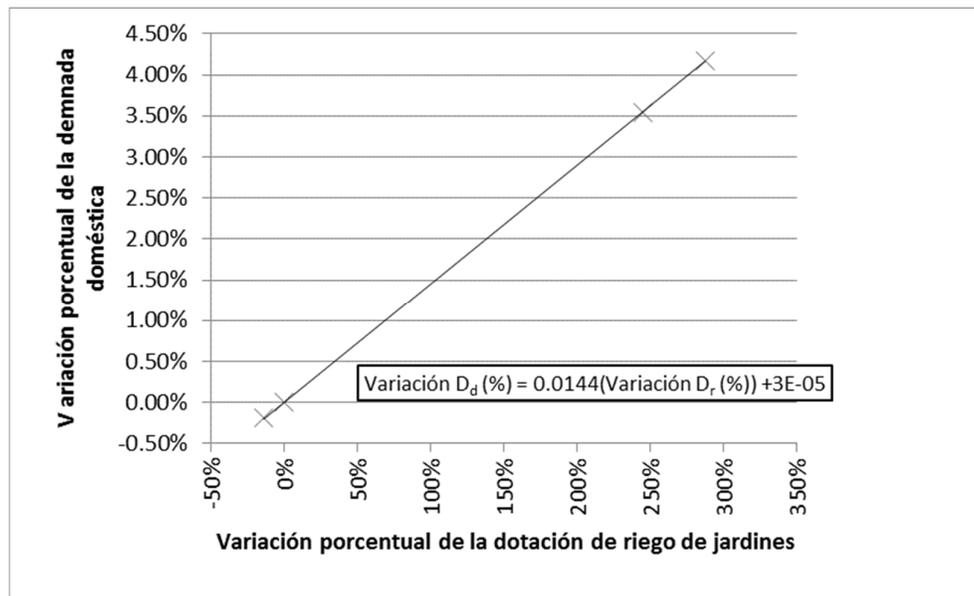
La tabla 5, resume los resultados obtenidos de las demandas totales para cada componente en función de lo anteriormente expuesto.

Tabla 9. Demandas para diferentes dotaciones de riego de jardines

Dotación riego (l/m ² /d)	0,5	0,58	2	2,25
Demanda doméstica (l/hab/d)	159,63	159,94	165,6	166,6
Demanda comercio y servicios (l/hab/d)	25,21	25,21	25,21	25,21
Demanda público educacional (l/hab/d)	31,4	31,4	31,4	31,4
Demanda industrial (l/hab/d)	31,51	31,51	31,51	31,51
Demanda población flotante (l/hab/d)	14,4	14,4	14,4	14,4
Sub total demanda (l/hab/d)	262,15	262,46	268,12	269,12
Demanda por pérdidas en la red (l/hab/d)	0	0	0	0
Total demanda urbana (l/hab/d)	262,15	262,46	268,12	269,12

Como puede apreciarse, y resulta lógico intuir, a medida que aumenta la dotación para riego, se refleja un aumento en la demanda doméstica, permaneciendo constantes el resto de las demandas, dado que el riego, en este caso, no influye en ningún otro componente que no sea el componente doméstico.

Tomando como valor central, o 100 por ciento, el correspondiente a la demanda doméstica para una dotación de riego equivalente a 0,58, se ha generado la curva porcentual mostrada en la figura 1, a la cual se le ha ajustado una línea recta, cuya expresión se aprecia en la misma figura.



Nota: D_d: Demanda doméstica, D_r: Demanda de riego de jardines

Figura 1. Variación porcentual de la demanda doméstica en función de la variación porcentual de la dotación para riego de jardines

De la figura anterior se desprende que la variación de la demanda doméstica en función de la dotación para riego de jardines es muy poca, es decir, aun incrementando 3 veces el valor de dicha dotación (300%), no se refleja un aumento en la demanda doméstica mayor al 4%.

En otras palabras, de acuerdo a la expresión obtenida, para reflejar un aumento significativo en la demanda doméstica, digamos de un 10%, se debería aumentar en alrededor de 1400% el valor de la dotación para riego de jardines.

Lo anteriormente expuesto se complementa con lo señalado por Baumann et al. (1998), quienes comentan acerca del “mito de riego excesivo en terrenos residenciales”, indicando que, en función de estudios realizados en California, Estados Unidos de América, se demuestra cómo los usuarios residenciales utilizan el agua destinada para el riego de sus jardines de manera racional, llegando a registrar valores incluso por debajo de las cantidades necesarias requeridas por las especies sembradas en los jardines.

El autor señala, así mismo, que en la zona oriental de los Estados Unidos de América, en donde el agua de lluvia es suficiente para mantener las zonas verdes residenciales, solo en verano se utiliza el agua para el riego ocasional de éstas.

De conformidad con lo expuesto, podemos asegurar que el uso excesivo de agua para riego de jardines y zonas verdes, comúnmente utilizada también para el lavado de los vehículos, como componente de la demanda doméstica, no afecta, significativamente, el valor total de ésta.

En el caso de acueductos rurales, en los que el agua de las redes de abastecimiento es generalmente utilizada para el riego de cultivos, la afirmación anterior pudiera no ser válida, puesto que, en primer lugar, el área destinada para riego es notablemente superior, así mismo, debe tomarse en cuenta que la demanda para riego de cultivos puede estimarse en un valor aproximado

de 1 l/s/ha, equivalente a 8,46 l/m²/d. Estos dos factores influyen directamente sobre el componente “Demanda Doméstica”, pudiendo incrementar su valor en el caso de acueductos rurales.

Para el caso de la ciudad de Mérida, dadas sus características, luego de la demanda doméstica, el componente que tiene mayor peso corresponde a la demanda industrial, seguida de la demanda público – educacional y la relativa a comercios y servicios.

Adicionalmente, se analiza el efecto que tienen las pérdidas físicas sobre el valor de la demanda total, suponiendo que el resto de los componentes permanecen constantes. Esto es, supóngase que quien dirige la Empresa Hidrológica, o cualquier otra persona, estima un valor dado de la demanda para una ciudad, por ejemplo, la demanda para la ciudad de Mérida en 600 l/hab/d, y un Factor de Mayoración de Pérdidas estimado en 20%.

Manteniendo constantes los factores que componen la demanda, se puede estimar de manera sencilla, usando una hoja de cálculo, el valor de pérdidas en la red, expresadas en l/hab/d, o expresada como índice.

Como ejemplo de esto, se presenta, en la tabla 6, para el estudio de caso, distintos valores, de acuerdo a diferentes métodos de estimación de pérdidas, para una demanda total estimada en 600 l/hab/d, comparada con los valores iniciales del estudio de caso.

De acuerdo a nuestro estudio de caso, manteniendo los valores de datos reflejados en la tabla 4, y suponiendo como valor inicial un Factor de Mayoración de Pérdidas de 1,20, para un universo poblacional de 176250 habitantes, se estiman las pérdidas en la red en un valor de 107,08 l/s.

Ahora bien, para la dotación fija de 600 l/hab/d, el valor del Factor de Mayoración de Pérdidas cambia a 2,3, es decir, las pérdidas corresponden a 130% del subtotal de los componentes de la demanda, lo que significa un caudal, sólo en este rubro, de 688,6 l/s.

Unas pérdidas de aproximadamente 20% del subtotal de la demanda, equivaldrían, en caso de que la densidad de conexiones por kilómetro de alimentador fuese menor que 20, y para la densidad media general de conexiones por habitante establecida para la ciudad de Mérida, en 0,17, a 309 litros/conexión/día, es decir, cada día, y por cada conexión al alimentador principal, se pierden 309 litros.

Se quiere, con lo descrito referente a las pérdidas en la red, llamar la atención sobre la importancia que pueden llegar a tener éstas como componente de la demanda urbana, llegando a significar volúmenes importantes de agua tratada, que representa, entre otros aspectos, un costo para la empresa hidrológica que se está dejando de percibir, y cuyo ingreso bien podría ser utilizado, por ejemplo, en obras para mejoras del servicio.

Los análisis desarrollados en párrafos anteriores, son de particular interés para el planificador urbano o para la empresa hidrológica, puesto que si se tiene clara la composición porcentual de la demanda total en cuanto a sus componentes, se puede, entre otras cosas, planificar el crecimiento de la ciudad como núcleo socio cultural y económico integral, previendo las necesidades del recurso hídrico de cada sector, así como las cantidades de agua consumidas, al menos teóricamente, por el núcleo urbano considerado.

Tabla 10. Estimación de pérdidas en la red para demanda total dada

Datos para cálculo de pérdidas en la red	Estudio de Caso	F.M.P	Densidad > 20 conex/km	Densidad > 20 conex/km	Densidad < 20 conex/km	Densidad < 20 conex/km
Factor de Mayoración de Pérdidas	1,2	2,3				
Densidad de la Red (conex/hab)			0,17	0,17		
Indice de Pérdidas (l/conex/d)			309	1985,50		
Indice de Pérdidas (%)					20	128,61
Indice Lineal de Pérdidas (l/m/d)						
RESULTADOS DE DEMANDAS (l/hab/d)						
Demanda doméstica	159,94	159,94	159,94	159,94	159,94	159,94
Demanda comercio y servicios	25,21	25,21	25,21	25,21	25,21	25,21
Demanda público educacional	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Demanda industrial	31,51	31,51	31,51	31,51	31,51	31,51
Demanda población flotante	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
Sub total demanda	262,46	262,46	262,46	262,46	262,46	262,46
Demanda por pérdidas en la red	52,49	337,54	52,53	337,54	52,49	337,54
Total demanda urbana	314,95	600	314,99	600	314,95	600
Nota:	F.M.P.:Factor de Mayoración de Pérdidas conex/km: Conexiones por kilómetro de tubería principal de alimentación l/conex/km: Litros por conexiones por kilómetro de tubería principal de alimentación l/m/d: Litros por metro de tubería y por día l/m/hab: Litros por metro de tubería y por habitante					

03 CONCLUSIONES

Se ha demostrado, mediante la aplicación del método de los componentes, que el consumo excesivo de agua para riego, no afecta significativamente la demanda doméstica urbana. Sin embargo, esta afirmación no es necesariamente cierta para el caso de acueductos rurales.

Para el planificador, contar con una herramienta que permita, en corto tiempo, evaluar posibles escenarios de crecimiento de la demanda de agua para uso urbano, es de gran importancia, ya que le permite tomar decisiones acertadas, entre otros aspectos, sobre distintos planes de inversión a futuro.

No se pretende establecer las reglas gerenciales que deben primar en una empresa hidrológica para la creación de planes operativos que permitan evaluar la demanda a futuro, dada la complejidad de ellos, simplemente se presenta una herramienta que permite cuantificar, de manera expedita, los posibles resultados de la aplicación de éstos.

En el caso de la estimación de la demanda por el método de los componentes, vale la pena resaltar que en el país, los datos estadísticos necesarios para su aplicación no están del todo disponibles, por lo que se recomienda, como línea de investigación adicional, en función de la información disponible, adecuar los parámetros tomados en cuenta por la metodología para la determinación de la demanda en núcleos urbanos.

04 REFERENCIAS

- Azpúrua J.** (1993) "Actualización de parámetros fundamentales para el cálculo de la demanda urbana". Informe técnico. HIDROVEN, Caracas. Venezuela.
- Baumann D., Boland J. and Hanemann W.** (1998) Urban Water Demand Management and Planning. McGraw-Hill, ISBN 9780070503014, USA.
- Billings B. and Jones V.** (1996) "Forecasting Urban Water Demand", American Water Works Association, ISBN 1-58321-537-9, Denver, Colorado.
- Cetron M.** (1969) "Technological Forecasting: A Practical approach", Technological Forecasting Institute, Gordon and Breach, Science Publishers, ISBN 978-0677021409, New York.
- Farley M., Wyeth G., Ghazali Z., Istandar A. and Singh S. (2008)** "The Manager's Non-Revenue Water Handbook. A Guide to Understanding Water Losses". Technical Report USAID 486-C-00-05-00010-00, USA.
- INE** (2001). Instituto nacional de estadística. Capítulo Mérida. Datos del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda del 2001. Venezuela.
- Mora L., Rodríguez L. y Medina M.** (2006). "Análisis de consumos promedio para los Sistemas de Abastecimiento de Mérida y El Vigía de Venezuela y el impacto de la Micromedición en su reducción". XXII congreso latinoamericano de hidráulica, ciudad Guayana. VENEZUELA.

TAHAL (1998). Consulting Engineers. “Informe de Diagnóstico”, Reporte Técnico HIDROANDES, Proyecto MERBAR, Mérida, Venezuela

Whitford P. (1970). “Forecasting Demand for Urban Water Supply”. Stanford University, ISBN 14-31-0001-3150, USA.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Miguel Eduardo Medina Padilla

<https://orcid.org/0000-0002-0122-209X>

Realizó contribuciones en la recuperación de datos, el procesamiento e interpretación de la información, análisis de resultados y en la revisión y redacción final.

María Alejandra Pérez Montilla

<https://orcid.org/0000-0002-7696-0986>

Realizó contribuciones en la recuperación de datos, el procesamiento e interpretación de la información, análisis de resultados y en la revisión y redacción final. Participó en la búsqueda de información.