

## Patrones de consumo doméstico de agua: primer resultado en la Empresa Aguas de La Habana

MSc Ing Mario Ramos Joseph

email: [mramos@ahabana.co.cu](mailto:mramos@ahabana.co.cu)

MSc. Ing. Rosaura Socarrás Ordaz

email: [tectosaura@ahabana.co.cu](mailto:tectosaura@ahabana.co.cu)

Empresa Aguas de La Habana, Fomento y Recreo, Palatino, Cerro, La Habana, Cuba

Dr. Alcides J. León Méndez

email: [aleonm@cih.cujae.edu.cu](mailto:aleonm@cih.cujae.edu.cu)

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba

### RESUMEN

A nivel global la demanda de agua está aumentando, los estudios de patrones de consumo permiten cuantificar el potencial de ahorro a nivel residencial. Este trabajo determina las curvas de consumo clasificados a una muestra de 14 clientes con servicio 24/7 de un sector de la Empresa Aguas de La Habana durante un periodo de 6 meses. Se obtuvieron las curvas de consumo clasificados de la muestra, el perfil horario de consumo, el volumen de pérdidas aparentes de la muestra producto de submedición con valor de 17,42%, el tipo de contador idóneo para la muestra, así como una comparación de resultados con los determinados en estudios afines como el REUWS1 y el REUWS2016.

**Palabras clave:** curvas de consumo clasificado, patrones de consumo, pérdidas, pérdidas aparentes, perfil horario de consumo,.

## Domestic water consumption patterns: first result in Aguas de La Habana enterprise

### ABSTRACT

At global level the demand of water is increasing, the studies of consumption patterns allow to quantify the saving potential at residential level. This work determines the classified consumption curves to a sample of 14 clients with service 24/7 of a sector of the Company Waters of Havana during a period of 6 months. The results obtained include the classified consumption curves of the sample, the profile schedule of consumption, the volume of apparent losses of the sample due to under-registration with a value of 17,42%, the suitable measuring device type for the sample, as well as a comparison of results with the ones obtained in similar studies as the REUWS1 and the REUWS2016.

**Keywords:** classified consumption curves, consumption patterns, water losses, apparent losses, consumption schedule profile.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se le está prestando mucha atención a la conservación de los recursos naturales, de estos, el agua es el más importante para la supervivencia y el bienestar humano, así como para muchos sectores de la economía (Socarrás 2015).

Las pérdidas de agua se producen en todo sistema de abasto, y no solo representan un aumento en costos de producción de agua, tratamiento y energía, sino que tienen una implicación irreversible por sobre-explotación de un recurso finito y los daños que ocasionan al ecosistema.

La mayoría de los autores coinciden en que las pérdidas de agua se pueden expresar como la suma de las *pérdidas reales* y las *pérdidas aparentes*, el nivel de prioridad asignado a la eliminación de cada una de ellas en un sistema de distribución de agua, depende de las características locales de cada lugar y de cuánto impacte cada una de ellas en el balance de agua, (Socarrás 2015).

Dentro de las pérdidas aparentes los errores en la medición, provocados por la inexactitud del medidor pueden alcanzar un valor importante ya sea por sobre registro o como submedición; dentro del proceso de identificación de estos errores, de forma precisa y fiable, se hace necesario tener claramente definidos los patrones de consumo de aguas o curvas de consumo clasificados de los clientes a los cuales se va a servir.

Actualmente la empresa Aguas de la Habana, inmersa en un programa de micromedición masiva, no posee un conocimiento exacto y fiable de los patrones de consumo de su gama de clientes, esto hace que durante la gestión de la medición en los procesos de determinación del error de medición global o la determinación del tipo de contadores y diámetros adecuados para los clientes residenciales, se realicen estimaciones y extrapolaciones con resultados y estudios realizados en otros países, que no necesariamente están acordes con la realidad del consumo de los clientes de la empresa.

La determinación de patrones de consumo según Socarrás (2015), es sumamente importante por las determinaciones e implicaciones que se derivan de su obtención, fundamentalmente:

- Se pueden desarrollar modelos predictivos de la demanda residencial.
- Aportan importante información sobre el uso doméstico del agua, el dimensionamiento de medidores y el diseño de redes.
- Proporciona información vital para la determinación del error de medición global del parque de contadores.

Los argumentos anteriores demuestran, que se trata de un tema importante y necesario para la empresa Aguas de la Habana, insertándose dentro de la gama de tareas que conlleva el establecimiento de un programa de manejo de las pérdidas de agua y dentro de estas por su impacto, en la gestión de las pérdidas aparentes.

El propósito del presente estudio es la determinación de las curvas de consumos clasificados de una muestra de clientes en un sector de la Empresa Aguas Habana con servicio 24/7 durante un periodo de 6 meses.

## ESTADO DEL ARTE

La curva denominada patrón de consumo de los clientes, caracteriza las frecuencias de consumo instantáneo de todos los clientes de una localidad, siendo representativa de esta. Se construye asignando a cada rango de caudales el porcentaje de volumen sobre el total consumido dentro de cada intervalo, mientras tanto la curva de perfiles de consumo encarna la conducta de consumo de agua en una vivienda, esta gráfica aporta información que permite conocer el

volumen que se debe producir en función del tiempo y suministrar a la red de distribución (Socarrás 2015).

Es relevante destacar que antes de la década de los años noventa y todavía en la actualidad, la ausencia de estudios que reflejen las tendencias del consumo residencial y los principales factores que lo hacen variar, han provocado en innumerables ocasiones que numerosas iniciativas de planificación y manejo de los recursos hídricos no terminen con resultados satisfactorios. Esta tendencia tuvo un punto de cambio a partir de los años noventa, durante los cuales impulsados por el desarrollo tecnológico y su aplicación en la medición y aumento de las capacidades de almacenaje de datos ocurrió un despegue de estudios de patrones de consumo que llega hasta el día de hoy y ha permitido que actualmente se puedan encontrar numerosos estudios de patrones de consumo tal y como muestra la tabla 1.

A partir de estos estudios anteriores se debe reconocer la existencia de varias corrientes en la puesta en marcha y feliz término de los mismos en la mayoría de los casos en función de los propósitos y objetivos que se propone cada trabajo.

Según Giurco et al. (2008) los estudios de patrones de consumo fundamentalmente pueden tener como objetivo la caracterización del consumo de una muestra de clientes, en un sector, ciudad, o estado, en ese grupo se inscriben la mayoría de los estudios contrastados (Socarrás 2015), (Cubillo et al. 2008) y (Beal y Stewart 2011). También define como objetivo la caracterización del comportamiento de una muestra antes y después de la instalación de accesorios ahorradores, como los casos de Toronto Water en 1997 y Tampa Water en 2004.

Otros autores se proponen el objetivo fundamental de desarrollar modelos predictivos, por ejemplo el desarrollado por Tzatchkov et al. (2005). También aparecen estudiosos cuya intención fundamental es cuantificar las pérdidas aparentes tales como algunos de los enunciados (Socarrás 2015). Se encuentran casos discretos como los estudios realizados en el sur de Brasil en diferentes localidades con muy pequeños tamaños de muestra para viviendas de bajo ingresos de acuerdo con Marinovski et al. (2014) que podrían clasificar como una categoría más.

En el caso particular de Cuba, la Empresa Aguas Varadero (Socarrás 2015) desarrolló un estudio sobre patrones de consumo, encaminado a determinar las pérdidas producto de la submedición, como parte del volumen de pérdidas aparentes.

En la Empresa Aguas de la Habana, fue realizado un trabajo durante el 2013 (Socarrás 2015) en el cual se obtuvo una curva de consumos clasificados media promediada con 77,53% de pérdidas aparentes por submedición que alertaban sobre la necesidad e importancia de la determinación mediante muestras representativas de las curvas de consumo clasificados de los clientes de la empresa Aguas de La Habana. El presente trabajo es una continuidad de esos estudios.

Se puede concluir en sentido general que la mayoría de los estudios realizados tanto a nivel global como los realizados en Cuba tienen como fundamento tratar de llenar el vacío de conocimiento que rodea al comportamiento y caracterización del consumo residencial unifamiliar y multi-familiar en función de los múltiples factores que inciden sobre el mismo y lo convierten en herramienta particular de cada localidad, ciudad, país, zona geográfica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para poder cumplir con los objetivos propuestos, se realizó la toma y procesamiento de datos de una muestra de clientes del sector G, el cual tiene, entre sus principales características, servicio continuo de 24/7, está compuesto por clientes representativos de la media

socioeconómica de los clientes de la Empresa, tiene 1,5 km de red, presión media de trabajo de 12 m.c.a, tiene 346 clientes fundamentalmente residenciales domésticos de los cuales 141 están metrados y el resto son clientes no metrados, las viviendas están compuestas en sentido general por varias habitaciones con baños intercalados, el año de construcción es de la década de los cincuenta con áreas que oscilan entre 80 y 120 m<sup>2</sup>, algunas tienen un parterre muy elemental que va desde los 2 m<sup>2</sup> hasta los 12 m<sup>2</sup>.

**Tabla 1. Principales estudios realizados de patrones de consumo**  
(fuente: elaboración propia)

Referencia	Ciudad y País	Duración	Tamaño de muestra	Resultados
Mayer P.W. y De Oreo W.B. 1999 (Socarrás 2015)	USA y Canadá	4 semanas, 2 verano, 2 invierno	1188	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Loh M. y Coghlan P. 2003 (Socarrás 2015)	Perth, Australia	17 meses	120	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Roberts P. 2005 (Socarrás 2015)	Yarra Valley, Australia	4 semanas, 2 verano, 2 invierno	100	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Tzatchkov et al. (2005)	Culiacán, México	101 días	3	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Iglesias P.L. 2006 (Socarrás 2015)	No declarado	12 días	2	Patrones de consumo Volumen de pérdidas aparentes.
Heinrich (2007)	Kapiti Coast, New Zealand	4 meses verano, 4 meses invierno	12	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Cubillo et al. (2008)	Madrid, España	1 año	292	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Bastida 2009 (Socarrás 2015)	Bogota, Colombia	2 semanas	349	Caracterización y cuantificación de los consumos.
Beal and Stewart. (2011)	SEQ, Australia	Junio 2010, Dic 2010 a Feb 2011, Junio 2011	252	Cuantificación y caracterización de los consumos.
Granados S.I. 2013 (Socarrás 2015)	La Habana, Cuba	4 semanas	3	Curvas de consumo clasificados. Volumen de pérdidas aparentes
De Oreo et al. (2016)	USA, Canadá	12 días	762	Caracterización y cuantificación de los consumos, actualización.

Se tomaron las mediciones a partir del 21 de agosto del 2012 hasta el 12 de marzo del 2013 para un período de medición de 6 meses y 20 días.

Se utilizaron contadores electrónicos con diámetros de 15 mm y 20 mm, en serie con los contadores domésticos de facturación que estaban ya instalados, los cuales son clase B, marca Iberconta modelo S -130 y cuyas características metrológicas se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2. Características Metrológicas del contador clase B S-130 de Iberconta**

Característica del S 130	15 mm
Caudal Nominal (m <sup>3</sup> /h)	1,5
Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /h)	3
Caudal Transición (L/h)	100
Caudal Mínimo (L/h)	25
Caudal Arranque (L/h)	7

Además, se realizó una encuesta en ese tiempo para conocer el estado de opinión de los clientes, en conjunto con algunas preguntas fundamentales como se observa a continuación en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3. Encuesta realizada a los clientes del estudio Parte I**

Cliente	Habitantes	Cantidad baños	Juegos sanitarios
2240534	5	2	2
2240535	6	2	2
2240529	4	2	2
2240530	3	1	1
2240527	4	3	3
2240532	4	2	2
2240528	5	3	3
2240523	No se pudo realizar encuesta		
2240533	2	2	2
2240531	1	1	1
52008507	5	2	1
52008509	1	3	3
52008508	2	2	1
2240536	3	2	2

**Tabla 4. Encuesta realizada a los clientes del estudio Parte II**

Cliente	Día de lavado	Lavadora		Calentador	Lavadero	¿Cuántos almuerzan?	Alquiler Habitaciones
		Semi-Auto.	Auto.				
2240534	Cada 2 días		x	No	x	5	No
2240535	Fin Semana	x	x	x	x	3	No
2240529	Diario	x		No	x	2	No
2240530	Fin Semana		x	No	x	3	No
2240527	Fin Semana		x	x	x	4	Una
2240532	Fin Semana		x	No	x	2	No
2240528	Entre semana		x	No	x	3	No
2240523	No se pudo realizar encuesta.						
2240533	Diario		x	No	x	2	Una
2240531	Fin Semana	x		No	x	1	No
52008507	Fin Semana	x		No	x	3	No
52008509	Diario		x	x	x	1	Dos
52008508	Cada 15 días		x	No	x	1	No
2240536	Entre semana		x	No	x	0	No

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos exponiéndolos en forma de gráficos y tablas. Para organizar la exposición, primero se abordará el tema de la obtención de las curvas de consumos clasificados y posteriormente el perfil de consumo horario, con los resultados de las encuestas realizadas.

### Obtención de las curvas de consumos clasificados

A partir del ciclo de medición realizado en los 14 clientes de la muestra se pudo obtener como primer resultado, las curvas de consumos clasificados de cada uno de los clientes, figura 1.

Al contrastar las características metrológicas de los contadores de facturación instalados en los clientes de la muestra, los cuales corresponden con el S-130 de Iberconta y las curvas de consumo independientes de los clientes, se puede determinar el porcentaje de pérdidas de cada uno, tabla 5.

Después de obtener los porcentajes de sub-contajes de cada medidor se puede concluir que:

- El 21,4 % de los clientes tiene pérdidas por debajo de 37,85 Lpd (10 gpd REUWS1) y son responsables del 1,44% del volumen total de pérdidas.

- El 78,57 % de los clientes pierde más de 37,85 Lpd (10 gpd REUWS1) y es responsable del 98,56% del volumen total de pérdidas.
- El 21,4 % de los clientes pierde más de 378,5 Lpd (100 gpd REUWS1) y es responsable del 53,79% del volumen total de pérdidas.
- El 57,1 % de los clientes de la muestra tiene un porcentaje de submedición por encima de un 15 % del volumen total consumido por cada uno.

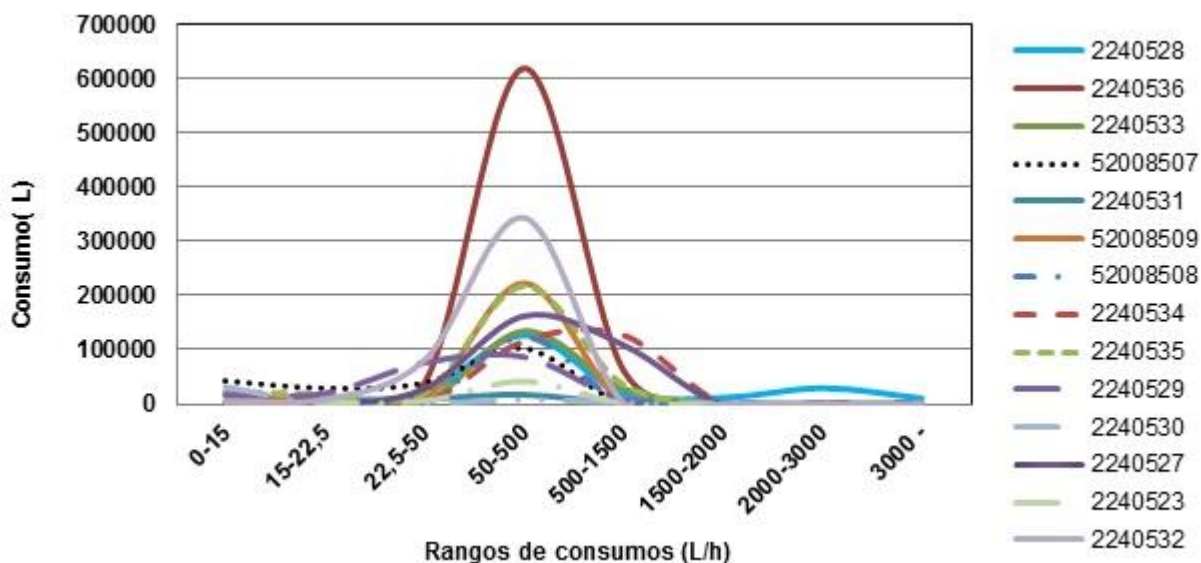
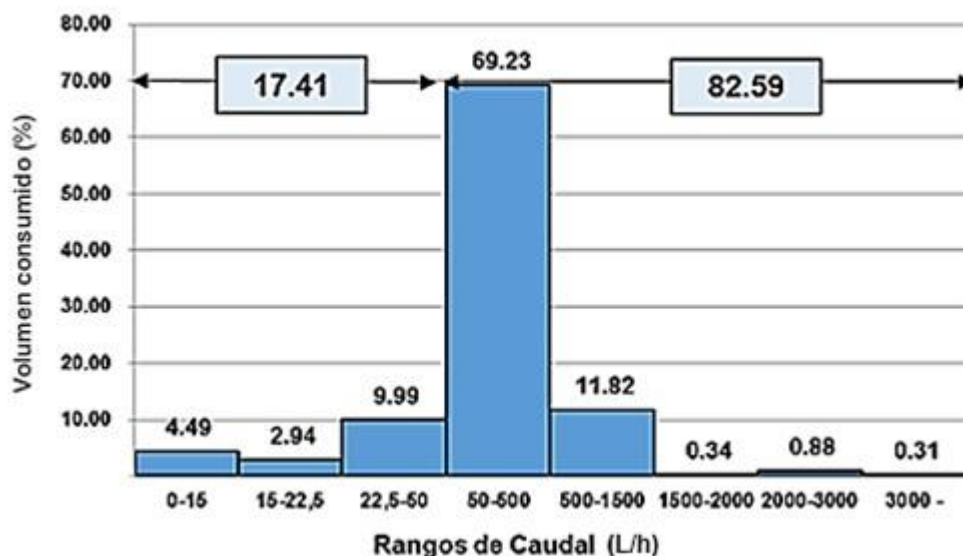


Figura 1. Curva de consumos clasificados por clientes

Tabla 5. Porcentaje de pérdidas por sub-contaje de cada cliente

Cientes	Consumo total (L)	Volumen de sub-contaje (L)	Porcentaje de pérdidas por sub-contaje.
2240528	232 881,2	35 760,7	15,36
2240536	725 387,5	44 727,1	6,17
2240533	170 257,6	7 621,3	4,48
52008507	215 531,4	111 091,1	51,54
2240531	27 712,3	10 078,7	36,37
52008509	254 017,4	31 207,5	12,29
52008508	126 409,5	122,0	0,10
2240534	244 300,4	641,3	0,26
2240535	315 780,5	63 157,8	20,00
2240529	204 008,9	109 731,4	53,79
2240530	44 555,8	33 090,1	74,27
2240527	309 035,8	35 157,4	11,38
2240523	48 661,2	8 104,9	16,66
2240532	439 468,7	94 403,6	21,48

Partiendo de las curvas particulares de cada cliente se puede obtener la curva representativa de los 14 clientes residenciales denominada: Curva Media Promediada. Del contraste de esta curva con las características metrológicas del S 130, se obtiene lo siguiente que aparece reflejado en la figura 2.



**Figura 2 Curva de consumos clasificados media promediada**

La curva antes expuesta permite establecer algunas conclusiones fundamentales entre las que se encuentran:

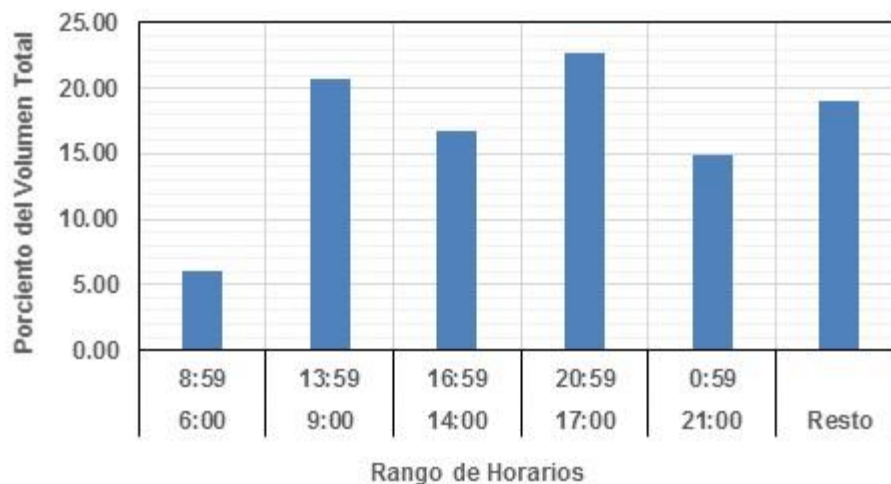
- El mayor consumo ocurre en los rangos de 50-500 L/h demostrándose que por debajo de 1500 L/h, ya se había consumido 98,47% del total, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en condiciones similares en otros estudios, (Socarrás 2015), en los cuales por debajo de 1500 L/h se había consumido 98,88% del total, este resultado también detecta un evidente problema de dimensionamiento en los contadores.
- Si se contrastan las características metrológicas de los contadores de facturación instalados en los clientes de la muestra y los valores de la curva media ponderada obtenida, se puede llegar a determinar el porcentaje de submedición que presentan en conjunto estos clientes en el sector G, que corresponde a un 17,41 % del volumen total que equivale a 584,89 m<sup>3</sup>, este resultado es similar a los obtenidos por (Socarrás 2015), los cuales planteaban que del total del volumen consumido por un cliente residencial el 16 % del mismo ocurría a bajos caudales.
- Se debe comentar el hecho de que en los resultados anteriores no se ha podido incluir un porcentaje desconocido de bajos caudales en el rango 50-500 l/h que estarían ocurriendo entre 50 y 100 l/h, el cual por las características rígidas de los rangos del histograma de consumo de los contadores electrónicos utilizados no puede ser precisado en este estudio y que debería haber engrosado el volumen de pérdidas por submedición de la muestra.



- En función de las conclusiones anteriores se puede concluir que los contadores clase B no son los más idóneos para los clientes de la muestra; de acuerdo con la curva obtenida se necesitan contadores que sean precisos a bajísimos caudales siendo los recomendados para este caso contadores volumétricos o de chorro único clase C según la ISO 4064 del 1993. Para la más actual ISO 4064 (2005) sería en los mismos tipos de principio de funcionamiento para  $R \geq 160$  o mayor para garantizar la lectura de importantes volúmenes a bajos caudales.

### Perfil de consumo horario

Dentro de los resultados que aportan los contadores utilizados para obtener las curvas de consumo clasificados se encuentra el perfil de consumo en función del tiempo, variable sumamente importante a la hora de diseñar y determinar los horarios de máximos y mínimos consumos. Con esta distribución de consumos, se puede determinar una media promediada y obtener el perfil medio de consumo horario de la muestra, el cual se observa en la figura 3.



**Figura 3. Perfil medio de consumo horario de la muestra**

Del análisis de los resultados del perfil de consumo medio se determina que:

- El horario de menor uso del agua ocurre de 6 am a 9 am.
- El horario de mayor uso del agua es nocturno y ocurre de 5 pm a 9 pm.
- El 2do horario de mayor uso del agua es de 9 am a 2 pm quedando conformados dos horarios fuertes de consumo casi iguales, uno en la mañana y otro en la tarde noche.
- El horario nocturno de menor consumo ocurre entre las 9 pm y la 1 am.
- Es importante recalcar que se aprecia un consumo de un 19 % en el horario de 1 am a 6 am y se reconoce por la literatura y la experiencia de los autores que los consumos en este horario en el sector doméstico casi siempre se deben a las fugas de agua. Es llamativo sin ser concluyente que este valor se acerca a los 17,49 % de submedición que nos aporta la curva media de consumos clasificados.

### Encuesta realizada y el análisis de las bases de datos de facturación

Dentro de los beneficios que aportó la encuesta realizada se encuentra la detección de diferencias entre las cantidades de clientes en las bases de datos comerciales y las que realmente

viven en las viviendas, a partir de esta realidad, se definieron dos valores de consumo, el consumo per cápita de facturación, a partir de la información proporcionada por las bases de datos comercial y el consumo per cápita real, obtenido a partir de las mediciones y la encuesta realizada. Estos resultados se exponen en la tabla 6 para su análisis e interpretación.

**Tabla 6. Consumo per cápita de facturación y consumo per cápita real de la muestra**

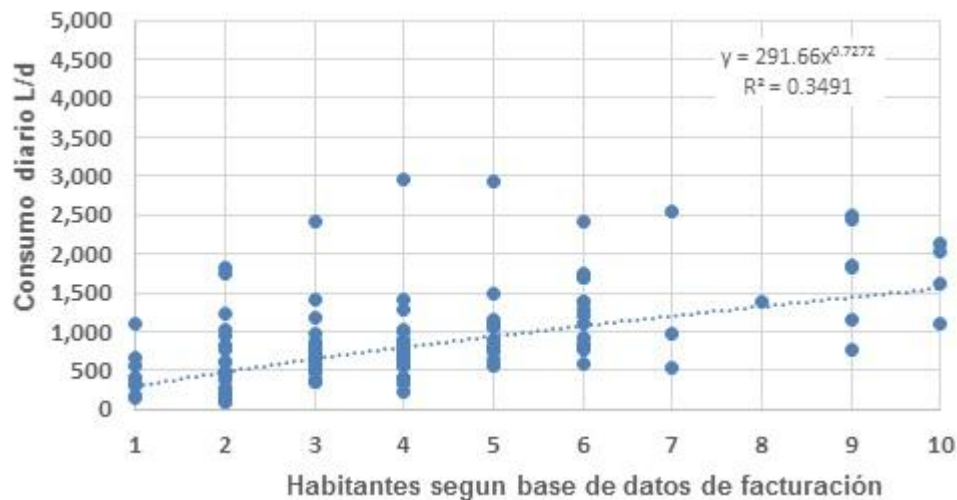
Clientes	Duración del experimento (días)	Índice de consumo total (L)	Hab.	Consumo per cápita por facturación (Lppd)	Hab. reales	Consumo per cápita real (Lppd)
2240528	203	23 2881,2	4	286,80	5	229,44
2240536	203	72 5387,5	4	893,33	3	1 191,11
2240533	203	17 0257,6	2	419,35	2	419,35
52008507	203	21 5531,4	4	265,43	5	212,35
2240531	203	27 712,3	2	68,26	1	136,51
52008509	203	254 017,4	3	417,11	1	1 251,32
52008508	203	126 409,5	2	311,35	2	311,35
2240534	189	244 300,4	5	258,52	5	258,52
2240535	203	315 780,5	6	259,26	6	259,26
2240529	203	204 008,9	3	334,99	4	251,24
2240530	203	44 555,8	2	109,74	3	73,16
2240527	203	309 035,8	4	380,59	4	380,59
2240523	180	48 661,2	2	135,17	2	135,17
2240532	203	439 468,7	2	1 082,44	4	541,22
Promedio=				373,02	Promedio=	403,61

Como resultado de esta tabla, se aprecia gran diferencia entre los consumos de facturación y el real de los clientes, lo que destaca la importancia de la actualización sistemática en las bases de datos comerciales para que se utilice información veraz y fiable tanto en la operación, la planificación y el diseño de sistemas de abasto de agua. También se aprecia una gran diferencia existente entre el consumo real obtenido y el consumo de producción de la empresa el cual es de 891 Lppd, y esta comparación orienta la necesidad de establecer los mecanismos a nivel empresarial que permitan reducir este importante parámetro.

Otro resultado obtenido a partir de la encuesta realizada y del análisis de las bases de datos de la dirección comercial, que concuerda con los obtenidos en estudios anteriores empleando los resultados de REUSW2, es la determinación de la relación existente entre el consumo diario promedio versus el número de habitantes de cada vivienda (De Oreo et al. 2016).

Para buscar una mejor correlación se decidió utilizar un mayor número de clientes del sector G a partir de la información proporcionada por las bases de datos de la dirección comercial. Esta ampliación incluyó 109 clientes de los 141 clientes medrados, todo con la intención de que los

mismos tuviesen características de consumo similares a los 14 de la muestra. Esta ampliación permitió obtener un mejor ajuste de curva tal y como se muestra en la figura 4.



**Figura 1. Relación Consumo diario versus Habitantes reales, de los 14 clientes**

El gráfico resultante permite concluir que el aumento del número de habitantes no implica un aumento lineal del consumo. La ecuación obtenida se convierte por tanto en una herramienta para evitar la sobreestimación de la demanda cuando existen muchos habitantes por vivienda, algo muy útil en actividades como la planeación, el diseño y la operación de redes de abasto de agua.

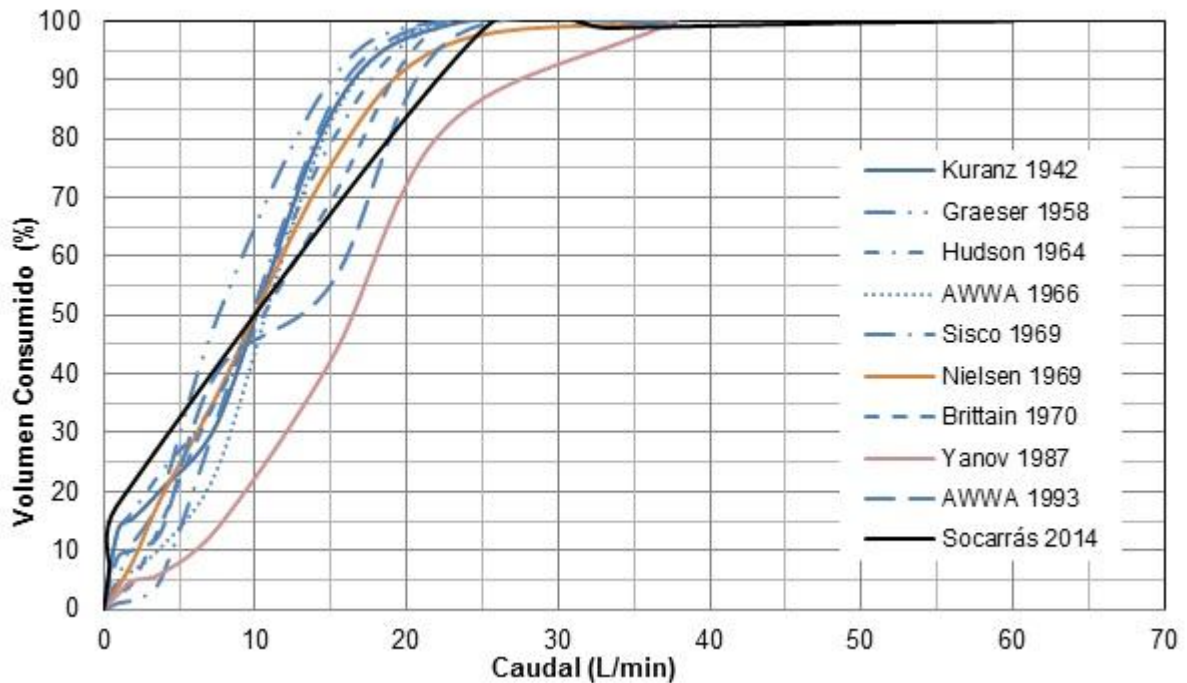
Como se puede observar en la tabla 7 existe un mayor consumo de agua, mayor consumo per cápita, y mayor cantidad de personas por parte de los clientes del sector G con respecto a los estudios realizados en REUWS1 1999 y REUWS2 2016 (De Oreó et al. 2016). Una explicación de peso entre otras puede ser la diferencia existente entre los precios del agua de los distintos estudios pues se reconoce que el precio actúa como un regulador del consumo. En este aspecto también puede influir la presencia de dispositivos ahorradores del consumo no presentes en el sector G. También puede incidir la antigüedad de las viviendas como elemento que permite un aumento del consumo.

Otro factor a tener en cuenta, es la mayor cantidad de personas por vivienda en el sector G, lo que propicia un mayor consumo de agua, además de la falta de una percepción real de la necesidad e importancia de un uso racional de este recurso en los clientes.

Del análisis de la figura 5 se desprende, que la curva obtenida por los autores (Socarrás 2015), se aleja de la mayoría de los estudios solo en el primer tramo donde se observan mayores consumos a bajos caudales y a partir del 30 % del volumen consumido se integra dentro de los rangos de consumo de los estudios anteriores. Esta gráfica es una alerta a la necesidad de un seguimiento sistemático de las pérdidas aparentes en los clientes de la empresa Aguas de La Habana y de un dimensionamiento adecuado de los medidores de facturación.

**Tabla 7. Comparación de los resultados obtenidos en el Sector G, con los estudios de REUWS 1 (Socarrás 2015) y REUWS 2 (De Oreó et al. 2016)**

	<b>REUWS1 1999</b>	<b>REUWS2 2016</b>	<b>Sector G Socarrás 2015</b>
Consumo promedio (L/viv/ día )	672	522	1190
Consumo per cápita promedio (Lppd )	265,00	196,80	403,60
Personas por vivienda	2,77	2,60	3,46
Total de fugas ( L/viv/d )	82,90	64,35	2887,00*
Fugas por vivienda (L/viv/d )	15,90	16,28	205,80*
Horario de menor uso agua durante la noche	11 pm a 5 am	11 pm a 5 am	9 pm a 1 am
Horario de mayor uso del agua en la mañana	5 am a 11 am	5 am a 11 am	9 am a 2 pm
Horario de uso moderado agua durante el mediodía	11 am a 6 pm	11 am a 6 pm	2 pm a 5 pm
Horario de mayor uso del agua durante la tarde.	6 pm a 11 pm	6 pm a 11 pm	5 pm a 9 pm
Tamaño de la muestra (viv)	1188	762	14
* Se refiere en este caso a pérdidas por submedición, no a fugas intradomiciliarias			



**Figura 5. Curva de consumos clasificados para diferentes estudios**

## CONCLUSIONES

- Se determinaron las curvas de consumos clasificados de la muestra de clientes del sector *G* con servicio 24/7 en la empresa Aguas de La Habana, obteniéndose la curva media promediada de los mismos, lo cual es novedoso para la empresa y el país.
- Se obtuvo el perfil de consumo de los clientes de la muestra determinándose los horarios de mayor y menor consumo, lo que es información vital para el proyecto, la modelación de redes y la operación de los sistemas de distribución.
- Se determinó que el volumen de pérdidas aparentes producto de submedición, llega a 17,42% lo que implica un volumen de 584,89 m<sup>3</sup> durante el tiempo que duró el experimento.
- En otros resultados se comprobó que el 21,4 % de los clientes tiene pérdidas por debajo de 37,85 Lpd y son responsables del 1,44 % del volumen total de pérdidas (VTP), el 78,57 % de los clientes pierde más de 37,85 Lpd y es responsable del 98,56 % del VTP, el 21,4 % de los clientes pierde más de 378,5 Lpd y es responsable del 53,79 % del VTP y finalmente el 57,1 % de los clientes de la muestra tiene un porcentaje de submedición por encima de un 15 % del volumen total consumido por cada uno.
- Se pudo concluir de acuerdo con los patrones de consumo obtenidos que los contadores clase B de facturación no son los más idóneos para los clientes de la muestra, siendo los más adecuados contadores volumétricos o de chorro único clase C de acuerdo con la ISO 4064 del 1993 o por su homologación actual en esos mismos tipos de medidores aquellos que cumplan con  $R \geq 160$  según la ISO 4064 (2005). La instalación de estos nuevos medidores permitirá disminuir el volumen de pérdidas aparentes en más de un 11% con un igual aumento del volumen a facturar por la empresa.

- Además, se pudo determinar el consumo real de los clientes de 403,6 Lppd, siendo significativo que el consumo de producción de la empresa es de 891 Lppd.
- Se recomienda ampliar estos resultados con un mayor número de clientes residenciales con servicio 24/7 y con otros de los principales horarios de servicio representativos de la gama de distribución de la empresa, así como ampliar el estudio de patrones de consumo a clientes del sector estatal como camino para lograr la representatividad de la muestra en los clientes de la empresa.
- Se recomienda también, con el objetivo de disminuir las pérdidas aparentes y aumentar la facturación de la empresa, instalar a los clientes contadores que permitan detectar bajos caudales que pueden ser de acuerdo con la calidad de las aguas circulantes con principio de funcionamiento volumétricos o de chorro único, pero siempre clase C o con  $R \geq 160$ . Esto necesariamente tiene que ir precedido de un estudio económico, para cumplimentar el estudio técnico, que valide la factibilidad del cambio y defina el plazo de recuperación de la inversión.

## REFERENCIAS

- Beal D. C. and Stewart A. R.** (2011). "South East Queensland Residential End Use Study: Final Report". Urban Water Security Research Alliance Technical Report No 47. ISSN 1836-5566. Griffith University Australia.
- Cubillo G. F., Moreno R. T. y Ortega L. S.** (2008). "Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la comunidad de Madrid". Edit. Canal de Isabel II. ISBN: 978-84-933694-9-1. Madrid. España.
- De Oreo W. B., Mayer P., Dziegielewski B. and Kiefer J.** (2016). "Residential End Uses of Water, Version 2: Executive Report". Water Research Foundation, ISBN: 978-1-60573-236-7. USA.
- Giurco D., Carrard N., McFallan S., Nalbantoglu M., Inman M., Thornton N. and White S.** (2008). "Residential end use Measurement Guidebook: a guide to Study design, sampling and technology". Prepared by the Institute for Sustainable Futures, UTS and CSIRO for the Smart Water Fund. University of Technology: Sydney. Sydney. Australia.
- Heinrich M.** (2007). "Water End Use and Efficiency Project (WEEP) – Final Report. BRANZ Study Report 159". BRANZ Ltd, ISSN 0113-3675. Judgeford, New Zealand.
- ISO 4064-1: 2005** (2005). "Measuring of water flow in fully charged closed conduits- Meters for cold and hot potable water.". Edit. ISO. Ginebra. Suiza.
- Marinoski A., Silva V. A., Santos S. A. and Ghisi E.** (2014). "Water End Uses in Low Income Houses in Southern Brazil". Water 2014. ISSN: 2073-4441. Florianópolis. Brazil.
- Socarrás O. R.** (2015) "Determinación de las Curvas de Consumos Clasificados en Clientes Residenciales de un Sector de la Empresa Aguas de La Habana", Tesis de Maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana. Cuba.
- Tzatchkov V., Alcocer-Yamanaka V. H., Arreguín F. I. y Feliciano G. D.** (2005). "Medición y caracterización estocástica de la demanda instantánea de agua potable". Ingeniería Hidráulica en México 20 (1), 67-76. Edit. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ISSN 0186-4076. México.