



Canal de Isabel II

CUADERNOS DE I+D+I

7

Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas



© Canal de Isabel II - 2009

Autores: Juan Carlos Ibáñez Carranza,
Victoria Martínez Gimeno, Dionisio Pérez Bueno

Dirección del estudio: Juan Carlos Ibáñez Carranza

Edición coordinada por: Subdirección de Comunicación y RR.PP.

ISBN: 978-84-936445-6-7



CUADERNOS DE I+D+I

7

Investigación sobre potenciales de eficiencia
con el empleo de lavavajillas



EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las afirmaciones recogidas en el presente documento reflejan la opinión de los autores y no necesariamente la de Canal de Isabel II.

Tanto Canal de Isabel II como los autores de este documento declinan todo tipo de responsabilidad sobrevenida por cualquier perjuicio que pueda derivarse a cualesquiera instituciones o personas que actúen confiadas en el contenido de este documento, o en las opiniones vertidas por sus autores.



PRESENTACIÓN

Los cuadernos de I+D+I de Canal de Isabel II forman parte de la estrategia de gestión del conocimiento de la empresa y del desarrollo del Plan de Investigación, Desarrollo e Innovación.

Son elemento de difusión de proyectos e iniciativas desarrollados y auspiciados desde Canal de Isabel II para la innovación en las áreas relacionadas con el servicio de agua en el entorno urbano.

Exponen las diferentes problemáticas abordadas en cada proyecto junto con los resultados obtenidos. La intención al difundirlos mediante estas publicaciones, es compartir las experiencias y conocimientos adquiridos con todo el sector de servicios de agua, con la comunidad científica y con cuantos desarrollan labores de investigación e innovación. La publicación de estos cuadernos pretende contribuir a la mejora y eficiencia de la gestión del agua y, en consecuencia, a la calidad del servicio prestado a los ciudadanos.

Además de su publicación en forma impresa, los cuadernos están disponibles en la página web de Canal de Isabel II, en el apartado Publicaciones.



FICHA TÉCNICA



Título del proyecto	Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas
Línea de investigación	Aseguramiento del equilibrio disponibilidades / demandas
Unidades implicadas del Canal de Isabel II	Subdirección de I+D+I
Investigación externa	BSH Electrodomésticos España
Colaboración externa	WASSER S. A. E.
Objeto y justificación del proyecto	Evaluar el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales (agua y energía), que puede obtenerse en los hogares españoles mediante el empleo de lavavajillas.
Contribución al estado del arte	Salvo algunos ensayos de laboratorio, no existen estudios en condiciones reales del uso de agua y energía en el lavado doméstico de vajilla, a mano o con el empleo de electrodomésticos.
Resumen del desarrollo del proyecto e hitos relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Selección y caracterización de la muestra. • Instalación y calibración de equipos de medida. • Monitorización de los consumos con lavado a mano (mínimo 2 meses). • Monitorización de los consumos con lavado a máquina (mínimo 2 meses). • Proceso de la información y análisis de resultados.
Resumen de resultados obtenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha constatado una clara mejora de la eficiencia en el uso del agua, con la utilización de lavavajillas. Los consumos medidos en fregadero alcanzaron, durante el periodo de lavado a mano, 88,8 litros diarios (el 26 por ciento del total de la vivienda, siendo 52 litros de agua caliente). El consumo registrado en fregadero, durante el periodo de utilización del lavavajillas, disminuyó hasta los 54,2 litros diarios (el 15,9 por ciento del consumo total, de los cuales 24,6 litros fueron de agua caliente). • Se ha observado una reducción del consumo de agua equivalente al 9 por ciento del total de agua utilizada en la vivienda, evaluado, en valores medios en 30,6 litros diarios de ahorro, de los cuales 27,4 litros por día serían de agua caliente. • Igualmente se ha verificado un balance positivo en el consumo de energía, que se ha evaluado en un ahorro de 1,06 kilovatios por hora diario. • El potencial de ahorro para el conjunto de la Comunidad de Madrid, extrapolando los valores obtenidos, podría alcanzar 8,9 hectómetros cúbicos al año, con una media de 23 litros diarios por vivienda.
Líneas de investigación abiertas para continuación de los trabajos	Se ha iniciado un proyecto en el que se establece una muestra de control estable para el seguimiento a largo plazo de la misma, con el objeto de identificar los posibles cambios en las pautas y hábitos de consumo doméstico y los usos finales a los que se destina el agua en los hogares de la Comunidad de Madrid.



RESUMEN EJECUTIVO



En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60 por ciento del volumen total de agua suministrada a los usuarios. La utilización del agua en el hogar, en sus distintos usos finales y potencial de ahorro, ha sido objeto de diversos estudios realizados por Canal de Isabel II mediante medida directa de los caudales instantáneos suministrados a una muestra de viviendas.

Se ha determinado en estos trabajos que el consumo de agua en los distintos grifos de la vivienda (excluidas duchas y bañera) es más del 30 por ciento del volumen total utilizado en usos domésticos de interior, pudiendo suponerse que una parte importante de ese consumo corresponde al lavado de la vajilla, mientras que el consumo de agua específico en lavavajillas solamente es del 1 por ciento del volumen total consumido en el hogar.

En 2003 la Universidad de Bonn realizó un estudio de laboratorio (Stamminger y otros autores, 2004), en el que se analizaron los hábitos de lavado de la vajilla a mano, en idénticas condiciones, para 113 personas de 7 países europeos. Dicho estudio evidenció grandes diferencias en el comportamiento de las personas a la hora de lavar la vajilla, con importantes consecuencias en la cantidad de recursos (agua, energía, tiempo, detergente) utilizados. El volumen de agua utilizado para lavar a mano la cantidad de vajilla equivalente a la carga completa de un lavavajillas oscilaba entre los 50 y 170 litros, llegándose a la conclusión de que los lavavajillas son capaces de lavar la vajilla con mucha menor cantidad de agua y energía que ninguna de las personas que participaron en el estudio, además de obtener un mayor grado de limpieza.

No se tienen noticias de un estudio equivalente realizado, en condiciones reales del uso de agua y energía, en el lavado doméstico de vajilla, a mano o con el empleo de electrodomésticos, por lo que el trabajo que aquí se presenta supone una novedad y una importante contribución respecto a los realizados anteriormente sobre los usos de agua en ámbitos residenciales.

Este trabajo ha sido elaborado conjuntamente por Canal de Isabel II, empresa suministradora de agua en la Comunidad de Madrid, y BSH Electrodomésticos España (BSHE), empresa líder en fabricación de electrodomésticos en nuestro país y que comercializa diversas marcas en el mercado español.

BSH Electrodomésticos trabaja, desde hace años, en la mejora de la eficiencia de sus productos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida: producción, distribución, uso y fin de uso. Los análisis de ciclo de vida muestran que más del 90 por ciento del impacto de los lavavajillas que fabrica tiene lugar durante la etapa de uso en los hogares debido, principalmente, al consumo de recursos del aparato, razón por la cual ha centrado sus esfuerzos en incorporar mejoras tecnológicas que permitan disminuir dicho consumo. Desde 1990 se ha reducido el consumo de agua por ciclo de lavado en un 68 por ciento y en un 44 por ciento el consumo de energía.

Los lavavajillas utilizados en este trabajo consumen, en programa normal 12 litros de agua, lo que en una primera apreciación supone un ahorro considerable con respecto al lavado a mano, según las conclusiones del estudio de laboratorio anteriormente mencionado.

Objetivos

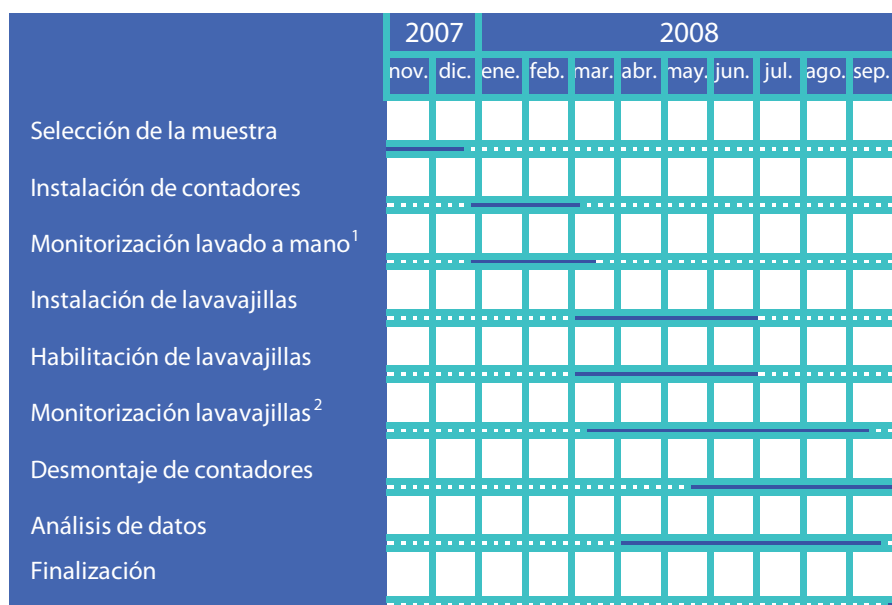
La finalidad de este trabajo ha sido conocer el consumo y las pautas de uso real de los usuarios en el lavado de la vajilla, tanto a mano como con lavavajillas, así como las posibles mejoras en la eficiencia y ahorro que puedan conseguirse con la utilización de un lavavajillas de bajo consumo.

Se ha evaluado el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales que puede obtenerse en los hogares mediante el empleo del lavavajillas. El objeto principal del trabajo se centra en el uso del agua, que constituye el aspecto primordial de la actividad del Canal de Isabel II, pero también se ha efectuado una evaluación de la eficiencia energética, considerada asimismo un objetivo medioambiental de primer orden.

Metodología

El trabajo de campo se ha realizado principalmente entre enero y junio de 2008, sobre una muestra de 155 viviendas, en las que se ha monitorizado, de forma continua, el consumo de agua durante al menos cuatro meses en cada vivienda. Durante los dos primeros meses los participantes debían realizar el lavado de la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente, y tras la instalación y habilitación del lavavajillas, el lavado debía hacerse utilizando el electrodoméstico suministrado.

Las distintas fases del proceso seguido para la realización del trabajo se resumen en el siguiente cronograma:



¹ Monitorización de los consumos con lavado a mano (20/12/07 al 13/3/08)

² Monitorización de los consumos con lavado a máquina (6/3/08 al 15/9/08)

La muestra fue seleccionada entre clientes de BSH Electrodomésticos repartidos por toda la Comunidad de Madrid que, o bien no disponían de lavavajillas en el momento de la selección o que, por antigüedad del aparato pudieran estar interesados en renovarlo.

Sobre una muestra inicial de 280 clientes, se verificó la viabilidad de instalación de los equipos de medida necesarios en el domicilio, obteniendo así la muestra final de 155 domicilios, habiéndose descartado el resto por imposibilidad de instalar los distintos equipos o por renuncia de los preseleccionados.

Las restricciones inherentes al proyecto: disponibilidad de los usuarios, posibilidad de instalación del lavavajillas y de los equipos de medida sin realizar reformas, etc., hicieron que la selección de la muestra no fuera totalmente aleatoria. Fue preciso, por tanto, verificar que se cumplían algunos criterios de estratificación y ausencia de sesgo en aquellos aspectos que pudieran ser relevantes, de forma que se garantizase la representatividad de la muestra observada.

Las viviendas que componen el estudio se sitúan principalmente en el municipio de Madrid y su corona metropolitana, con una minoría ubicada en las zonas de la sierra y periferia, en una distribución que no se aparta significativamente de la distribución porcentual de viviendas en la Comunidad de Madrid, según los últimos datos publicados por el INE, en el censo de 2001.

La muestra presenta un cierto sesgo hacia viviendas de un tamaño superior a la media de la Comunidad de Madrid. También, la ocupación de las viviendas es mayor que la media de la región (3,34 personas por vivienda, respecto a 2,89). Este sesgo probablemente está relacionado con la presencia actual de lavavajillas en las viviendas, o de disponibilidad para su instalación inmediata. A la hora de extrapolar los resultados obtenidos al conjunto de la población madrileña o española se han tenido en cuenta estas circunstancias.

La monitorización del consumo se ha realizado mediante contadores volumétricos de precisión (clase C), con emisor digital de pulsos para su centralización en equipos datalogger. Este contador, instalado en la entrada general de agua de la vivienda, registra el consumo de forma continua, permitiendo discriminar el volumen empleado en los distintos usos y, particularmente, el utilizado en el lavavajillas. La medida en continuo del consumo permite, igualmente, detectar ausencias prolongadas del hogar y otras circunstancias que pudieran afectar los resultados finales, de forma que teniendo en cuenta estas condiciones es posible homogeneizar los resultados obtenidos.

Este equipamiento permite la identificación de los distintos usos del agua, sin embargo no es posible, en la mayoría de los casos, distinguir los diferentes grifos de la vivienda (fregadero, lavabo, bidé, etc.) por presentar unas curvas de consumo muy similares. Por ello, para el control del consumo del lavado de la vajilla a mano que se realiza en los fregaderos, se instalaron contadores de velocidad de clase B directamente sobre las tomas de agua fría y caliente de los fregaderos.

Para llevar a cabo el estudio, se han utilizado lavavajillas de 60 centímetros de ancho, de clase AAA, de cada una de las marcas de BSH Electrodomésticos: Balay, Bosch, Siemens y Lynx, dependiendo de la marca del electrodoméstico que tuviera el usuario previamente en su domicilio.

Dichos lavavajillas se enviaron a los domicilios seleccionados durante la fase de lavado a mano, retirándose el antiguo en su caso, y entregando el lavavajillas de BSH, encajado en el hueco, pero sin habilitar, para evitar su uso antes de la segunda fase del estudio.

Todos los lavavajillas tienen la misma electrónica e idéntico sistema hidráulico. De esta manera, todos consumen 12 litros de agua y 1,05 kilovatios por hora de energía en el programa de referencia que es el ECO 50° C.

Resultados y conclusiones

Las mediciones realizadas durante el periodo de lavado a mano de la vajilla han determinado que el consumo de agua en el fregadero es como media de 88,8 litros diarios, de los que 52 corresponden a agua caliente. Este consumo es, aproximadamente, el 26 por ciento del total de la vivienda.

Una vez instalados y habilitados los lavavajillas, este consumo de agua en el fregadero se redujo a 54,2 litros diarios, que representan el 15,9 por ciento del consumo total, siendo 24,6 litros diarios el de agua caliente.

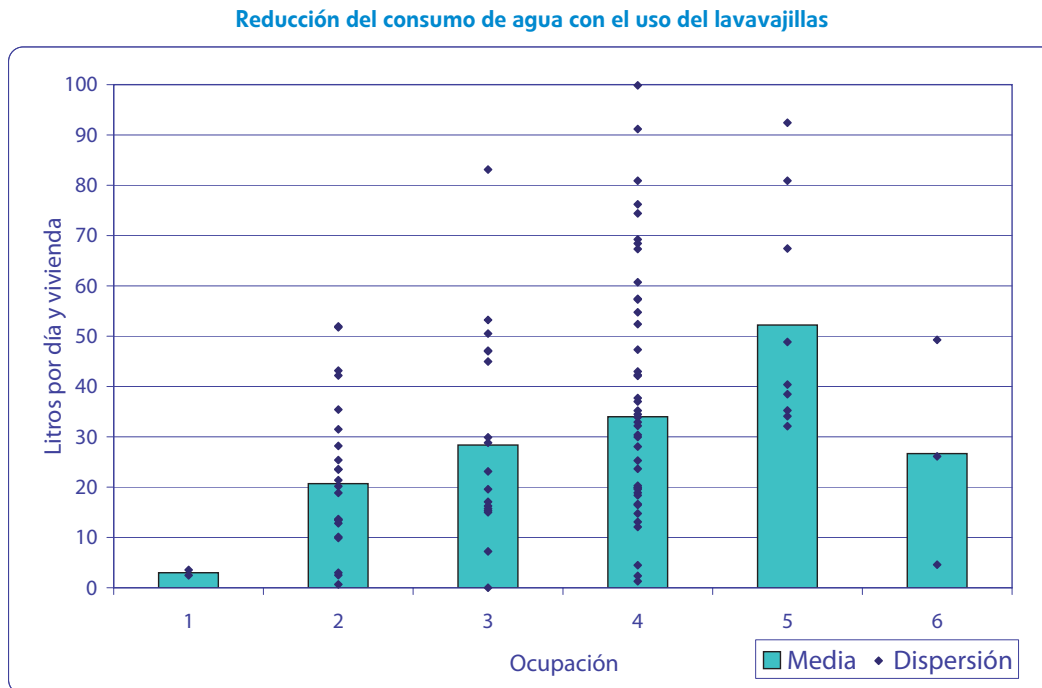
Durante el periodo de prueba de utilización del lavavajillas, se ha monitorizado cada uno de los usos del mismo, registrándose el momento de utilización y los volúmenes de agua consumidos. Según los datos de referencia del fabricante, el consumo de agua de cada ciclo está comprendido entre los 10 y los 17 litros, dependiendo del programa utilizado. Los registros tomados durante la prueba confirman estos datos, siendo el volumen medio por uso durante todo el periodo monitorizado, de 12,47 litros.

La frecuencia media de utilización del lavavajillas ha sido de 2,46 usos por semana, dependiendo este dato en gran manera, como era previsible, del número de personas que habitan la vivienda.

Los resultados obtenidos indican una clara mejora en la eficiencia del uso de agua mediante la utilización del lavavajillas, obteniéndose un ahorro de agua equivalente al 9 por ciento del consumo total de las viviendas. Este ahorro, por término medio, se ha evaluado en 30,6 litros diarios, de los que 27,4 serían de agua caliente. Siendo el mismo notablemente mayor en viviendas en las que habitan 3 o más personas, llegando a los 52 litros de ahorro diario en viviendas de 5 habitantes, y mínimo en viviendas ocupadas por una única persona.

Extrapolando estos valores al conjunto de la Comunidad de Madrid, considerando el 47 por ciento de viviendas que no dispone de lavavajillas y teniendo en cuenta los datos de ocupación de esos hogares, existe un ahorro potencial de 8,9 hectómetros cúbicos al año, con una media de 23 litros diarios por vivienda.

La mejora en el uso de la energía se ha evaluado en 1,06 kilovatios por hora diarios, y es debida a la reducción en el volumen de agua caliente empleada, que compensa ampliamente la energía utilizada por el lavavajillas ensayado.



Los resultados obtenidos se han conseguido con una utilización normal del electrodoméstico, de la forma que es habitual en los hogares de la Comunidad de Madrid. La mejora en la eficiencia se encuentra muy relacionada con los hábitos en el lavado de la vajilla, tanto a mano como a máquina, los cuales han mostrado una gran disparidad. Se estima que con la mejora de estas prácticas, en especial atendiendo a las recomendaciones de los fabricantes de lavavajillas en lo que se refiere a una utilización eficiente, podrían superarse los buenos resultados que se han puesto de manifiesto en este trabajo.



ÍNDICE DE CONTENIDOS



1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN página 18

2. ANTECEDENTES página 22

3. METODOLOGÍA página 26

- 3.1. Selección de la muestra
- 3.2. Descripción de la muestra
- 3.3. Equipos de medida
- 3.4. Calibración
- 3.5. Registro de los consumos
- 3.6. Instalación de los lavavajillas
- 3.7. Proceso de la información

4. RESULTADOS página 48

- 4.1. Lavado a mano
- 4.2. Uso de lavavajillas
- 4.3. Análisis comparativo

5. CONCLUSIONES página 64

6. REFERENCIAS página 68

7. ÍNDICE DE FIGURAS página 72

8. ÍNDICE DE TABLAS página 76

9. ANEXOS página 80

Anexo I

Anexo II

1

Objeto y Justificación

El Canal de Isabel II, empresa pública responsable del abastecimiento de agua potable a la población de la Comunidad de Madrid, está altamente comprometido en la gestión eficiente del recurso y en promover una utilización racional del agua en todos sus usos. El Canal de Isabel II, en sus actividades de I+D+I ha llevado a cabo múltiples proyectos de investigación para mejorar el conocimiento de la utilización del agua suministrada e impulsar la eficiencia.

En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60 por ciento del volumen total de agua suministrada. La utilización del agua en el hogar, en sus distintos usos finales y potencial de ahorro, ha sido objeto de diversos estudios realizados por Canal de Isabel II mediante medida directa de los caudales instantáneos suministrados a una muestra de viviendas.

Se ha determinado en estos trabajos que el consumo de agua en los distintos grifos de la vivienda (excluidas duchas y bañera) es más del 30 por ciento del volumen total utilizado en usos domésticos de interior, pudiendo suponerse que una parte importante de ese consumo corresponde al lavado de la vajilla, mientras que el consumo de agua específico en lavavajillas solamente es del 1 por ciento del volumen total consumido en el hogar. Estos datos se han obtenido sobre una muestra en la que el 53 por ciento de las viviendas disponía de lavavajillas, proporción que es extrapolable al conjunto de la Comunidad de Madrid.

BSH Electrodomésticos, trabaja desde hace años en la mejora de la eficiencia de sus productos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida: producción, distribución, uso y fin de uso. Los análisis de ciclo de vida muestran que más del 90 por ciento del impacto de los lavavajillas que fabrica tiene lugar durante la etapa de uso en los hogares debido, principalmente, al consumo de recursos del aparato, razón por la cual ha centrado sus esfuerzos en incorporar mejoras tecnológicas que permitan disminuir dicho consumo. Desde 1990 se ha reducido el consumo de agua por ciclo de lavado en un 68 por ciento y en un 44 por ciento el consumo de energía, (figuras 1 y 2).

Figura 1. Evolución del consumo de agua

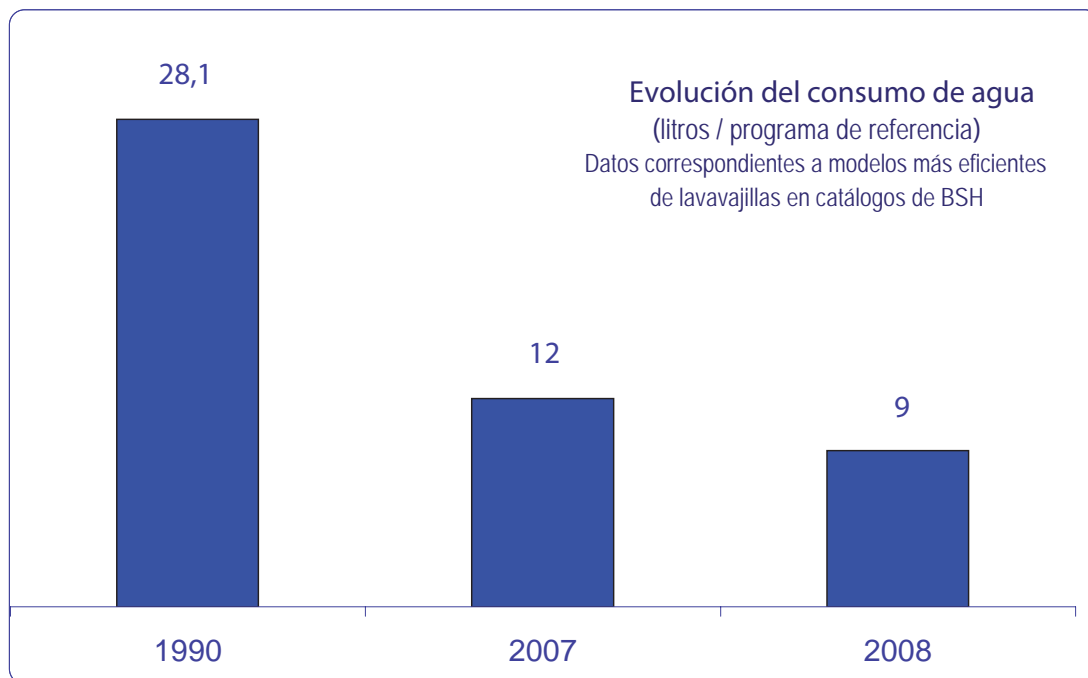
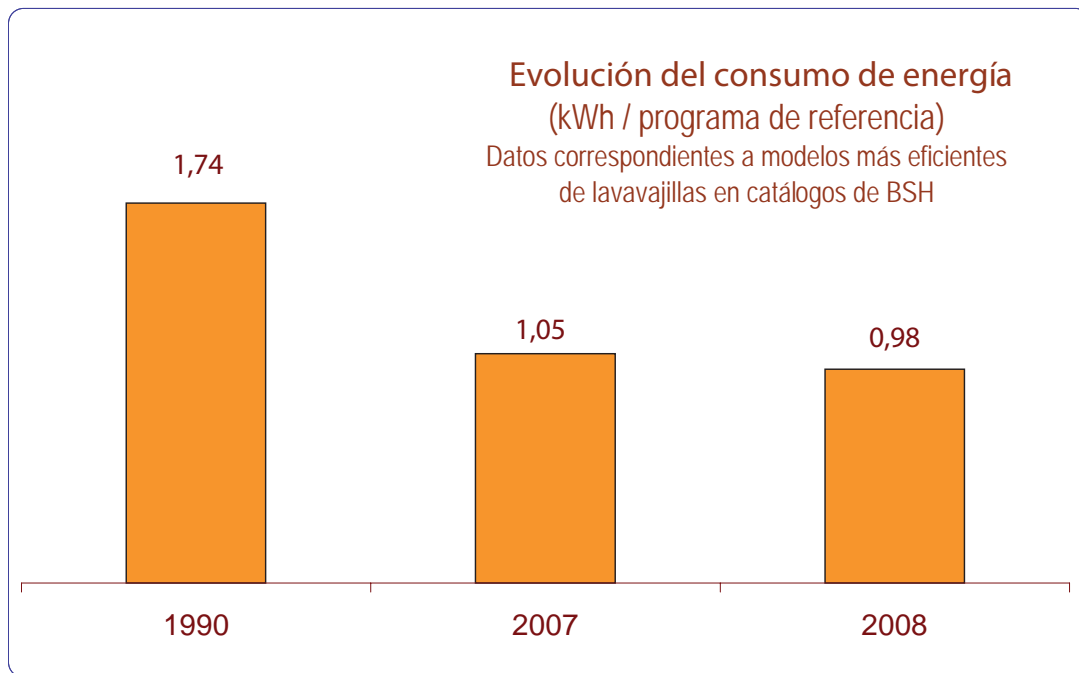


Figura 2. Evolución del consumo energético



Los lavavajillas utilizados en el estudio consumen en programa normal 12 litros de agua, lo que en una primera apreciación supone un ahorro considerable con respecto al lavado a mano. En algunos ensayos realizados en laboratorio se ha determinado que el volumen de agua empleado en el lavado a mano de una cantidad equivalente de vajilla puede oscilar entre 50 y 170 litros de agua. Evidentemente las condiciones de utilización en el hogar tanto del lavado a mano como del uso del lavavajillas son muy variadas y diferentes a las de una prueba de laboratorio, por lo que resulta de interés la experimentación en condiciones reales.

El objetivo del proyecto de investigación que aquí se presenta es evaluar el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales que puede obtenerse en los hogares mediante el empleo del lavavajillas. El objeto del trabajo se centra en el uso del agua, que constituye el aspecto principal de la actividad del Canal de Isabel II, pero también se ha efectuado una evaluación de la eficiencia energética, considerada asimismo un objetivo medioambiental de primer orden.

Este trabajo ha sido emprendido conjuntamente por el Canal de Isabel II y BSH Electrodomésticos España (BSHE), sobre una muestra de 155 viviendas consideradas representativas de la Comunidad de Madrid y por extensión, del conjunto de la población española, mediante ensayo en condiciones reales de uso durante cuatro meses. Durante un periodo de dos meses, los participantes se comprometieron a lavar la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente se instalaron lavavajillas eficientes, de clase AAA y durante otro periodo de dos meses se continuó monitorizando el consumo, ya con la utilización del aparato suministrado.

2

Antecedentes

El conocimiento de la demanda de agua, sus pautas de comportamiento y factores explicativos ha sido objeto de trabajos de investigación por parte de Canal de Isabel II desde antiguo, siendo los trabajos más recientes los siguientes:

- Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid (2001).
- Evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid (2004).
- Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior (2006).
- Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid (2003-2006).
- Monitorización de pautas de consumo de agua en actividades comerciales (2007).
- Caracterización y predicción de la demanda (2008).

Estos trabajos han permitido obtener un buen conocimiento de las características de la demanda de agua en el ámbito de suministro del Canal de Isabel II. Esta información es de una gran utilidad para el establecimiento de políticas de gestión de la demanda y para la realización de predicciones sobre la evolución futura.

En el año 2001 se efectuó una encuesta sobre 4.625 usuarios de la Comunidad de Madrid, al objeto de obtener las variables que afectan a los patrones de consumo. En 2003 se llevó a cabo una monitorización continua del consumo en unos 300 hogares, obteniendo una importante información sobre los usos finales del agua y su relación con las características de las viviendas, hábitos de los usuarios, tipo de fontanería e instalaciones. Esta muestra se amplió en 2006 hasta 695 viviendas de diferente tipología, además de otras instalaciones de riego, comercios, oficinas y otros establecimientos. En el año 2006 se realizó un estudio de potenciales de ahorro en el consumo mediante dispositivos de fontanería eficiente, como extensión de los anteriores trabajos de monitorización.

En cuanto a la cuestión específica del lavado de la vajilla, existe un estudio de laboratorio llevado a cabo por la Universidad de Bonn en 2003 (Stamminger y otros autores, 2004), en el que se analizaron los hábitos de lavado de la vajilla a mano, en idénticas condiciones, para 113 personas de 7 países europeos. Dicho estudio evidenció grandes diferencias en el comportamiento de las personas a la hora de lavar la vajilla con importantes consecuencias en la cantidad de recursos (agua, energía, tiempo, detergente) utilizada.

Asimismo, se concluyó que los lavavajillas son capaces de lavar la misma cantidad de vajilla con mucha menor cantidad de agua y energía que ninguna de las personas participantes, además de obtener un mayor grado de limpieza.

El estudio concluye con una reflexión acerca de cómo sería el consumo en domicilios reales, ya que se trataba de un estudio de laboratorio, y enfatiza en cómo se podría fomentar un uso más racional de recursos a la hora de lavar vajilla.

3

Metodología

El trabajo que aquí se describe se ha realizado principalmente entre enero y junio de 2008, sobre una muestra de 155 viviendas, en las que se ha monitorizado de forma continua el consumo de agua durante al menos cuatro meses en cada vivienda. Durante los dos primeros meses los participantes debían realizar el lavado de la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente y tras la instalación y habilitación del lavavajillas, el lavado debía hacerse utilizando el electrodoméstico suministrado.

El lavavajillas se enviaba inhabilitado para evitar su uso antes de la segunda fase del estudio. Al inicio de ésta, un técnico de BSH Electrodomésticos habilitaba el lavavajillas dejándolo operativo.

El procedimiento seguido para la realización del trabajo ha consistido fundamentalmente en los siguientes pasos:

- Selección y caracterización de la muestra,
- Instalación y calibración de los equipos de medida,
- Monitorización de los consumos con lavado a mano,
- Instalación del lavavajillas,
- Monitorización de los consumos con lavado a máquina,
- Proceso de la información.

El calendario de realización del estudio se refleja en el cronograma (tabla 1):

Tabla 1. Cronograma

	2007		2008								
	nov.	dic.	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.
Selección de la muestra											
Instalación de contadores											
Monitorización lavado a mano ¹											
Instalación de lavavajillas											
Habilitación de lavavajillas											
Monitorización lavavajillas ²											
Desmontaje de contadores											
Análisis de datos											
Finalización											

¹ Monitorización de los consumos con lavado a mano (20/12/07 al 13/3/08)

² Monitorización de los consumos con lavado a máquina (6/3/08 al 15/9/08)

3.1. Selección de la muestra

La muestra fue seleccionada entre clientes de BSH Electrodomésticos repartidos por toda la Comunidad de Madrid que, o bien no disponían de lavavajillas en el momento de la selección o que, por antigüedad del aparato pudieran estar interesados en renovarlo.

Para ello, se enviaron cartas a 20.000 clientes, donde se explicaba el estudio que se iba a realizar conjuntamente con Canal de Isabel II y se facilitaba un número de teléfono para que los interesados se pusieran en contacto con BSH. De todas las llamadas recibidas se seleccionó una muestra inicial que cumpliera los requisitos necesarios para llevar a cabo el estudio:

- Tener un hueco de 60 centímetros de ancho y 81 centímetros de alto para poder instalar el lavavajillas en la vivienda.
- Tener hueco para poder instalar todos los instrumentos de medición necesarios sin necesidad de obra y permitir la instalación de los mismos para poder monitorizar el consumo de agua en la vivienda.
- Compromiso de lavar a mano durante el primer periodo del estudio.
- Compromiso de lavar con lavavajillas durante el siguiente periodo del estudio.
- Residir durante los meses del estudio en casa y no hacer reformas que pudieran afectar al consumo de agua durante los meses del estudio, como por ejemplo, construir un jardín, una piscina, etcétera, que pudiera distorsionar las mediciones en los meses del estudio.
- Mantener estable el número de personas en el domicilio durante los meses del estudio.
- Vivienda en propiedad.
- Tener como suministrador de agua a Canal de Isabel II.

Dicha preselección se hizo mediante un cuestionario telefónico que se reproduce en el Anexo 1.

Sobre la muestra inicial de 280 clientes, Canal de Isabel II, verificó la viabilidad de instalación de los equipos de medida necesarios en el domicilio, obteniendo así la muestra final de 155 domicilios, habiéndose descartado el resto por imposibilidad de instalar los distintos equipos o por renuncia de los preseleccionados.

La participación en el estudio se comunicó por carta, enviando el contrato de colaboración entre el usuario y BSH Electrodomésticos. Los candidatos debían comprometerse a lavar su vajilla, exclusivamente a mano, durante dos meses, y con el lavavajillas durante los dos siguientes meses y permitir la instalación en sus viviendas de la instrumentación necesaria para la monitorización del consumo. Como contrapartida se les ofreció la adquisición, a un precio simbólico, de un lavavajillas eficiente de clase AAA de 60 centímetros de ancho.

Se ha considerado que el tamaño de muestra de 155 viviendas es suficiente para una correcta representación de la población de la Comunidad de Madrid, obteniéndose un nivel de confianza del 95 por ciento y un error muestral del 7,9 por ciento, según análisis realizado por la consultora IPSOS. De ese análisis se deduce que el mismo nivel de representatividad para la Comunidad de Madrid es equivalente al resto de España.

Para la caracterización de la muestra se partió inicialmente de la información obtenida mediante el cuestionario realizado por BSHE. Posteriormente se realizó una encuesta a los usuarios con el fin de determinar las características más relevantes al objeto del estudio.

Esta encuesta se realizó de forma personal en los domicilios de los participantes, por considerarse esta modalidad la más ventajosa y fiable. En algunos casos en que no fue posible la entrevista personal, se recurrió al contacto telefónico o el envío postal de un cuestionario junto con las instrucciones para su cumplimentación y devolución. El cuestionario estaba compuesto por 60 preguntas distribuidas en estos capítulos:

- Datos generales,
- Características físicas de la vivienda,
- Características de los equipos de fontanería,
- Características ocupacionales,
- Hábitos de consumo y datos socioeconómicos,
- Hábitos de uso de lavavajillas.

3.2. Descripción de la muestra

Las restricciones inherentes al proyecto: disponibilidad de los usuarios, posibilidad de instalación del lavavajillas y de los equipos de medida sin realizar reformas, etc., hicieron que la selección de la muestra no haya sido totalmente aleatoria. Fue preciso, por tanto, verificar que se cumplieran algunos criterios de estratificación y ausencia de sesgo, en aquellos aspectos que pudiesen ser relevantes, de forma que se garantizase la representatividad de la muestra observada. Se resumen en los párrafos que se presentan a continuación.

3.2.1. Distribución geográfica

Las viviendas que componen el estudio se sitúan principalmente en el municipio de Madrid y su corona metropolitana, con una minoría ubicada en las zonas de la sierra y periférica, en una distribución que no se aparta significativamente de la distribución porcentual de viviendas en la Comunidad de Madrid según los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística en el Censo de 2001, (figuras 3 y 4).

Figura 3. Ubicación geográfica de las viviendas de la muestra

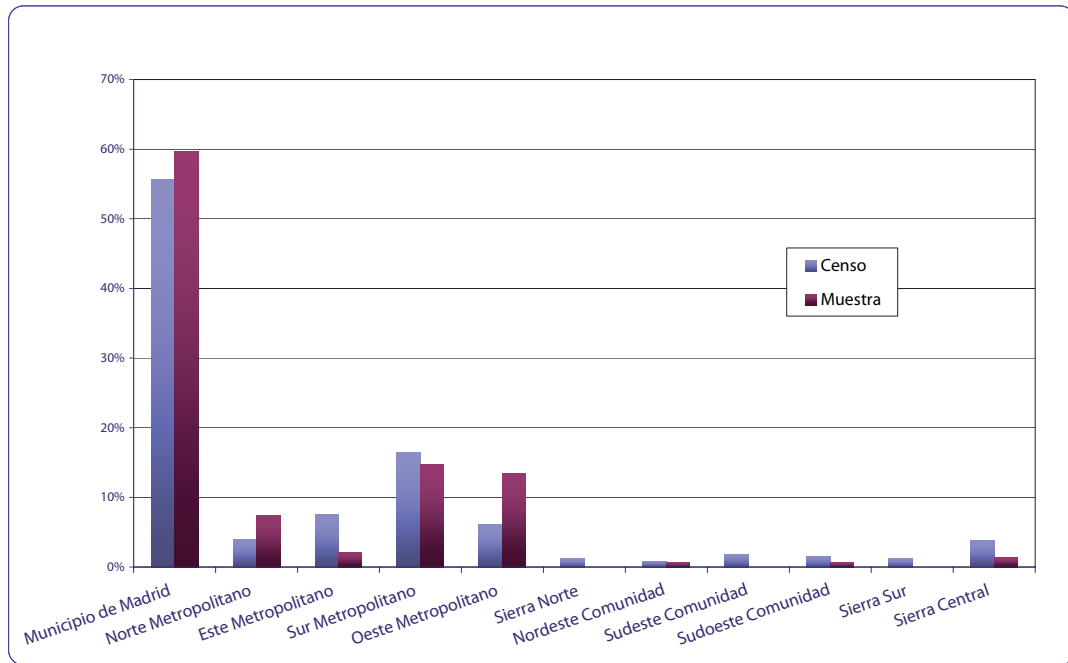
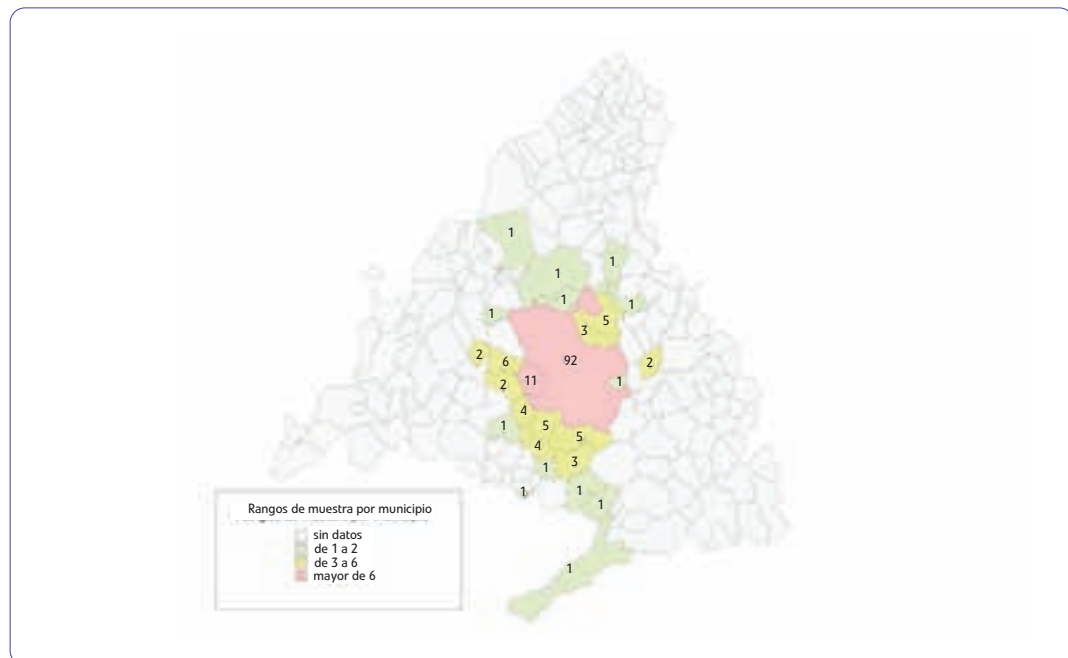
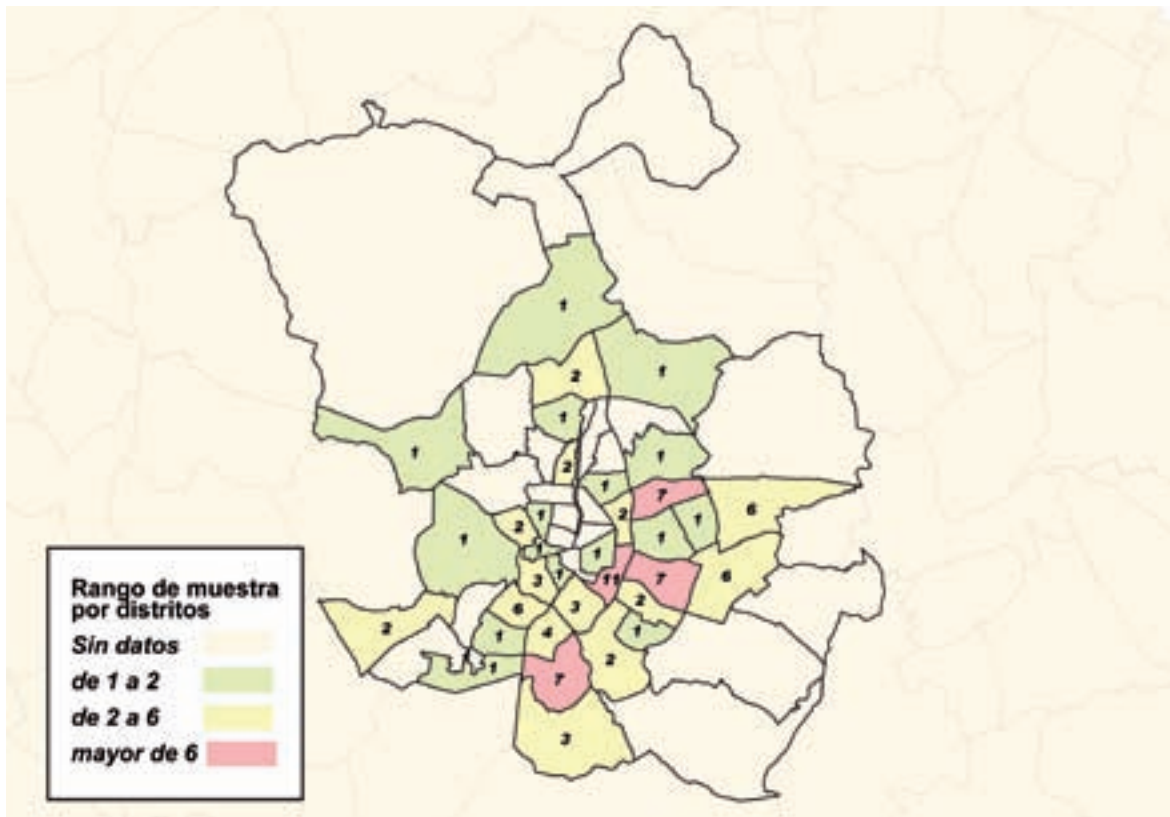


Figura 4. Distribución de la muestra en la Comunidad de Madrid



Dentro del municipio de Madrid también se han abarcado, prácticamente, todos los distritos (figura 5).

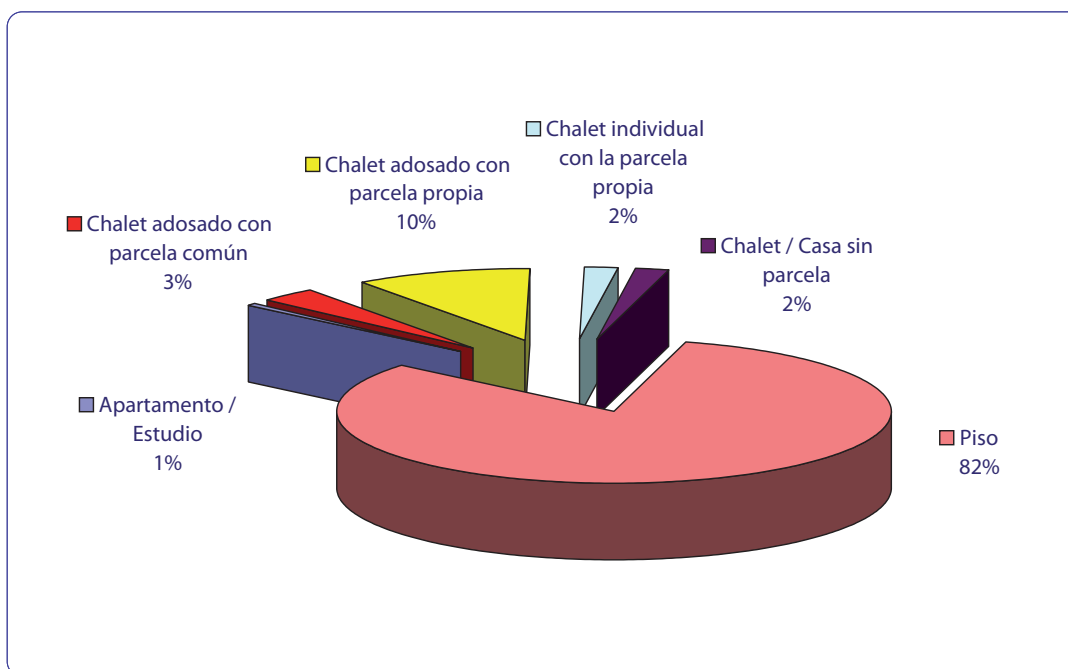
Figura 5. Distribución de la muestra en el municipio de Madrid



Tipología de viviendas

En la Comunidad de Madrid, según datos de Canal de Isabel II, el 12,5 por ciento de las viviendas son del tipo unifamiliar. La muestra incluida en este estudio presenta un 17 por ciento de viviendas unifamiliares, lo que permite disponer de un número significativo de esta tipología, lo cual resulta interesante dadas las particularidades que este tipo de viviendas presenta en cuanto al uso del agua, y a la tendencia creciente que se ha observado en los últimos tiempos en la proporción de viviendas unifamiliares. Cabe destacar que se trataba siempre de primeras viviendas, ocupadas de modo habitual. En la figura 6 se presenta la estratificación de la muestra por tipo de vivienda.

Figura 6. Estratificación por tipo de vivienda



Tamaño de las viviendas

El tamaño de las viviendas se ha evaluado en función de su superficie y del número de habitaciones. Este es un parámetro muy representativo de aspectos que inciden en el uso del agua, tales como el nivel económico de la familia, número de dispositivos que utilizan agua, etc.

La muestra incluida en el estudio presenta un cierto sesgo hacia viviendas de un tamaño superior a la media de la Comunidad de Madrid (figura 7), lo cual probablemente está relacionado con la presencia de lavavajillas o de disponibilidad para su instalación inmediata.

Figura 7. Tamaño de las viviendas de la muestra y promedio en la Comunidad de Madrid

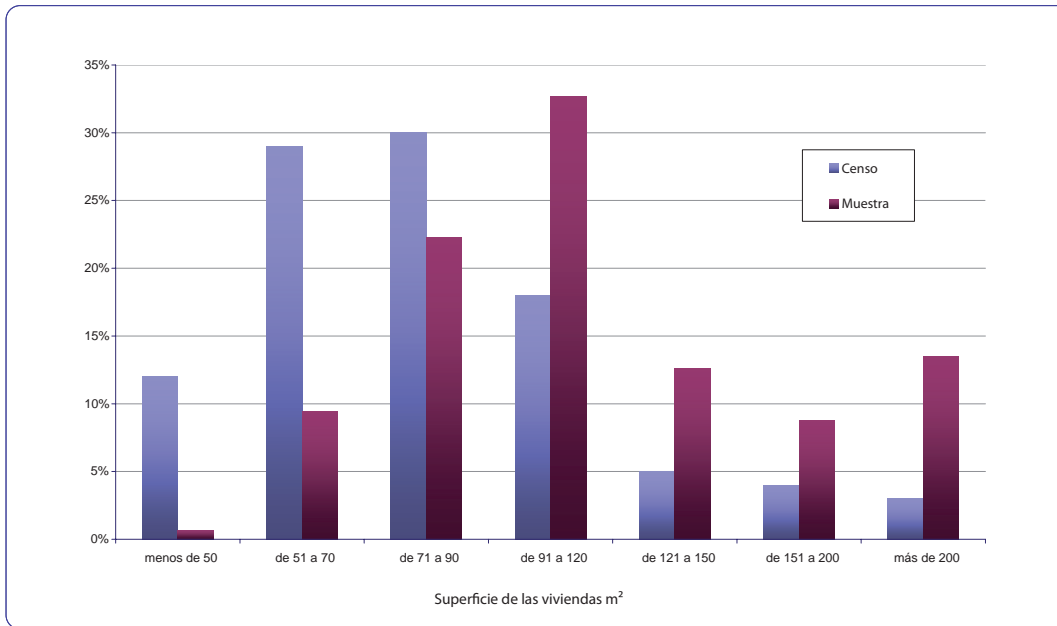
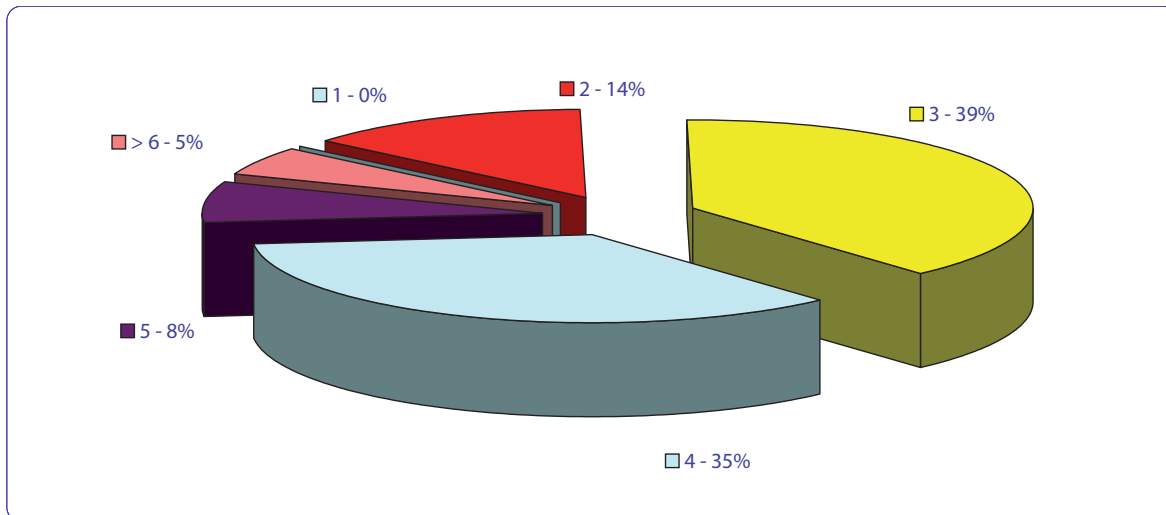


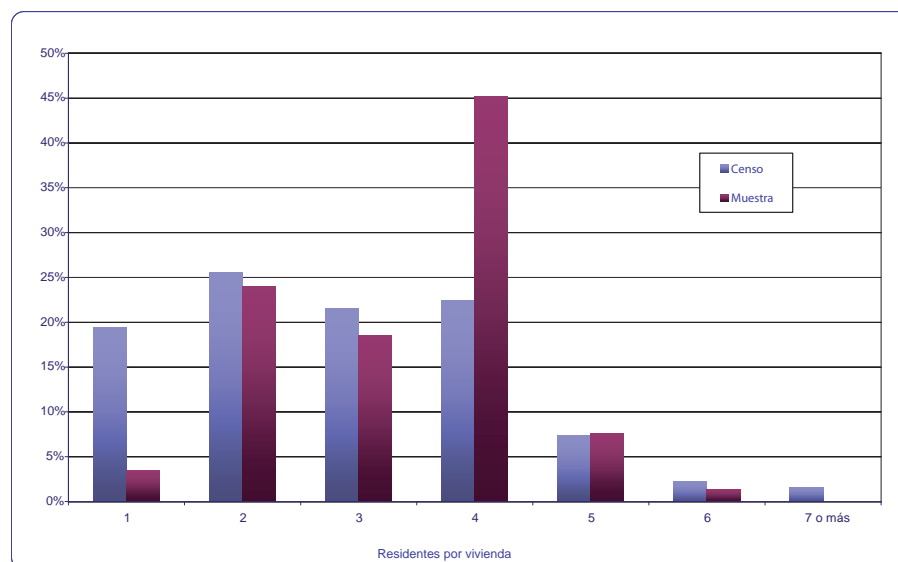
Figura 8. Número de habitaciones por vivienda en la muestra



Ocupación de las viviendas

El número de personas que habitan la vivienda, lógicamente, es un aspecto determinante del consumo de agua en general y particularmente en el lavado de la vajilla. La ocupación media de las viviendas incluidas en la muestra es de 3,34 personas por vivienda, algo superior a la media de la Comunidad de Madrid, que según el último censo disponible establecía 2,89 personas por vivienda. La descripción de la muestra respecto a la ocupación y comparación con los datos generales de la Comunidad de Madrid es la que se muestra en la figura 9.

Figura 9. Ocupación de las viviendas



Se observa una representación mayor de viviendas ocupadas por 4 personas, en detrimento de las de un solo habitante, lo cual también está relacionado con la disponibilidad de lavavajillas, que es mucho menos frecuente en viviendas unipersonales y aumenta considerablemente con la ocupación. Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta a la hora de analizar los resultados y extrapolarlos al resto de la población de la Comunidad de Madrid o de España.

En la tabla 2 se indica la proporción de viviendas, según ocupación, en la Comunidad de Madrid y en el conjunto de España, según datos del Instituto Nacional de Estadística, comparados con la muestra del estudio.

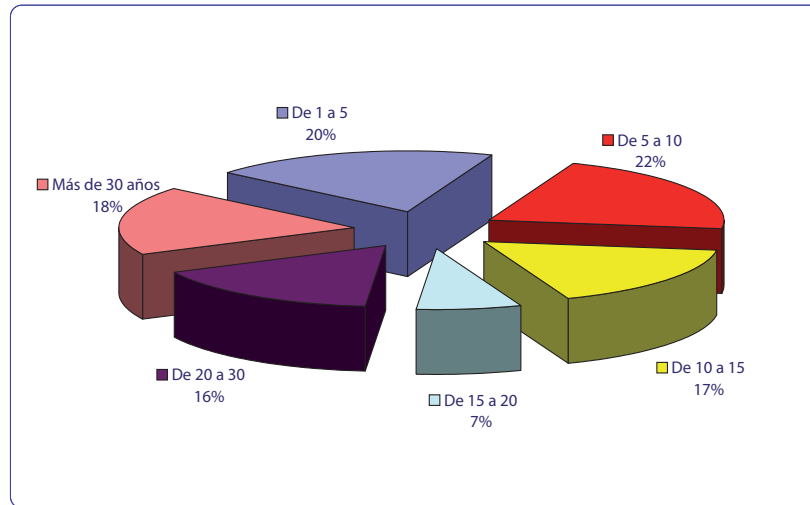
Tabla 2. Porcentaje de viviendas según ocupación

	ESPAÑA	MADRID	Muestra
Hogar con 1 persona	20,3	19,4	3,4
Hogar con 2 personas	26,0	25,5	24,0
Hogar con 3 personas	21,9	21,5	18,5
Hogar con 4 personas	21,6	22,4	45,2
Hogar con 5 personas o más	10,2	11,2	8,9

Antigüedad de las viviendas

Las viviendas incluidas en el estudio pueden considerarse relativamente nuevas, ya que solamente un 18 por ciento tiene más de 30 años, y un 42 por ciento tiene menos de 10. La comparación con los datos censales no puede ser homogénea, ya que el último censo de 2001 no incluye lógicamente las viviendas construidas en los últimos años. Según ese censo, en aquellas fechas, un 44,4 por ciento de las viviendas de la Comunidad de Madrid tenían más de 30 años y solamente un 16,1 por ciento menos de 10.

Figura 10. Antigüedad de las viviendas



Otros datos estructurales

Tabla 3. Número de cuartos de baño y aseos en las viviendas de la muestra

Cuartos de baño por vivienda	Total en muestra	%	Cuartos de aseo	Total en muestra	%
0	1	0,65%	0	101	65,16%
1	36	23,23%	1	44	28,39%
2	102	65,81%	2	5	3,23%
3	13	8,39%	3	1	0,65%
4 ó más	3	1,94%	4 ó más	0	0,00%
No sabe, no contesta	0	0,00%	No sabe, no contesta	4	2,58%

Tabla 4. Proporción de viviendas con terraza y con jardín en la muestra

Terraza	Total en muestra	%	Jardín en m ²	Total en muestra	%
No tienen	65	41,94%	No tienen	130	83,87%
Sí, con plantas y flores	61	39,35%	De 25 a 75	21	13,55%
Sí, sin plantas	28	18,06%	De 75 a 200	2	1,29%
No sabe, no contesta	1	0,65%	De 200 a 500	2	1,29%
			Más de 500	0	0,00%

Tabla 5. Porcentaje de viviendas con piscina y volumen de las mismas

Piscina propia	unidades	%
No tienen	141	90,97%
Si, de menos de 10 m ³	0	0,00%
Si, de 21 a 30 m ³	0	0,00%
Si, de 31 a 45 m ³	3	1,94%
Si, de 46 a 75 m ³	1	0,65%
Si, de 76 a 100 m ³	0	0,00%
Si, más de 100 m ³	0	0,00%
No sabe, no contesta	10	6,45%

Nivel de consumo de agua

De aquellos participantes en el estudio que son clientes directos del Canal de Isabel II (89 viviendas), se dispone del historial de consumos de agua facturados. Los datos correspondientes a 2007 y su comparación con la media de la Comunidad de Madrid se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 6. Dotaciones 2007 por vivienda en litros por día

	Plurifamiliar	Unifamiliar	Todas
Muestra	352,1	464,8	382,5
Media Canal de Isabel II	307,9	521,1	335,4

Tabla 7. Dotaciones 2007 por habitante en litros por día

	Plurifamiliar	Unifamiliar	Todas
Muestra	110	137,7	117,8
Media Canal de Isabel II			135,8

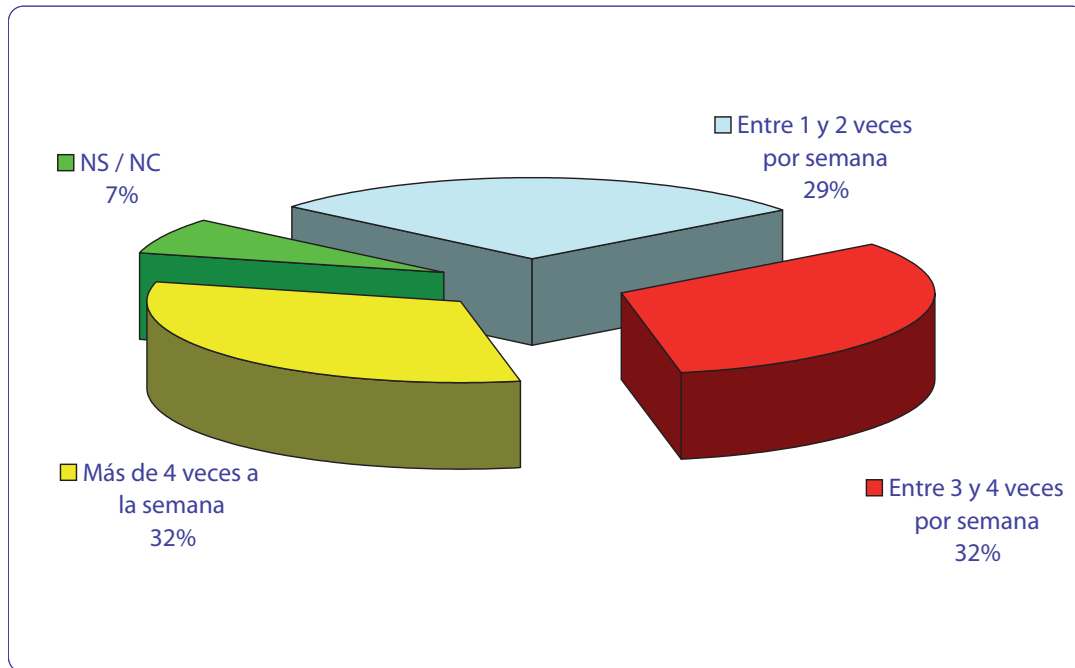
Las dotaciones por vivienda, excepto en el caso de las unifamiliares son algo superiores a la media de la región, lo que se debe a la mayor ocupación, siendo las dotaciones por habitante un 14 por ciento inferiores a la media, también reflejo del menor consumo por habitante en las viviendas con mayor ocupación.

Utilización del lavavajillas

En la Comunidad de Madrid, según datos obtenidos por Canal de Isabel II en 2001, mediante encuesta sobre 4.500 viviendas, la proporción de hogares con lavavajillas es del 53 por ciento, algo superior a la media nacional. En la muestra estudiada en este proyecto 141 de las 155 viviendas (un 91 por ciento) disponían ya de este electrodoméstico.

En el gráfico siguiente se presentan los datos relativos a la frecuencia de uso del lavavajillas manifestado por los participantes en el presente estudio.

Figura 11. Frecuencia de uso semanal del lavavajillas



En cuanto a los hábitos antes de la carga del lavavajillas, un 31 por ciento indica que retira los restos de comida sin utilizar nada de agua, un 58 por ciento pasa la vajilla por agua para retirar los restos, y un 1 por ciento lo carga directamente.

Además, un 84 por ciento afirma cargar completamente el lavavajillas y un 7 por ciento no lo llena completamente pero dice utilizar la función de media carga. Solamente un 15 por ciento utiliza el prelavado y el 79 por ciento lava a mano la vajilla delicada, como las copas.

3.3. Equipos de medida

Los requisitos técnicos que el objetivo de este estudio exige son difíciles de solventar mediante las soluciones comerciales habituales que se pueden encontrar en el mercado. Se requiere un sistema que permita caracterizar las curvas de consumo de los domicilios controlados con precisión.

Como la precisión de los contadores debe ser muy alta se ha debido recurrir a contadores volumétricos con salida mediante emisor de impulsos para su centralización en equipos datalogger. Estos equipos tienen una limitación de memoria para el registro de datos y número de canales de entrada que admiten.

Para optimizar esta memoria se ha empleado un procedimiento ventajoso, de forma que se registran volúmenes atendiendo a pulsos generados como eventos. Es decir, cada pulso genera un evento en el programa del equipo que será registrado en la memoria junto con la fecha y hora en que se produjo. Para este estudio se produce un pulso por litro consumido. De este modo se caracteriza la curva de consumo controlando además los volúmenes consumidos.

Los contadores de precisión instalados se complementan con un equipo que registra el momento y la cantidad del consumo de agua. Este equipo se sitúa cerca del contador de precisión y va conectado a él a través de un cable. Esta estación transmite de forma autónoma y periódicamente los datos registrados.

Este equipamiento permite la identificación de los distintos usos del agua en el hogar: grifos, cisternas, duchas o electrodomésticos. Sin embargo, no es posible en la mayoría de los casos distinguir los diferentes grifos de la vivienda (fregadero, lavabo, bidé, etc.) por presentar unas curvas de consumo muy similares, por lo que se planteó el empleo de otros equipos para el control del consumo del lavado de la vajilla a mano que se realiza en los fregaderos. Para este objetivo se utilizaron contadores de velocidad de clase B, cuya precisión se ha considerado suficiente. En el caso de viviendas con entrada general de agua caliente se utilizaron también contadores de velocidad, ya que la temperatura del agua hace que no sean apropiados los contadores volumétricos.

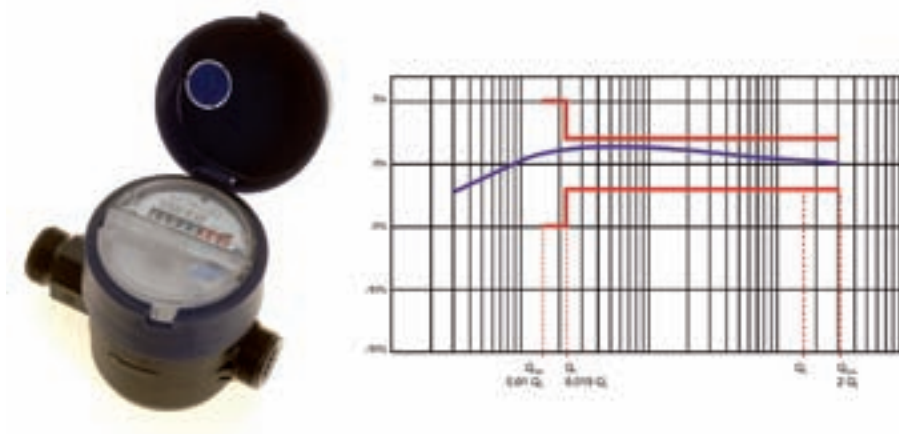
En conclusión, los equipos seleccionados fueron:

- **Equipos hidráulicos:**

Para la entrada general de agua fría contador volumétrico de Clase C (620C), tipo pistón rotativo, equipado con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un litro de agua. Este emisor se conecta a uno de los canales de entrada digital de la estación remota. Cuando ha sido posible, estos contadores se han instalado en serie con el contador existente, en caso contrario, se ha procedido a la sustitución del mismo.

En los fregaderos (agua fría y caliente) y entrada general de agua caliente contadores de velocidad de Clase B. Se han utilizado para controlar el volumen de agua usado en el fregadero, y también cuando en los domicilios se tenía alguna entrada general de agua caliente. En este último caso, se instalaron con un emisor de pulsos conectado a un canal de entrada digital de la estación remota.

Figura 12. **Contadores volumétricos de precisión**



Fuente: Sensus Metering System

- Equipos electrónicos:

Emisores de pulsos. A los contadores que controlan la entrada general de agua a la vivienda se les acopla en su parte superior un emisor de pulsos que trasmite la señal del paso del volumen desde el contador que lo mide a la estación remota, a través de un cable.

Figura 13. Emisor de pulsos



Fuente: Sensus Metering System

Estación remota de control con MODEM GSM integrado, para la transmisión de históricos al centro de control. Estos equipos disponen de una capacidad de almacenamiento de hasta 25.000 lecturas. La estación remota cuenta con una antena de transmisión que permite buscar la mejor señal posible, o sacar la antena al entorno cercano. Estas estaciones de control se montaron dentro de una caja resistente al agua, con una etiqueta identificativa del proyecto y un número de teléfono donde comunicar posibles incidencias.

Figura 14. Estación remota de registro y control



3.4. Calibración

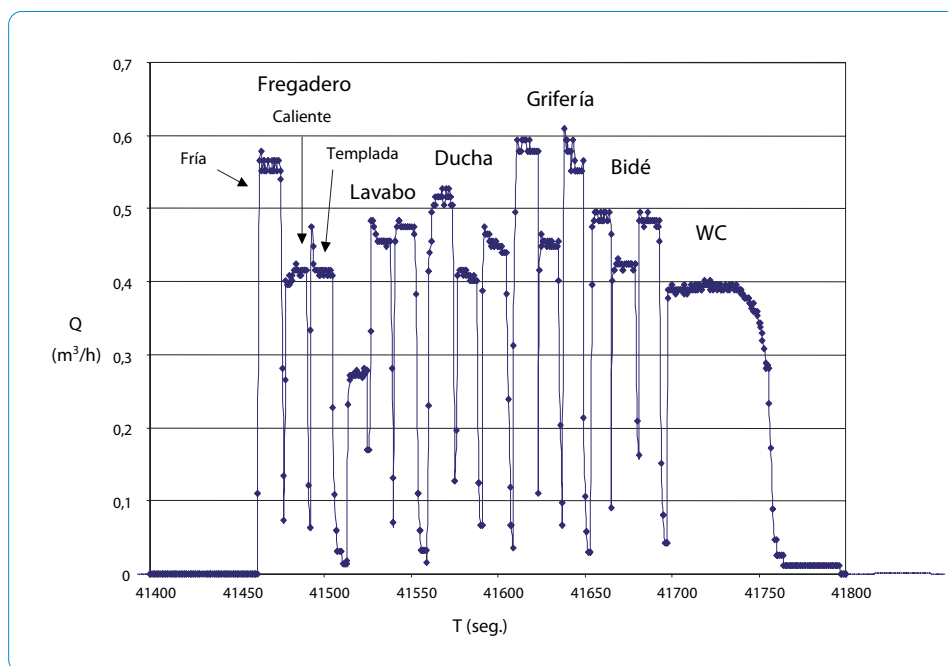
Como se ha indicado con anterioridad, el consumo derivado del lavado de vajilla a mano se obtiene a partir de los contadores de velocidad instalados bajo los fregaderos de los usuarios. Sin embargo, en el caso de los contadores volumétricos instalados en la entrada general de agua, se registrará el consumo de todos los usos domésticos.

La representación de los registros almacenados por estos contadores da como resultado una curva de consumo: caudal frente a tiempo. En esta curva se pueden diferenciar los distintos usos del agua, siempre y cuando se conozca la curva característica de cada elemento. Además, integrando el área encerrada bajo la curva, se calcula el volumen consumido.

Para caracterizar las diferentes curvas según el domicilio, se realiza un proceso de calibración, que consiste en la apertura de los distintos elementos individualmente, anotando el tiempo y hora de apertura. Para un mismo elemento se hará para agua fría y caliente, cuando corresponda. El resultado será el registro de estos consumos que podrán ser identificados y relacionados con su elemento al procesar los datos enviados por cada estación. En la figura 15 se muestra la curva característica de un domicilio.

En el caso de los electrodomésticos (lavadora y lavavajillas) los patrones de consumo se identifican fácilmente ya que presentan ciclos repetitivos con un mismo caudal. El volumen de estos ciclos puede variar en función del programa seleccionado, no obstante, presentan estructuras que aparecen de forma cíclica durante un determinado intervalo de tiempo en el que el caudal se mantiene constante. El patrón de consumo del lavavajillas, que es el que interesa a efectos de este estudio, es perfectamente conocido puesto que se determina en los laboratorios de BSHE, fabricante de todos los aparatos instalados (ver el apartado 3.6).

Figura 15. Ejemplo de curvas características de consumo



3.5. Registro de los consumos

La recogida de datos se realiza a través de contadores con salida mediante emisor de pulsos. Este emisor genera un pulso por litro consumido y está conectado a uno de los canales de entrada digital de la estación remota de control. Cada canal tiene asociada una función de registro que provocará el almacenamiento del dato con la fecha y hora en la que se produce el evento. El dato almacenado es la unidad de volumen fijada; en este proyecto, cada litro, tal y como ya se ha indicado.

Estos datos son transmitidos al centro de control mediante el Modem GSM. La frecuencia de transmisión para la descarga de históricos se ha configurado de tal forma que los datos se reciben diariamente en el centro de control, además de poder ser descargados a demanda de los técnicos ocupados del seguimiento. La comunicación y descarga correcta se comprueba diariamente de forma que queda asegurada la integridad de los datos, así como la posibilidad de intervención inmediata en caso de cualquier incidencia.

Además de los datos de consumos, los equipos de registro notifican alarmas en el caso de que se produzcan incidencias tales como errores en la transmisión, agotamiento de la batería o llenado de la memoria. En cualquier caso, la seguridad de los datos queda garantizada, ya que el equipo dispone de una función específica que permite forzar la descarga de históricos cuando la memoria está próxima a agotarse.

Junto a estos datos continuos, se cuenta con las lecturas de los contadores de fregadero, que proporcionaron los datos al inicio del estudio, en el momento de puesta en marcha del lavavajillas, y al finalizar el periodo de control del consumo en el lavado de vajillas.

3.6. Instalación de los lavavajillas

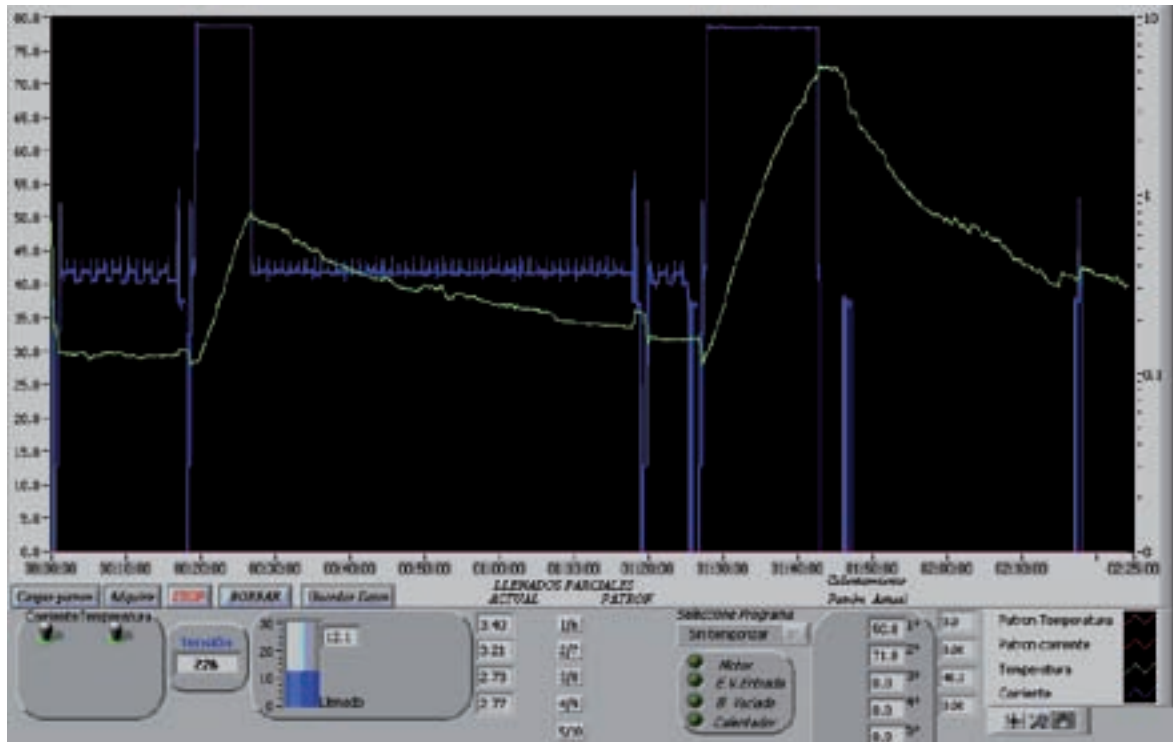
Para llevar a cabo el estudio, se han utilizado lavavajillas de 60 centímetros de ancho, de cada una de las marcas de BSH Electrodomésticos: Balay, Bosch, Siemens y Lynx, dependiendo de la marca del electrodoméstico que tuviera el usuario previamente en su domicilio.

Dichos lavavajillas se enviaron a los domicilios seleccionados durante la fase de lavado a mano; se retiraba el antiguo y se entregaba el lavavajillas de BSH, encajándolo en el hueco, pero sin habilitar, para evitar su uso antes de la segunda fase del estudio.

Todos ellos tienen la misma electrónica e idéntico sistema hidráulico. De esta manera, todos consumen 12 litros de agua y 1,05 kilovatios por hora de energía, en el programa de referencia que es el ECO 50° C.

En la figura 16, la línea verde muestra la evolución de la temperatura de lavado en dicho programa y la línea azul la intensidad de corriente. Se aprecia en esta gráfica que, una vez pasada la fase de prelavado, la temperatura se eleva para empezar la fase de lavado a 50° C. Al final del lavado ésta se eleva hasta 70° C, en la fase de aclarado final, para que durante el secado seque perfectamente.

Figura 16. Diagrama de consumo del lavavajillas



Fuente: BSH

Además, se refleja el número de llenados o tomas de agua que necesita el lavavajillas (12,1 litros en total) a lo largo de las 2 horas y 25 minutos que dura el programa de referencia (figura 17).

Figura 17. Tomas de agua del lavavajillas



En el lavado de la vajilla el agua realiza funciones diversas. Actúa como medio de transporte y como disolvente del detergente, de la sal de regeneración y de los restos de alimentos, así como de transmisor del calor. Además, en el lavado a máquina, el agua transmite la energía mecánica de realización del lavado.

Para el lavado a máquina de la vajilla es imprescindible reducir el grado de dureza del agua mediante descalcificación. En los lavavajillas domésticos esta función se realiza por intercambio a través de una sustancia sintética granulada (masa de intercambio) de los iones de calcio y magnesio presentes en el agua, por los iones de sodio que aporta la solución salina añadida antes de la puesta en marcha del aparato. Cuando la masa de intercambio se satura es necesario regenerarla, aplicando una solución salina muy concentrada procedente del depósito de alimentación de sal. La cantidad de agua regenerada y, en consecuencia, la cantidad de salmuera, puede ajustarse en correspondencia con el grado de dureza del agua. Dicha regeneración no se realiza en cada lavado sino, cuando el descalcificador está saturado y es necesario regenerarlo. De esta manera, se ahorran hasta tres litros por lavado y una gran cantidad de sal. En el anexo II se expone una descripción detallada del funcionamiento del lavavajillas eficiente y de las técnicas utilizadas por el fabricante para minimizar el uso del agua y optimizar la eficiencia.

El etiquetado energético que presentan los modelos utilizados para el estudio es AAA; donde la primera "A" representa la eficiencia energética, la segunda "A" representa la eficacia de lavado y la tercera "A" la eficacia de secado.

Dicho etiquetado se mide en el programa de referencia, que es aquel en el que se va a evaluar el consumo energético para clasificar el electrodoméstico en una escala que va de la "A" a la "G", dependiendo del grado de eficiencia energética del mismo.

En dicha escala, definida por Real Decreto 864/1998 por el que se regula el etiquetado energético de los lavavajillas domésticos, la letra "A" es la mejor calificación energética para lavavajillas, es decir, la que corresponde a un menor consumo de energía. Esto representa un consumo energético de 1,05 kilovatios hora en el programa de referencia para un lavavajillas de 12 cubiertos. Además, la etiqueta también informa del consumo de agua necesario para lavar una carga estandarizada de 12 cubiertos o servicios.

Respecto al programa de referencia, es el propio fabricante el que decide cual va a ser su programa de referencia para poder medir el etiquetado. En el caso de BSH Electrodomésticos es el programa ECO 50° C. Sólo en este programa se dan unas condiciones estandarizadas susceptibles de poder establecer comparaciones entre los diferentes fabricantes de lavavajillas.

La etiqueta energética del lavavajillas Balay, cuyos consumos se han analizado en este estudio, se representa en la figura 18.

Figura 18. Etiqueta energética

Energía	
Fabricante	Lavavajillas Balay
Modelo	
Más eficiente	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
Menos eficiente	
Consumo de energía kWh/ciclo <i>(basado en los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por el fabricante en un ciclo normalizado utilizando carga fría)</i> <i>El consumo real depende de las condiciones de utilización del aparato.</i>	
Eficacia de lavado A: más alta G: más baja	
Eficiencia de secado A: más alta G: más baja	
Cubiertos Consumo de agua l/ciclo	
Ruido (dB(A) re 1pW)	
Ficha de información detallada en los folletos del producto	
Norma EN 50242 Directiva 97/17/CE sobre etiquetado de lavavajillas	

Fuente: BSH

Figura 19. Lavavajillas Balay 3VS563BD



Fuente: BSH

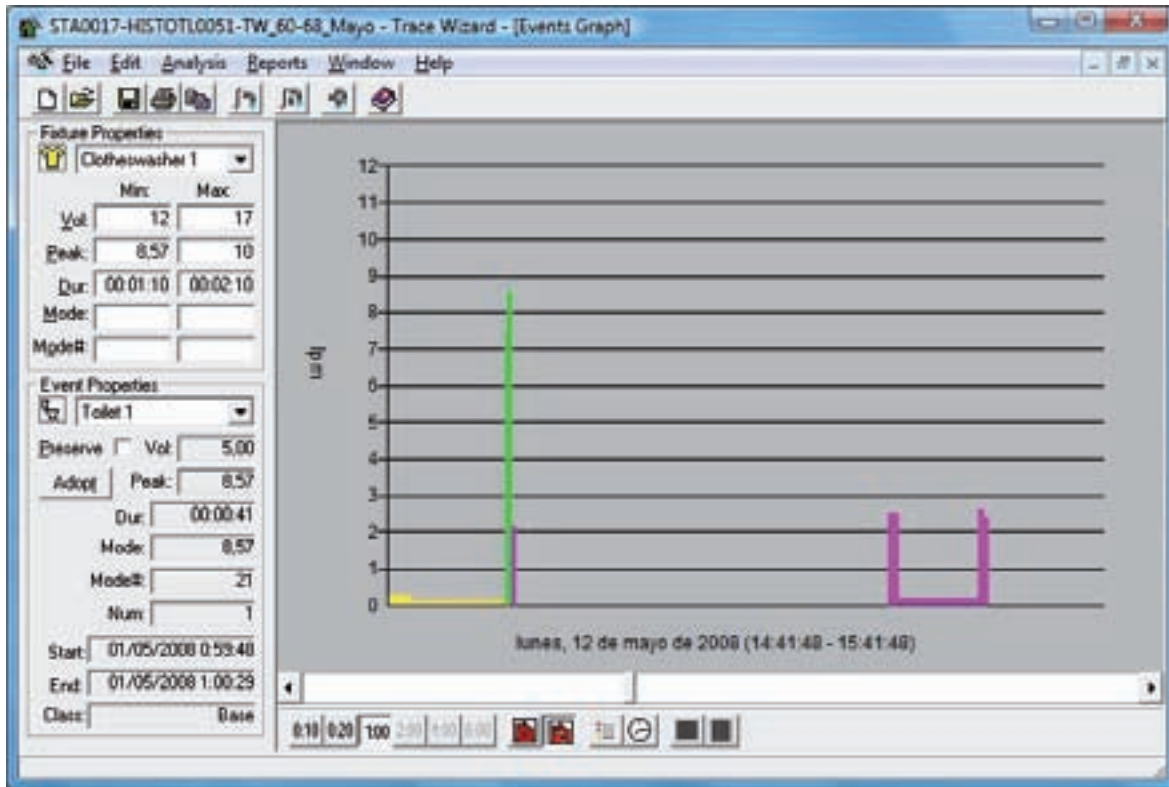
3.7. Proceso de la información

Para el tratamiento de los datos recibidos por las estaciones remotas de control se emplea el software Trace Wizard versión 4.1 R11 (©: Aquacraft, Inc., 2709 Pine St., Boulder, Colorado, 80302, USA).

En el software se introducen, para cada usuario, los datos de calibración de los dispositivos del domicilio, con el fin de discriminar los distintos usos finales del agua. Este software es capaz de identificar los patrones de consumo de cada dispositivo, aun en el caso de que se produzcan superposiciones en los usos. Los resultados que proporciona consisten en el volumen utilizado en cada aplicación, y la hora exacta en que se ha producido. Finalmente, estos resultados son supervisados por un técnico con el fin de validarlos, antes de darlos por correctos.

El control continuo de los consumos permite también detectar pautas de comportamiento de los usuarios, tales como ausencias prolongadas, vacaciones, etc. que pueden influir en los resultados finales. En el proceso final de la información se tienen en cuenta estos detalles, al objeto de homogeneizar los resultados de todos los componentes de la muestra.

Figura 20. Ejemplo de identificación de usos del agua



Puesto que el objetivo de este trabajo está en analizar la variación de uso de agua en el lavado manual de la vajilla respecto al lavado a máquina, es de suma importancia reflejar en el software las curvas de consumo de los lavavajillas. BSHE ha proporcionado las imágenes de laboratorio de los ciclos de lavado de los distintos programas, de las que se deducen los intervalos y los volúmenes tomados, con el criterio de 2,5 litros por minuto como caudal de carga.

Con estos datos se han obtenido los patrones de los diez posibles programas de lavado de las máquinas de lavado de vajilla utilizadas en el estudio, teniendo en cuenta discriminar las cargas de agua por regeneración de las resinas.

Para la identificación de los distintos ciclos de lavado se utilizan como parámetros los volúmenes totales del ciclo, la duración de los periodos de carga de agua y los caudales pico (2,5 litros por minuto), adoptando una cierta tolerancia sobre los valores teóricos, ya que experimentalmente se ha observado que existen ligeras variaciones.

Las pequeñas variaciones apreciadas entre las mediciones y la tabla de programas se debe a que, en la realidad, el grado de suciedad puede variar y por tanto los consumos. Los lavavajillas incorporan un sensor de turbiedad de agua que permite optimizar los consumos en función del grado de suciedad detectado en cada momento.

Existen 6 programas, pero se obtienen más combinaciones gracias a la función especial de media carga que permite combinarla con cualquier programa a excepción del programa rápido y del programa de prelavado. Los valores característicos de los distintos programas se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Valores de calibración de los diferentes programas de lavado

Programas de Lavavajillas BSHE					
Caudal (litros por minuto)	Número de Ciclos	Tiempo de carga	Volumen	Volumen total	Tiempo entre cargas (minutos)
Delicado - Media carga					
2,5	3	1,50	3,74	9,23	
		1,10	2,74		20
		1,10	2,75		7,5
Eco - Media carga					
2,5	3	1,38	3,45	9,01	
		1,10	2,76		56
		1,12	2,80		5,8
Intensivo					
2,5	3	1,37	3,43	9,38	
		1,28	3,20		76,5
		1,10	2,75		13
Rápido					
2,5	3	1,50	3,74	9,75	
		1,30	3,24		13,75
		1,11	2,77		4,55
Auto					
2,5	3	1,37	3,43	8,89	
		1,09	2,73		41,5
		1,09	2,73		8,4
Delicado					
2,5	3	1,47	3,68	9,18	
		1,10	2,75		28
		1,10	2,75		7,5
Eco					
2,5	4	1,36	3,40	12,11	
		1,28	3,21		18
		1,09	2,73		61
		1,11	2,77		7
Prelavado					
2,5	1	1,50	3,75	3,75	
Auto - Media carga					
2,5	3	1,41	3,52	9,2	
		1,14	2,85		39,5
		1,13	2,83		7,5
Intensivo - Media carga					
2,5	3	1,40	3,51	9,65	
		1,33	3,32		74
		1,13	2,82		12,5

fuente: BSH

4

Resultados

Se ha realizado un análisis exhaustivo de toda la información aportada por los distintos equipos de medida, mediante la metodología expuesta en el apartado anterior. De esta forma se han obtenido patrones de uso de agua en las dos fases del estudio: con lavado manual de la vajilla y con utilización del lavavajillas.

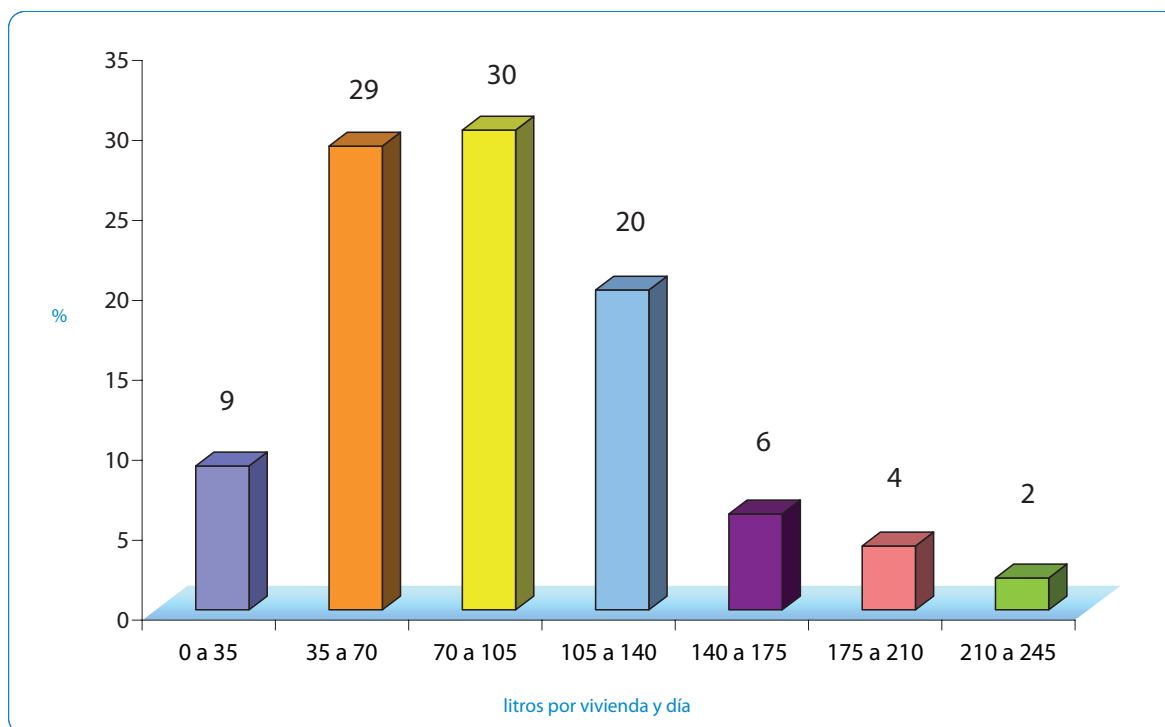
Los datos de consumo se presentan como valores medios por vivienda y por habitante. En el caso de valores diarios, se refieren a los días de duración del periodo de estudio en cada caso, considerando únicamente días efectivos, es decir excluyendo las ausencias del domicilio, que corresponden a los días en los que no se ha producido ningún consumo. Estas ausencias fueron, como media, de 2 días en el primer periodo y de 6 días en el segundo, que incluyó la Semana Santa y varios días festivos del mes de mayo.

4.1. Lavado a mano

Las mediciones realizadas durante el periodo de lavado a mano de la vajilla han determinado que el consumo de agua en el fregadero es como media de 88,8 litros diarios, de los que 52 corresponden a agua caliente (figura 21). Este consumo es, aproximadamente, el 26,12 por ciento del total de la vivienda, de un promedio de 340 litros por día que corresponde al consumo registrado en el primer periodo de medición.

En estudios previos realizados por Canal de Isabel II (Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid, Cubillo y otros autores, 2008), se determinó que el consumo de agua en los distintos grifos de la vivienda (incluyendo fregadero, lavabos, bidé, etc., pero no duchas ni bañeras) es del 35 por ciento en viviendas sin usos de exterior, y del 31 por ciento en unifamiliares, sobre una muestra en la que el 53 por ciento de las viviendas disponía de lavavajillas. Lo cual indica que el mayor porcentaje de uso de agua en una vivienda, que no dispone de lavavajillas, corresponde al fregadero.

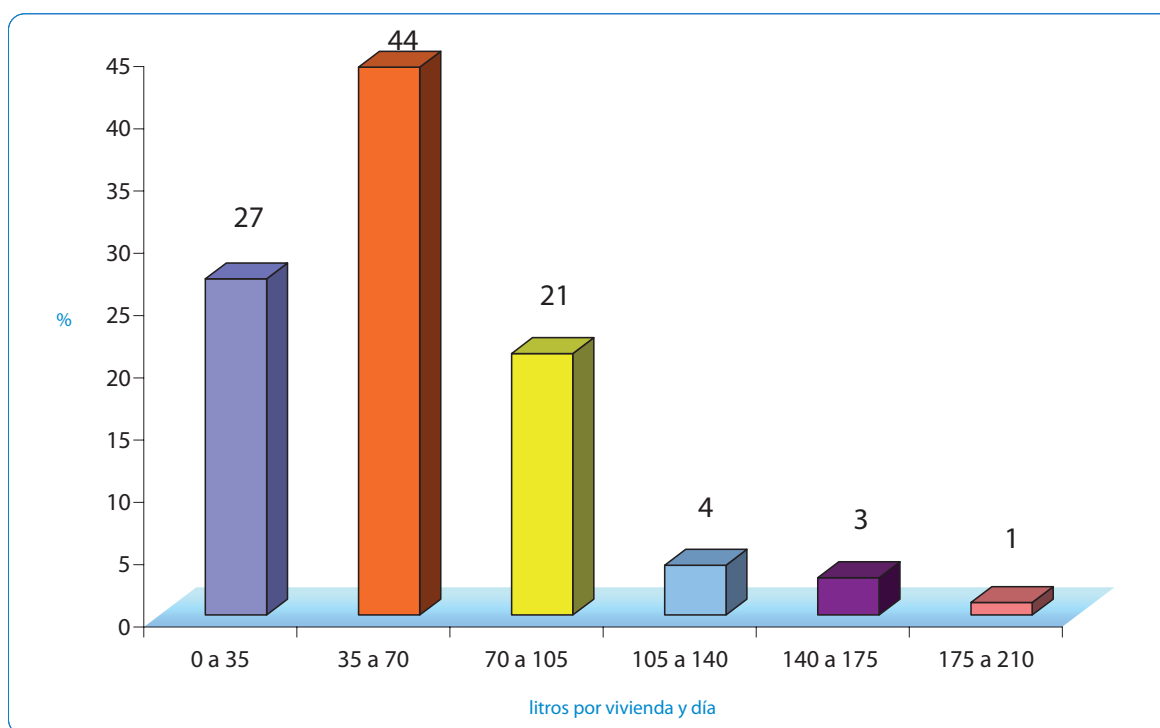
Figura 21. Uso de agua en fregadero (periodo de lavado a mano)



Una vez instalados y habilitados los lavavajillas, este consumo de agua en el fregadero se redujo a 54,2 litros diarios (figura 22), que representan el 15,9 por ciento del consumo total, siendo 24,6 litros diarios el de agua caliente.

Se entiende que el agua del fregadero se utiliza para otros usos, además del lavado de la vajilla: lavado de frutas, verduras y pescado, o limpieza de la cocina, aunque el uso principal del agua caliente debe estar relacionado con el lavado de la vajilla. En la información previa sobre los usuarios (ver apartado 3.1), un 58 por cien de los encuestados manifestaron que utilizan agua para retirar los restos de comida antes de cargar el lavavajillas, y el 79 por cien que lavan a mano ciertas piezas delicadas. Por ello, los 34,6 litros diarios de diferencia medidos entre ambos periodos, deben considerarse una cota inferior del uso de agua para el lavado a mano de la vajilla en los hogares, y que podría estimarse comprendido entre 45 y 60 litros por día, en viviendas ocupadas por entre 2 y 3 personas, y entre 70 y 80 litros diarios en viviendas de mayor ocupación.

Figura 22. Uso de agua en fregadero (periodo de utilización de lavavajillas)



4.2. Uso de lavavajillas

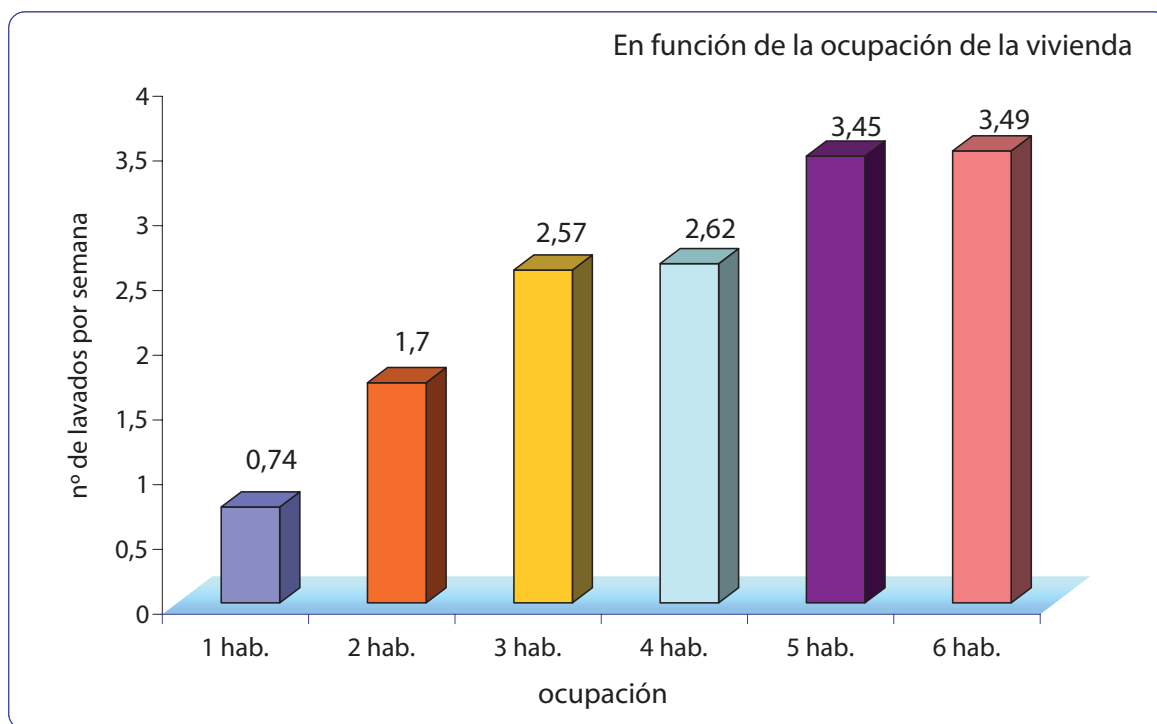
Durante el periodo de prueba de utilización del lavavajillas, se ha monitorizado cada uno de los usos del mismo, registrándose el momento de utilización y los volúmenes de agua consumidos. Según los datos de referencia del fabricante, el consumo de agua de cada ciclo está comprendido entre 10 y 17 litros, dependiendo del programa utilizado. Los registros tomados durante la prueba confirman estos datos, siendo el volumen medio por uso durante todo el periodo monitorizado, de 12,47 litros.

La frecuencia media de utilización del lavavajillas ha sido de 2,46 usos por semana, dependiendo este dato en gran manera, como era previsible, del número de personas que habitan la vivienda (figura 23). Estos datos son inferiores a los manifestados por los usuarios en la encuesta de información previa detallada en el apartado 3.1. De acuerdo a las categorías utilizadas en las encuestas, los resultados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Frecuencia semanal de uso del lavavajillas

Nº de lavados por semana	%
Entre 1 y 2	27%
Entre 3 y 4	32%
Más de 4	33%
NS / NC	8%

Figura 23. Frecuencia media semanal de utilización del lavavajillas



Con objeto de poder comparar los resultados con los que se desprenden del análisis del uso del lavavajillas en el segundo periodo, se ha eliminado el porcentaje de NS / NC, y se han incluido en el grupo de 1 a 2 los valores inferiores a 1, y los valores comprendidos entre 2 y 3 se han promediado, entre el grupo de 1 a 2 y el grupo de 3 a 4. Así, la comparación resultante es:

Tabla 10. Tabla comparativa entre datos recabados en la encuesta y datos del estudio

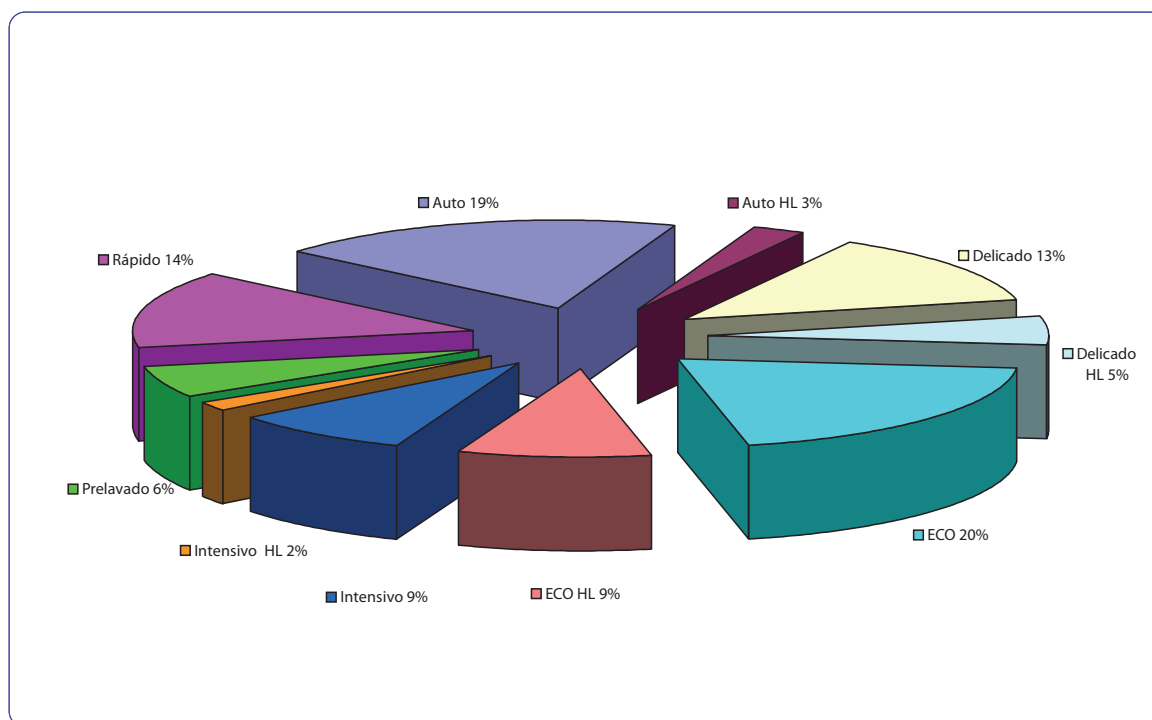
Intervalos	Encuesta	Análisis
Entre 1 y 2	29%	54%
Entre 3 y 4	35%	32%
Más de 4	36%	14%

Los datos registrados también son inferiores a los determinados en el estudio realizado por Canal de Isabel II en 2006, donde el promedio era de 3,08 usos por semana, aunque para evaluar ese promedio no se tuvieron en consideración aquellas viviendas donde se utilizaba menos de una vez por semana.

Uso de los distintos programas de lavado

Mediante el análisis de los caudales suministrados, y de acuerdo a la información suministrada por el fabricante, se ha podido determinar el programa de lavado utilizado en cada ocasión, resultando que de los 10 tipos de programas considerados, se ha observado un uso preferente del lavado “ECO” y “AUTO”, seguidos de los de tipo “DELICADO” y “RÁPIDO”.

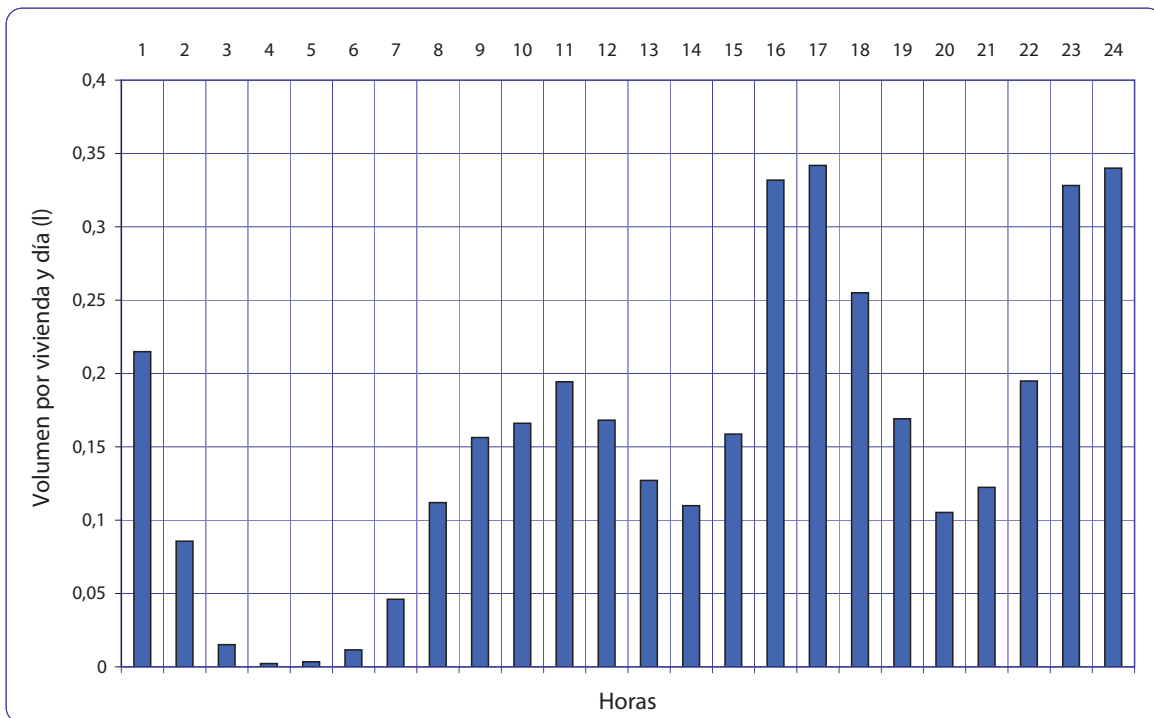
Figura 24. Uso de los programas de lavado



Patrones de uso del lavavajillas

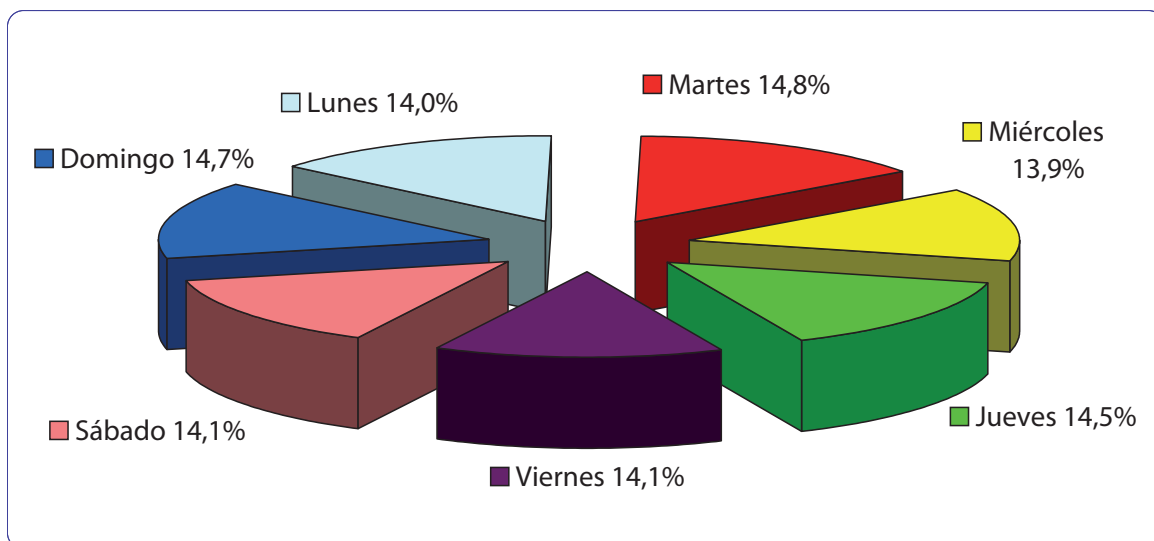
Se han obtenido las curvas de modulación horaria del consumo de agua en el lavavajillas. El análisis de la curva resultante permite observar como la utilización del lavavajillas está fuertemente condicionado por la hora del día. Mientras que el consumo nocturno de las 2 a las 6 es prácticamente nulo, se observan las mayores horas de consumo entre las 3 y las 5 de la tarde y las 10 y las 12 de la noche (figura 25). Estos resultados son acordes a los obtenidos en el estudio mencionado (Cubillo y otros autores, 2008), si bien en él se observa un mayor uso en las horas nocturnas.

Figura 25. Modulación horaria de uso del lavavajillas



El estudio de los días de la semana en los que el lavavajillas es empleado, demuestra que no existe una tendencia clara de utilización, distribuyéndose la muestra uniformemente alrededor del valor de un uso sin sesgo de 14,29 por ciento (1/7).

Figura 26. Uso de lavavajillas por día de la semana



No se aprecia diferencia alguna en la utilización en fines de semana con respecto a cualquier otro día de la semana, por lo que, aparentemente, el uso se realiza en función del ritmo de llenado, y no por planificación de su utilización como puede pasar con las lavadoras.

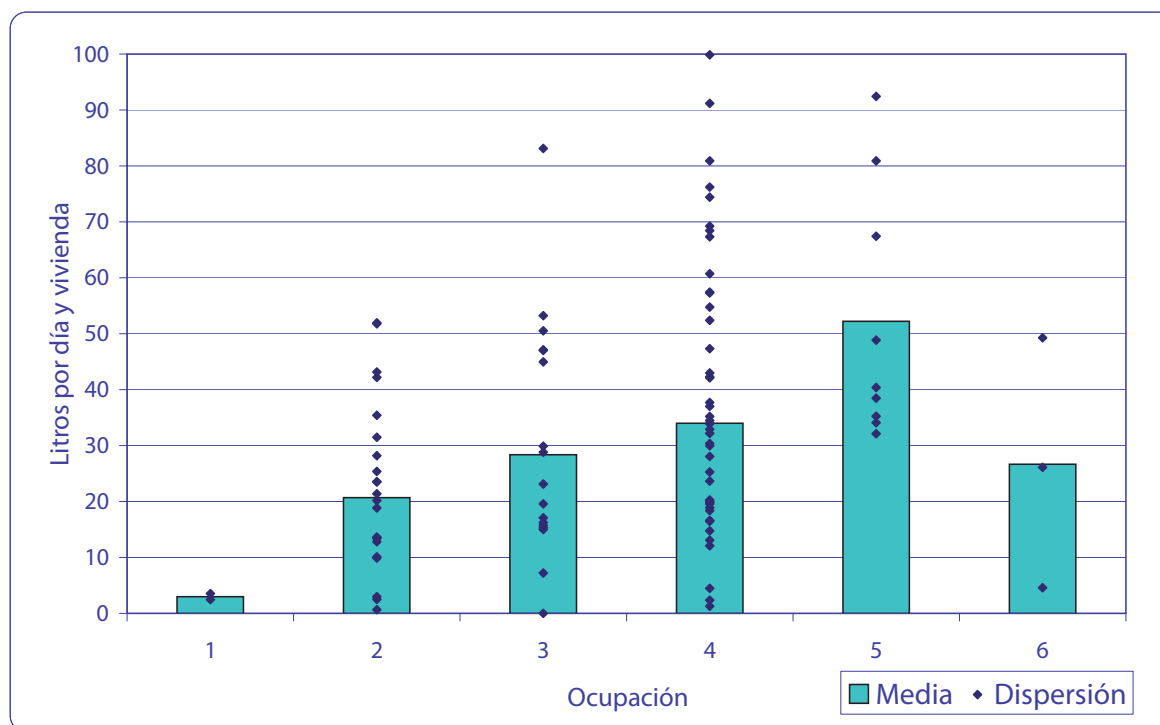
4.3. Análisis comparativo

A la vista de los datos mostrados en los puntos anteriores resulta evidente el ahorro de agua obtenido con la utilización del lavavajillas. Este ahorro, medido como la diferencia en el consumo diario de agua en el fregadero entre los dos periodos, y compensado con el volumen usado en el lavavajillas, ha sido, como promedio, de 30,6 litros diarios, de los cuales 27,4 serían de agua caliente. Este ahorro alcanza el 9 por ciento del consumo medio de la vivienda, en el periodo estudiado. Por cada uso del lavavajillas, el ahorro medio registrado ha sido de 87,1 litros de agua, es decir, que para el lavado a mano de una cantidad de vajilla aproximada a la carga media del lavavajillas, se estarían empleando por término medio 99,5 litros de agua.

Estos valores también se encuentran relacionados con el número de personas que habitan la vivienda, siendo mínimo el ahorro en el caso de un solo habitante, (3 litros diarios) y entre 30 y 50 litros diarios en las viviendas de 3 y más ocupantes (figura 27). La reducción de consumo por habitante ha sido de 9,2 litros diarios, que corresponde al 9 por ciento del consumo doméstico por persona en el periodo del estudio.

Extrapolando estos valores al conjunto de la Comunidad de Madrid, considerando el 47 por ciento de viviendas que no dispone de lavavajillas y teniendo en cuenta los datos de ocupación de esos hogares (Cubillo y otros autores, 2008), existe un ahorro potencial de 8,9 hectómetros cúbicos al año, con una media de 23 litros diarios por vivienda.

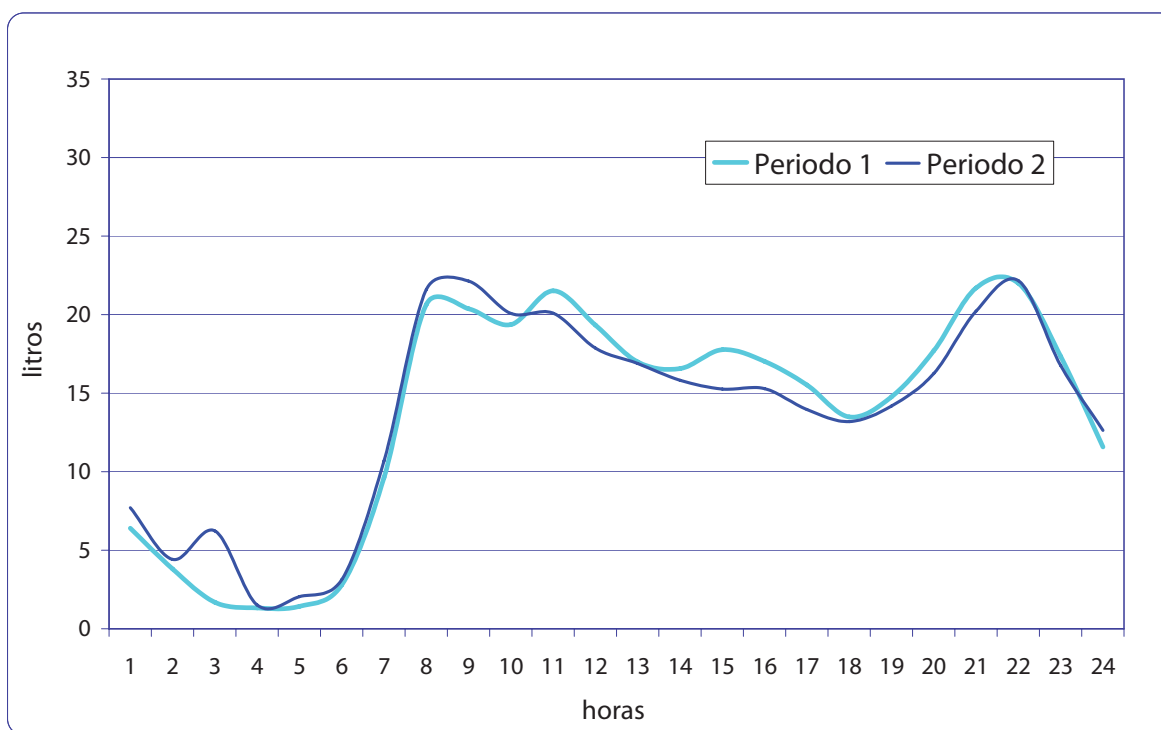
Figura 27. Reducción del consumo con el uso del lavavajillas



En cuanto al consumo de energía, el balance es también positivo, ya que el ahorro de 27,4 litros diarios de agua caliente representan 1,43 kilovatios por hora diarios (suponiendo un incremento de temperatura de 15° a 60° C), en contraste con los 1,05 kilovatios por hora consumidos por el lavavajillas en cada utilización (2,46 veces a la semana de media), por lo que el ahorro neto de energía supone 1,06 kilovatios por hora diarios por vivienda.

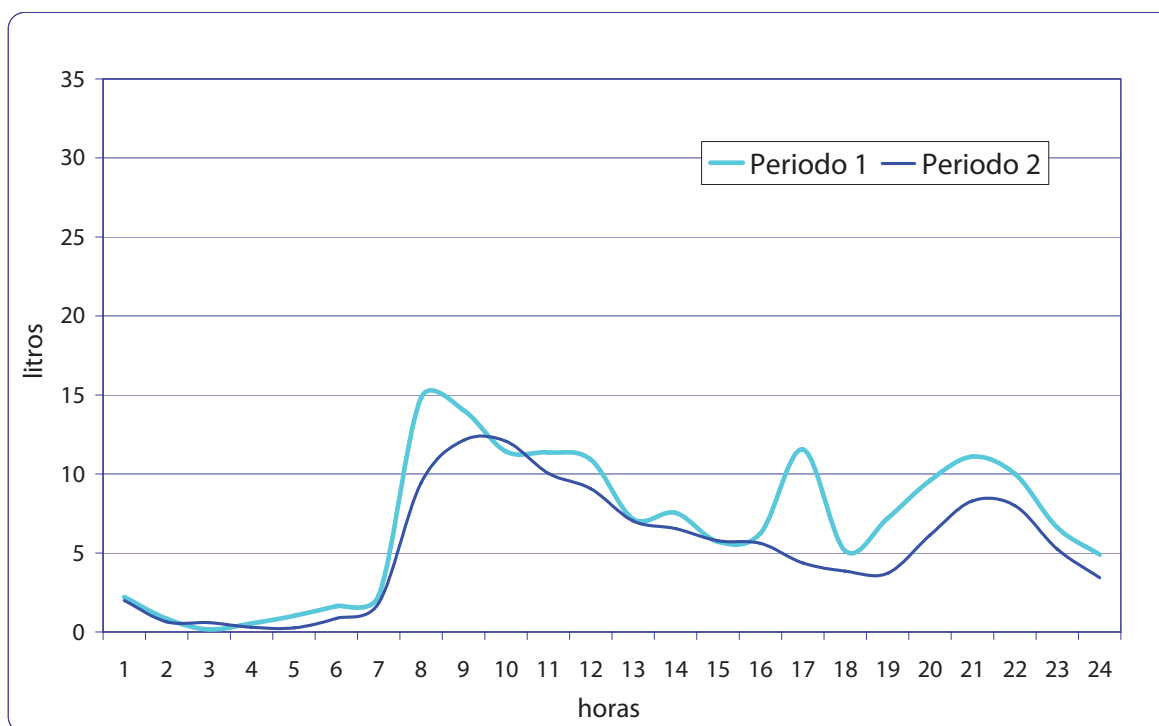
La introducción del lavavajillas en el hogar implica cambios en las pautas de uso de agua, tal como se refleja en la figura 28 donde se muestra el patrón horario de consumo antes y después de la instalación del electrodoméstico, y donde se aprecia una notable reducción de consumo en las horas que coinciden con mayor uso del lavavajillas. El consumo global de la vivienda refleja la reducción debida al descenso de uso de agua en el lavado de la vajilla, aunque en menor proporción, ya que el dato global está influenciado, especialmente en las viviendas unifamiliares, por otros factores, como es el mayor consumo en otros usos (duchas, usos de exterior) en los meses de primavera (periodo 2°), respecto a los de invierno (periodo 1°). En esta figura también se aprecia la aparición, en el 2° periodo, de riegos nocturnos que no se registraban en invierno.

Figura 28. Consumos horarios globales



En 17 viviendas de la muestra se disponía de doble contador general para registro del suministro de agua fría y caliente, lo que ha permitido la monitorización individualizada del uso de agua caliente (figura 29). El descenso del consumo de agua caliente en esta submuestra ha sido de 36,8 litros diarios por vivienda (22,5 por ciento), de los cuales, 32 litros corresponden al fregadero debido a la incorporación del lavavajillas, y el resto a otros usos, y que estará relacionado con el incremento de la temperatura ambiente en el segundo periodo.

Figura 29. Consumos horarios agua caliente



Del examen de los resultados obtenidos se desprende que existe una gran dispersión en cuanto al uso de agua y al ahorro conseguido, incluso entre viviendas de la misma ocupación, según se pone de manifiesto en el gráfico de la figura 27. Esta dispersión se atribuye a los distintos hábitos, tanto sociales de las familias, como específicamente en lo relativo a las prácticas de lavado de la vajilla (Stamminger y otros autores, 2004). Se ha realizado una clasificación de la muestra en función de los hábitos que han podido ponerse de manifiesto en el estudio.

Familias que habitualmente no comen en la vivienda

Así, en primer lugar se ha identificado un grupo de usuarios cuyo consumo en las horas centrales del día es muy inferior a la media, sobre todo los días laborables (figura 30). Se supone que estas familias habitualmente no comen en la vivienda y por tanto, su uso del agua en el lavado de la vajilla debe ser diferente al resto. El ahorro medio conseguido en estas viviendas con la instalación del lavavajillas ha sido significativamente menor que el de los otros usuarios: 23,1 litros diarios frente a 31,8 litros, siendo las diferencias notables en todos los grupos de viviendas (según ocupación), tal como se muestra en la figura 31.

Figura 30. Consumos horarios de familias que habitualmente no comen en la vivienda

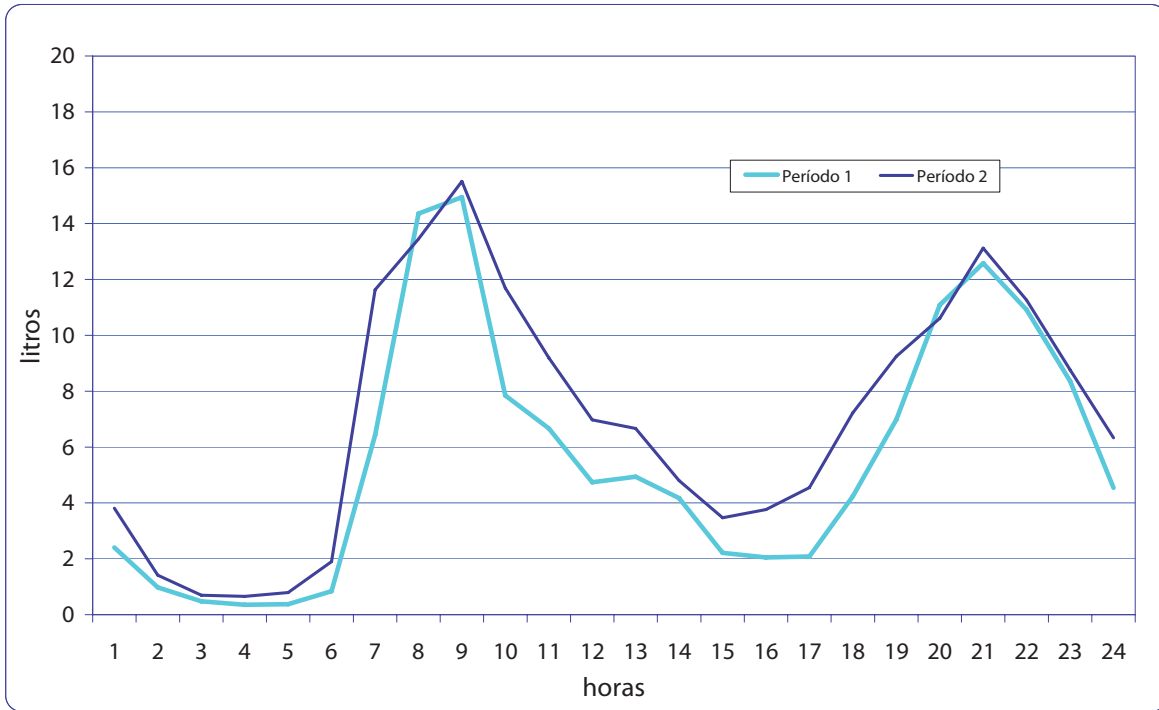
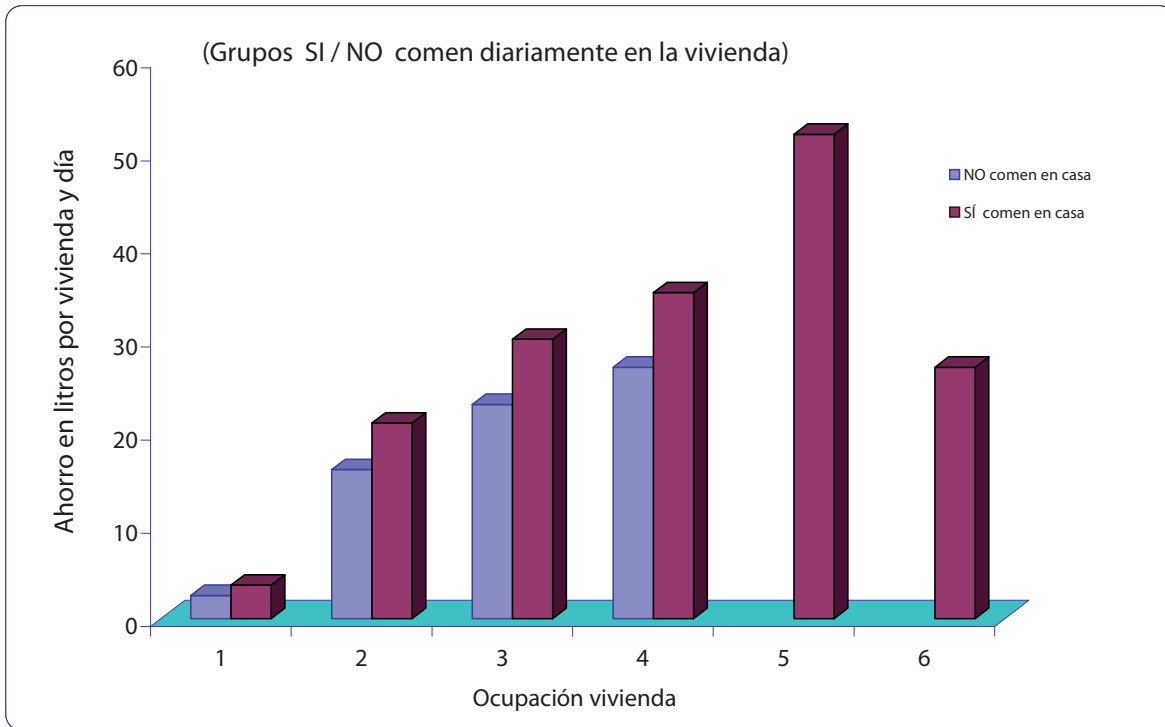


Figura 31. Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función del lugar donde se realiza la comida principal)



Viviendas que no disponían previamente de lavavajillas

Por otra parte, puede suponerse que los hábitos de lavado a mano de la vajilla pueden ser diferentes en aquellas personas que no disponían de lavavajillas y por tanto habitualmente lavaban a mano con anterioridad, respecto a aquellos que han dejado de utilizar el lavavajillas expresamente para la realización de este estudio. De la muestra utilizada, solamente un 9 por ciento no disponían previamente de un lavavajillas en la vivienda. Se han examinado por separado estos grupos, constatándose que el ahorro es menor en el grupo que anteriormente no disponía de lavavajillas (27,9 litros diarios frente a 30,7). Sin embargo, no parece que el primer grupo fuera más eficiente en el lavado a mano, ya que el consumo de agua en el fregadero, en el primer periodo del ensayo, era mayor que el del segundo grupo: 102,6 litros diarios frente a 87,6 (figuras 32 y 33). La razón de un menor ahorro puede estar en que durante el periodo de uso de lavavajillas continuaron lavando parte de la vajilla a mano, ya que su consumo ha descendido menos de la media.

Figura 32. Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función de su utilización previa al estudio)

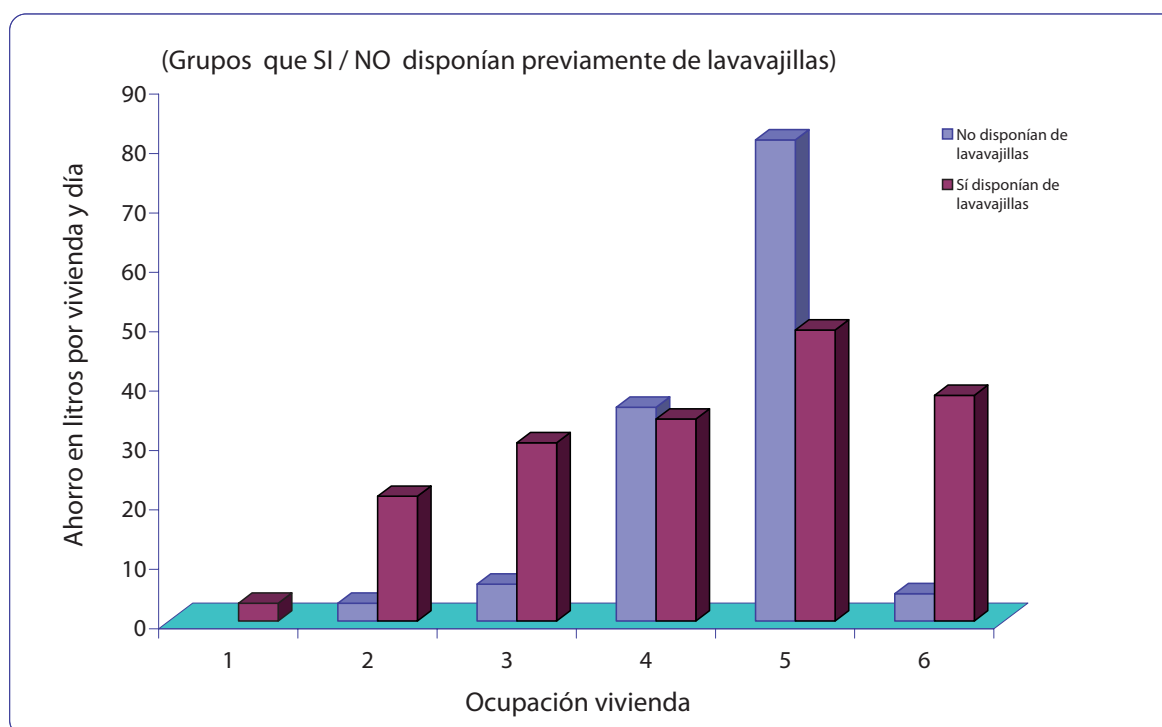
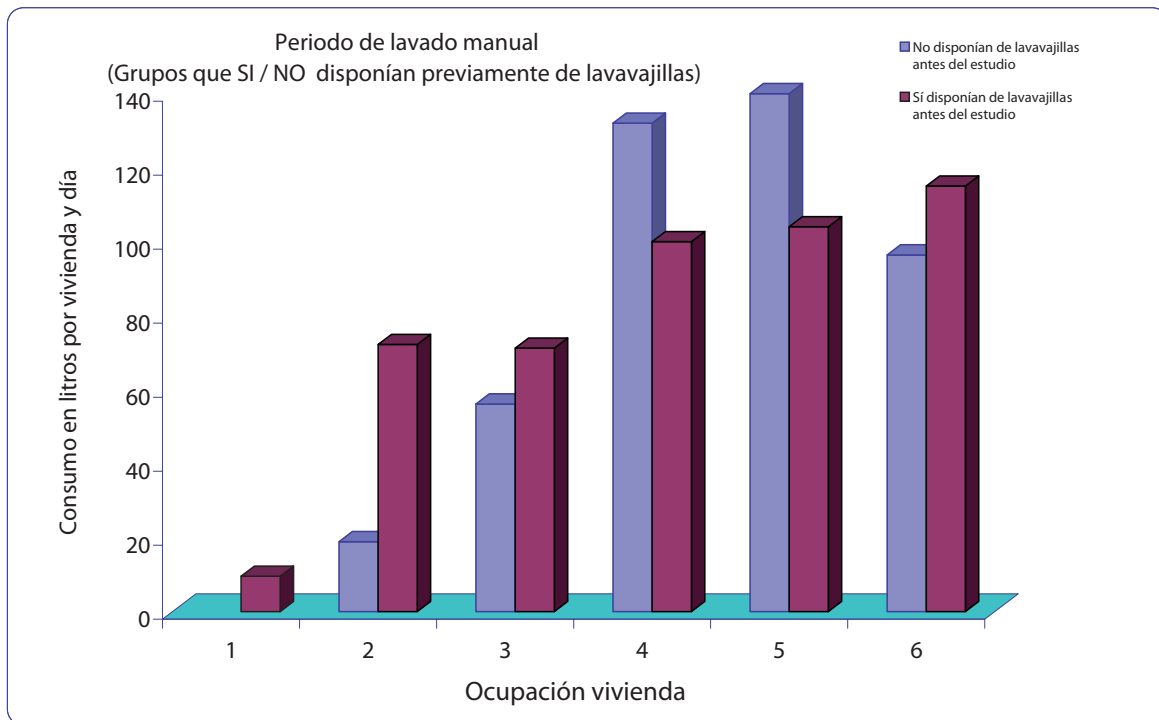


Figura 33. Consumos en fregadero durante el periodo primero



Prelavado a mano

El consumo relativamente elevado de agua caliente en el fregadero registrado durante el segundo periodo del estudio, puede estar relacionado, además de con el hecho de que parte de la vajilla pudo continuar lavándose a mano, con la práctica de realizar un prelavado manual para retirar los restos de comida. En la encuesta previa al estudio, un 58 por ciento de los encuestados declararon utilizar agua para retirar los restos, aunque cerca de un 20 por ciento no respondió a esta cuestión, por lo que esta información debe asumirse con ciertas reservas (es posible que en una misma vivienda, las prácticas de lavado a mano de las distintas personas que la habitan sean diferentes).

En todo caso, se han examinado también de forma separada los resultados para las viviendas donde se manifiesta realizar a mano este prelavado, apareciendo curiosamente que el ahorro en este grupo ha sido ligeramente superior a la media: 33,4 litros diarios (figura 34). Lo contradictorio de este resultado puede residir en la imprecisión de las encuestas, pero también se explica por el hecho de que este grupo, que afirma utilizar agua para retirar los restos de comida de la vajilla, también ha sido más ineficiente durante el periodo de lavado a mano por lo que, a pesar de que durante el segundo periodo continúa utilizando en el fregadero más agua que el resto, la diferencia entre ambos periodos, y por tanto el ahorro ha sido ligeramente mayor, según puede verse en las figuras 35 y 36 (en ellas se han omitido los resultados de las viviendas que no respondieron a esta pregunta en la encuesta).

Figura 34. Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función del prelavado manual)

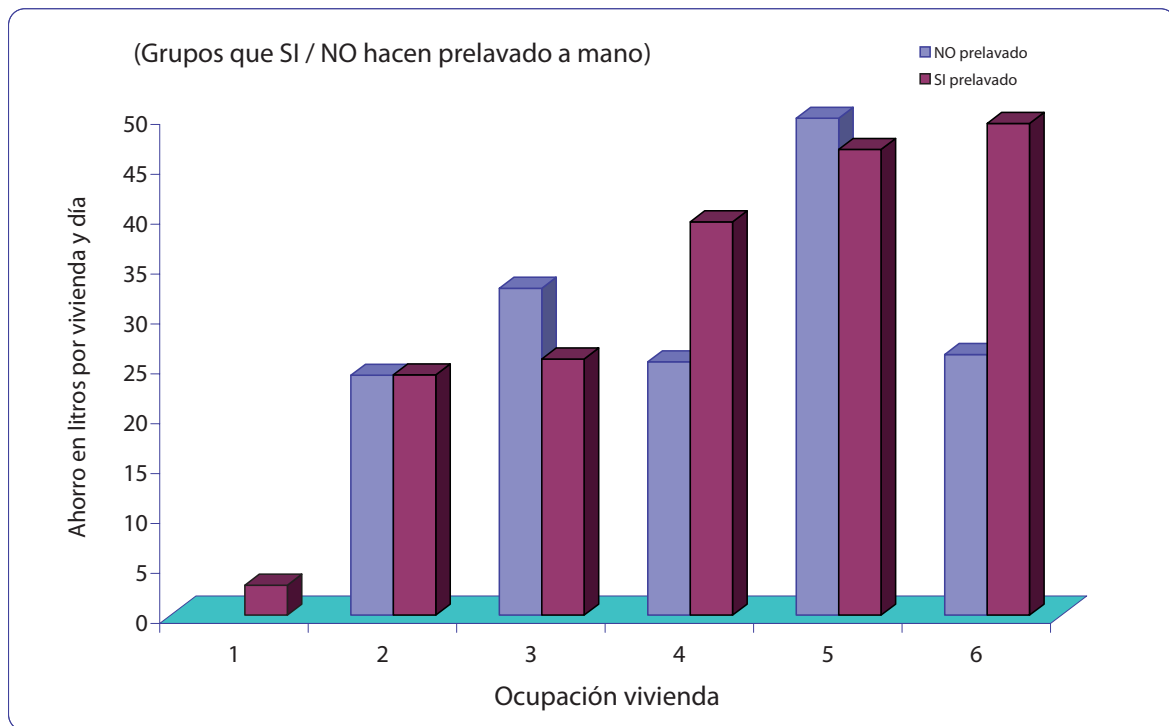


Figura 35. Consumo en fregadero durante el periodo primero (en función del prelavado manual)

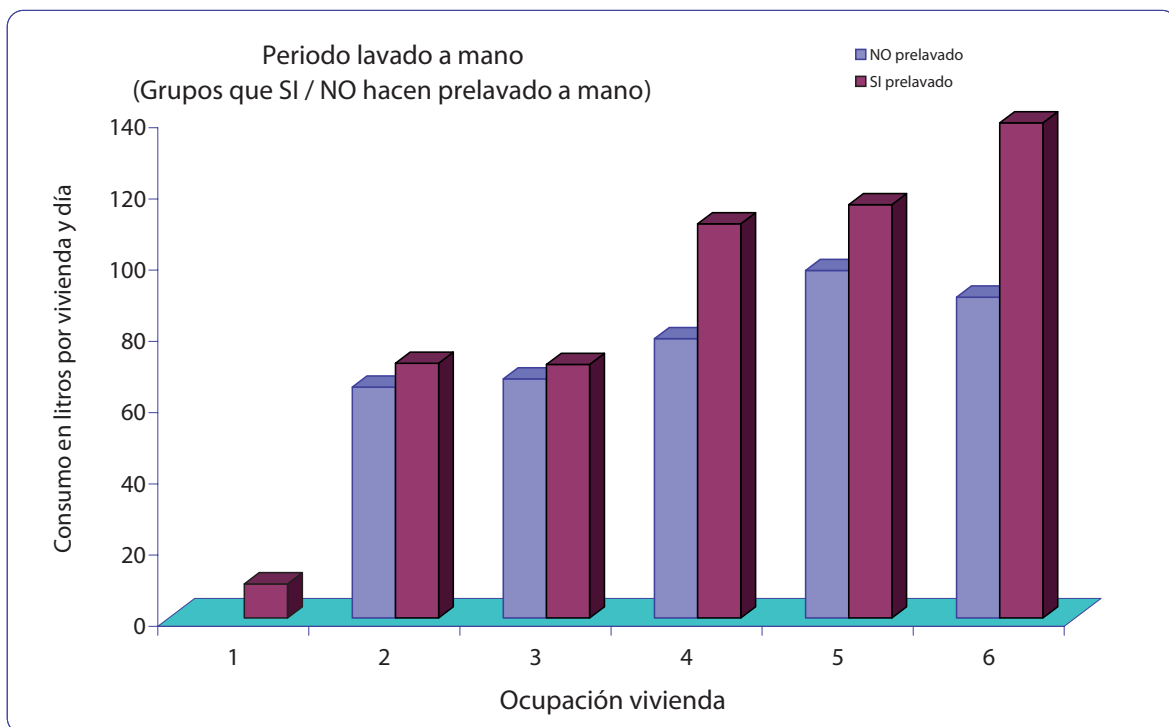
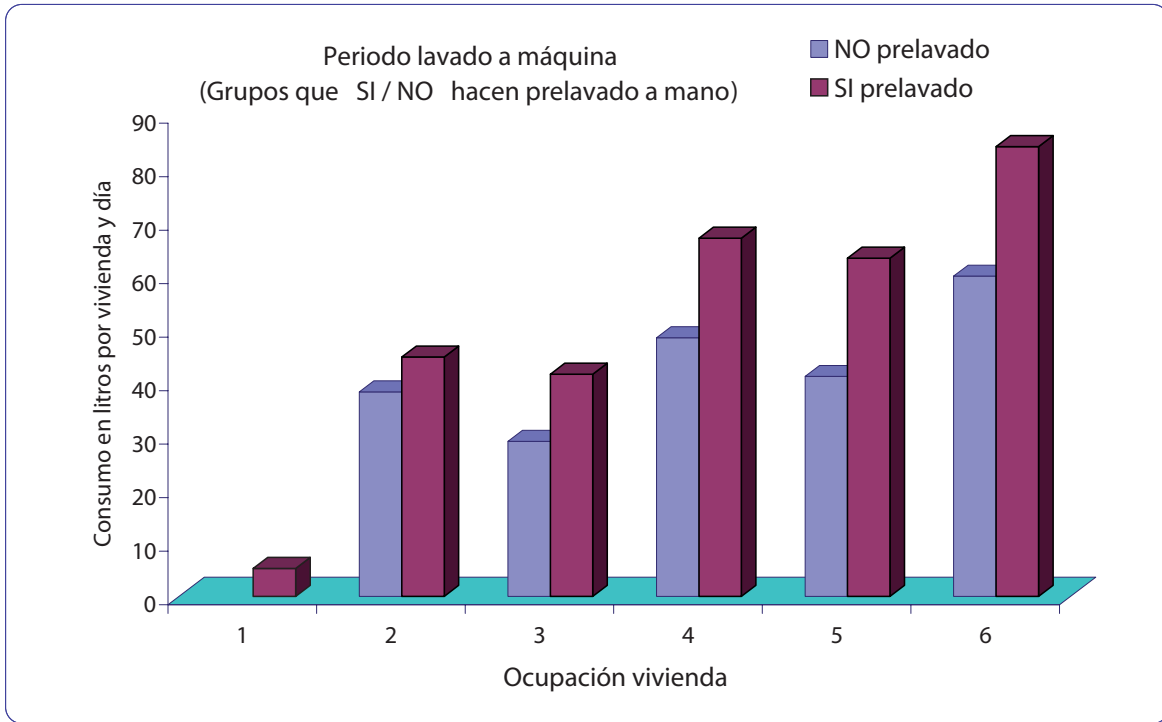


Figura 36. Consumos en fregadero durante el periodo de utilización del lavavajillas (en función del prelavado manual)



5

Conclusiones

Se han presentado en este documento la metodología y los resultados del ensayo llevado a cabo en la Comunidad de Madrid para la investigación de potenciales de mejora de eficiencia en la utilización de los recursos naturales: agua y energía en los hogares mediante el uso del lavavajillas.

El trabajo se ha realizado durante los meses de enero a junio de 2008, sobre una muestra de 155 viviendas, en las que se ha monitorizado de forma continua el consumo de agua. Las condiciones del ensayo han sido las de la actividad habitual de los hogares. Durante un periodo aproximado de dos meses todo el lavado de la vajilla se ha efectuado a mano; durante otro periodo posterior, de otros dos meses, se ha utilizado un lavavajillas eficiente de clase AAA.

Los resultados obtenidos indican una clara mejora en la eficiencia del uso de agua mediante la utilización del lavavajillas, obteniéndose un ahorro de agua equivalente al 9 por ciento del consumo total de las viviendas. Este ahorro, por término medio, se ha evaluado en 30,6 litros diarios, de los que 27,4 serían de agua caliente. Este ahorro es notablemente mayor en viviendas en las que habitan 3 o más personas, llegando a los 52 litros de ahorro diario en viviendas de 5 habitantes, y mínimo en viviendas ocupadas por una única persona.

La mejora en el uso de la energía se ha evaluado en 1,06 kilovatios por hora diarios y es debida a la reducción en el volumen de agua caliente empleada, que compensa ampliamente la energía utilizada por el lavavajillas ensayado.

Los resultados obtenidos se han conseguido con una utilización normal del electrodoméstico, de la forma que es habitual en los hogares de la Comunidad de Madrid. La mejora en la eficiencia se encuentra muy relacionada con los hábitos en el lavado de la vajilla, tanto a mano como a máquina, los cuales han mostrado una gran disparidad. Se estima que con la mejora de estas prácticas, en especial atendiendo las recomendaciones de los fabricantes de lavavajillas en lo que se refiere a una utilización eficiente, podrían superarse los buenos resultados que se han puesto de manifiesto en este trabajo.

6

Referencias

Cubillo González, F.; Ibáñez Carranza, J.C.; Fernández Delgado, F.J. (2001)

Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid. Fundación Canal de Isabel II.

Cubillo González, F.; Moreno, T.; Ortega, S. (2008)

Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid. Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I N° 4, 2008.

Fernández, M.; Sainctavit, L. (2008)

Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior en la Comunidad de Madrid. Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I N° 6, 2009.

INE, Censo de Viviendas (2001)

Stamminger, R. y otros autores (2004)

A European comparison of Cleaning Dishes by Hand.

7

Índice de Figuras

- Figura 1.** Evolución del consumo de agua (litros/programa de referencia) - pág. 20
- Figura 2.** Evolución del consumo de energía (kWh/programa de referencia) - pág. 21
- Figura 3.** Ubicación geográfica de las viviendas de la muestra - pág. 31
- Figura 4.** Distribución de la muestra en la Comunidad de Madrid - pág. 31
- Figura 5.** Distribución de la muestra en el municipio de Madrid - pág. 32
- Figura 6.** Estratificación por tipo de vivienda - pág. 33
- Figura 7.** Tamaño de las viviendas de la muestra y promedio Comunidad de Madrid - pág. 34
- Figura 8.** Número de habitaciones por vivienda en la muestra - pág. 34
- Figura 9.** Ocupación de las viviendas de la muestra - pág. 35
- Figura 10.** Antigüedad de las viviendas de la muestra - pág. 36
- Figura 11.** Frecuencia de uso semanal del lavavajillas - pág. 38
- Figura 12.** Contadores volumétricos de precisión - pág. 39
- Figura 13.** Emisor de pulsos - pág. 40
- Figura 14.** Estación remota de registro y control - pág. 40
- Figura 15.** Ejemplo de curvas características de consumo - pág. 41
- Figura 16.** Diagrama de consumo del lavavajillas - pág. 43
- Figura 17.** Tomas de agua del lavavajillas - pág. 43
- Figura 18.** Etiqueta energética - pág. 45
- Figura 19.** Lavavajillas Balay 3VS563BD - pág. 45
- Figura 20.** Ejemplo de identificación de usos del agua - pág. 46
- Figura 21.** Uso de agua en fregadero (periodo de lavado a mano) - pág. 50
- Figura 22.** Uso de agua en fregadero (periodo uso de lavavajillas) - pág. 51
- Figura 23.** Frecuencia semanal media de utilización del lavavajillas - pág. 52
- Figura 24.** Uso de los programas de lavado - pág. 53
- Figura 25.** Modulación horaria de uso del lavavajillas - pág. 54

- Figura 26.** Uso del lavavajillas por día de la semana - pág. 54
- Figura 27.** Reducción del consumo con el uso del lavavajillas - pág. 55
- Figura 28.** Consumos horarios globales - pág. 56
- Figura 29.** Consumos horarios de agua caliente - pág. 57
- Figura 30.** Consumos horarios de familias que habitualmente no comen en la vivienda - pág. 58
- Figura 31.** Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función de la comida principal) - pág. 58
- Figura 32.** Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función de su utilización previa al estudio) - pág. 59
- Figura 33.** Consumo en fregadero periodo 1º (en función de su utilización previa al estudio) - pág. 60
- Figura 34.** Ahorro conseguido usando lavavajillas (en función del prelavado manual) - pág. 61
- Figura 35.** Consumo en fregadero durante el periodo 1º (en función del prelavado manual) - pág. 61
- Figura 36.** Consumo en fregadero durante el periodo de utilización del lavavajillas, (en función del prelavado manual) - pág. 62
- Figura 37.** Proceso de calcificación del agua en la naturaleza - pág. 85
- Figura 38.** Moléculas de cal disueltas en el agua - pág. 86
- Figura 39.** Mapa de dureza del agua en España - pág. 86
- Figura 40.** Funcionamiento del descalcificador - pág. 87
- Figura 41.** Regeneración del descalcificador - pág. 88
- Figura 42.** Estructura del lavavajillas - pág. 89
- Figura 43.** Fases de un ciclo de lavado-1 - pág. 90
- Figura 44.** Fases de un ciclo de lavado-2 - pág. 90
- Figura 45.** Fase abrillantador - pág. 91
- Figura 46.** Humedad residual - pág. 92
- Figura 47.** Etiquetado energético - pág. 93
- Figura 48.** Evolución del consumo de agua en lavavajillas (1970 - 2008) - pág. 94

8

Índice de Tablas

- Tabla 1.** Cronograma - pág. 28
- Tabla 2.** Porcentaje de viviendas según su ocupación - pág. 35
- Tabla 3.** Número de cuartos de baño y aseos en las viviendas de la muestra - pág. 36
- Tabla 4.** Proporción de viviendas con terraza y con jardín en la muestra - pág. 36
- Tabla 5.** Porcentaje de viviendas con piscina y volumen de las mismas - pág. 37
- Tabla 6.** Dotaciones 2007 por vivienda en litros por día - pág. 37
- Tabla 7.** Dotaciones 2007 por habitante en litros por día - pág. 37
- Tabla 8.** Valores de calibración de los diferentes programas de lavado - pág. 47
- Tabla 9.** Frecuencia semanal del uso del lavavajillas - pág. 52
- Tabla 10.** Tabla comparativa entre datos recabados en la encuesta y datos del estudio - pág. 52

9

Anexos

ANEXO I. Cuestionario de preselección de la muestra

1. ¿Tiene lavavajillas en casa?

Sí	1
No	2 Pasar a 4

2. ¿Qué antigüedad tiene su lavavajillas?

Menos de 3 años	1
Entre 3 y 6 años	2
Más de 6 años	3

3. ¿Estaría dispuesto a cambiar su lavavajillas, inutilizando temporalmente el suyo durante los dos meses de obligación de lavado a mano?

* Explicar que como agradecimiento, se le ofrece la posibilidad de adquirir un lavavajillas BALAY de última generación AAA con programa automático, 12 litros, media carga, aquastop, display, etc., por tan sólo 99 € (precio de catálogo 605 €) que abonará cuando empiece a utilizarlo en marzo 2008.

Sí	1
No	2 Fin de entrevista

4. ¿Dispone de hueco suficiente para instalar un lavavajillas?

**Nota al captador: El espacio mínimo necesario es de 81 cm de alto x 60 cm de ancho x 60 cm de fondo. El técnico del Canal de Isabel II lo verificará in situ cuando vaya a instalarle el contador para monitorizar la vivienda.

Sí, estoy seguro	1
Creo que sí, pero tendría que asegurarme**	2
Más de 6 años	3 Fin de entrevista

5. ¿Tiene toma de agua, desagüe y conexión a la red eléctrica para poder instalar un lavavajillas?

Sí	1
No	2 Fin de entrevista

6. ¿Le suministra agua el Canal de Isabel II?

Sí	1
No	2 Fin de entrevista

7. ¿Durante los meses de diciembre 2007 a junio 2008, ambos incluidos, va a residir de forma continua en su domicilio habitual?

Sí	1
No	2 Fin de entrevista

8. ¿Está usted alquilado en su domicilio habitual?

Sí	1 Fin de entrevista
No	2

9. ¿Dentro del periodo de estudio, de diciembre 2007 a junio 2008 tiene usted previsto hacer alguna otra mejora o cambio en el hogar que pueda modificar su consumo habitual de agua? Por ejemplo en Piscinas, jardines, etc.?

Sí	1 Fin de entrevista
No	2

10. Durante el periodo de estudio, de diciembre 2007 a junio 2008 el número de miembros habituales en el hogar.

Se va a incrementar (nacimiento, adopción, boda, etc.)	1 Fin de entrevista
Va a permanecer igual	2
Se va a reducir (emancipación, etc.)	3 Fin de entrevista

11. Indíquenos el número veces que desayuna, come o cena en casa entre semana

Desayuno	Comida	Cena

A continuación, le voy a hacer unas preguntas, que sólo nos llevarán un momento.

¿Cuántas personas viven de forma permanente en su hogar, contándose usted?

¿Me podría decir el sexo y la edad de cada de una de ellas, empezando por el más pequeño, incluyéndose usted?

	Sexo		Edad
	H	M	
1 ^{er} miembro			
2 ^o miembro			
3 ^{er} miembro			
4 ^o miembro			
5 ^o miembro			
6 ^o miembro			

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO II. ¿Cómo funciona un lavavajillas?

En el lavado a máquina la acción mecánica se realiza a través de haces de agua a presión, en todas direcciones, sobre la vajilla. La temperatura va en aumento y se mantiene estabilizada; esta temperatura influye sobre los resultados del lavado y secado. El tiempo es un factor muy importante en el cual actúan todos los demás agentes. Este tiempo es, considerablemente mayor que el de lavado a mano. El factor químico está presente en la acción del detergente.

El resultado del lavado va a venir determinado por el uso de todos estos factores en una u otra proporción. Pero el uso de cada uno de estos factores siempre está relacionado con el de los demás: si reducimos en uno, para obtener los mismos resultados, hay que aumentar en el otro. Si tenemos que fregar a mano y queremos ahorrar tiempo en el lavado porque tenemos prisa, no nos queda más remedio que frotar más fuertemente, o usar más temperatura, o detergentes más fuertes.

Mucha gente se extraña de que el programa del lavavajillas que más ahorra (el Eco 50° C) dure tanto tiempo. Suelen decir: "¿Cómo puede ser que el programa que más ahorre es el que está más tiempo trabajando?". La explicación es sencilla: si queremos unos buenos resultados de lavado, pero a la vez usar poca agua y poca electricidad, no nos queda más remedio que aumentar el tiempo de lavado.

El lavavajillas, en este aspecto, es como un coche: si queremos realizar un trayecto por una autopista gastando poca gasolina no podemos, además, ir corriendo. Hay que ir más despacio. Con el lavavajillas ocurre lo mismo: si queremos lavar bien, y además hacerlo gastando poco, no queda más remedio que ir despacio.

El agua

El agua cumple muchas funciones en el proceso de lavado: actúa como agente portador del detergente, para retirar disueltos los restos de alimentos, así como transmisor de la temperatura. En el caso de los lavavajillas, incluso la acción mecánica que sustituye al frotado manual, es realizada por el agua que sale a presión a través de los brazos aspersores.

El agua del grifo contiene sustancias disueltas como calcio, magnesio, etc., y presentan algunos problemas no deseables para los lavavajillas. Se dice que el agua es más o menos "dura" según presente más o menos cantidad de estas sustancias, especialmente de cal.

Dureza

Figura 37. **Proceso de calcificación del agua en la naturaleza**

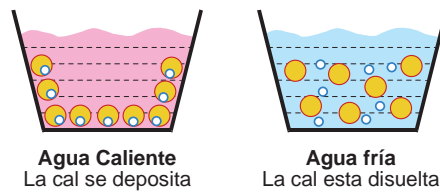


La dureza es la razón por la que el agua de los lavavajillas ha de pasar primero por el descalcificador (o ablandador de agua); se mide contando la cantidad de moléculas de cal contenidas en el agua. Está en dependencia directa con el tipo de suelo que atraviesa, ya que en el contacto litológico producido en la naturaleza el agua disuelve, suspende, y/o intercambia rastros de compuestos y elementos, como la caliza.

Normalmente, esas moléculas de cal en disolución tienden a depositarse en los vasos, platos, resistencias eléctricas, etc., al calentar el agua. Y es aquí, donde reside el principal problema: los restos de cal. Es por esto por lo que los lavavajillas, dado que usan agua caliente, han de utilizar un sistema para retirar la cal del agua.

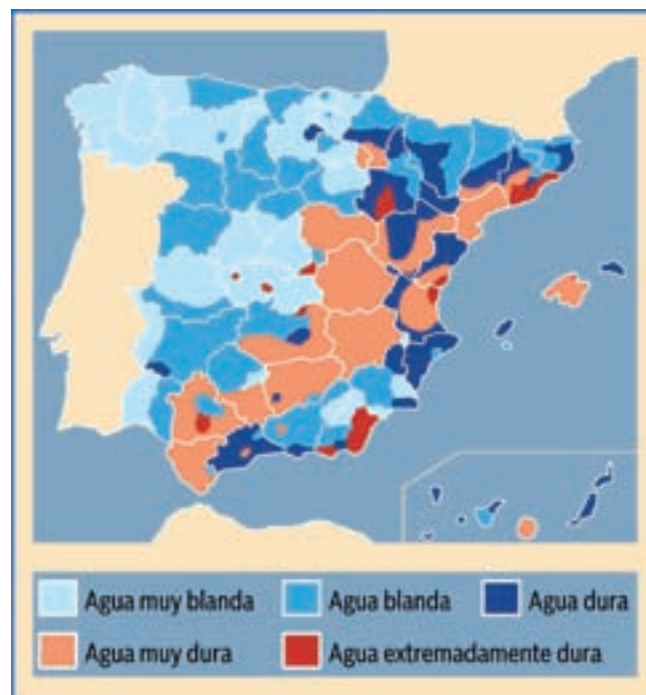
Para un uso correcto del lavavajillas, el usuario ha de conocer el grado de dureza del agua en su vivienda y ha de graduar su lavavajillas en función de este dato. Por eso, recomendable solicitar esta información a la compañía de agua local y es conveniente saber cómo se mide la dureza.

Figura 38. Moléculas de cal disueltas en el agua



Para facilitar al usuario el conocimiento del grado de dureza del agua en su ciudad se proporciona el siguiente mapa referido a toda España. No obstante, según se ha mencionado, se recomienda contactar con la empresa suministradora de agua porque la dureza podría variar, no solo de unas ciudades a otras, sino también entre barrios de la misma localidad. El grado de dureza del agua incluso puede variar en función de la época del año.

Figura 39. Mapa de dureza del agua en España



Fuente: BSH

De cara a la regulación del lavavajillas, está relativamente estandarizada una clasificación del agua en 4 niveles que suele ser el referente al uso de las empresas de sales, detergentes, lavavajillas y compañías de agua. Las unidades de dureza del agua¹ se pueden medir, bien en grados alemanes DH (Deutsche Hartgrad), bien en grados franceses °F, que utilizan diferente escala².

Nivel 1. Blanda - menos de 7° DH ó menos de 12,5° F, no precisa ser ablandada

Nivel 2. Media - entre 8° y 14° DH ó entre 14,2° F y 25° F

Nivel 3. Dura - entre 15° y 21° DH ó entre 26,7° F y 37,8° F

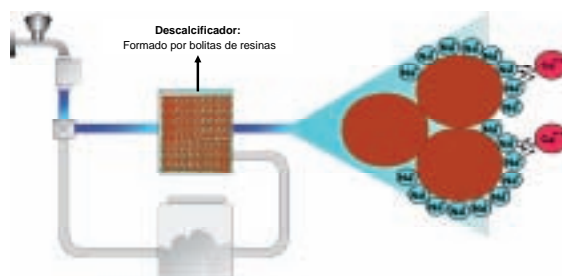
Nivel 4. Muy dura - más de 21° DH ó más de 37,4° F

Para ablandar el agua, el lavavajillas hace pasar el agua por el descalcificador. En algunas zonas de España con agua blanda (por ejemplo, la mayor parte de la provincia de Madrid), el lavavajillas se gradúa en el nivel 1 y, por tanto, no hace uso del descalcificador. Si el lavavajillas usa agua dura, sin pasar por el proceso de ablandado, aparecerán restos de cal en los platos y vasos, afectando también al correcto mantenimiento del lavavajillas. Por ello, es importante regular la dureza pues el no hacerlo perjudica el funcionamiento a largo plazo del lavavajillas, pero sobre todo, deja la vajilla y la cristalería áspera, blanca y sin brillo.

Descalcificación y regeneración

El descalcificador, es un depósito que se localiza en la base del lavavajillas; dicho depósito está compuesto por unas bolitas de resina que tienen la propiedad de retener las moléculas de cal al paso del agua dejando en el descalcificador parte de las moléculas de las sales (calcio, magnesio, etc.) e intercambiándolas en el agua por iones de sodio. Gracias a la descomposición de las moléculas de cal y al intercambio de estos elementos con las resinas del descalcificador, se soslaya el problema de las aguas duras y de los restos de cal.

Figura 40. Funcionamiento del descalcificador



¹ Las unidades habitualmente usadas para medir la dureza del agua son miligramos de Carbonato Cálcico (CaCO_3) por litro de agua, equivalente a partes por millón (ppm) de CaCO_3 : 1 grado alemán equivale a 17,9 miligramos de CaCO_3 por litro de agua; 1 grado francés equivale a 10,0 miligramos de CaCO_3 por litro de agua; 1 grado alemán (1° DH) equivale a 1,78 grados franceses (1,78° F).

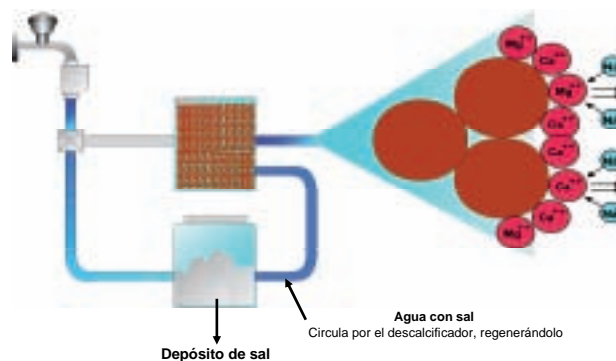
² El Centro de Estudios Hidrográficos y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) proporciona una clasificación de la dureza del agua: -se mide en miligramos por litro (mg/l) de carbonato cálcico o en grados franceses que equivalen a 10 mg/l- con límites aproximados, "no estrictos", subrayan. Esto puede ayudar a conocer hasta qué punto afecta al consumidor esta característica:

- Aguas blandas - Concentración de menos de 50 mg/l de carbonato cálcico o 5 grados franceses
- Aguas ligeramente duras - Concentración de entre 50-100 mg/l de carbonato cálcico, entre 5 y 10 grados franceses
- Aguas moderadamente duras - Concentración entre 100 y 200 mg/l de carbonato cálcico, entre 10 y 20 grados franceses
- Aguas muy duras - Concentración de más de 200 mg/l de carbonato cálcico, más de 20 grados franceses.

Dependiendo de la dureza del agua y de las veces que usemos el lavavajillas, este descalcificador se va saturando y, por lo tanto, las bolitas de resina van perdiendo la capacidad de ablandar el agua. Es entonces cuando el lavavajillas tiene que regenerar el descalcificador. Esto se consigue gracias a la sal. Haciendo pasar agua con sal por la resina, de nuevo se produce un intercambio de iones y de partículas. En este momento, las partículas que se habían quedado en el descalcificador se van soltando, y las resinas adquieren de nuevo iones de Sodio, quedando el descalcificador como nuevo. Para este proceso solo es apropiada una sal extremadamente pura.

Cuando se gradúa la dureza del agua de un lavavajillas, lo que se hace es indicar a la máquina cada cuantos lavados ha de regenerar el descalcificador. Es práctica habitual dejar el descalcificador tal como viene de fábrica, esto es nivel 2. Esta es la razón de que, en zonas con agua blanda (nivel 1) el lavavajillas no consuma sal, y en zonas de nivel 4 el lavavajillas gaste mucha más sal que en otras zonas. La introducción correcta de este dato es fundamental para obtener unos buenos resultados de lavado a máquina y es un paso que pocos realizan adecuadamente.

Figura 41. Regeneración del descalcificador

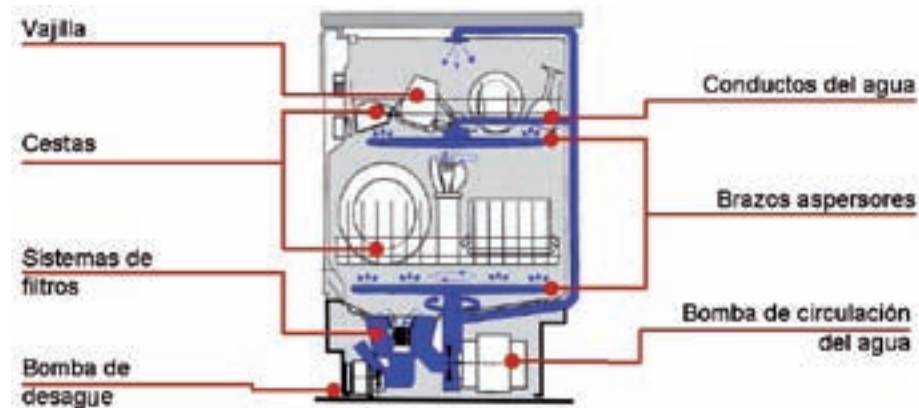


Estructura del lavavajillas

Los lavavajillas están formados por una cuba, donde están situadas las dos cestas que sirven para colocar la vajilla sucia y donde se produce todo el proceso de lavado.

El agua llega a la cuba a través del tubo de entrada. Todos los lavavajillas Balay, tienen la posibilidad de ser conectados a una toma de agua caliente de hasta 60° C, reduciendo el consumo energético hasta un 30 por ciento. Balay recomienda usar la toma de agua caliente en casos en los que la fuente de energía sea renovable. Este tubo de entrada puede ser una simple conexión que permita la entrada de agua a la cuba, o disponer de diversos sistemas de seguridad para evitar fugas, como es el caso del Aquastop. Tras recorrer el tubo de entrada, el agua es impulsada por la bomba de circulación a través de la resistencia, calentándose hasta alcanzar la temperatura deseada del programa de lavado seleccionado. Después, llega hasta los brazos aspersores giratorios en el interior de la cuba, que la reparten sobre la cesta superior y/o sobre la cesta inferior. Adicionalmente, existe otra salida de agua situada en la parte superior, o techo, del lavavajillas a modo de ducha.

Figura 42. Estructura del lavavajillas



El agua que entra en la cuba del lavavajillas se reutiliza varias veces, y al final del ciclo acaba cayendo o resbalando íntegramente hacia la parte inferior de la misma. Lo primero que va a encontrar al salir de la cuba, son los filtros, que retienen e impiden que los restos de suciedad sean arrastrados al desagüe.

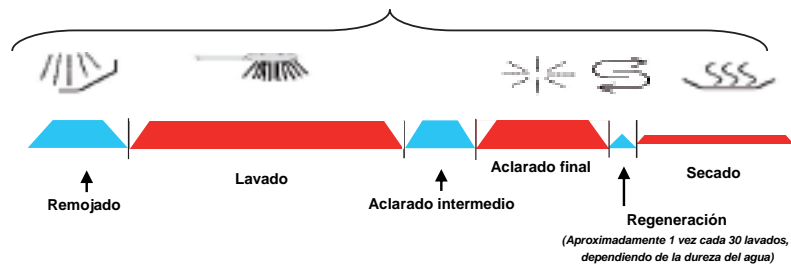
Una vez comenzado el programa, el agua del prelavado (aproximadamente 4 litros) estará remojando continuamente la vajilla, para así eliminar los primeros restos de suciedad y después pasar por los filtros. Antes de desaguar, el sensor de turbiedad efectuará una medición del grado de suciedad del agua para saber si es necesario vaciar y tomar agua nueva, o si es posible seguir aprovechando el agua que ya tenemos en el interior, para impulsarla de nuevo al interior de la cuba a través de la motobomba. Por el contrario, si fuera necesario eliminarla, la bomba de desagüe se encargará de proporcionar al agua la presión necesaria para impulsarla a la tubería a través del tubo de desagüe. La secuencia se repite varias veces, tomando diferentes cantidades de agua en las diferentes fases del programa, consumiendo un total de 12 litros en todo el programa, pero habiendo movido el equivalente a 3.600 litros, en el interior de la cuba.

La cantidad de agua consumida puede variar ligeramente dependiendo del programa automático seleccionado, ya que el sensor automático puede llegar a efectuar hasta 48 mediciones del grado de suciedad del agua, lo que le permitirá tomar diferentes decisiones, como por ejemplo, aplicar más o menos agua, en función del grado de turbiedad medida en el interior de la cuba y aplicar más o menos temperatura en función de la suciedad de la vajilla.

Fases del lavado

¿En qué consiste un ciclo de lavado? Un ciclo consta de las siguientes fases:

Figura 43. Fases de un ciclo de lavado - 1



Todos los lavavajillas disponen de diferentes ciclos de lavado o programas, cada uno adecuado a las características de la suciedad y de la vajilla que introducimos. Estos programas son diferentes entre sí, pero casi todos tienen una forma de actuar más o menos similar.

Figura 44. Fases de un ciclo de lavado - 2



Desagüe del agua

Tiene lugar al principio del programa de lavado. El lavavajillas vacía todos los restos de agua que hayan podido quedar en el interior del lavavajillas y conviene desaguar.

Fase de remojo

Durante la fase de remojo – también se denomina prelavado o aclarado inicial –, la vajilla se baña con agua, normalmente fría y sin detergentes. Esto habitualmente se realiza una vez, aunque en algunos programas esta fase puede omitirse. Durante el prelavado se eliminan casi todos los restos sólidos de alimentos.

Ciclo de lavado

El lavavajillas hace circular agua a presión para eliminar la suciedad, pero en esta ocasión, sí que emplea detergentes y agua caliente. La temperatura máxima de lavado puede llegar hasta los 75 grados, que es una temperatura muy superior a la que soporta el cuerpo humano cuando lava los platos a mano.

Aclarado intermedio

Este aclarado actúa normalmente justo después de la fase de lavado. El propósito de esta fase es eliminar el agua sucia y los restos de jabón que hayan podido quedar, una vez que el agua del lavado se ha bombeado fuera.

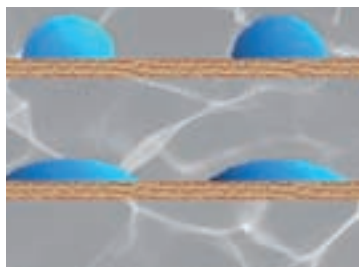
En esta fase puede producirse un choque de temperatura, ya que la vajilla está caliente después del proceso de lavado y el agua empleada para el aclarado está fría.

Para evitar este perjudicial efecto existen, en algunos lavavajillas, el “intercambiador de calor”, cuya función es, entre otras, templar la temperatura del agua de los aclarados para que el choque térmico sea mucho menor.

Fase de abrillantador

La fase de abrillantador es la etapa final del lavado propiamente dicho y el momento en que éste entra en acción. El abrillantador reduce la tensión superficial del agua, ocasionando que las gotas de agua que normalmente se crearían, se deshagan en grupos muchísimo más pequeños. De esta manera, al formarse capas delgadas de agua, se facilita el secado.

Figura 45. Fase de abrillantador



Pensar que el abrillantador del lavavajillas solo es necesario para obtener una cristalería brillante no es estrictamente exacto. El principal objetivo del abrillantador es obtener un secado correcto; también es cierto, que al impedir la formación de grandes gotas de agua no quedan restos de cal o de sales en su evaporación. Es decir, si no se usara el abrillantador, la vajilla quedaría con restos de agua que, una vez seca, podría dejar cercos y opacidades.

Esta fase, de nuevo, emplea agua caliente (entre 55° C y 70° C), ya que el principal objetivo es calentar la vajilla y el agua de tal forma que se fuerce el secado.

Regeneración del descalcificador

En algunas ocasiones es necesario regenerar el descalcificador. Si fuese necesario, sería en este momento del ciclo cuando el lavavajillas la ejecutaría. En caso contrario, se pasaría directamente a la fase de secado.

El proceso de regeneración se hace introduciendo en el interior del descalcificador una solución de agua con sal y dejándola circular por su interior. De esta forma se eliminan los restos de la descalcificación.

Fase de secado

Cuando llega el secado, la vajilla ha absorbido tanto calor, que la capa fina de agua que queda sobre ella se puede evaporar rápidamente.

Al finalizar el lavado el interior del lavavajillas está muy caliente y húmedo. Lo primero que se empiezan a enfriar son los laterales de la cuba del lavavajillas, ya que están en contacto con el exterior y están hechos de acero inoxidable. El secado se produce por condensación. Al igual que si en un día lluvioso de invierno entramos en el interior de una cafetería –que está caliente y con un ambiente húmedo– el cristal de las gafas se empaña rápidamente por estar más frío, lo mismo pasa en el interior del lavavajillas. Toda la humedad ambiental de lavavajillas tenderá a condensarse en los laterales de acero, resbalando y cayendo hacia la zona de filtros.

Figura 46. Humedad residual



Etiqueta energética

El etiquetado energético de los lavavajillas se ha ido introduciendo gradualmente en la Unión Europea desde 1999. El objetivo de esta práctica es reducir el consumo energético. La etiqueta indica la eficiencia de un electrodoméstico en relación a otro de semejantes características. El etiquetado energético asegura que en el punto de venta, el consumidor va a conocer en términos comparables, qué lavavajillas gastan menos.

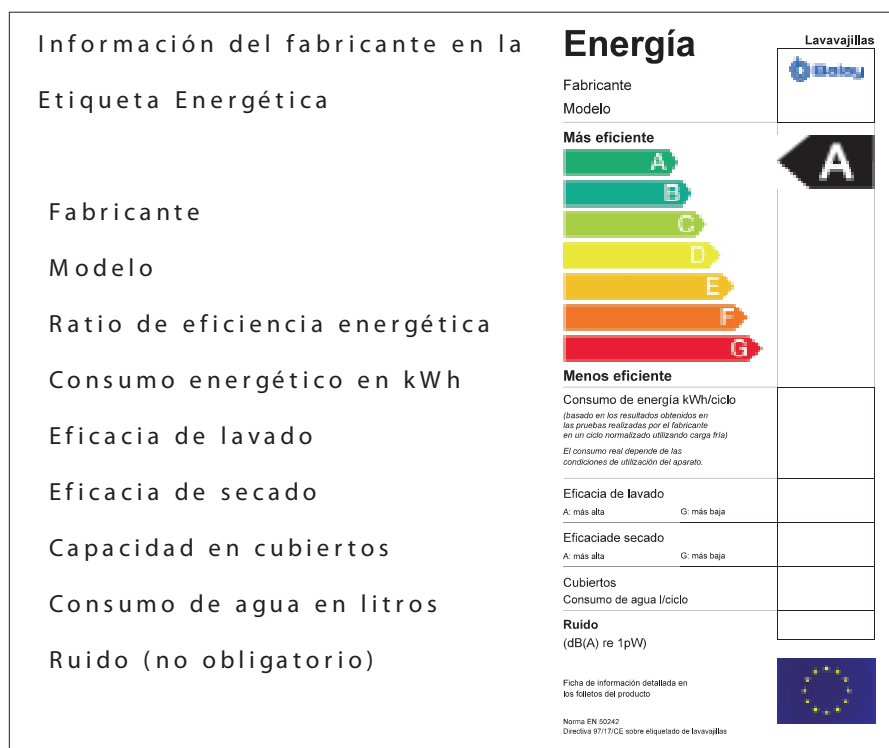
Es obligatorio que la etiqueta física se presente adherida a todos los lavavajillas expuestos, en un lateral y, pese a que consta de mucha información, lo más importante se resume en tres calificaciones o letras. Cada uno de

estos tres valores distingue, con la primera letra, la Eficiencia Energética (cuánta energía eléctrica gasta), con la segunda letra la Eficacia de Lavado (cómo de bien lava), y con la tercera letra la Eficacia de Secado (cómo de bien seca). Los valores posibles de cada calificación pueden oscilar de la letra A hasta la letra G.

La etiqueta muestra los valores medidos en el programa de referencia Eco 50° C. En dicho programa se definen unas condiciones estandarizadas entre fabricantes que nos permitirán comparar los valores obtenidos. La etiqueta energética mostrada como ejemplo, serviría para los lavavajillas seleccionados en el estudio, en diciembre 2007.

En ellos, el consumo de agua en el programa Eco 50° C era el mínimo del mercado en ese momento, con 12 litros para un lavavajillas de 60 centímetros de ancho y su consumo energético era de 1,05 kilovatios por hora, valor que se correspondía con la mejor calificación energética del mercado, la clase A.

Figura 47. Etiquetado energético



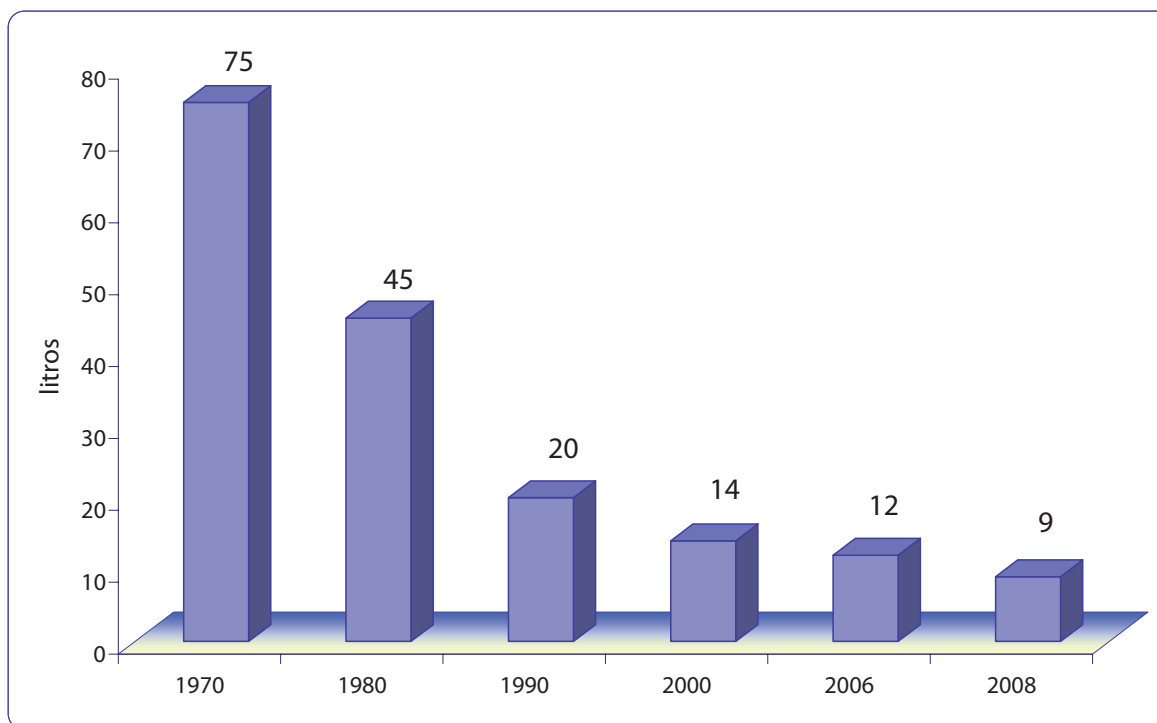
Fuente: BSH

INNOVACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA

Los fabricantes de electrodomésticos, de acuerdo a sus políticas de desarrollo y de calidad medioambiental, investigan continuamente para la mejora de sus productos creando aparatos cada vez más eficientes.

BSH Electrodomésticos, fabricante de la marca Balay, trabaja desde hace años en la mejora de la eficiencia de sus productos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de los mismos: producción, distribución, uso y fin de uso. Además, en mayo de 2008 con ocasión de la Expo de Zaragoza cuyo lema era "Agua y desarrollo sostenible" Balay, marca patrocinadora de dicho evento, presentó y puso a la venta el lavavajillas que menos consumía del mundo. Tan sólo 9 litros en todo el programa Eco de un lavavajillas de 60 centímetros de ancho. Dicho lavavajillas fue, incluso, objeto de análisis en el pabellón de iniciativas ciudadanas El FARO, donde protagonizó varios talleres.

Figura 48. Evolución del consumo de agua en lavavajillas (1970 - 2008)



¿Cómo consigue Balay reducir el consumo de agua a, tan sólo, 9 litros en el programa Eco?

Balay incorpora una novedosa tecnología hidráulica en sus nuevos lavavajillas que le permite reducir la cantidad de agua inactiva en el circuito hidráulico y así poder aprovechar al máximo cada gota de agua.

Las principales innovaciones se han centrado en los 5 niveles de aspersión del lavavajillas.

a. La ducha

Cobra un mayor protagonismo ya que se localiza en el centro del techo de la cuba, para llegar a todos los rincones. Además va a estar en movimiento de forma que rociará el agua como un aspersor, y así poder distribuir mejor el agua en la cesta superior.

b. Brazos más estilizados

El diseño de los brazos aspersores se ha modificado, haciéndose más estilizados. Así el agua se ve impulsada mejor en el momento de la salida al exterior y al tener menor diámetro el brazo, quedará menos cantidad de agua inactiva en el interior del mismo.

El diseño de los rociadores (jets) de salida de agua también se ha modificado, adaptándose a la nueva cuba interior y asegurando una mejor distribución del agua. Uno de esos surtidores, el jet del brazo superior, permite rociar constantemente la bandeja dosificadora del detergente en pastillas, para una óptima disolución. Y otro, situado en el brazo inferior, rocía el depósito del detergente, evitando que puedan quedar restos del detergente en polvo.

c. Motobomba

La motobomba incorpora una nueva tecnología y permite impulsar el agua con mayor potencia y frecuencia en el interior de la cuba. Anteriormente se necesitaban 12 litros por programa y el agua que se movía en el interior durante el ciclo de lavado equivalía a 3.600 litros; ahora, gracias a la nueva motobomba, tan sólo se precisan 9 litros de agua que son capaces de mover en el interior el equivalente a 4.100 litros.

Además, las resistencias van integradas en la motobomba para un calentamiento más rápido y eficiente que optimiza y evita la pérdida de calor. La nueva resistencia se compone de unas bandas resistivas que van adheridas a un anillo metálico, de modo que hay menos riesgo de depósitos de cal en la misma. Además, con este nuevo sistema, la resistencia es más eficiente, ya que tiene una mayor superficie de contacto.

d. Bomba de desagüe

Gracias a una nueva tecnología, la bomba de desagüe interactúa con la electrónica, reconociendo si no queda agua en el interior y dejando de evacuarla al exterior, mandando una señal a la bomba electrónica. Su principal ventaja es que evita ronroneos desagradables en la bomba de desagüe. Anteriormente, estos ruidos se producían cuando el funcionamiento era mediante un temporizador y no quedaba agua en el interior que desaguar.

e. Nuevo sistema de filtrado de 3 capas

Su diseño ondulado incrementa la superficie de filtrado en un 50 por ciento para retener un mayor número de partículas. Esto produce una precisión de filtrado superior y una mayor reutilización agua. Además, incrementa en un 20 por ciento la cantidad de agua filtrada para volverla a reutilizar.

Canal de  Isabel II

Canal de  Isabel II

www.cyii.es

Canal de Isabel II
Santa Engracia, 125. 28003 Madrid