



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de beneficios técnicos y económicos de  
sistemas sanitarios actuales.**

**T E S I S**

PARA OPTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :

**JUAN MARCOS VÁZQUEZ FLORES**

DIRECTOR:

**Dr. José Luis Fernández Zayas**

MÉXICO, D.F.

JUNIO DE 2012

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. NORBERTO CHARGOY DEL VALLE.

Secretario: M.I. OCTAVIO ESTRADA CASTILLO.

Vocal: DR. JOSE LUIS FERNANDEZ ZAYAS.

1<sup>er</sup>. Suplente: MTRO. JESUS EDMUNDO RUIZ MEDINA.

2<sup>do</sup>. Suplente: ING. DULCE MARIA CISNEROS PERALTA.

Lugar donde se realizó la tesis:

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM.

**TUTOR DE TESIS:**

---

DR. JOSE LUIS FERNANDEZ ZAYAS.

## **Agradecimientos.**

A Dios, gracias por las alegrías, dificultades y el júbilo que vienen con la dicha de experimentar esta aventura de mi vida.

A mi madre por su amor, su respaldo y su apoyo para abatir todas las dificultades. Por su enseñanza y confianza depositada en mí.

*“Gracias por ser mi madre”.*

A la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formarme: social, cultura y profesionalmente. Por darme la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa comunidad universitaria, dejando en mi el compromiso de trabajar y actualizarme en beneficio de mi país.

*“...todos los momentos en ella se perderán en el tiempo, como lagrimas en la lluvia...”*

A mis maestros y profesores, que me animaron a seguir adelante y a realizar grandes proyectos, que contribuyeron a mi formación académica, moral y formaron gran parte de mi actual carácter. Que sin duda compartieron grandes ideas que he hecho mías.

A mi familia que nunca defrauda mi confianza en ellos y en sus consejos formaron lo que soy ahora.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. METODOLOGÍA	9
3.1. <i>Identificación de los componentes hidráulicos del sanitario.</i>	10
3.2. <i>Inventario de uso del agua en el sistema sanitario</i>	10
3.3. <i>Medición de consumos.</i>	11
3.4. <i>Inspección para detectar fugas</i>	14
3.5. <i>Balances de agua</i>	15
3.6. <i>Medidas y estrategias para ahorrar agua.</i>	17
3.7. <i>Aplicación de los dispositivos y medición del ahorro.</i>	19
3.8. <i>Análisis costo-beneficio.</i>	20
4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	27
4.1. <i>Identificación de los componentes hidráulicos del sanitario.</i>	27
4.2. <i>Inventario de uso del agua en el sistema sanitario</i>	28
4.3. <i>Medición de consumos.</i>	30
4.4. <i>Inspección para detectar fugas</i>	34
4.5. <i>Balances de agua</i>	34
4.6. <i>Medidas y estrategias para ahorrar agua.</i>	34
4.7. <i>Aplicación de los dispositivos y medición del ahorro.</i>	36
4.8. <i>Análisis costo-beneficio.</i>	38
5. IMPACTOS DE LAS ESTRATEGIAS USADAS	39
6. CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	43

## INTRODUCCIÓN

### *Un Hogar sustentable*

Este concepto trata de definir un tipo de vivienda que contribuye básicamente a cuidar el medio ambiente, desde el estudio de la orientación de la vivienda, el aislamiento de la misma para maximizar los recursos de climatización, hasta el análisis de los materiales que se utilizarán o la provisión de sistemas que puedan generar energías alternativas y tratamiento de los residuos para un futuro reciclaje.

### *El agua*

En los últimos años a raíz del cambio climático y de su demanda, se ha estado reduciendo el volumen disponible de agua en las ciudades, por lo cual se ha impuesto la necesidad de evitar un uso dispendioso.

La demanda por el líquido ha crecido significativamente y no ha podido ser cubierta. Ejemplo de ello es que en el 2007 alrededor de 2 mil 600 millones de personas en el mundo no tuvieron acceso a servicios relacionados con el agua, entre ellos el aprovisionamiento de agua potable según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2007). La situación podría ser más grave en el futuro ya que, según pronósticos, alrededor del año 2025 cerca de 800 millones de personas vivirán en países o regiones con completa escasez de agua, y dos terceras partes de la población mundial podrían estar sujetos a condiciones de estrés hídrico (UNEP 2007).

En México, la disponibilidad natural de agua por habitante en el año 2007 fue de 4000 312 metros cúbicos anuales, lo cual se considera como una disponibilidad baja.

Debido a la escasez que se ha presentado en los últimos tiempos en todas partes del mundo, personas preocupadas por mantener este recurso han desarrollado diversas tecnologías que permiten eficientizar el uso del agua en las actividades diarias de una familia, creando productos que permiten el ahorro del agua. Gracias a la actual

tecnología hoy podemos ahorrar una considerable cantidad de agua de uso sanitario, que en el corto plazo es una prioridad pues en muchos lugares hasta hoy en día se ha venido dando cierto descuido con el vital elemento.

El ahorro de agua comienza desde casa, donde el uso diario de griferías, duchas, lavaplatos e inodoros suman dinero a las cuentas mensuales y al consumo del vital líquido. Afortunadamente podemos reducir el consumo de agua enormemente poniendo en práctica desde el hogar el uso de estas tecnologías.

Así pues, ahorrar agua no es tan difícil como parece. Desde los hábitos más simples hasta el uso de inodoros ahorradores de agua, podemos visualizar la amplia variedad de oportunidades para ahorrar este recurso tan preciado.

Mediante la siguiente tesis buscaremos aprovechar los recursos disponibles, de tal modo de minimizar el impacto ambiental que genera la vivienda en su sistema sanitario sobre el ambiente natural y sobre los habitantes.

Para esto disminuirémos el consumo de agua en el sanitario, pues, en la gran mayoría de las viviendas están instalados regaderas, lavabos e inodoros de alto consumo de agua, de 16 litros de agua por descarga, para eliminar la orina y las heces. También recomendaremos la revisión de las instalaciones sanitarias de largos años de uso, para evitar las fugas, e incluso que se corrija el mal funcionamiento de la grifería.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto de investigación se realizó para obtener el control del consumo de agua, que en algunas regiones del país es un problema grave por su escasez. El recurso hidráulico requerido en toda vida humana se debe suministrar a todas las regiones de México mediante una distribución eficiente.

Según la Comisión Nacional del Agua, la siguiente gráfica (Figura 1.1) nos muestra el uso aproximado del agua en un hogar promedio.



*Fig 1.1 Porcentajes aproximados de uso del agua en el hogar*

La regadera e inodoro consumen aproximadamente del 30% al 40% del agua en una vivienda. Por lo que reemplazar estos artefactos por unos de baja descarga ayudaría a ahorrar dinero ya que la factura de consumo bajaría y ahorraría hasta 32% del consumo de agua.





## JUSTIFICACIÓN

El desperdicio de agua por actividades manuales o por la falta de concientización es parte fundamental para poder mantener los niveles del vital líquido, para el suministro de todas las actividades que se desarrollan en cada región del país.

Al tener el problema de la falta de agua en ciertas regiones del valle de México podríamos mejorar esta condición mediante su correcta distribución y uso de las tecnologías propuestas. Se considera aplicar el sistema en casas-habitación para mejorar el sistema sanitario y conocer los resultados para ver si son favorables tanto técnica como económicamente.

Ya que el inodoro consume aproximadamente *40%* del agua en el hogar, reemplazar este artefacto por uno de baja descarga o aplicando artefactos que minimicen la cantidad de agua que consumen, ayudaría a ahorrar dinero en una familia.

Sin embargo, en la práctica, la efectividad de costos de muchos de estos métodos y tecnologías requiere una determinación precisa de los precios del agua para los consumidores, para que reflejen el costo real del agua suministrada a través de sistemas de entrega y tratamiento de aguas. Por otra parte el estudio técnico nos revelará si los dispositivos empleados son o no funcionales.



## METODOLOGÍA

El siguiente diagrama nos muestra los pasos que seguiremos para el análisis del sistema sanitario:



*Fuente: elaboración propia*

### *Identificación de los componentes hidráulicos del sanitario*

La identificación de los componentes que usan agua en el sanitario nos dará una representación esquemática del sistema sanitario, mostrando su sistema de distribución, abarcando la forma de ingreso de agua, tuberías, tipo de muebles sanitarios, regaderas, llaves, etc.

Una vez identificados todos los componentes del sistema sanitario se deben obtener los datos técnicos de cada uno. Durante esta inspección también debemos identificar fugas y registrarlas.

### *Inventario de uso del agua en el sistema sanitario*

La principal razón para hacer un inventario del uso de agua es para ver en cada punto de extracción las posibles estrategias de ahorro de agua.

En este caso podemos clasificar su uso y demanda en:

Uso consecutivo. Es el agua empleada en diversas operaciones que no es descargada al sistema de alcantarillado. Es el agua que se pierde por evaporación por ejemplo en sistemas de enfriamiento; la que se infiltra al subsuelo, como por riego de jardines; y la que se incorpora a un producto manufacturado, el caso de la elaboración de comida, hielo, etcétera.

Uso no consecutivo. Es el agua utilizada en operaciones rutinarias como lo son: servicios sanitarios llaves de lavabo, fregaderos y proceso de lavado, la cual, ya utilizada, se descarga a la red de alcantarillado o se entrega para ser reutilizada en otros procesos.

Pérdidas. Es el agua que no es aprovechada para algún servicio, por ejemplo: fugas en tuberías y válvulas de la red de distribución y estructuras tales como cisternas y tanques de almacenamiento; también las fugas en muebles sanitarios, medidores, grifos y otros elementos. En esta categoría se puede incluir el desperdicio, en caso del agua empleada en exceso.

La información obtenida en la identificación y localización de todos los usos de agua para cada elemento en nuestro sistema sanitario debe indicar:

- Clasificación de su uso.
- Función principal.
- Frecuencia de uso.

### *Medición de consumos*

Para saber si la propuesta es válida y realmente estamos disminuyendo el consumo de agua potable, se debe medir el volumen de agua recibida en el sistema de distribución predial al inicio de un periodo y al final del mismo. Con la evaluación de consumos se puede evaluar el impacto de cada medida de ahorro implantada y el ahorro obtenido en los costos del servicio.

Para esto debemos revisar y adecuar el sistema de medición predial de consumos, que es un conjunto de medidores, accesorios y actividades para obtener, procesar y analizar los datos relativos a los volúmenes de agua consumida y aprovechada.

Cuando no tenemos la posibilidad de instalar medidores para medir el consumo del agua, para los usos más comunes, se puede determinar dicho consumo mediante: estimaciones de caudal, empleando valores estandarizados o mediciones de campo.

Los valores estandarizados de caudal para los usos más convencionales del agua, con los que puedan estimarse los flujos para determinadas operaciones son:

- Llave del lavabo.....2 a 6 l/min.
- Mingitorio.....2 a 4 l/min ó 0.5 y 3 a 4 l/descarga.
- Sanitario con tanque.....3.5, 6 y 16 a 20 l/descarga.
- Bidet.....4 a 6 l/descarga.
- Tina de baño.....18 l/min.
- Regadera.....7 a 10 y 12 a 20 l/min.
- (bajo consumo y tradicional).
- Llave de fregadero.....7 a 12 l/min.
- Llave de jardín y lavadero.....6 a 12 l/min.
- Lavadora de ropa.....225 l/carga.

Los valores anteriores mínimos y máximos dependen de si el dispositivo (mueble o elemento de extracción), es de bajo consumo y del valor de la presión estática; esto es, cuando el agua no está fluyendo. Los caudales anteriores mínimo y máximo corresponden a las presiones estáticas de 0.2 y 2.5 kg/ cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Los flujos pueden estimarse también mediante aforos (medición directa), lo cual es más apropiado. Dichos métodos de aforo pueden ser los siguientes:

- Con medidores instalados en tuberías de distribución de agua o en el dispositivo de extracción de agua.
- Medición de volumen y frecuencia de uso, con cubeta y cronómetro.
- Medición del nivel de agua en cisternas, tinacos y otros depósitos.

Es importante medir todos los consumos en el mismo periodo de tiempo ya que dichos consumos varían si se realizan en distintos periodos.

Medir es la parte más importante de esta metodología y en nuestro caso, ya que son las más apropiadas, usaremos las metodologías de “*Aforo con cubeta y cronómetro*” y “*Aforo con caudal estándar y frecuencia*”.

#### Aforo con cubeta y cronómetro

Cuando el flujo es constante y la descarga libre a la atmósfera, como en el caso de las llaves de jardín o de las regaderas, puede emplearse una cubeta graduada y un cronómetro para medir el caudal (esto es un aforo); la forma de determinar el caudal es la siguiente:

1. Se coloca una cubeta sobre una superficie plana y horizontal; y utilizando una probeta graduada de un litro se llena con agua, litro por litro, hasta llegar cerca del borde; después, con un plumón delgado se hace una marca siguiendo el contorno de la superficie del agua. El volumen determinado (generalmente de 16 a 18 litros), se utilizará para calcular el caudal.
2. Para realizar el aforo se necesita un cronómetro. Con él que se mide el tiempo que se requiere para llenar la cubeta hasta la marca hecha con el plumón. El caudal es el resultado de medir el volumen patrón entre el tiempo que se requiere para llenar la cubeta hasta la marca.

Durante el aforo la cubeta se necesita colocar sobre una superficie plana y horizontal y el ángulo desde donde se mira el nivel del agua debe ser semejante al que se tuvo al determinar el volumen patrón. Cada aforo se debe repetir 3 veces para determinar el promedio.

Ejemplo de *aforo con cubeta y cronómetro*:

DATOS	FÓRMULAS	RESULTADO
<p>Volumen de la cubeta = <b>18 litros</b> 1 min = 60 segundos</p> <p>Medición (1) en el cronómetro: 1 min:17 s (17 s/ 60= 0.28 min) <b>Tiempo (1) = 1.28 min</b></p> <p>Medición (2) en el cronómetro: 1 min:12 s 12 s/ 60= 0.28 min) <b>Tiempo (2) = 1.20 min</b></p> <p><b>Tiempo (3) = 1 min:09 s = 1.15 min</b></p>	<p>Caudal, <math>q = \text{volumen}/\text{tiempo}</math></p> <p><u>Caudal promedio</u> <math>Q = \{ q(1) + q(2) + q(3) \} / 3</math></p>	<p><math>q(1) = 18 \text{ litros} / 1.28 \text{ min}</math> = 14.06 litro /min</p> <p><math>q(2) = 18 \text{ litros} / 1.20 \text{ min}</math> = 15.00 litro /min</p> <p><math>q(3) = 18 \text{ litros} / 1.15 \text{ min}</math> = 15.65 litro /min</p> <p><math>Q = (14.06 + 15.00 + 15.65) / 3 =</math> <b>14.90 litros/min</b></p>

#### Aforo con caudal estándar y frecuencia

Cuando no hay una descarga al aire libre, como para llenar una cubeta se pueden emplear los valores estandarizados de los diferentes dispositivos tales como lavabos, regaderas, etc., mismos que varían en función de la presión estática. En este caso, además, se debe buscar una forma de obtener el tiempo que es empleado el dispositivo de extracción de agua cada vez que se usa y el número de veces que es usado, en promedio.

Ejemplo de *caudal, tiempo y frecuencia*:

DATOS	FÓRMULA	RESULTADO
<p><b>Regadera tradicional.</b></p> <p>Con una presión de 1.0 kg/cm<sup>2</sup>; El caudal estándar es: <b><math>q = 14 \text{ litros /minuto}</math></b>.</p> <p>Se usa dos veces <b>por día (<math>f=2</math>)</b>; cada vez, durante 12min (<b><math>t=12 \text{ min}</math></b>) en promedio.</p>	<p>Caudal, <math>Q = q \times t \times f</math></p> <p><math>q</math> es el caudal estándar <math>t</math> es el tiempo de uso <math>f</math> es el número de veces que se usa.</p>	<p><math>Q = 14 \times 12 \times 2 = 336 \text{ litros / día.}</math></p> <p>Nota: este mismo procedimiento se aplica a cualquiera de los dispositivos empleados para el uso del agua: llaves, regadera, WC, riego, etc.</p>

### *Inspección para detectar fugas*

En el caso de los sistemas sanitarios las fugas pueden llegar a ser observadas, cuando hay goteras de la regadera, del lavabo, del sanitario con tanque, etc., pero los tramos de tubería también pueden tener fugas, pues existe un mayor potencial para que exista allí dicha fuga; y se presentan en forma de encharcamientos, humedecimientos y goteras.

Una técnica de detección de fugas es el uso de un “correlator” (aparato electrónico que calcula velocidades del sonido) y un audífono para amplificar sonidos. Pero también el medidor de consumo de agua instalado dentro del predio se puede emplear para detectar fugas de agua siguiendo los pasos a continuación:

1. Se localiza el indicador de flujo de la carátula del medidor; generalmente es una pieza en forma triangular color rojo o una manecilla larga como la de un reloj, la cual se mueve visiblemente rápido cuando el agua fluye a través de la toma municipal hacia los edificios.
2. A continuación se cierran todas las llaves del predio y edificio, incluyendo válvulas de globo de cisternas, tanques y tinacos. Si el indicador de flujo es de tipo triangular entonces, se podrá ver de inmediato si esta inmóvil o si gira; en este último caso sí existen fugas. Cuando el indicador de flujo es una manecilla, se anota su posición, se espera treinta minutos y se vuelve a revisar. Si la posición no ha cambiado entonces no hay fugas.
3. Una vez detectadas las fugas, se deberá determinar si estas, están entre el cuadro de la toma municipal y el edificio o dentro del edificio. Para esto se debe cerrar la válvula de paso hacia la instalación hidráulica del edificio; si el medidor se detiene la fuga estará dentro del edificio. En este caso se deberá hacer una inspección minuciosa de cada elemento de extracción (WC, llaves, etc.). Si el medidor continua moviéndose, la fuga está fuera del edificio, por lo cual se deberá buscar humedecimientos, zonas con hierba más crecida que la circundante, escurrimientos en registros del drenaje, etcétera.



### *Balances de agua*

Un balance es una cuantificación y comparación del volumen de los ingresos con el volumen que resulta de sumar los egresos y la variación en el ahorro que ocurren en el periodo determinado. Ambas cantidades deben ser teóricamente idénticas.

En el balance tanto las entradas (ingresos), como las salidas (egresos) deben estar bien identificadas; esto quiere decir que se debe saber con precisión de dónde proviene cada cantidad del total, así como el uso que se le dio a cada una de las cantidades que conforman el egreso total, respectivamente; de tal manera que el ingreso total debe ser igual al egreso total más la variación en el almacenamiento (esta variación puede ser positiva o negativa).

De esta forma la realización de un balance, tiene como finalidad identificar si existen pérdidas, cuáles fueron sus causas y de qué manera se puede reducir algunos gastos para maximizar el beneficio.

Con la información obtenida en un balance de agua potable se pueden identificar las zonas con altos consumos, comparados con los estándares aceptados para la zona en estudio, así como las pérdidas y posibles causas.

Para establecer un balance de agua se deben:

- Preparar los formatos para el manejo de la información.
- Establecer los días y horario en que se realizarán las mediciones
- Definir el periodo de medición de variable (un día, una semana, un mes, etc.), del volumen de agua suministrado y de los egresos.

Para el caso del sanitario debemos establecer los consumos correspondientes a muebles sanitarios, empleando los valores del caudal o de las descargas (determinadas mediante aforos), o se toman los valores de los consumos estandarizados. Ante observaciones directas, es necesario determinar el tiempo y la frecuencia promedio de uso.

En esta estimación de consumo promedio, con el método “*caudal tiempo frecuencia*”, es recomendable hacer observaciones todos los días durante una semana de lunes a lunes. Las pérdidas de agua por fugas, cuando es posible localizarlas y aforarlas deben ser consideradas como parte del balance de agua.

### Balance global de agua

La fórmula del balance de agua total se expresa de la siguiente manera:

$$VT = C_S + C_{\text{otros}} + V_{A0} + V_{AF} - V_F$$

**VT:** es el volumen total de agua recibido en el predio o edificio mediante las tomas, en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>S</sub>:** es el consumo de agua total en los muebles sanitarios (lavabos, regaderas WC, mingitorios, bidets, etc.), en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>otros</sub>:** es el consumo que se le da lavabos y grifos de cocina, agua usada para limpieza del inmueble, lavado de ropa, riego en jardines, etc. (cualquier otro uso que se le dé al agua y que no incluye el sistema sanitario en estudio), en m<sup>3</sup>/periodo.

**V<sub>A0</sub>:** el volumen total de agua almacenada al inicio del periodo en tinacos tanques y cisternas, en m<sup>3</sup>.

**V<sub>AF</sub>:** es volumen de agua almacenada al final del periodo, en m<sup>3</sup>.

**V<sub>F</sub>:** es el volumen total de agua perdida por fugas localizadas, en m<sup>3</sup>/periodo.

Mientras que la del balance de agua para el sanitario es:

$$C_S = C_{WC} + C_R + C_L + C_B + C_T + C_{REST}$$

**C<sub>WC</sub>:** consumo del WC, en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>R</sub>:** consumo de la regadera, en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>L</sub>:** consumo de lavabo, en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>B</sub>:** consumo del bidet en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>T</sub>:** consumo de tina de baño en m<sup>3</sup>/periodo.

**C<sub>REST</sub>:** consumo de algún otro artefacto o mueble sanitario diferente a los anteriores) en m<sup>3</sup>/periodo.

De acuerdo a la zona analizada, emplearemos la segunda fórmula más a detalle, analizando y midiendo con exactitud el uso del agua en esta parte del predio; y no

incluimos el uso del agua en otras operaciones ya que solo buscaremos reducir el consumo del sanitario.

Como ya habíamos planteado antes, dividiremos las mediciones individualmente, es decir midiendo en cada mueble del sanitario y usando tablas que muestren los usos individuales del volumen de agua. Con esto se busca identificar qué mueble tiene mayor demanda de agua.

### *Medidas y estrategias para ahorrar agua*

La reducción en el consumo de agua generalmente se asocia a cambios físicos, sin embargo, también el hecho de cambiar los hábitos de consumo son una parte importante en el ahorro del agua.

En el balance de agua resaltan diversas medidas de ahorrar agua, entre ellas están: la detección de fugas y su reparación oportuna, la revisión de tuberías y dispositivos (muebles sanitarios), así como la implementación de dispositivos ahorradores.

Una vez identificados los dispositivos de ahorro adecuados para su implementación debemos observar si no hay inconvenientes en su instalación al adaptarlos a los equipos antiguos. Si es así, conviene evaluar la posibilidad de reemplazar dichos equipos por otros que ya están diseñados para trabajar con bajo consumo.

Los muebles y dispositivos sanitarios tradicionales, tales como inodoros, regaderas, llaves de lavabo, son comúnmente usados en casi cualquier sistema sanitario de una vivienda y pueden ser modificados para reducir su volumen estándar de trabajo; para esto existen una amplia gama de dispositivos que restringen el caudal o el volumen de descarga. Algunos de estos dispositivos se mencionan a continuación.

#### Lavabos y regadera

Las tomas ahorradoras son ampliamente conocidas. Consisten en adaptaciones a las llaves de lavamanos, duchas y cocinas que dan la sensación de un mayor caudal simplemente agregando aire, reduciendo el área por donde circula el flujo o asperjando el flujo, a la vez que ahorran la cantidad total de agua utilizada. Una regadera de este tipo puede ahorrar hasta 40% comparada con una tradicional.

Los aireadores de grifos y de duchas de bajo flujo pueden reducir el consumo de agua de cada toma hasta 50%, además de que son de bajo costo y fáciles de instalar y de bajo mantenimiento.

## Inodoro

Las válvulas duales son otro ingenioso método para ahorrar agua. Consisten en un dispositivo, dentro del tanque del inodoro, que baja distintas cantidades de agua según si se trata del “1” (líquidos) o el “2” (desechos sólidos). La cantidad de agua utilizada para cada caso depende del diseño. En modelos mexicanos, son 3 litros para el “1” y 6 litros para el “2”. Esta sencilla adaptación, que puede ser instalada inclusive dentro de excusados viejos, tiene el potencial de ahorrar muchísima agua al nivel doméstico.

La tecnología de doble descarga se está haciendo cada vez más popular en lugares tales como Asia, Europa, Australia y los Estados Unidos pues usan una variedad de métodos para minimizar el agua dando la opción de usar dos botones que ha demostrado reducir hasta 30% el consumo de agua.

Además es mucho menos costoso que adquirir un baño seco pues este tipo de dispositivo llega a costar en el mercado alrededor de \$200 pesos, son fáciles de instalar y se recupera la inversión a corto plazo logrando resultados sostenibles.

### Pros y Contras de los sistemas actuales

Se ha demostrado que ahorrar agua, mediante adiciones o cambios a los inodoros, no es tan simple como la acción independiente de reducir el volumen del agua almacenada en sus tanques. La colocación de ladrillos o de botellas plásticas con arena dentro de los tanques no es salida apropiada. Los inodoros tradicionales antiguos funcionan mediante la evacuación de volúmenes de agua ubicados en un rango que va desde los 13 hasta los 23 litros.

Los inodoros de bajo consumo de agua son los que tecnológicamente se han desarrollado para trabajar con volúmenes de 6 litros o menos de agua. Para estos inodoros las tazas son fabricadas con sifones capaces de arrastrar todos los sólidos que se le depositen, hacer el intercambio total del sello de agua y guardar apropiadamente el cierre hidráulico requerido para que los gases no ingresen en el cuarto de baño.

Por lo anterior, se analizará si la implementación de los dispositivos anteriores funciona o no correctamente en el sistema sanitario en estudio.

### Características sobresalientes de inodoros de bajo consumo

En el mercado latinoamericano se encuentran inodoros de bajo consumo cuyas tazas cuentan con un sifón capaz de funcionar hidráulicamente (arrastre y limpieza) utilizando volúmenes de 6 litros.

Las cuatro pruebas de carácter hidráulico básicas que deben cumplir estos inodoros de 6 litros, de acuerdo con normas establecidas para el control de calidad, son: eliminación de desperdicios; arrastre de sólidos o de barrido; lavado de paredes e intercambio de agua. Por lo que, el funcionamiento de las tuberías de evacuación de las aguas provenientes de inodoros de 6 litros, aún es eficiente si dentro de la edificación y hasta el punto de descarga se mantienen pendientes mínimas del 2%.

En el mercado europeo se encuentran inodoros de bajo consumo que funcionan con volúmenes de solo 4 litros. En consecuencia existe la necesidad de variar las pendientes de las tuberías que dan salida a esas aguas.

### Características sobresalientes de regaderas y duchas de bajo consumo

Las regaderas de bajo consumo son las que utilizan menos de 10 litros de agua por minuto de operación, manteniendo a la vez, el confort demandado por las personas al bañarse. También existen regaderas que trabajan con 3.8 litros por minuto o menos y son más recomendables, se les puede identificar porque son marcadas como de grado ecológico.

Las pruebas de carácter hidráulico básicas que deben cumplir estos artefactos de baño, de acuerdo con normas establecidas para el control de calidad, son: temperatura de trabajo; resistencia a la presión hidráulica; gasto o caudal; y determinación del área mojada.

### *Aplicación de los dispositivos y medición del ahorro*

Para la selección de los dispositivos nos basamos en un estudio realizado por la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), ya que este organismo nos guía de manera sencilla en la adquisición de los dispositivos, pues su selección no es cosa sencilla.

Además del ahorro que hacen, se debe considerar la presión que esta requiere para funcionar. En general, estos productos se clasifican en aquellos que fueron diseñados para construcciones de uno a cuatro niveles (presión baja = 0.2 a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>), de

cuatro a doce niveles o con sistema hidroneumático (presión media = 1.0 a 3.0 Kg/cm<sup>2</sup>), y las de más de 12 niveles o con sistema hidroneumático (presión alta = 3.0 a 6.0 Kg/cm<sup>2</sup>).

También son variables importantes consideradas por la PROFECO: la durabilidad del producto, haz de lluvia (regaderas y lavabos), consumo de agua, instalación y mantenimiento, garantías, acabados e información al consumidor.

Para consultar el estudio a regaderas, es recomendable revisar “*La Revista del Consumidor en su edición 54 de marzo 2011*”, en el cual se realizó un periodo de muestreo del 13 de diciembre de 2010 al 21 de enero de 2011, donde se recomienda que tengan avalúos por CONAGUA y que sean de grado ecológico.

Algunos buenos consejos para la selección de los inodoros son: fijarse que en los datos impresos se asegure que este gaste 6 litros o menos en cada descarga, son preferible los que traen sellos de grado ecológico, revisar que el empaque tenga las siglas NOM. La Comisión Nacional del agua en su página publica una lista de proveedores que diseñan estos elementos.

Una vez seleccionados los dispositivos se instalaran y se realizara la medición del consumo con los nuevos dispositivos para analizar tanto sus beneficios técnicos como económicos.

#### *Análisis costo-beneficio*

Para determinar si las medidas empleadas fueron convenientes es necesario contar con un cálculo de costos y beneficios. Por tal motivo, debemos obtener la información necesaria y poder estimar los costos y los ahorros en dinero, ya que es conveniente examinar detalladamente cada medida de ahorro de agua.

De acuerdo con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), el metro cubico de agua, en servicio normal los primeros 20 m<sup>3</sup> cuestan \$1.78 pesos y en los 10 siguientes \$3.59 pesos. Asimismo se estima que en el DF el precio promedio por metro cubico es de \$3.50 pesos. Sin embargo estos precios están generalizados y son un promedio, pues en realidad se tienen que revisar las tablas de los Derechos por el Suministro de Agua que están integradas en el Código Fiscal para el Distrito Federal donde vienen desglosadas las tarifas de acuerdo al consumo y tipo de manzana por la prestación del servicio.

Cabe señalar que en varias ciudades mexicanas es frecuente que el agua no se pague a su valor real, pues las tarifas de agua suelen estar subsidiadas, por lo que sería incorrecto realizar un análisis costo-beneficio empleando precios subsidiados. En lo posible debe hacerse el análisis considerando el costo real del agua. Para esto se puede investigar cuánto es el subsidio que otorga el gobierno estatal acudiendo a la autoridad encargada de brindar el servicio de agua potable.

Para poder hacer un análisis costo-beneficio de lo anterior debemos tomar en cuenta el valor real del agua. El capítulo IX de los derechos por la Prestación de Servicios Sección Primera de los Derechos por el Suministro de Agua y tratándose de tomas de uso doméstico, que son aquellas instaladas en inmuebles de uso habitacional, el pago de los derechos correspondientes se hará conforme al consumo medido en el bimestre (TABLA 3.1).

TABLA 3.1 TARIFA REAL DEL AGUA (SIN SUBSIDIO)

Tarifa sin subsidio			
CONSUMO EN LITROS		TARIFA	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	\$345.00	
MAYOR A 15,000	20,000.00	\$345.00	\$23.00
MAYOR A 20,000	30,000.00	\$460.00	\$23.00
MAYOR A 30,000	40,000.00	\$690.00	\$23.00
MAYOR A 40,000	50,000.00	\$920.00	\$23.00
MAYOR A 50,000	70,000.00	\$1,150.00	\$28.00
MAYOR A 70,000	90,000.00	\$1,710.00	\$30.50
MAYOR A 90,000	120,000.00	\$2,320.00	\$40.50

A esta tarifa se le hacen subsidios de acuerdo a la manzana donde se ubique la toma de agua de los usuarios del servicio; que podrá ser popular (TABLA 3.2 y TABLA 3.3), bajo (TABLA 3.4 y TABLA 3.5), medio (TABLA 3.6 y TABLA 3.7), o alto

(TABLA 3.8 y TABLA 3.9). Para tal efecto la asamblea emitirá la relación considerando las regiones y manzanas.

TABLA 3.2 PORCENTAJES DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN POPULAR

Manzana tipo popular			
Consumo en litros		Subsidio clasificación popular aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	91.3043%	
MAYOR A 15,000	20,000.00	91.3043%	88.6957%
MAYOR A 20,000	30,000.00	90.6522%	82.6087%
MAYOR A 30,000	40,000.00	87.9710%	66.0870%
MAYOR A 40,000	50,000.00	82.5000%	66.0435%
MAYOR A 50,000	70,000.00	79.2087%	25.3571%
MAYOR A 70,000	90,000.00	61.5731%	24.5902%
MAYOR A 90,000	120,000.00	51.8491%	1.2346%

TABLA 3.3 TRADUCCIÓN MONETARIA DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN POPULAR

Manzana tipo popular			
Consumo en litros		Subsidio clasificación popular aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	\$30.00	\$0.00
MAYOR A 15,000	20,000.00	\$30.00	\$2.60
MAYOR A 20,000	30,000.00	\$43.00	\$4.00
MAYOR A 30,000	40,000.00	\$83.00	\$7.80
MAYOR A 40,000	50,000.00	\$161.00	\$7.81
MAYOR A 50,000	70,000.00	\$239.10	\$20.90
MAYOR A 70,000	90,000.00	\$657.10	\$23.00
MAYOR A 90,000	120,000.00	\$1,117.10	\$40.00



TABLA 3.4 PORCENTAJES DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN BAJA

Manzana tipo baja			
Consumo en litros		Subsidio clasificación baja aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	90.1449%	
MAYOR A 15,000	20,000.00	90.1449%	88.6957%
MAYOR A 20,000	30,000.00	86.3043%	82.6087%
MAYOR A 30,000	40,000.00	80.7246%	66.0870%
MAYOR A 40,000	50,000.00	77.9239%	66.0435%
MAYOR A 50,000	70,000.00	70.0000%	25.3571%
MAYOR A 70,000	90,000.00	55.2632%	24.5902%
MAYOR A 90,000	120,000.00	47.1983%	1.2346%

TABLA 3.5 TRADUCCIÓN MONETARIA DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN BAJA

Manzana tipo baja			
Consumo en litros		Subsidio clasificación baja aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	\$34.00	\$0.00
MAYOR A 15,000	20,000.00	\$34.00	\$5.80
MAYOR A 20,000	30,000.00	\$63.00	\$7.00
MAYOR A 30,000	40,000.00	\$133.00	\$7.01
MAYOR A 40,000	50,000.00	\$203.10	\$14.19
MAYOR A 50,000	70,000.00	\$345.00	\$21.00
MAYOR A 70,000	90,000.00	\$765.00	\$23.00
MAYOR A 90,000	120,000.00	\$1,225.00	\$40.00

TABLA 3.6 PORCENTAJES DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN MEDIA

.Manzana tipo media			
Consumo en litros		Subsidio clasificación media aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	67.3913%	
MAYOR A 15,000	20,000.00	67.3913%	36.9565%
MAYOR A 20,000	30,000.00	59.7826%	36.9130%
MAYOR A 30,000	40,000.00	52.1594%	36.8696%
MAYOR A 40,000	50,000.00	48.3370%	36.8261%
MAYOR A 50,000	70,000.00	46.0348%	18.8571%
MAYOR A 70,000	90,000.00	37.1345%	1.6393%
MAYOR A 90,000	120,000.00	27.8017%	1.2346%

TABLA 3.7 TRADUCCIÓN MONETARIA DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN MEDIA

Manzana tipo media			
Consumo en litros		Subsidio clasificación media aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	\$112.50	\$0.00
MAYOR A 15,000	20,000.00	\$112.50	\$14.50
MAYOR A 20,000	30,000.00	\$185.00	\$14.51
MAYOR A 30,000	40,000.00	\$330.10	\$14.52
MAYOR A 40,000	50,000.00	\$475.30	\$14.53
MAYOR A 50,000	70,000.00	\$620.60	\$22.72
MAYOR A 70,000	90,000.00	\$1,075.00	\$30.00
MAYOR A 90,000	120,000.00	\$1,675.00	\$40.00

TABLA 3.8 PORCENTAJES DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN ALTO

Manzana tipo alto			
Consumo en litros		Subsidio clasificación alto aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	60.8696%	
MAYOR A 15,000	20,000.00	60.8696%	33.9130%
MAYOR A 20,000	30,000.00	54.1304%	33.8696%
MAYOR A 30,000	40,000.00	47.3768%	33.8261%
MAYOR A 40,000	50,000.00	43.9891%	33.7826%
MAYOR A 50,000	70,000.00	41.9478%	17.0714%
MAYOR A 70,000	90,000.00	33.8012%	1.6393%
MAYOR A 90,000	120,000.00	25.3448%	1.2346%

TABLA 3.9 TRADUCCIÓN MONETARIA DEL SUBSIDIO APLICADO A CLASIFICACIÓN ALTO

Manzana tipo alto			
Consumo en litros		Subsidio clasificación alto aplicado a	
Límite inferior	Límite superior	Cuota mínima	Cuota adicional por cada 1,000 litros excedentes al límite inferior
0.00	15,000.00	\$135.00	\$0.00
MAYOR A 15,000	20,000.00	\$135.00	\$15.20
MAYOR A 20,000	30,000.00	\$211.00	\$15.21
MAYOR A 30,000	40,000.00	\$363.10	\$15.22
MAYOR A 40,000	50,000.00	\$515.30	\$15.23
MAYOR A 50,000	70,000.00	\$667.60	\$23.22
MAYOR A 70,000	90,000.00	\$1,132.00	\$30.00
MAYOR A 90,000	120,000.00	\$1,732.00	\$40.00

Para calcular las ventajas netas de cada medida haremos una comparación entre el líquido ahorrado durante un año al aplicar los dispositivos y su diferencia con el hecho de no haberlos aplicado. También debemos tomar en cuenta el ahorro económico real que le trae, tanto a los usuarios (precios subsidiados) como al sistema distribuidor (precio no subsidiado)

## DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

### *Identificación de los componentes hidráulicos del sanitario*

Para nuestro análisis tomamos un sistema sanitario de uso común en una población de clase baja y popular, en el cual los muebles sanitarios más comunes o que inclusive suelen ser los únicos, encontramos:

- El WC
- Lavabo
- Regadera

Para nuestro estudio no tomamos en cuenta Bidets, Bañeras ni Mingitorios pues, la mayoría de la población no cuenta con estos muebles. Sin embargo, el análisis se puede realizar agregando estos.

Las especificaciones técnicas que encontramos en el baño que elegimos fueron las siguientes:



- La regadera cuenta con el un tubo estandar de  $\frac{3}{4}$  pulgada de diametro de acero inoxidable.
- No cuenta con regadera cae el chorro libre a baja presión.



- El lavabo cuenta con una llave dual de marca desconocida.
- También trabaja a una presión baja de 0.2 a 1.0 Kg/ cm<sup>2</sup>



- El sanitario cuenta con un tanque UPC hecho en México con una capacidad de 15 ltros. La realidad nos dice que solo trabaja con aproximadamente 9.5 litros por descarga. }

- 

#### *Inventario de uso del agua en el sistema sanitario*

De acuerdo a nuestra metodología, clasificamos en primer lugar a los elementos del sanitario como “*uso no consecutivo*”, según la demanda de agua que estos representan.

Verificamos que el agua de la regadera solo se usa para bañarse, el agua del inodoro solo se usa para deshacerse de heces fecales y orina; y que el agua del lavabo solo se ocupa para lavarse manos, dientes, cara y en ocasiones para el mismo lavado del sanitario, obtuvimos la siguiente información (TABLA 4.1) de acuerdo a su frecuencia de uso:

TABLA 4.1 CONSUMOS (NÚMERO DE VECES QUE FUE UTILIZADO CADA MUEBLE SANITARIO EN UN DÍA, DURANTE UN PERÍODO DE UN MES)

Días del mes	WC	Lavabo	Regadera	Lavado del baño (agua obtenida del lavabo)
Lunes	13	21	2	
Martes	8	15	1	1
Miércoles	7	11	3	
Jueves	10	9	2	
Viernes	14	12	5	1
Sábado	2	6	2	
Domingo	3	4	1	
Lunes	3	6	0	
Martes	10	18	1	
Miércoles	11	11	2	1
Jueves	8	10	1	
Viernes	13	14	3	
Sábado	13	16	2	
Domingo	21	26	3	1
Lunes	15	20	2	
Martes	3	7	3	
Miércoles	7	10	4	
Jueves	7	8	3	1
Viernes	11	13	1	
Sábado	16	24	3	
Domingo	3	4	1	1
Lunes	5	8	3	
Martes	8	9	1	
Miércoles	7	11	2	1
Jueves	11	14	1	
Viernes	13	19	1	1
Sábado	9	15	2	
Domingo	3	4	1	
Lunes	11	17	3	
Martes	15	16	2	1
Totales	280	378	61	9

*Medición de consumos*

La medición de consumos fue realizada de manera directa, usando el método de “Aforo con cubeta y cronómetro” y “Aforo con caudal estándar y frecuencia”. Para esto medimos el volumen y frecuencia de uso, con cubeta y cronómetro de: los tiempos promedios que usaba la regadera y el lavabo (TABLA 4.2) cada habitante.

TABLA 4.2 TIEMPOS PROMEDIO QUE USARON LOS HABITANTES EL LAVABO Y LA REGADERA

Tiempos promedios de uso de los habitantes				
Tiempos en el lavabo (min)	Tiempo promedio (min)		Tiempos en la regadera (min)	Tiempo promedio (min)
0.255	0.22075		2.66	6.1825
0.455			2.71	
0.132			7.61	
0.091			5.93	
0.28			8.66	
0.157			7.93	
0.167			6.21	
0.066			5.58	
0.159			3.35	
0.225			6.58	
0.1			8.98	
0.392			6.54	
0.4			8.62	
0.181			3.56	
0.215			5.89	
0.07			10.2	
0.09			4.65	
0.25			7.54	
0.36			6.25	
0.37			4.2	



Una vez estimados estos tiempos promedio realizamos operaciones para determinar el caudal promedio del lavabo (TABLA 4.3) y de la regadera (TABLA 4.4).

TABLA 4.3 CAUDAL PROMEDIO DEL LAVABO

Lavabo						
	Tiempo (s)	Tiempo en (min)	Volumen (l)	CAUDAL (q=V/t) (l/min)	CAUDAL promedio (l/min)	CAUDAL considerado (l/min)
Abierto a CAPACIDAD BAJA	29.69	0.49483333	1	2.02088245	2.227666	5.3558
	46.48	0.77466667	1	1.2908778		
	23.26	0.38766667	1	2.57953568		
	30.91	0.51516667	1	1.94111938		
	22	0.36666667	1	2.72727273		
	35.83	0.59716667	1	1.67457438		
	23.42	0.39033333	1	2.56191289		
	24.34	0.40566667	1	2.46507806		
	21	0.35	1	2.85714286		
	27.8	0.46333333	1	2.15827338		
Abierto a CAPACIDAD MEDIA	13.18	0.21966667	1	4.55235205	4.336665	5.3558
	16.3	0.27166667	1	3.6809816		
	14.95	0.24916667	1	4.01337793		
	13.87	0.23116667	1	4.3258832		
	11.74	0.19566667	1	5.11073254		
Abierto a MAXIMA CAPACIDAD	6.31	0.10516667	1	9.50871632	9.503176	5.3558
	6.03	0.1005	1	9.95024876		
	6.23	0.10383333	1	9.63081862		
	6.86	0.11433333	1	8.74635569		
	6.64	0.11066667	1	9.03614458		
	6.33	0.1055	1	9.47867299		
	6.2	0.10333333	1	9.67741935		
	6.1	0.10166667	1	9.83606557		
	6.43	0.10716667	1	9.33125972		
	6.1	0.10166667	1	9.83606557		

TABLA 4.4 CAUDAL PROMEDIO DE LA REGADERA

Regadera			
Tiempo (min)	Volumen (l)	CAUDAL (q=V/t)	CAUDAL promedio (l/min)
0.9666	8	8.27643286	7.16453604
1.41	8	5.67375887	
1.83	8	4.3715847	
1.133	8	7.06090026	
0.9	8	8.88888889	
1.033	8	7.74443369	
1.56	8	5.12820513	
1.26	8	6.34920635	
1.38	8	5.79710145	
1.45	8	5.51724138	
1.17	8	6.83760684	

Para el inodoro simplemente marcamos el tanque y medimos con una probeta litro por litro que cantidad de agua desalojaba en cada descarga, obteniendo así la descarga promedio de agua desalojada por el inodoro (TABLA 4.5).

TABLA 4.5 DESCARGA PROMEDIO DE AGUA DEL INODORO

WC	
Descargas (l/descarga)	Descarga promedio (l)
9.5	9.53
9.7	
9.3	
9.5	
9.8	
9.6	
9.4	
9.5	
9.5	
9.5	

Aforo de cada elemento:

Usando los datos de las tablas anteriores y con la fórmula siguiente obtenemos:

$$Q = q \times t \times f$$

Donde:

$Q$  = Aforo (litros /mes)

$q$  = Caudal promedio de cada elemento (l/min)

$t$  = Tiempo de uso (min).

$f$  = Frecuencia de uso.

Para el lavabo:

$$Q = (5.355) \times (0.22075) \times (378) = 446.84 \text{ (litros/mes)}$$

Para la regadera:

$$Q = (7.164) \times (6.182) \times (61) = 2701.6 \text{ (litros /mes)}$$

Para el inodoro:

$$Q = (9.53) \times (280) = 2668.4 \text{ (litros/mes)}$$

Lavado del baño

$$Q = (5.35) \times (4.66) \times (8) = 199.45 \text{ (litros/ mes)}$$

Podemos ver que el mueble sanitario que más agua usa es la regadera, aunque podemos notar que el inodoro también consume una gran parte del agua suministrada al sanitario.

### *Inspección para detectar fugas*

Al realizar la inspección no encontramos fugas en las tuberías de la vivienda, por lo que no influyen en nuestro análisis.

### *Balances de agua*

Teniendo en cuenta que el recibo predial marcó el siguiente consumo de acuerdo al periodo bimestral en que se efectuaron las mediciones: **17.04 m<sup>3</sup>** que de hecho coincide con el promedio bimestral consumido. Y utilizando la fórmula para el cálculo del porcentaje usado en el baño tenemos que:

Balance de agua para el sanitario:

$$C_S = C_{WC} + C_R + C_L + C_{REST}$$

$$C_S = 446.84 + 2701.6 + 2668.4 + 199.45 = 6016.29 \text{ (l/mes)}$$

Por lo que bimestralmente tenemos que 12032.58 litros son usados para uso del sanitario.

Si  $V_T = 17.04 \text{ m}^3$  en el bimestre y  $C_S = 12.0325 \text{ m}^3$

$$\% \text{ Agua usado en el sanitario} = \frac{12.0325}{17.04} * 100 = \mathbf{70.61 \%}$$

Con esto podemos decir que el porcentaje de agua utilizado en el sanitario es grande y plantear estrategias para minimizar el consumo de agua en esta zona de la vivienda representaría un ahorro económico y de agua para sus usuarios.

### *Medidas y estrategias para ahorrar agua*

Es importante la tendencia de consumo, ya que muchas personas solo se guían por la marca o por la recomendación de las personas a cargo de las ventas del producto, nos dimos cuenta que estas variables son importantes además del precio ya que influyen en la decisión de las personas, es por eso que para la selección del sistema dual del inodoro elegimos una marca reconocida y recomendada por el vendedor, mientras que el ahorrador de la ducha fue elegido de acuerdo a la información obtenida de la PROFECO.

La estrategia que usaremos para minimizar el consumo de agua en esta vivienda son:

- Cambiar el sistema dentro del tanque del inodoro por uno ahorrador con válvula dual, que nos ahorraría 40% del consumo según el fabricante. Es de marca *Rotoplas* y es uno de los más fáciles de encontrar en el mercado, además de ser recomendado por la PROFECO.
- Colocar tomas ahorradoras al lavabo que nos beneficiaría 50% de ahorro de agua.
- Colocar un economizador de agua para duchas que nos beneficiaría hasta 60% de ahorro de agua. Para su selección nos basamos en la Revista del Consumidor en su edición 45 de marzo 2011, donde seleccionamos la regadera DICA 4501B de grado ecológico, y funcionamiento a baja presión (*Figura 4.1*).

<b>DICA 4501B (China)</b>		1 función, de metal con recubrimiento de cromo.
• Información al consumidor		Cumple
• Garantía		No presenta
• Acabados		Sin defectos visibles
• Instalación y mantenimiento		Cumple
Presión de trabajo (BAJA)	Gasto (l/min)	Cumple
	Haz de lluvia (%)	Cumple
• Presión de trabajo (MEDIA)	Gasto (l/min)	Supera el gasto máximo permitido a presión media y alta
	Haz de lluvia (%)	
• Presión de trabajo (ALTA)	Gasto (l/min)	Supera el gasto máximo permitido a presión media y alta
	Haz de lluvia (%)	
• Costo		\$90
• Evaluación global de calidad		<b>Excelente</b>

*Fig 4.1 Regadera recomendada por la PROFECO*

*Aplicación de los dispositivos y medición del ahorro*

Probando los dispositivos pudimos constatar que en ciertos dispositivos las especificaciones del fabricante se cumplen con leves variaciones, casi insignificantes por lo que el ahorro es el que ofrecen, mientras que en otras como en el sistema dual no se cumplen del todo.

Encontramos que al implementar la regadera ahorradora el caudal (TABLA 4.6) de esta era menor a la condición anterior, pero los tiempos al darse una ducha aumentaban (TABLA 4.7).

TABLA 4.6 CAUDAL PROMEDIO OBTENIDO CON EL USO DE REGADERA ECOLÓGICA

Tiempo (min)	Volumen (l)	Caudal ( $q=V/t$ ) [l/min]	Caudal promedio [l/min]
6.01	8	1.331114809	1.420771388
5.37	8	1.489757914	
5.55	8	1.441441441	

TABLA 4.7 TIEMPO DE USO CON REGADERA ECOLÓGICA

Tiempos (min)	Tiempo promedio (min)
9.38	9.049
11.3	
10.5	
7.54	
6.3	
5.96	
8.5	
15.5	
6.3	
9.21	

Haciendo los mismos cálculos para los implementos obtenemos que

Para la regadera ecológica:

$$Q = (1.4208) \times (9.049) \times (64) = 822.8 \text{ (litros /mes)}$$

En la regadera se bajó el consumo de **2701.6 (litros /mes) a 822.8 (litros /mes)** que nos representa un ahorro del **69.54%** de agua.

Para el inodoro obtuvimos que el porcentaje de descarga de sólidos era de **30%** con respecto de **70%** en líquidos. Tomando en cuenta que con el sistema dual ahorramos **1.53 l** en descarga de sólidos y **4 l** en descarga de líquidos, pues al hacer las pruebas pertinentes solo con estos ahorros funciona bien el sanitario analizado, es decir, si tratáramos de ahorrar más agua el inodoro no se deshace de los desechos de una forma adecuada. Por lo que la cantidad de agua para el inodoro (TABLA 4.8) usada fue:

TABLA 4.8 CANTIDAD PROMEDIO DE AGUA USADA EN EL INODORO CON EL SISTEMA DUAL

Número de veces que se usó del inodoro		Descarga de agua del sistema dual (l)	Cantidad de agua usada en el mes (l)
70% líquidos	196	5.53	1083..88
30% sólidos	84	8	672
Uso total en el mes	280		1755.88

El inodoro bajo su consumo de **2668.4 (litros/mes) a 1755.88 (litros/mes)** que nos representa un ahorro del **34.2%** de agua.

Para el lavabo se implementó una cebolleta que bajo el consumo **50%**, por lo que, el lavabo bajó el consumo de **446.84 (litros/mes) a 223.42 (litros / mes)**.

El lavado del baño se conservó en **199.45 (litros/ mes)**.

Al mes solo se utilizaron **2378.2 (litros/ mes)**.

### *Análisis costo-beneficio*

En los periodos en los que no se implementaron las medidas, el volumen aproximado anual de agua que uso el sanitario era de 72,195 (litros/año). Tomando en cuenta que el precio subsidiado de un metro cúbico de agua cuesta, para este tipo de zona y tipo de consumo, aproximadamente \$1.78 pesos al año; el usuario gastaría \$128.5 pesos anuales. Mientras que con el precio no subsidiado, el costo bimestral mínimo es de \$20.3 pesos el metro cubico, lo que representaría un costo del servicio de \$1465.5 pesos al año.

Mientras que con las medidas implementadas el agua utilizada en el sanitario fue de 28, 538 (litros/año) lo cual representaría un costo anual de \$50.79 pesos a un costo subsidiado de \$1.78 pesos el metro cúbico y un costo anual de \$579.3 a un costo sin subsidio de \$ 20.3 pesos el metro cubico.

Eso representa un ahorro al usuario de \$77.71 pesos al año (subsidiados) y un ahorro real de \$886.2 pesos al año.

El costo de nuestros dispositivos fue de:

Economizador para regadera: \$98

Cebolleta para lavabo: \$60

Sistema dual para inodoro: \$260

En total gastamos \$418 pesos por lo que el retorno de la inversión para el usuario sería en 5 años aproximadamente a este precio sin subsidio. Pero si tomamos en cuenta el costo real del agua el retorno de la inversión sería aproximadamente en cinco meses.

Por otra parte antes de implementar los dispositivos teníamos un consumo de agua de 6016.29 l/mes y ahora solo se consumen 2378.2 l/mes, es decir, 3638.09 l/mes menos. Lo cual nos representa un ahorro de agua del 62.1% en el sanitario y del 45.8% del total del agua que ingresa al predio.



## IMPACTOS DE LAS ESTRATEGIAS USADAS

Una vez aplicados los dispositivos debemos considerar su impacto económico, técnico y ambiental, es decir; cuales fueron las consecuencias para el medio ambiente, su confiabilidad, efectividad a corto y mediano plazo así como las metas propias de cada familia (ya sea que por conciencia propia tengan como meta ahorrar agua, dinero, o se quiera crear conciencia con algunos miembros de la familia, etc.).

En cuanto al impacto económico a esta familia le implica un ahorro en el gasto del consumo de agua, ya que antes pagaban \$134.22 pesos al año y ahora con los nuevos dispositivos solo pagan \$50.79, con lo que obtienen un ahorro anual de \$83.4 pesos. Parece no ser mucho, pero si realmente consideráramos el precio no subsidiado del agua el ahorro real sería de \$951.5 pesos al año.

El gobierno, dejaría de solventar un costo anual de \$ 951.5 a esta casa por la distribución del líquido y si tomáramos en cuenta que fuera el mismo ahorro para 100,000 hogares el ahorro que ganaría el gobierno sería aproximadamente de \$ 9, 515,000 pesos al año.

La parte ambiental sería también beneficiada ya que muchos mantos acuíferos en el valle de México podría reabastecerse nuevamente, pues, con planes y programas hechos por el gobierno que promuevan y subsidien la implementación de estos dispositivos; ahorraríamos una grandísima cantidad de agua que podría ser utilizadas para ser distribuida entre otras zonas del valle de México, dejando reabastecerse al Sistema Cutzamala y bajando la demanda del líquido proveniente de sus mantos acuíferos.

Ejemplo de esto es que si 10,000 hogares obtuvieran el mismo ahorro, se dejarían de tirar por los sanitarios 39,000 metros cúbicos mensuales al drenaje, mismo que podrían utilizarse para abastecer zonas afectadas por la falta de agua.

Se generaría una cultura de valores y participación, que permiten vivir mejor como sociedad y crearía una conciencia enfocada a la sustentabilidad de nuestro entorno.

## CONCLUSIONES

El problema fundamental con la disponibilidad del agua es que la cantidad del líquido es prácticamente invariable y no así la demanda de una población creciente que requiere mayor cantidad de agua.

Mediante el uso de pequeños proyectos como este que resultan a pequeña escala muy sencillos y entendibles se puede llegar a generar cultura, valores y participación, pues permiten que se copien o imiten ya sea por moda, o por ley. Ya que, de acuerdo nuestro análisis los principales impactos, tomando en cuenta que si el ahorro fuera el mismo en 10,000 hogares serían:

- El gobierno dejaría de solventar aproximadamente \$ 9, 515,000 pesos al año.
- Se dejarían de tirar por los sanitarios 468,000 metros cúbicos anuales al drenaje.

El uso de este tipo de sistemas puede asegurar que el valle de México tenga suficiente agua en el tiempo o calidad que cada persona podría llegar a esperar de acuerdo al consumo requerido de cada hogar. Pues como hemos visto si esto se realizara en una gran cantidad de hogares la cantidad de agua ahorrada sería utilizada para abastecer otras zonas que no cuentan con este recurso.

Disminuir el uso del agua implica una menor demanda sobre los ríos, lagos y recursos de aguas subterráneas. Esto es especialmente importante si se considera el número de grandes lagos y vías fluviales que están desapareciendo y los acuíferos que están decreciendo debido al uso excesivo de las fuentes de agua dulce.

Una vez aplicados este tipo de sistemas eficientes e integradores y cumpliendo con su óptima función obtendríamos un ahorro en el consumo del recurso hídrico satisfaciendo las necesidades de cada familia de forma integral, y con el uso de un producto fácil de entender repara y/o modificar. Sin embargo, la selección de estos dispositivos no es tan fácil como pudiera llegar a pensarse, es por eso que primero se

tiene que obtener información acerca de las condiciones físicas del sanitario y de los dispositivos existentes en el mercado, para poder hacer una mejor selección de estos.

Cabe señalar que este estudio debe aplicarse a cada hogar pues las variables sociológicas, ideológicas, psicológicas, demográficas geográficas, etc. hacen que el consumo de cada hogar sea diferente, además de la disponibilidad en cada región y del costo del líquido. Sin embargo podemos decir que, de acuerdo al análisis hecho en esta tesis, implementando este tipo de dispositivos; siempre podremos obtener un ahorro significativo para cada hogar, por distinto o mínimo que este sea; y teniendo el retorno de nuestra inversión en el corto plazo.

#### Logros

- Aseguramiento de recursos naturales para generaciones futuras.
- Incentivar una cultura de ahorro y respeto ambiental
- Mejor calidad de vida.
- Un ahorro de casi el 50% de agua en el hogar.
- Disminución de la tarifa real por el consumo del agua.

## REFERENCIAS.

Bourguett Ortiz Víctor J, *et al* (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua. ¡Utiliza solo la necesaria!*; México: IMTA.

Norma oficial mexicana NOM-008-CNA-1998, Regaderas empleadas en el aseo corporal- Especificaciones y métodos de prueba.

Artículo 157 del Código Fiscal para el Distrito Federal, Capítulo IX sección primera de los derechos por el suministro de agua.

Laboratorio PROFECO (Marzo 2011), Estudio de calidad: Regaderas para aseo corporal “No la riegues”, **Revista del consumidor** (54), 44-54

<http://revistadelconsumidor.gob.mx/>

<http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-ahorradores.htm>

Programa de Vivienda Sustentable en el Distrito Federal, Programa de acción climática de la ciudad de México 2008-2012.