

Capítulo 4. Acciones de uso eficiente de agua en el corto y mediano plazo.

4.1.- PROGRAMAS DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LA RED.

El objetivo principal de un programa de reducción de pérdidas es el reducir el nivel de fugas existente en el sistema de distribución hasta un mínimo aceptable y mantenerlo así a largo plazo, en condiciones de viabilidad técnica, económica, financiera e institucional. Se debe tener en cuenta que este programa debe mejorar la relación de volumen consumido/volumen producido, atender la demanda actual no cubierta sin aumento en la producción, garantizar el funcionamiento eficiente del sistema de abastecimiento de agua, incrementar los niveles de medición y reducir los costos de suministro. Existen algunas acciones en el corto y mediano plazo de un programa de reducción de pérdidas de agua en la red (Ochoa A. Leonel, 2001):

En el corto plazo:

- Atender las demandas con agua recuperada.
- Sustituir tomas de agua potable.
- Reemplazar líneas principales y secundarias
- Medición de captación.
- Mejorar operación y levantar catastro.
- Actualización de consumos.
- Atención a reportes de fugas.
- Instalación de micro medidores.

- Reducir los costos de producción y distribución de agua potable.

A mediano plazo:

- Control en calidad de materiales tanto en tomas como en red.
- Adquirir equipo detector de fugas y formar cuadrillas de trabajo equipadas.
- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- Capacitación de personal.
- Mejorar conocimiento de la infraestructura, catastro de la red.
- Establecimiento de normas, políticas y especificaciones.
- Aumentar la eficiencia de la operación.
- Reducción de consumos de energía.
- Disminuir fugas a un nivel óptimo (20%)

4.2.- INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE USO EFICIENTE DE AGUA EN DEPENDENCIAS UNIVERSITARIAS.

El Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA) busca el uso eficiente del recurso a través de acciones que promueven el ahorro de agua al interior de las entidades universitarias. Parte de las acciones ha sido la ejecución de un programa piloto de uso eficiente de agua en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería. El programa inició en Enero de 2008 con la evaluación del sistema del edificio que permitió identificar las medidas más oportunas, iniciándose, a partir del 17 de noviembre de ese mismo año su implementación. El resultado de este programa ha sido la reducción de un 44.0% en el suministro de agua. El programa ha generado la extensión de este a otras 20 entidades universitarias así como establecer la pauta rumbo a lineamientos que, en materia de agua, requiere la universidad y el país.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM es el centro de investigación más productivo del país en diversas áreas de la ingeniería. Es una comunidad de más de 1000 personas donde conviven: investigadores, estudiantes quienes realizan trabajos de tesis de licenciatura, maestría y doctorado, técnicos académicos, personal secretarial y de servicios. Cuenta con una extensión

de más de 20,000 metros cuadrados entre laboratorios, cubículos, áreas comunes y auditorios. Sus instalaciones ocupan 12 edificios además de varios pisos y el basamento de la torre de ingeniería. El Edificio 5 se ubica al Sur de la Torre de Ingeniería y a un costado de la Nave de pruebas del mismo Instituto. (Figura 101)

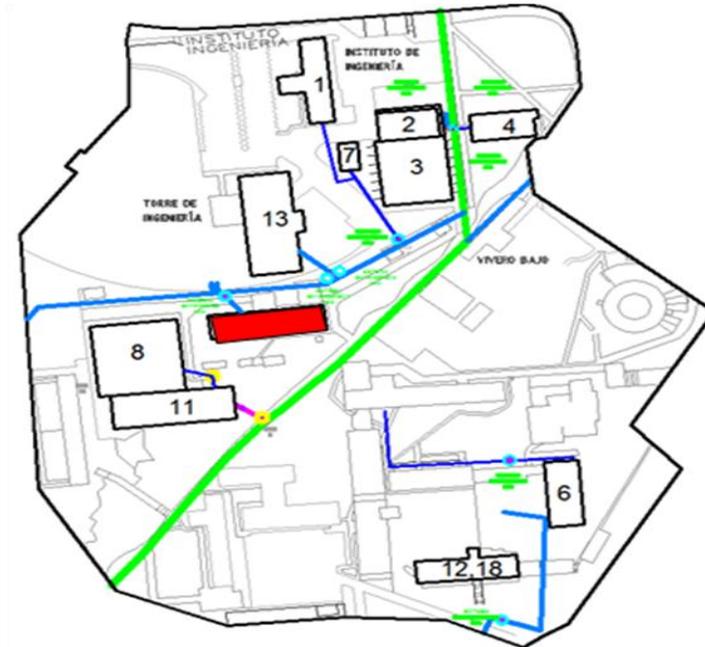


Figura 1. Edificios del Instituto de Ingeniería de la UNAM. En Gris, el edificio 5.

El suministro promedio del Instituto de Ingeniería asciende a 31.4 m^3 de agua por día, de los cuales 4.74 m^3 (15%) corresponden al edificio 5. Durante los fines de semana el suministro en el Instituto se reduce hasta en un 82.0%, sobre todo los días domingo. Las pérdidas de agua representan el 12.12% del suministro.

El edificio 5 cuenta con una población de 225 personas y un área de 624 m^2 . Alberga en sus tres niveles a la Subdirección de Ambiental, la Coordinación de Hidráulica, de Ingeniería Ambiental, Bioprocesos Ambientales, Ingeniería de Procesos Industriales y el Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Es un edificio clasificado como usuario tipo B, esto es, un edificio dedicado a la investigación.

Para conocer los componentes de sus instalaciones hidráulicas fue necesario como un primer paso el levantamiento de sus instalaciones, identificando desde su punto de conexión a la Red (o toma), hasta los puntos de consumo internos. Se llevaron también levantamientos que

permitieron conocer las condiciones físicas y de operación de los puntos de consumo. Esto último también permitió conocer a grosso modo el uso que se le da al agua al interior de sus Instalaciones. A continuación se describen brevemente los componentes del sistema: la tubería que abastece de agua al edificio es de 2" de diámetro. Es una toma de tipo directa y no se han encontrado indicios de derivaciones sobre el ramal destinadas a riego o cualquier otra actividad, por lo que el suministro medido corresponde ciertamente al agua que ingresa al edificio. El medidor que actualmente registra el suministro de agua del edificio 5 es de 3/4" de pulgada de diámetro. Dicho medidor cuenta con un data logger que permite almacenar las lecturas de suministro de agua con una frecuencia programada de 60 minutos, las lecturas así obtenidas son luego transferidas a una computadora para su procesamiento y análisis. Este medidor transmite las lecturas a un repetidor y éste, a su vez, a una antena para su posterior recepción y análisis en un centro de control. Anteriormente, se encontraba instalado en este mismo sitio un caudalímetro de 2" de diámetro. Los criterios para la selección y sustitución del medidor están establecidos en el Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento a Medidores de Agua Fría elaborado por PUMAGUA (Disponible en su página de internet: www.pumagua.unam.mx).

Derivado de los trabajos de campo, se elaboraron planos arquitectónicos y de instalaciones hidráulicas por cada nivel del edificio permitiendo identificar los puntos de consumo dentro del mismo. La instalación hidráulica del edificio 5 está conformada por tubería de cobre de 2" con derivaciones a 1". Las derivaciones internas son todas ellas soldadas y pintadas en su mayoría de color azul. La edad de la tubería corresponde a la misma que el edificio: 20 años. No se percibió presencia de fugas ni daños en la misma, lo que supone excelentes condiciones de operación de la instalación. La tubería hidráulica se encuentra en ductos a los costados de las escaleras principales de este edificio, por lo que es fácil tener acceso.

Los usos que se le da al agua al interior del edificio 5 pueden agruparse en tres categorías: Sanitarios, Laboratorios y Servicios. En cuanto a los primeros, el edificio 5 cuenta con 5 baños: tres para hombres y 2 para mujeres, en dichos baños se encuentran instalados un total de 27 muebles de baño entre inodoros, mingitorios y lavabos considerados como Puntos de Consumo de Agua (PCA). La tabla 1 muestra la cantidad de muebles de baño instalados en el edificio 5, así como sus características físicas y de operación. El uso del agua en laboratorios se

debe principalmente al Laboratorio de Ambiental que se localiza en la Planta Baja, el uso correspondiente a servicios incluye el agua destinada al servicio de cafetería y de limpieza. Durante los trabajos de campo fue posible identificar 34 Puntos de Consumo de Agua

Tabla 1 Muebles de baño en el Edificio5 del Instituto de Ingeniería. UNAM

	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cantiliver	A piso	Ordinario	Sí	No	Sí	No
Inodoros	12	12	0	0	12	0	0	0	12	0	12
Mingitorios	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Ordinario	Ecológico	Sí	No	Sí	No	
	3	3	0	0	0	3	0	3	1	2	
Lavabos / Ovalines	Estado Físico				Higiene		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
	12	12	0	0	12	0	0	0	12		
Llaves	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Chicote	Mezcladora	Nariz	Sí	No	Sí	No
	18	18	0	0	12	0	6	0	18	0	18
Fluxómetros para inodoro	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Electrónico	Manual	Sí	No	Sí	No	
	12	12	0	0	12	0	0	12	0	12	
Césped	Estado Físico				Material			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cobre	AcInox	PVC	Sí	No	Sí	No
	18	18	0	0	1	15	2	0	18	0	18
Filtro purificador	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Tarjas / Fregaderos	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
	6	6	0	0	6	0	0	0	6	0	6

La información contenida en la tabla 35 sugiere que las condiciones físicas y de operación de los muebles de baño del edificio 5 pueden considerarse como aceptables. Toda vez que ninguno presenta fuga ni estampa de sarro. Sólo un mingitorio reportó esta característica, en los lavabos no se observó mal aspecto derivado de la falta de limpieza en los mismos. Los demás accesorios que conforman los puntos de consumo presentaron condiciones similares. Visualmente no se pudieron detectar fugas en los puntos de consumo, sin embargo, después de la colocación de medidores pudo identificarse una salida constante de agua en uno de los sanitarios, específicamente en el baño de mujeres del primer nivel; a la brevedad posible fue solucionada.

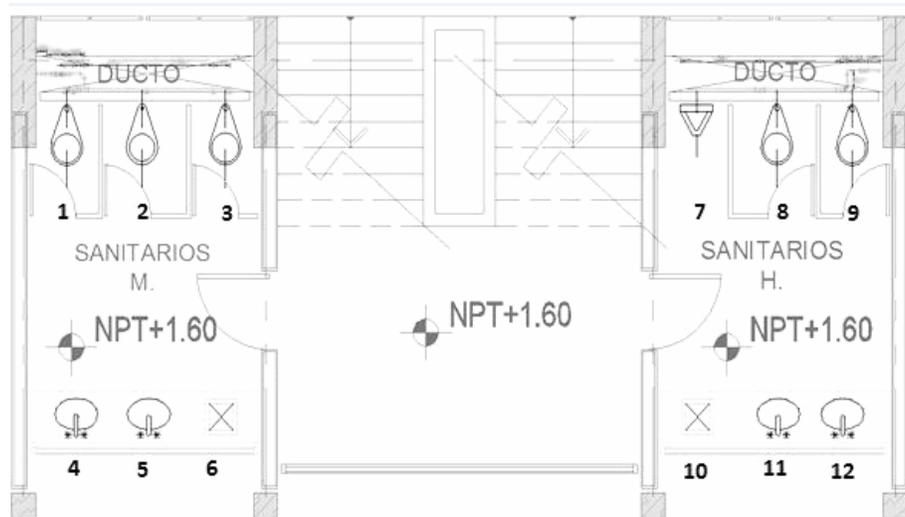


Figura 2. Puntos de consumo de agua en el Nivel 1 (NPT+1.60) Edificio 5. IINGEN.UNAM

Para identificar las medidas de uso eficiente de agua y al mismo tiempo evaluar la eficiencia actual de una instalación hidráulica, es necesaria la elaboración de una auditoría de agua, esto es, la elaboración de un balance de lo que ingresa y lo que se consume de agua en el edificio. La ecuación siguiente representa un balance hidráulico como la suma del consumo más las pérdidas.

$$\text{Suministro (S)} = \text{Consumo (c)} + \text{Perdidas (P)} \quad (4)$$

El primer término del lado izquierdo de la igualdad se refiere a la cantidad de agua que ingresa al edificio, mientras que el primer término del lado derecho se refiere a la cantidad de agua utilizada dentro del edificio para las actividades que en él se realizan. Las pérdidas pueden entenderse como la diferencia entre el suministro y el consumo. Estas pueden deberse a la presencia de fugas en algún componente del sistema.

La medición del suministro inició con la toma de lecturas del medidor originalmente instalado cada 24 horas durante los primeros 7 meses del estudio con suministros promedio de 8.60 m³ de agua por día de lunes a viernes. En Julio de ese año se instaló un medidor con memoria integrada con prácticamente los mismos registros. Este medidor registró mediciones sólo durante poco más de dos meses debido a daños en el medidor, y no fue sino hasta Octubre de 2008 cuando se instaló otro medidor cuyas lecturas han permitido monitorear el comportamiento del suministro al edificio. La figura 138 muestra los consumos históricos del

edificio 5 antes de la implementación de acciones y muestran un suministro promedio de 8.60 m³ de agua por día.

La medición de fugas fue posible recurriendo a la curva horaria obtenida a partir de la información que proporciona el medidor. De acuerdo con esto, las fugas en el edificio antes de las acciones ascendían a 0.94 m³ de agua por día. La cuantificación de la fuga es posible a partir del suministro nocturno y se expresa a partir de la siguiente relación:

$$Q_{Fuga} = Q_{Nocturno} \left(\frac{24}{7} \right) \quad (2)$$

Para decidir que medidas de uso eficiente tomar e implementar, resultó necesaria llevar a cabo la medición y no estimación de consumos de agua, de manera que pudieran determinarse cuales puntos presentaban un mayor consumo. Lo correcto era medir el consumo por cada punto; pero no resultaba posible debido a que las condiciones del lugar impedían la instalación de un medidor, además de que implicaba un costo muy elevado.

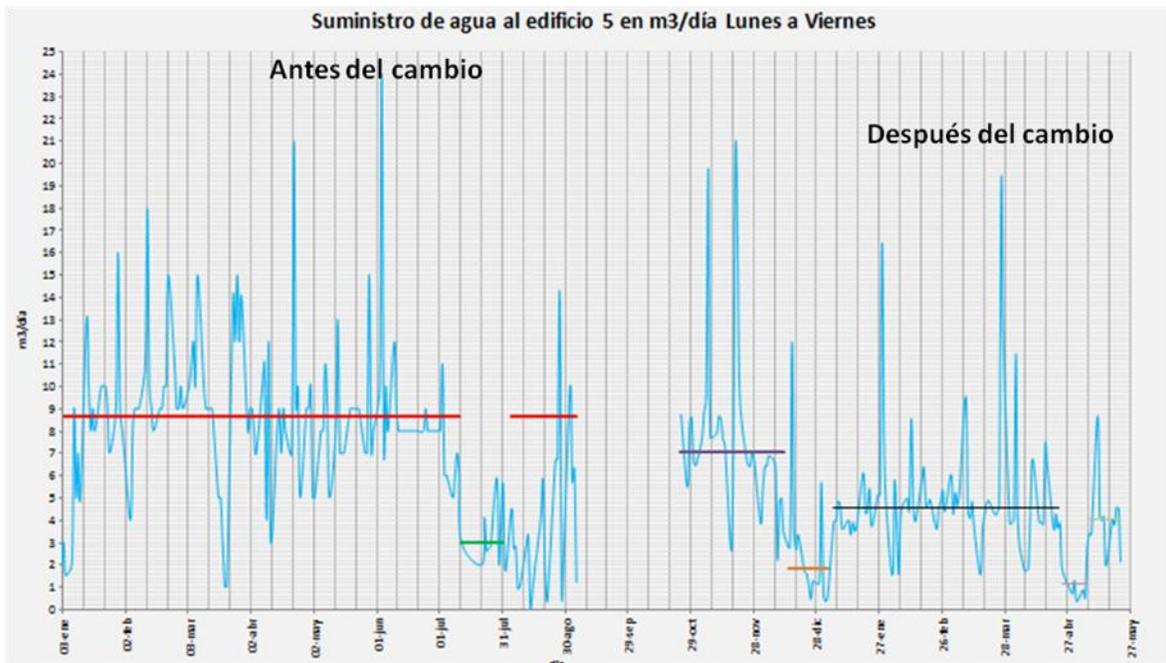


Figura 3. Suministro de agua en el Edificio 5 Antes de la implementación de acciones.

Para medir el consumo se instaló un medidor por cada baño, haciendo posible medir un consumo en estos de 5.94 m³ de agua por día, lo que constituye un consumo por baño de 1.18 m³.

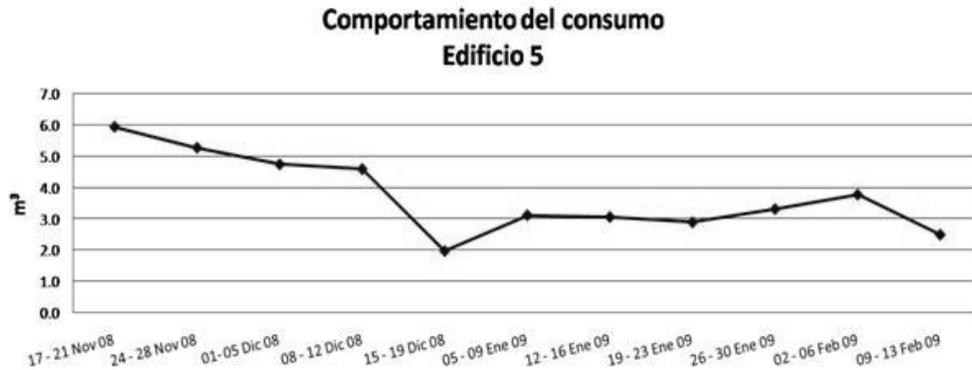


Figura 4 Consumo de Agua en baños del Edificio 5 antes de la implementación de acciones.

De acuerdo con las mediciones disponibles fue posible elaborar un primer balance hidráulico.

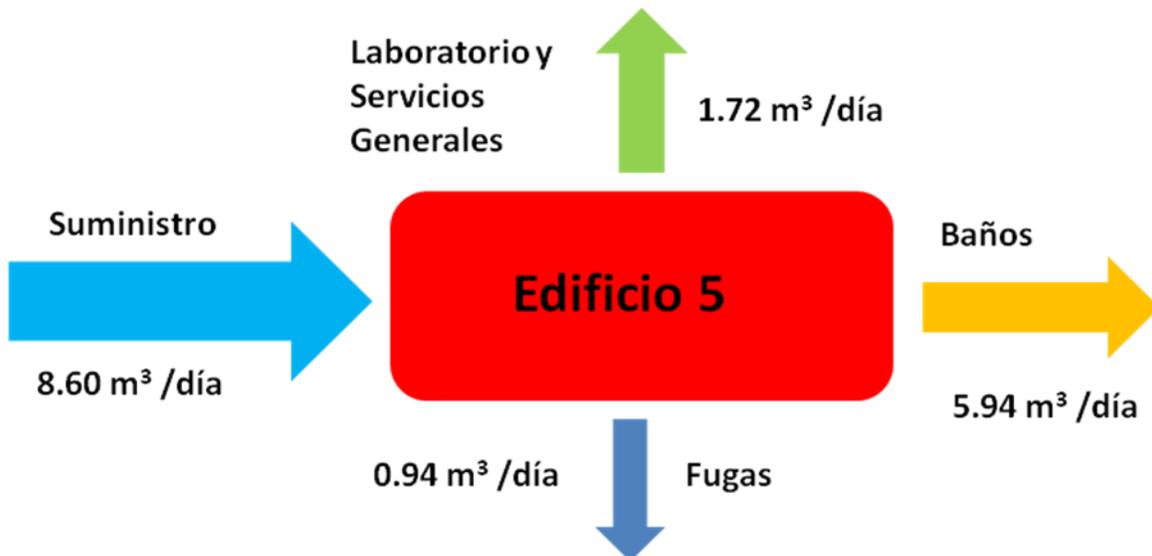


Figura 5. Balance Hidráulico en el edificio 5. El mayor consumo lo representan los baños

De acuerdo a la figura 140, el 70% del consumo dentro del edificio 5 lo representaban los baños, el 20 % correspondía a servicios y el laboratorio de ingeniería ambiental ubicado en la planta baja del edificio. El 10% restante lo representaban las fugas dentro del edificio, en tanto que el consumo per cápita resultó de 26.4 l/usuario/día.

Debido a la importancia que tienen los muebles de baños en el ahorro del agua dentro de los edificios, se llevó a cabo en el mes de Mayo de 2008 la Feria del Baño con el objetivo de realizar pruebas a sanitarios, mingitorios y llaves de lavabos y llegar a resultados que dieran las primeras recomendaciones para los cambios de muebles de baño en la UNAM. De acuerdo a los resultados hasta ahora obtenidos, se ha llegado a las recomendaciones siguientes:

- ✓ Los fluxómetros no pueden ser graduados para diferentes presiones, y deben venir graduados desde la fábrica.
- ✓ En mingitorios, se deben colocar aquellos que trabajen con 0.5 litros por descarga, ya que los que no usan agua si no tienen un buen mantenimiento despiden malos olores y poco higiénicos
- ✓ De acuerdo a la norma oficial mexicana en inodoros no se debe sobrepasar de 6 litros por descarga.
- ✓ Las llaves deben cumplir con una descarga como máximo de 2 litros por minuto, con un sensor para cortar el agua si está más de un minuto abierta la llave.
- ✓ Las regaderas deben cumplir con una descarga como máximo de 10 litros por minuto.

El balance hidráulico mostró que 70% del consumo de agua en el edificio se presentaba en los baños, por lo que las acciones de uso eficiente estuvieron enfocadas a reducir, en una primera etapa, el consumo de agua en éstos. Se propuso un cambio de muebles que cumplieran con los requisitos estipulados por las normas establecidas derivados de la feria del baño.

La selección e instalación de los muebles estuvo sustentada en una serie de pruebas que garantizaron un bajo consumo de agua. Las pruebas y especificaciones que los muebles de baño han de cumplir para ser considerados como de bajo consumo se han incluido en el Manual de pruebas a Instalaciones Sanitarias que al respecto ha elaborado PUMAGUA. (Incluido en la página de internet: www.pumagua.unam.mx). Las especificaciones han sido proporcionadas a la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM para que, dentro de los programas de dignificación de baños y en las nuevas obras que se construyan, se procure seguir este tipo de recomendaciones.

Previo a la instalación de muebles de bajo consumo se les realizaron una serie de pruebas que permitieron establecer criterios para su sustitución, por ejemplo, iniciar con los muebles que presentan un mayor consumo o bien, aquellos que están fuera de operación o que reflejan un mal aspecto estético a las instalaciones, bajo la idea de establecer etapas de trabajo donde la inversión de los recursos económicos reditué en mayores ahorros de agua. La tabla 36 muestra los primeros muebles de bajo consumo instalados así como los ahorros de agua que estos cambios trajeron consigo, los cuales, dicho sea de paso, representaron hasta un 63% de ahorro respecto a los consumos que presentaban los muebles anteriores. La figura 141 muestra una comparación entre las descargas de los anteriores y nuevos muebles de baño que se instalaron.

Tabla 2-Muebles de baño de bajo consumo instalados en el Edificio5.

Ubicación		Consumo		Ahorro
		Antes	Después	
		lpf / lpm	lpf / lpm	
N 1 B M (Piso 1. Baños Mujeres)	TAZA 1	4.65	4.2	9.68%
	TAZA 2	9.77	4.9	49.85%
	TAZA 3	15.25	5.6	63.28%
N 1 B H (Piso 1. Baños Hombres)	TAZA 1	9.85	4.75	51.78%
N 2 B H (Piso 2. Baños Hombres)	TAZA 2	10.625	4.9	53.88%
	LLAVE 1	1.9	1.9	0.00%
N 3 B M (Piso 3. Baños Mujeres)	TAZA 1	7.27	4.4	39.48%
	TAZA 2	10.8	4.8	55.56%
	TAZA 3	8.47	6.3	25.62%
	LLAVE 1	3.9	3.4	12.82%
	LLAVE 2	3.47	2	42.36%
N 3 B H (Piso 3. Baños Hombres)	TAZA 1	11.73	5.1	56.52%
	TAZA 2	8.6	5	41.86%
	LLAVE 1	3.85	2.1	45.45%

Comparación de consumo de agua en inodoros antes y después de los cambios.

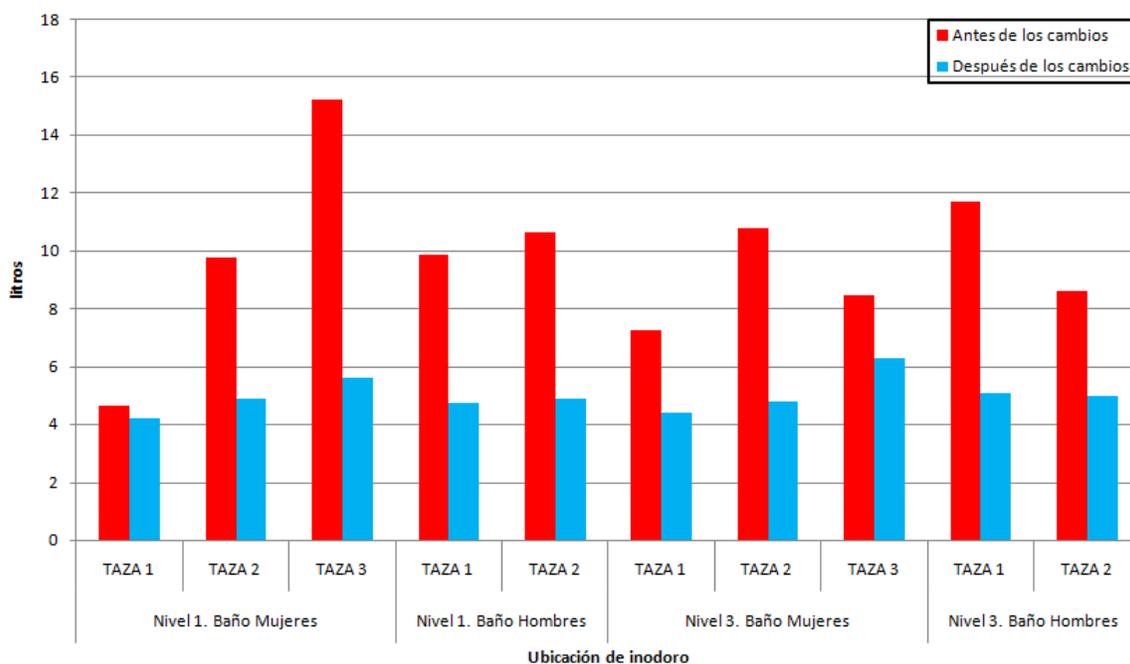


Figura 6. Comparación de descargas de agua entre inodoros previamente instalados y de bajo consumo.

De la tabla 2 y la figura 6 se observan ahorros significativos de hasta 60% en el consumo de agua por descarga de mueble, con esto, el consumo de agua en el edificio ha tenido una disminución del suministro de agua hasta en un 44%. Toda vez que de manera gradual se fueron sustituyendo los muebles. Actualmente todos los muebles de baño ubicados en el edificio 5 son de bajo consumo ya que cumplen con las especificaciones que elaboró PUMAGUA durante la feria de baño; pero enriquecidas a raíz de este programa piloto. La figura 142 da cuenta de la disminución del suministro de agua en el edificio luego de las acciones ya mencionadas.

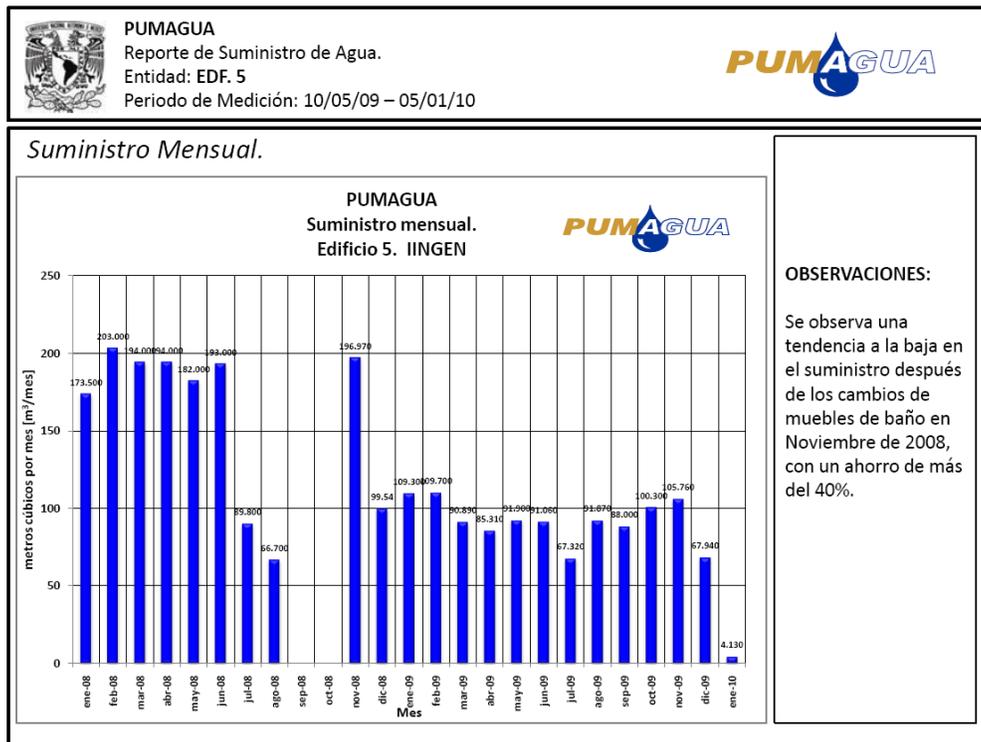


Figura 7. Registro histórico del suministro de agua en el edificio 5 antes y después de los cambios de mueble de baño.

El nuevo balance hidráulico nos muestra que, en promedio, el suministro actual del edificio es de 4.74 m³ de agua por día. Esto representa una reducción del 44%. El consumo por parte de los muebles de baño es de 2.87 m³ de agua lo que representa el 60.56% de lo que le entra al edificio, los servicios equivalen a un 36.28%, en tanto que las fugas en el edificio representan el 3.16 %. Los cambios en el patrón de consumo se han notado sensibles con el cambio de muebles de baño. La figura 143 muestra el balance hidráulico después de los cambios de mueble de baño. El nuevo consumo per cápita en el edificio es de 15 l/usuario/día lo que equivale a una reducción importante de cerca del 100% de este consumo. La reducción de

fugas fue bastante significativa, lo que supone que los muebles sustituidos presentaban fugas no perceptibles.

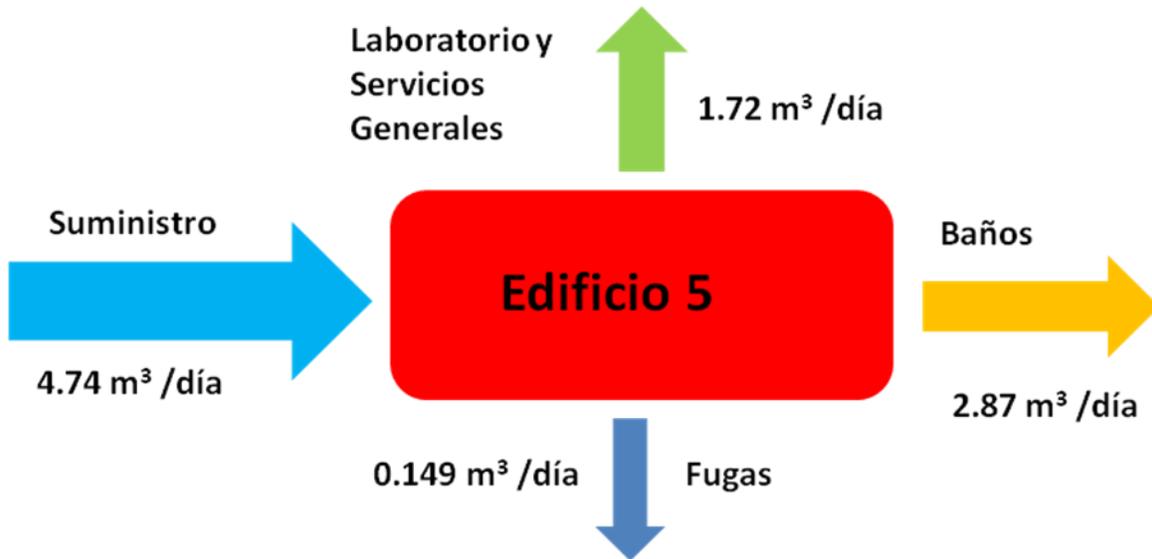


Figura 8. Balance Hidráulico después de los cambios de muebles de baño en el edificio 5.

El patrón de consumo de parte de los usuarios en el edificio también mostró la reducción del suministro. La figura 144 muestra la reducción del suministro después de los trabajos de cambio de muebles de baño.

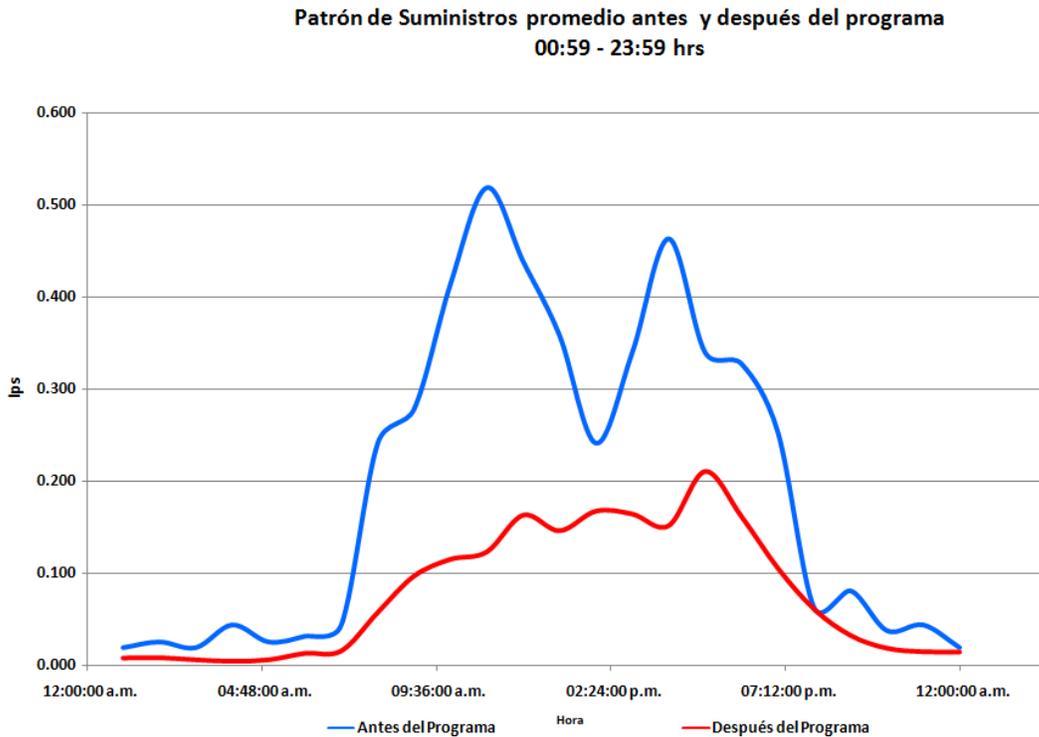


Figura 9. Patrón de suministro antes y después del programa de muebles de baño

Los costos que trajo consigo la aplicación de la metodología de un programa de uso eficiente de agua: instalación de medidores, sustitución de muebles de baño, accesorios, pruebas a los muebles, etc., ascienden a \$112,663.12 pesos mexicanos. La Tabla 37 muestra los costos mencionados anteriormente:

Tabla 3— Inversión en el cambio de muebles de baño

Concepto	Importe (I.V.A. Incluido)
Baño Mujeres 1er piso	\$ 19,041.79
Baño Mujeres 3er piso	\$ 25,901.45
Baño Hombres 1er piso	\$ 15,904.56
Baño Hombres 2do piso	\$ 22,010.89
Baño Hombres 3er piso	\$ 29,804.44
Total	\$ 112,663.12

En total se cambiaron 6 inodoros de 6 a 4.8 lpf, 3 mingitorios, 12 fluxómetros y 4 llaves, es decir, 25 cambios. El costo promedio de instalación de cada uno de ellos es de \$4507.00 pesos ó \$300.50 dólares. Suponiendo un uso constante de parte de los 225 usuarios del edificio en cada uno de los 15 muebles de baño, a cada uno de éstos 15 personas le dan uso al menos una vez por día. La figura 145 relaciona el costo de instalación de los muebles de baño con el número de usuarios por mueble, dicha relación permite estimar una Tasa Interna de Retorno (TIR) [FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources], esto es, el número de años necesarios para recuperar una inversión. De acuerdo a los datos que se han obtenido, y con la figura 10, la curva en azul claro (cian) es la que se ajusta a nuestro caso debido a que el uso es de 14 personas por muebles, y considerando el costo de instalación de los muebles, la Tasa Interna de Retorno correspondiente es de 3.5 años. La vida útil de un mueble de baño bajo condiciones de operación y mantenimiento adecuadas es de máximo 10 años.

De acuerdo con nuestras estimaciones, en estos ocho meses que ha durado los trabajos de sustitución de muebles de baño, se han ahorrado un total de 930 m³ o 930 000 litros, es decir, cada litro ahorrado costó en promedio \$0.121 pesos, es decir \$121.00 pesos por m³.

En la Universidad de Sydney, Australia (University of Sydney. WATER SAVINGS ACTION PLAN. 2006 – 2010.), el costo de implementación de un programa de Inodoros fue de \$8,280 dólares australianos equivalentes en pesos mexicanos a \$78,660.00, proyecto que se llevó a cabo en 7 meses. El costo que no es posible valorar es aquel a la experimentación que se va desarrollando con este tipo de estudios, y seguramente conforme la experiencia en este tipo de trabajos se vaya incrementando, los costos de un programa de uso eficiente de agua disminuyan.

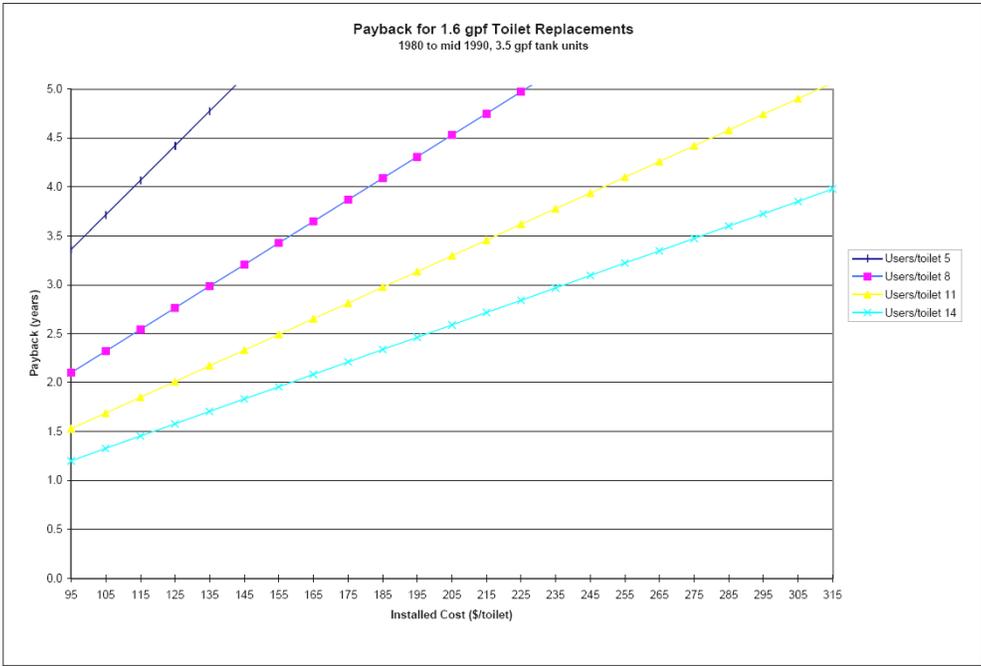


Figura 10. Tasa Interna de Retorno (Payback) de sustitución de muebles de baño. FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources]