



# **PUMAGUA**

Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM

## **INFORME DE AVANCES 2017**

## ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	3
Población de Ciudad Universitaria .....	3
<b>Metas y áreas de PUMAGUA</b> .....	4
<b>Conformación del Programa</b> .....	4
<b>Balance Hidráulico</b> .....	5
<b>Indicadores de avance</b> .....	5
Sistema de monitoreo del suministro de agua potable de la UNAM .....	5
Observatorio del agua.....	6
<b>Micro medición</b> .....	7
<b>Sectorización y control de presiones</b> .....	12
<b>Programa de recuperación de caudales (Fugas)</b> .....	17
<b>Proyecto de sustitución y rehabilitación de tuberías en CU</b> .....	25
<b>Programa de muebles de baño</b> .....	31
<b>Balance Hidráulico 2018</b> .....	32
<b>Campus externos</b> .....	34
<b>Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM) Morelos</b> .....	36
<b>PUMAGUA fuera de la UNAM</b> .....	38
Calidad del Agua.....	42
Indicadores de avance.....	42
Agua para Uso y Consumo Humano.....	43
Inspección de condiciones sanitarias en cisternas de almacenamiento en edificios .....	54
Agua residual tratada.....	54
Observatorio del agua UNAM, Plataforma digital. ....	55
Actividades en otros campus .....	55
Proyectos Externos.....	57
Formación de recursos humanos.....	61
Fomento a la Participación Social .....	62
Indicadores de avance.....	62
Estrategia general .....	62
Estudiantes y académicos .....	63
Comunidad universitaria.....	63



Comunidad externa.....	66
Implementación de PUMAGUA en otros campos.....	69
Actividades en dependencias universitarias .....	70
Actividades de difusión .....	71
Otras actividades.....	74
Participantes en PUMAGUA.....	75



## Introducción

La escasez y contaminación del agua son problemas graves en México. Según cálculos oficiales, la disponibilidad promedio de agua por persona disminuirá de 4,090 a 3,815 metros cúbicos en el año 2030, o incluso a 1,000 m<sup>3</sup> en regiones del norte, lo cual se considera como escasez grave. Por otra parte, el 26% de los ríos, lagos y embalses que monitorea la Comisión del Agua son de buena calidad, en tanto que en el 74% restante el agua tiene diferentes grados de contaminación (CEMDA 2011).

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2011), después de la agricultura (77%), el servicio público es el sector que ocupa un mayor volumen de agua en el país. Para enfrentar la escasez del agua en amplias regiones del país se requiere de sistemas de abastecimiento urbano con elevada eficiencia física. Sin embargo, en México, se pierde entre el 30% y el 50% del agua en fugas (Carabias y Landa 2005). En el Distrito Federal, en particular, la eficiencia física es de cerca del 43% (IMTA 2014).

Resolver esta compleja problemática requiere de acciones prontas y concretas provenientes, tanto de la sociedad en general, como de las entidades directamente responsables del manejo del agua, así como de los profesionistas y académicos relacionados con el tema.

En 2006 se llevó a cabo el IV Foro Mundial del Agua, en la Ciudad de México. Veintiséis dependencias de la UNAM participaron en el evento, en el cual se expusieron trabajos relacionados con la problemática del agua en el país, se organizaron sesiones y se hicieron intervenciones en diversas mesas de trabajo. A raíz de ese Foro, en octubre de 2006, se efectuó el Primer Encuentro Universitario del Agua con el propósito de contribuir a una coordinación efectiva de los esfuerzos que los universitarios realizan en investigación, docencia y difusión de temas relacionados con los recursos hidráulicos.

Como resultado de la participación de la UNAM en estos dos eventos multidisciplinarios, el Consejo Universitario consideró imperativo adoptar medidas concretas que impulsaran el uso y manejo eficiente del agua en todos los campus de la UNAM, no sólo para atender los problemas asociados al crecimiento constante de sus instalaciones, sino también como ejemplo del empleo del conocimiento universitario en la solución de los problemas prioritarios del país. Así, por mandato del propio Consejo Universitario, en 2008 se puso en marcha el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA), con el apoyo de la Rectoría.

PUMAGUA inició sus acciones en Ciudad Universitaria con el propósito de generar un modelo del manejo eficiente del agua que después se ha ido implementando en el resto de los campus universitarios. También se planteó como un modelo replicable en otras instituciones y entidades de México.

## Población de Ciudad Universitaria

La población aproximada de Ciudad Universitaria es de 185, 000 personas, de las cuales alrededor de 140, 000 corresponden a estudiantes (113 mil de nivel licenciatura y 27 mil de posgrado), 28, 000 a académicos y el resto a personal administrativo y de mantenimiento.



## Metas y áreas de PUMAGUA

Las metas principales del Programa son tres:

- (1) Reducir en un 50% el suministro de agua para uso y consumo humano;
- (2) Mejorar la calidad del agua para uso y consumo humano y la de reuso para riego de jardines, cumpliendo con las normas oficiales respectivas.
- (3) Lograr la participación de toda la comunidad universitaria en el manejo y consumo responsable del agua.

Para cumplir sus metas, PUMAGUA está conformado por tres áreas:

- Balance hidráulico, que consiste en distintas estrategias para disminuir el volumen suministrado de agua potable.
- Calidad del agua: Esta área realiza un monitoreo constante del agua para uso y consumo humano, así como residual tratada, y las recomendaciones pertinentes para contar con agua segura.
- Fomento a la participación social, en la cual se llevan a cabo estrategias específicas a cada sector de la comunidad universitaria con el fin de involucrarlos en el manejo y uso responsable del agua.

## Conformación del Programa

PUMAGUA está conformado de la siguiente manera:

- (1) Un grupo interdisciplinario, cuyas funciones han sido hacer un diagnóstico de las tres áreas, emitir las recomendaciones respectivas y realizar un monitoreo permanente, también en las tres áreas. El número de personas involucradas en el grupo ha variado en función de las necesidades del Programa y del presupuesto.
- (2) La Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM. La labor de esta dependencia ha sido fundamental, dado que es quien ejecuta gran parte de las acciones, incluyendo la renovación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la instalación del sistema de desinfección de agua potable y la reparación de fugas.
- (3) Las autoridades de las entidades y dependencias universitarias, tales como facultades, institutos, oficinas administrativas e instalaciones deportivas. Su papel también ha sido de gran relevancia, debido a que implementan las acciones recomendadas por PUMAGUA, dentro de sus instalaciones.

A continuación se presentan los avances del Programa en 2017, en las tres áreas que lo conforman.



## Balance Hidráulico

Los trabajos del área de balance hidráulico en este año 2017 se enfocaron principalmente en mantener funcionando y operando las distintas acciones que se llevan a cabo para garantizar que el monitoreo del sistema de abastecimiento se logre de manera adecuada, además de dar seguimiento a las recomendaciones hechas por el programa para mejorar el sistema, como es la sectorización y el programa de recuperación de caudales entre otras.

Por otro lado, se colaboró con la Secretaría de Desarrollo Social del gobierno de la Ciudad de México para implementar acciones fuera de la Universidad que permitieran conocer el manejo y uso del agua en una unidad habitacional de la CDMX, con el fin de generar recomendaciones para una mayor eficiencia en el manejo y uso del recurso.

## Indicadores de avance

- Sistema de monitoreo del suministro de agua potable operando
- Cobertura de micro medición del 85 %
- Cobertura de macro medición del 95 %
- Plataforma observatorio del agua funcionando con 30 % de los equipos de medición enlazados y actualizando correctamente los consumos en tiempo real
- Extracción promedio de los tres pozos de 76 litros por segundo
- Porcentaje de fuga en el sistema del 34 %
- Se recuperaron 15 litros por segundo en todo el sistema, resultado del programa de recuperación de caudales
- Reactivación del programa de sustitución de muebles de baño ahorradores en las instalaciones de la UNAM
- Sectorización funcionando con base en los cambios operativos implementados por la DGOC de la UNAM
- Sin control de presiones en la red
- Proyecto ejecutivo para la sustitución de tuberías de la red de ciudad universitaria al 90 %
- Reactivación de acciones del programa en campus externos. CRIM Morelos
- Implementación de acciones fuera de la UNAM

A continuación se muestran los trabajos y avances obtenidos este año en la coordinación de balance hidráulico de PUMAGUA:

## Sistema de monitoreo del suministro de agua potable de la UNAM



## Observatorio del agua

La plataforma observatorio del agua se ha vuelto una herramienta fundamental para la coordinación de balance hidráulico, es por ello que mantener funcionando y operando el observatorio es prioritario. Todos los días el personal que colabora en esta coordinación revisa y valida que la información mostrada en la aplicación sea adecuada, en especial se cuenta con un becario quien se encarga de administrar la base de datos y actualiza la información del observatorio.

Entre las principales tareas que se realizaron, están las de preparar los archivos con la información de los medidores que no se encuentran enlazados al sistema de lectura remota y después subirlos a la base de datos que se administra mediante el software SQL Server.

Se revisaron los errores mostrados, como son consumos que no corresponden a un volumen normal, graficas de fugas erróneas, fallas para editar información o dar de alta algún nuevo elemento, etc. Un ejemplo muy claro de estos errores es el consumo del Instituto de Materiales, los medidores de esta dependencia se encuentran enlazados al sistema de lectura remota a través de equipos repetidores y las gráficas del consumo en esta dependencia sobrepasa por mucho cualquier otra, por lo cual se identificó que el problema en este caso es el tipo de enlace (repetidor). (Figura 1)

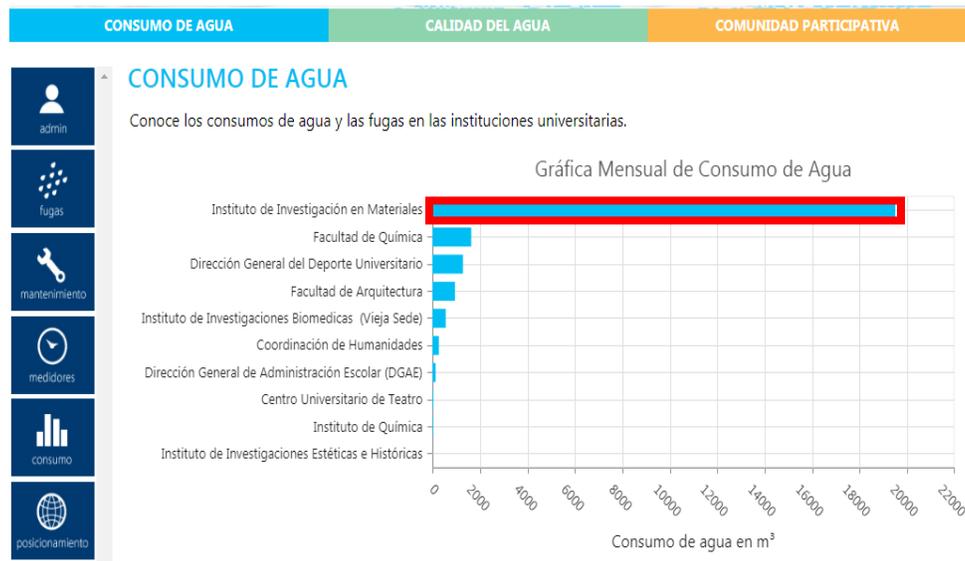


Figura 1. Gráfica de página de inicio "observatorio del agua". Apartado de balance hidráulico. Fuente "observatorio del agua"

Además del Instituto de materiales hay otros casos con el mismo problema, pero, la persona encargada de la plataforma continuamente revisa y corrige este y otros errores.

Otro error que se presenta en el observatorio son las mediciones negativas. Estas se deben a interrupciones o atenuaciones en la señal de la transmisión de los datos, ya sea desde el medidor o en las antenas y principalmente en los equipos repetidores. (Figura 2)

## CONSUMO DE AGUA

Conoce los consumos de agua y las fugas en las instituciones universitarias.

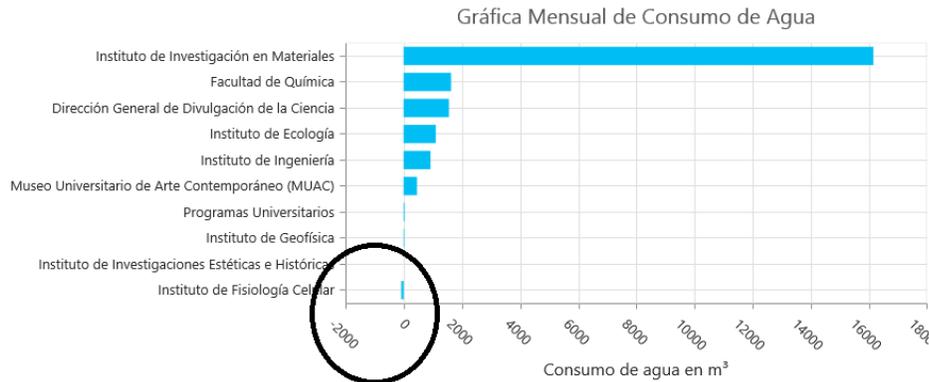


Figura 2. Medición negativa en el Instituto de Fisiología Celular

El problema se presenta en las mediciones que van en orden ascendente a través del tiempo y en algún momento aparece una lectura menor, esto se presenta porque un repetidor dejó de recibir datos del medidor, no obstante el equipo sigue enviando el último dato recibido y al cruzarse con los datos correctos el cálculo de lectura 2 menos lectura 1 que la aplicación realiza es negativo. (Figura 3)

	id_lectura	fecha_lectura	lectura	tamper	leak
5...	24212302	2017-10-23 21:43:00.000	1217140	0	1
5...	24212303	2017-10-23 22:43:00.000	1217142	0	1
5...	24212304	2017-10-23 23:43:00.000	1217144	0	1
5...	24212305	2017-10-24 00:43:00.000	1217145	0	1
5...	24212306	2017-10-24 01:43:00.000	1217147	0	1
5...	24438692	2017-11-27 12:59:53.000	1237483	0	1
5...	24438767	2017-11-27 21:59:34.000	1237941	0	1
5...	24438832	2017-11-28 00:59:48.000	1237975	0	1
5...	24438919	2017-11-28 03:59:14.000	1238137	0	1
5...	24439037	2017-11-28 06:59:47.000	1205535	0	0
5...	24439077	2017-11-28 09:59:42.000	1238484	0	1
5...	24439155	2017-11-28 12:59:43.000	1205535	0	0
5...	24439229	2017-11-28 15:58:50.000	1238790	0	1
5...	24439304	2017-11-28 18:59:39.000	1205535	0	0
5...	24439407	2017-11-29 00:59:31.000	1239121	0	1
5...	24439476	2017-11-29 03:59:45.000	1239321	0	1

Figura 3. Tabla en la base de datos donde se observan las mediciones erróneas

Otra de las tareas importantes es mantener actualizada la información. Los equipos enlazados al sistema de lectura remota se actualizan en tiempo real y los equipos no enlazados son de manera manual. El encargado realiza estas actualizaciones con base en los avances de los compañeros que trabajan en campo.

### Micro medición

En este año no se instalaron nuevos equipos de medición en edificios de las dependencias universitarias, por lo tanto la cobertura de medición continúa en 85 %. Los trabajos se

enfocaron en mantener en funcionamiento los micro medidores ya instalados, es decir, que todos se encuentren operando.

Apoyados en la aplicación del observatorio del agua fue posible mantener en operación y funcionando los equipos que integran la micro medición. Del 85 % de cobertura que se tiene, solo el 30% están enlazados al sistema de lectura remota y es posible conocer sus consumos en tiempo real. (Figura 4)



Figura 4. Consumo de micro medidor instalado en el IINGEN

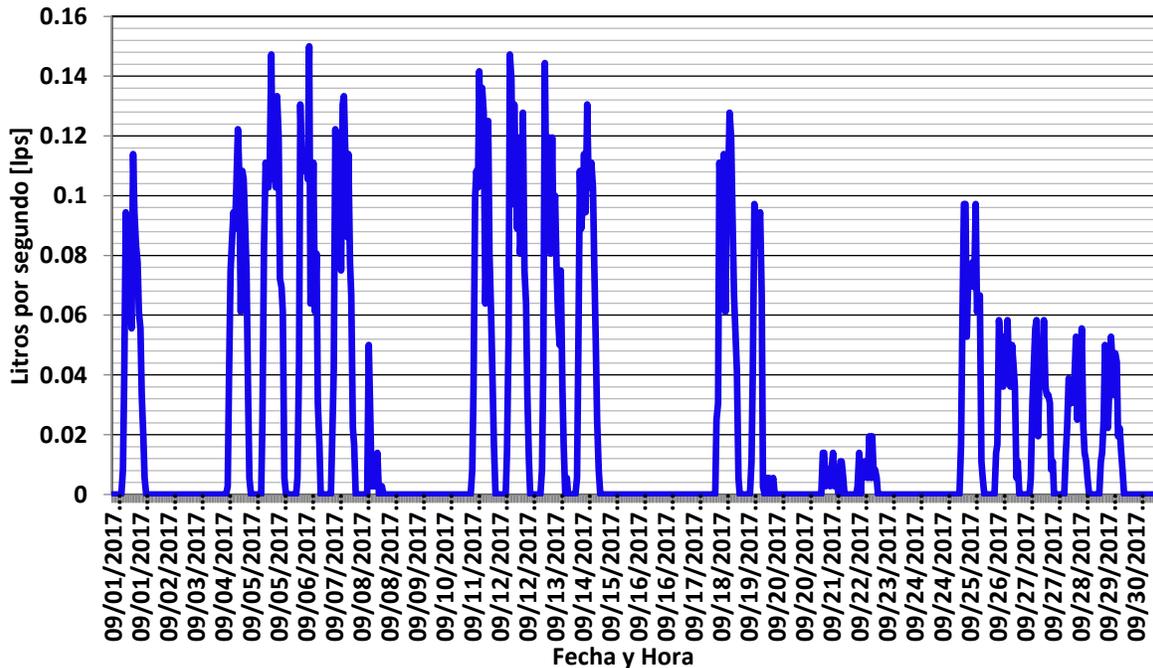
Como cada año se realizaron recorridos de campo para poder obtener la información de consumo y fugas potenciales de los medidores que no se encuentran enlazados al sistema de lectura remota. Figura 5



Figura 5. Trabajos en campo para bajar la información de los micro medidores

Con esta información se obtuvieron las mediciones del suministro y consumo en los edificios y se identificaron posibles fugas dentro de los mismos después de analizar la información generada con las mediciones (gráfica 1). Esta información fue entregada al encargado del observatorio del agua para actualizar la plataforma, como se mencionó anteriormente. También se realizaron comparaciones para validar que la plataforma funcione de manera adecuada.

**Coordinación de Balance Hidráulico.  
Medición de suministro. CELE**



Gráfica 1. Medición del suministro en el Centro de Enseñanzas de Lenguas Extranjeras (CELE)

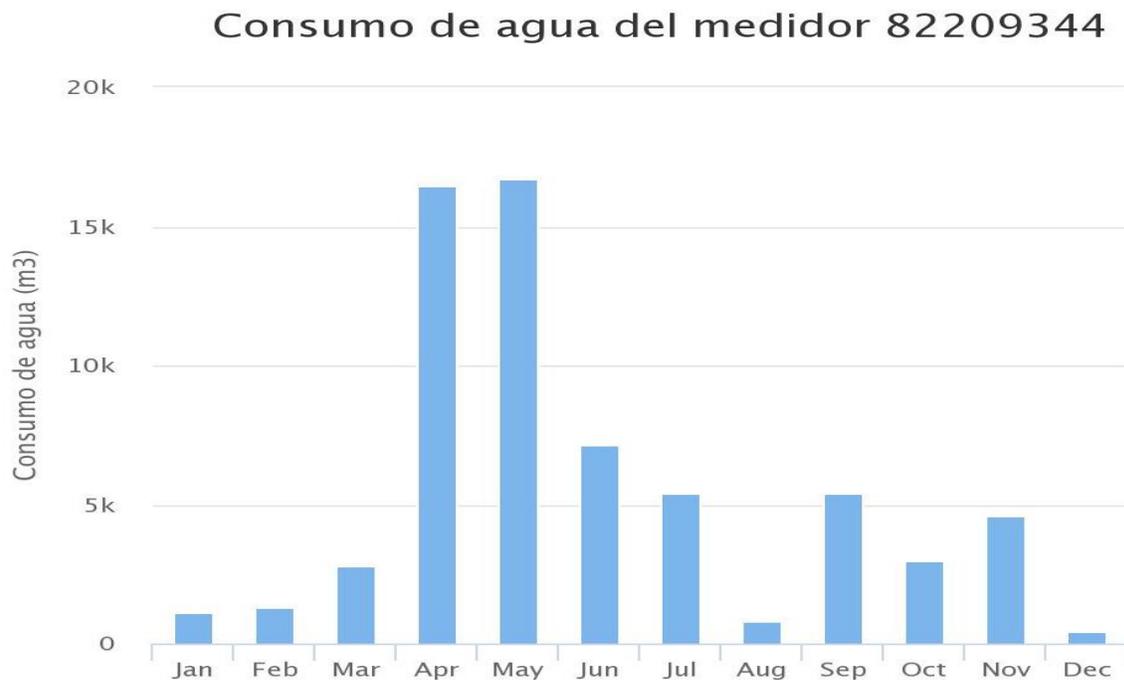


## Macro medición

La macro medición desde el año pasado cuenta con 100 % de medidores instalados, a pesar de ello no fue posible corregir los problemas que se tiene en el medidor del pozo 2, multifamiliar.

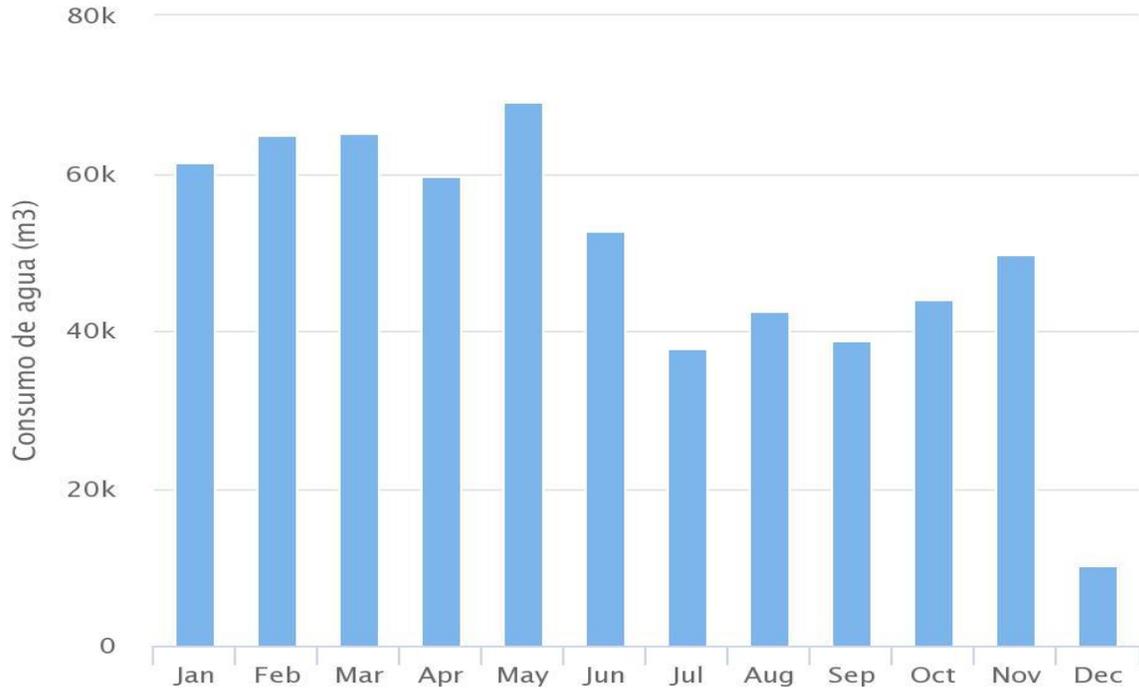
Este año la Dirección General de Obras y Conservación DGOC cambió algunas políticas de operación en la red de agua potable, con estas modificaciones el macro medidor instalado en el punto suministro del sector hidráulico 3 tendrá que ser reubicado para poder tener las mediciones correctas.

En cuanto al resto de los macro medidores, se encuentran instalados y operando de manera adecuada. Los macros del pozo 1 en química, pozo 3 en vivero alto y el del punto de suministro del sector 5 se encuentran enlazados al sistema de lectura remota (Gráficas 2, 3 y 4). Solo el pozo de química esta enlazado con apoyo de un equipo repetidor. Para el resto de los equipos es necesario obtener sus datos por medio de los trabajos y recorridos de campo del personal de esta coordinación. Gráfica 5



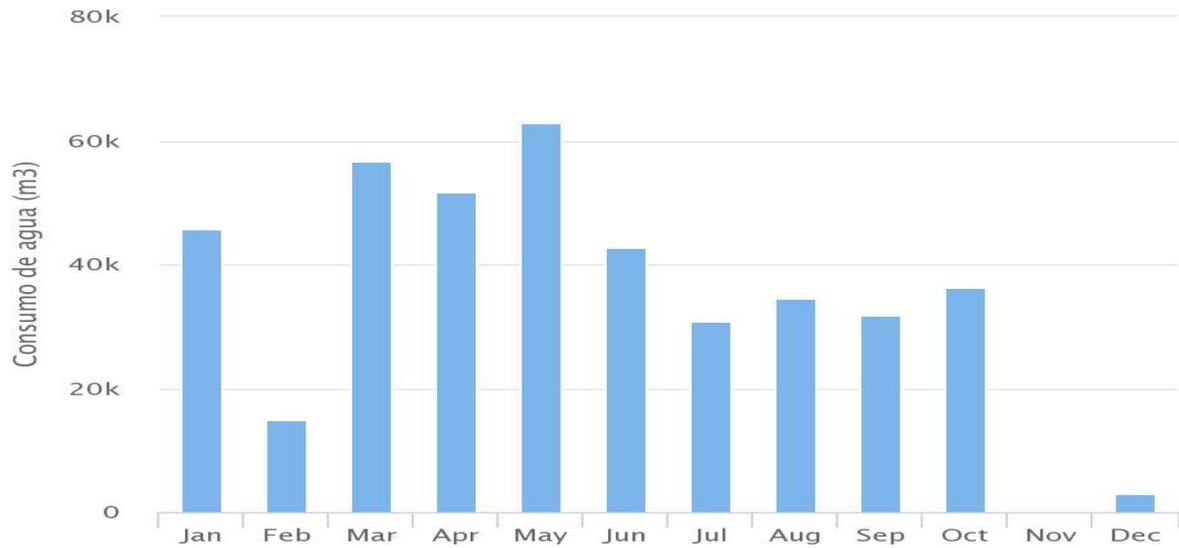
Gráfica 2. Extracción mensual 2017 del pozo 1, Química. Fuente "Observatorio del agua UNAM"

### Consumo de agua del medidor 82262394



Gráfica 3. Extracción mensual 2017 del pozo 3, vivero alto. Fuente "Observatorio del agua UNAM"

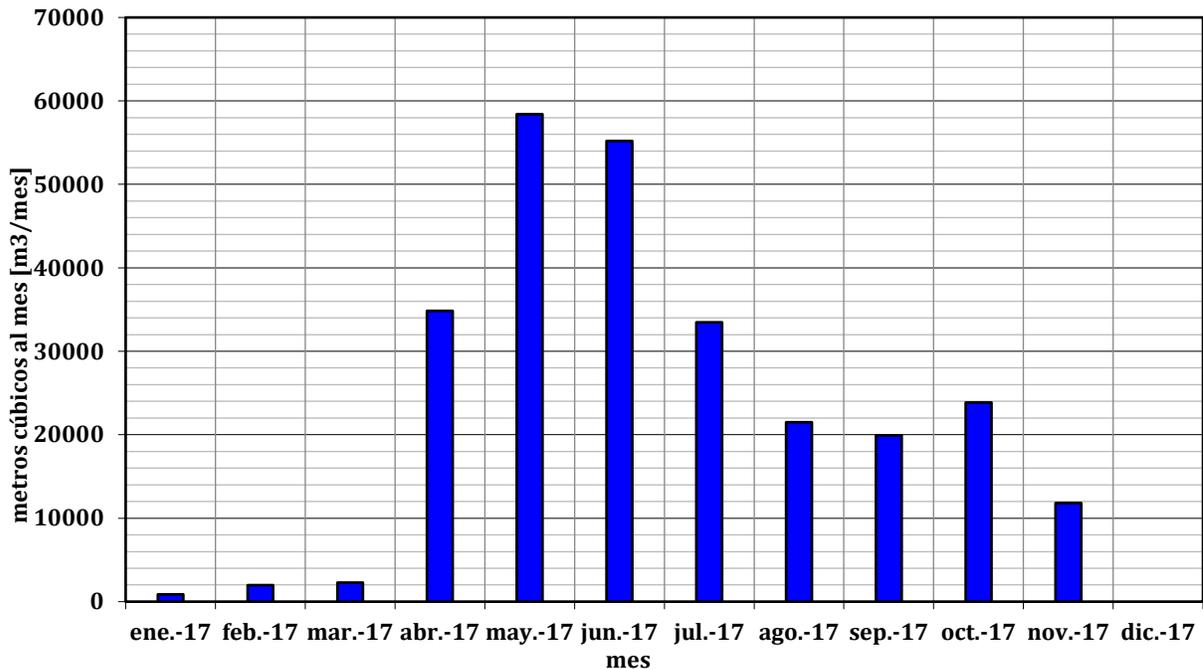
### Consumo de agua del medidor 82470033



Gráfica 4. Suministro hacia el sector hidráulico 5. Fuente "observatorio del agua"



## Coordinación de Balance Hidraulico Suministro mensual 2017. Sector 1



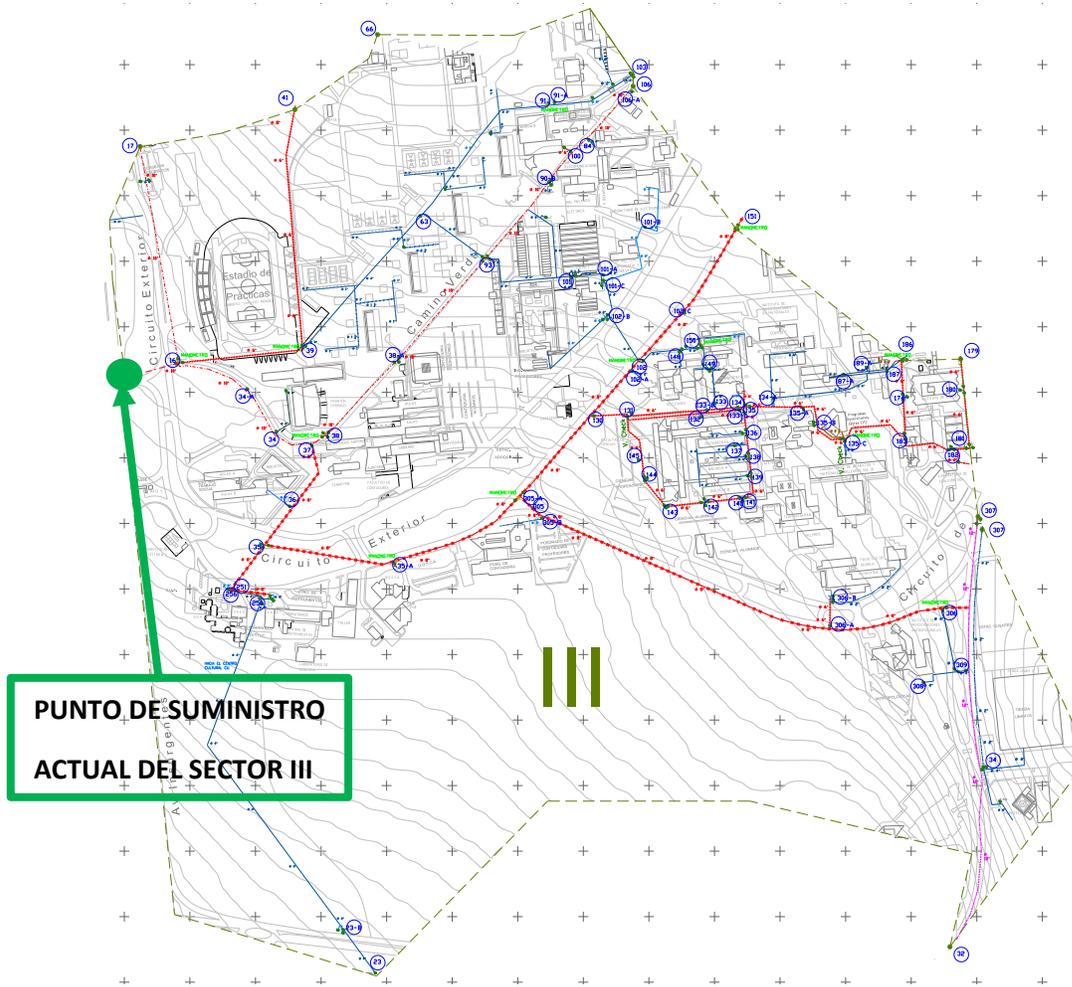
*Gráfica 5. Suministro hacia el sector hidráulico 1. Análisis de información en gabinete*

En la gráfica 5 se muestra el suministro del sector hidráulico 1, realizado en gabinete por personal de PUMAGUA, cabe mencionar que en los primeros meses el medidor no estaba funcionando al 100 %, a causa del mal estado de un par de válvulas en el sector.

## Sectorización y control de presiones

### Sectorización de la red de distribución

Como se mencionó anteriormente, la DGOC implemento algunos cambios en la operación de la red, principalmente en la distribución. Estos cambios se deben a la rehabilitación de una línea de 12 pulgadas de diámetro, que anteriormente se utilizaba para llenado del tanque alto cuando funcionaba el pozo 2 y la misma para distribuir a la red cuando el pozo no estaba en funcionamiento. Con la puesta en marcha de la línea rehabilitada esto cambio y por lo tanto las mediciones en el punto del suministro del sector 3 comenzaron a monitorear el funcionamiento de la bomba del pozo 2 (bombeando directo a la red) y no el gasto que ingresa al sector, incluso se llegó a pensar que la fuga en el sector 3 era cero.



Plano 1. Sector hidráulico III. Frente a estadio de Base Ball

Con base en estos cambios fue necesario modificar el estado de algunas válvulas en los cruceros límites de sector, en específico, en el crucero 17 (consejos académicos) y en el crucero 7 (frente al pozo 2, multifamiliar) de la red de distribución. Estas modificaciones se plantearon con apoyo del modelo matemático de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua en CU.

El crucero 17 se intersectan una tubería de acero de 10" de diámetro y una tubería del mismo material pero de 8" de diámetro, en la sectorización original de la red la válvula de 10" debe ir cerrada y la de 8" abierta. Figura 3

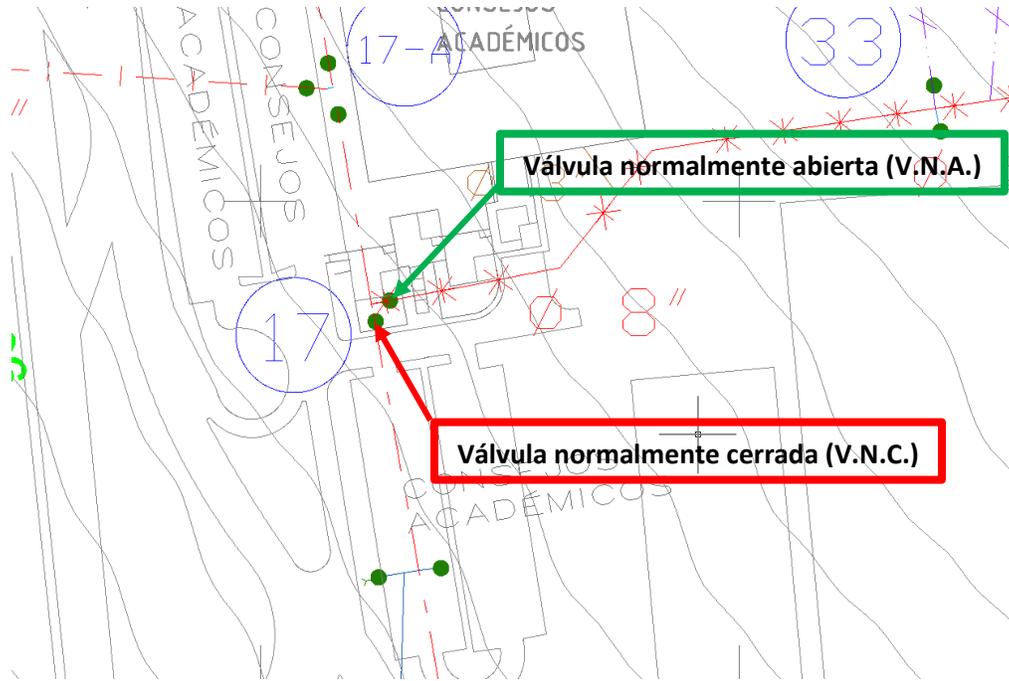


Figura 6. Crucero 17. Sectorización original

El cruceo 7 está sobre una tubería de acero de 8” de diámetro que baja hacia la zona del estadio de prácticas Tapatío Méndez, en esta línea se encuentra la caja de válvulas con el medidor electromagnético del sector 3 (figura 4), como se mencionó en la macro medición. La válvula de este cruceo debe estar totalmente abierta en la sectorización original.

Con la configuración de la nueva sectorización es necesario que esta válvula se encuentre cerrada, por lo tanto, el agua ya no ingresa por esta tubería al sector 3. Ahora el agua que proviene todo el tiempo del tanque alto y siempre es una distribución a gravedad.

El punto de suministro se encuentra en la tubería de acero de 10” de diámetro que se encuentra entre el cruceo 17 y 17-A (figura 5). Es en este tramo de la tubería que se propone la reubicación del macro medidor instalado frente al estadio de béisbol , antigua entrada al sector.



Figura 7. Arreglo actual de la caja de válvulas en el punto de suministro del sector 3

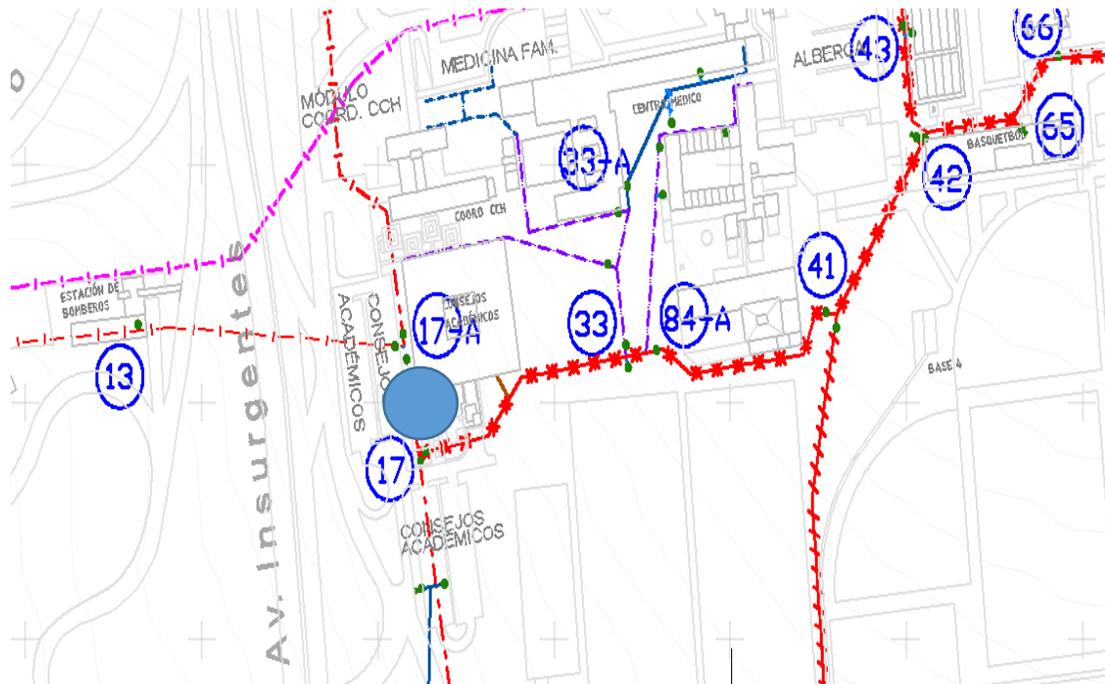


Figura 8. Sitio propuesto para la instalación del nuevo punto de suministro del sector 3

Lo mencionado anteriormente y sumado a los trabajos de revisión de la sectorización que cada año el personal de PUMAGUA realiza mediante trabajos de campo, se ha logrado mantener la hermeticidad de los sectores hidráulicos.

### Control de presiones

Durante este año la regulación y control de presiones en la red de distribución al igual que las mediciones de la macro medición se vio afectada por los cambios en las políticas de operación de la red implementados por la DGOC.

Se tienen 2 válvulas reguladoras de presión (VRP) instaladas en los puntos suministro del sector 1 y 3. La VRP instalada en el sector 1 se encuentra fuera de servicio por la falta de un cable del solenoide el cual permite la apertura o cierre de la válvula (figura 6). La VRP ubicada en el sector 3 no está en servicio por el cierre de la válvula ubicada en el crucero 7, como se mencionó en lo relacionado en la sectorización, el cambio en este crucero forma parte de la nueva configuración de la red.



*Figura 9. VRP sector hidráulico 1*

Con los trabajos de sectorización, control de presiones, monitoreo del suministro de agua y apoyados en el modelo de la red para el proyecto de sustitución y rehabilitación de las tuberías en CU, PUMAGUA recomienda el control de presiones en algunos puntos adicionales a los que ya se tienen, además de la modificación de otros. En específico, se identificó que la presión en la zona aledaña al crucero 32, límite de sector, es de más de 4 (kg/cm<sup>2</sup>), lo cual provoca fugas constantes en este sitio.

La VRP instalada en el punto de suministro en el sector 3 ya no es necesaria con los cambios en la operación de la red y la nueva sectorización, principalmente al cierre de la válvula en el crucero 7.

### Programa de recuperación de caudales (Fugas)

Como cada año desde la creación de PUMAGUA, el área de balance hidráulico pone especial énfasis en la detección y localización de fugas en el sistema de abastecimiento. Este año comenzamos con un ligero incremento en el porcentaje de fugas, por lo tanto, se trabajó en coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación para disminuir este porcentaje.

#### Fugas dentro de edificios

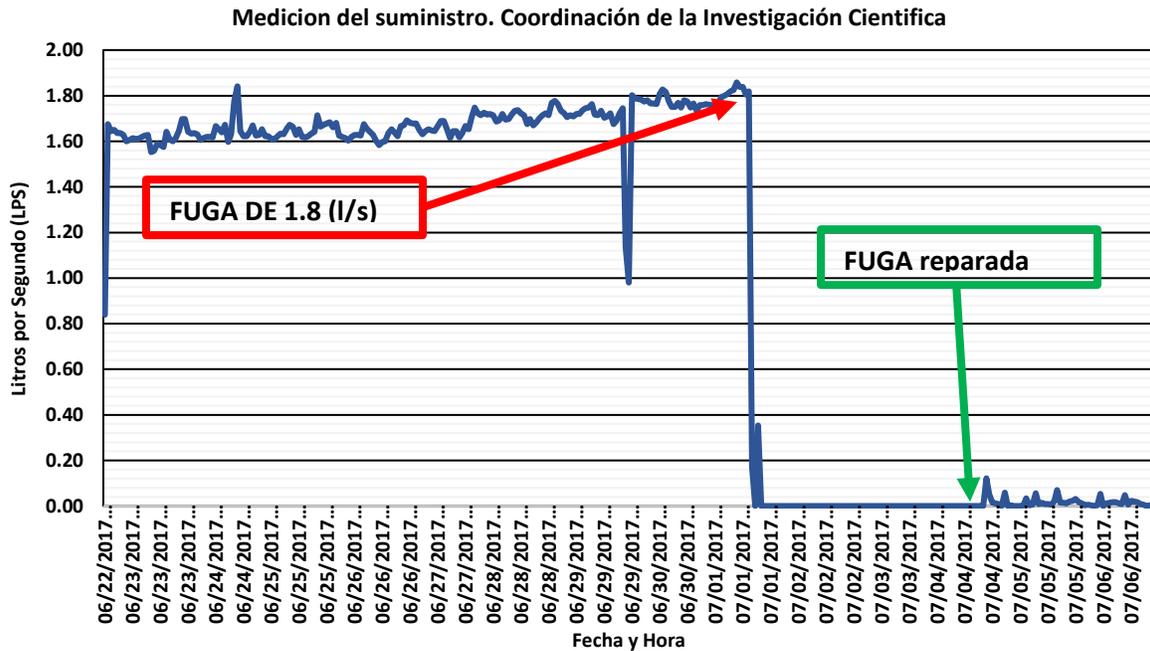
Gracias al apoyo en el observatorio del agua, el monitoreo e identificación de las posibles fugas dentro de los edificios de las dependencias se ha vuelto más rápido, la aplicación nos permite detectar una posible fuga mediante el semáforo de colores establecido con base en los criterios de PUMAGUA, además de arrojar un análisis previo de la posible fuga. Una vez identificada la fuga con el observatorio, el personal de PUMAGUA acude al sitio para bajar la información del medidor con equipo especial y realiza un análisis más detallado de las mediciones del consumo y la fuga detectada.

Durante 2017 se identificaron alrededor de 10 fugas dentro de los edificios que cuentan con un medidor en su acometida hidráulica, de las cuales 3 fueron de especial atención por el volumen de agua que se perdía con la presencia de la fuga.

Tabla 1. Principales fugas dentro de edificios

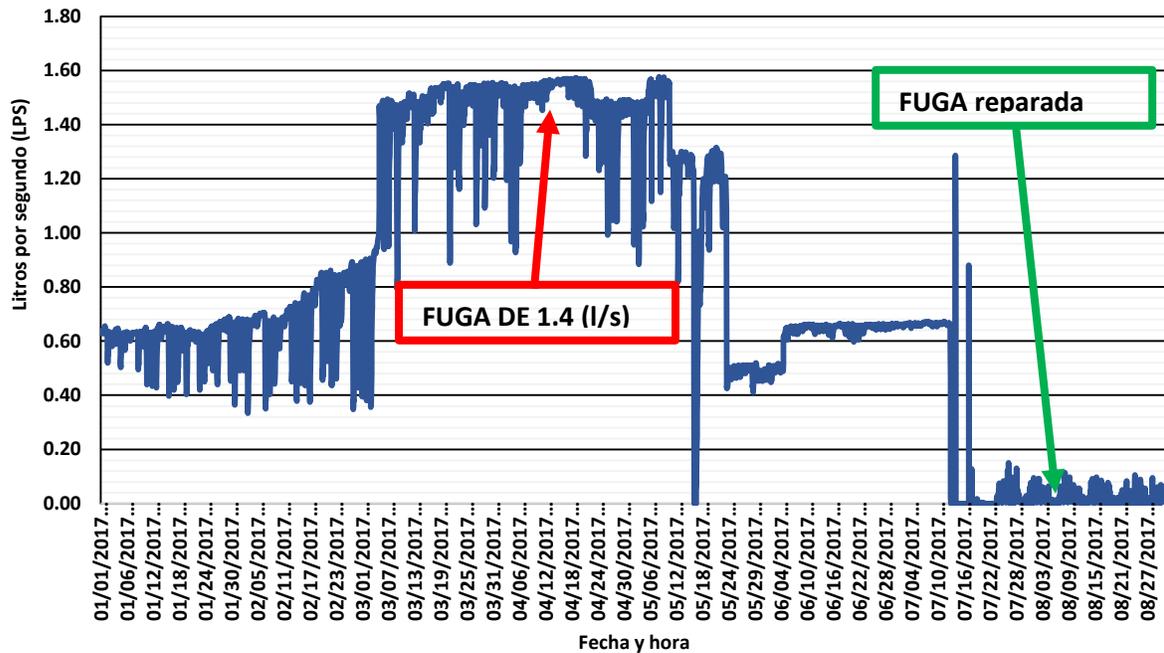
Dependencia	Fuga [LPS]	Fuga recuperada [LPS]
Coordinación de la Investigación Científica	1.8	1.8
Dirección de Teatro y Danza	1.4	1.4
Facultad de Psicología	2.0	-----
Facultad de Medicina. Psiquiatría y salud mental	0.4	-----
Instituto de Investigaciones Biomédicas. Edificio A	0.2	-----
Dirección General de Orientación y Servicios Educativos	0.5	-----

De las 3 fugas mencionadas, 2 fueron detectadas y buscadas con los equipos especiales para estos trabajos por el personal de PUMAGUA y reparadas por el personal del taller de la Red de agua de la DGOC con apoyo de las dependencias en cuestión. Las detectadas en la Coordinación de la Investigación Científica y la Dirección de Teatro y Danza.



Gráfica 6. Fuga detectada y reparada en la Coordinación de la Investigación Científica

Medición del suministro. Dirección de Teatro y Danza



Gráfica 7. Fuga detectada y reparada en la Dirección de Teatro y Danza

Para lograr la reparación de las fugas PUMAGUA trabaja siempre en coordinación con las autoridades de las dependencias en donde se identifica una fuga y con el apoyo de la DGOC se realiza la reparación.





Figura 10. Trabajos de búsqueda de fugas dentro de edificios de las dependencias universitarias

### Fugas en la red de agua potable

De la misma manera que en los edificios, la detección de fugas en la red de distribución de agua potable se realiza con apoyo en el observatorio del agua, con la diferencia que este monitoreo se lleva a cabo con la macro medición. Como se mencionó antes, se cuenta con cinco sectores hidráulicos, mismos que cuentan con ese equipó de macro medición y con los cuales se monitorea el suministro y las fugas en la red.



Figura 11. Equipo electromagnético instalado para la macro medición en CU

Estos equipos, cuentan con la misma tecnología que los medidores instalados en los edificios y a través de sus mediciones nos es posible detectar una fuga. El análisis de la información también es similar, se monitorean y en coordinación con el taller de agua de la DGOC se buscan y localizan las fugas.

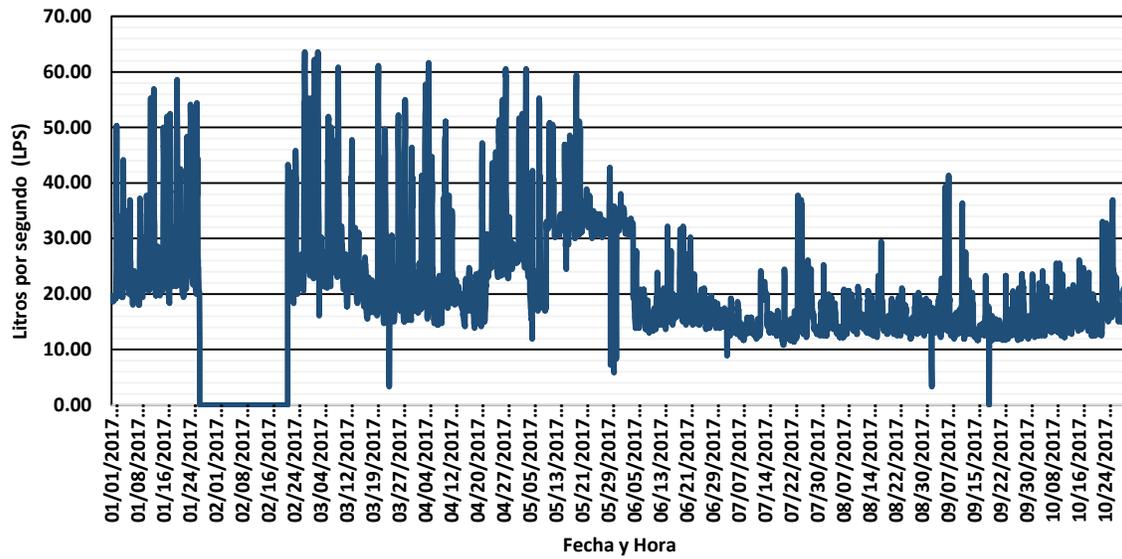
Además de la macro medición, se utilizan otros equipos para facilitar la búsqueda de fugas, por ejemplo, medidor ultrasónico (Figura 12), para obtener mediciones de gasto y volumen en sitios donde no se cuenta con medidores. También se utiliza para medir en la sub sectorización que se realiza para facilitar la localización de las fugas.



Figura 12. Medidor ultrasónico

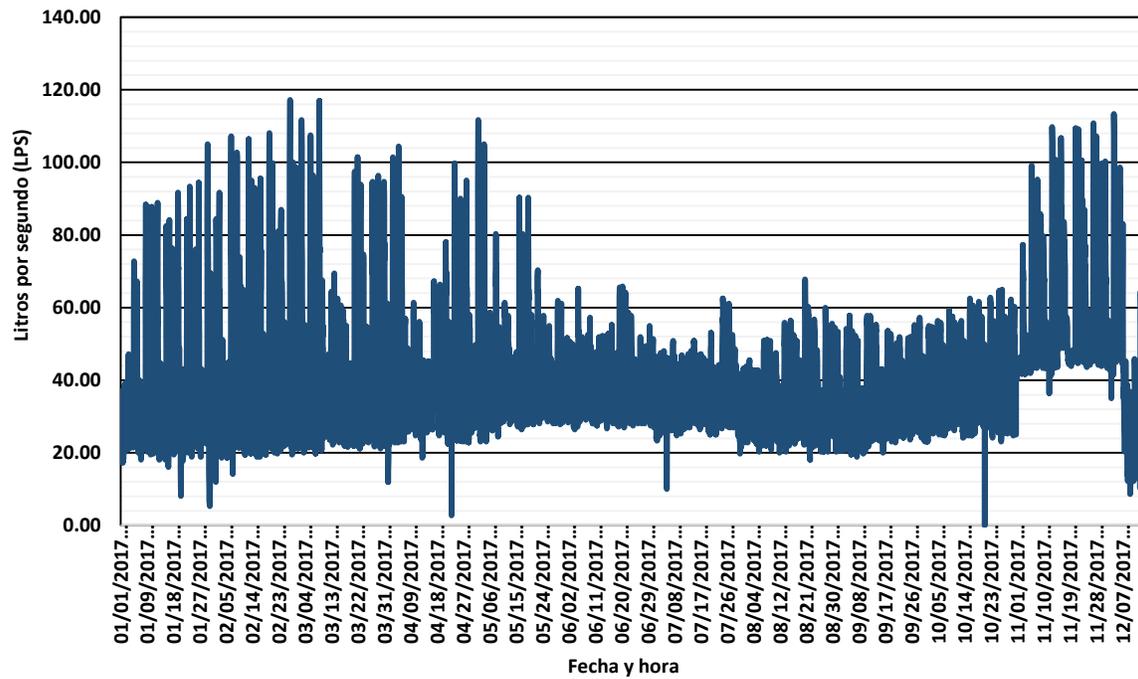
Con el análisis de información del monitoreo se determina el volumen de fuga por cada sector hidráulico y el total de fugas en todo el sistema de distribución de agua potable en CU.

**COORDINACIÓN DE BALANCE HIDRAULICO. SUMINISTRO SECTOR 5**



Gráfica 8. Suministro en el sector hidráulico 5. Zona Cultural CU

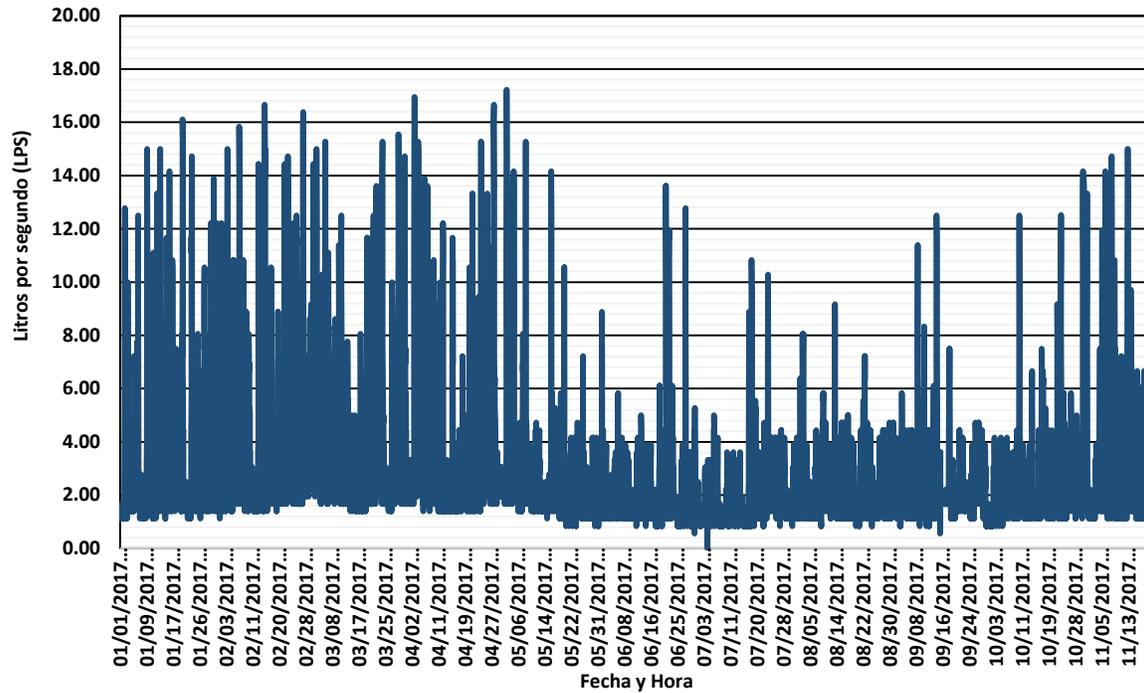
**COORDINACIÓN DE BALANCE HIDRAULICO. SUMINISTRO SECTORES 1, 2 Y 3**



Gráfica 9. SUMINISTRO EN SECTORES HIDRÁULICOS 1, 2 Y 3



**COORDINACIÓN DE BALANCE HIDRAULICO. SUMINISTRO SECTOR 4**



*Gráfica 10. Suministro en el sector 4*

Observando las gráficas 8, 9 y 10 se observa el comportamiento de las fugas en la red de distribución de agua potable a través de todo el año. En el sector 4 (zona del estadio olímpico) las fugas se mantuvieron constantes durante todo el año, siendo el máximo volumen entre los meses de marzo a mayo, sin embargo, el promedio anual es de 1 (l/s).

En los sectores 1, 2 y 3 se presentaron variaciones considerables en el transcurso del año, el mes de noviembre fue el más desfavorable. Gracias a los trabajos de localización y reparación de las fugas se concluyó el año con 10 (l/s) de pérdidas.

El sector 5 es el que presenta más volumen de fugas al terminar el año, 15 (l/s). Por consecuencia durante todo el año y en especial los periodos de vacaciones, se trabajó en coordinación con la DGOC en la detección de estas fugas.

Al final del año, las fugas en la red de agua potable se cuantifican en 26 (l/s). PUMAGUA, la DGOC y las dependencias universitarias siguen trabajando para reducir al máximo posible el volumen de pérdidas para mejorar el servicio de agua en CU.



Otros equipos importantes que se utilizan para la localización de las fugas son el geófono y los correladores, estos equipos funcionan con el sonido que genera el flujo de agua y la alteración debido a las fugas.



*Figura 13. Trabajo de localización de fugas con geófono y correladores*

## Proyecto de sustitución y rehabilitación de tuberías en CU

Este proyecto se planteó desde hace un par de años por PUMAGUA con base en el monitoreo de las fugas en la red de agua potable. Si bien todos los años el programa y la DGOC trabajan para disminuir el volumen de las fugas del sistema, las instalaciones hidráulicas de ciudad universitaria tienen más de 60 años en muchos casos y por lo tanto mantener las pérdidas en un porcentaje mínimo es complicado.

Este año se puso en marcha formalmente la realización del proyecto ejecutivo para la rehabilitación y sustitución de tuberías a cargo del Ing. Jose Daniel Rocha y con el apoyo de la coordinación de balance hidráulico de PUMAGUA para llevarlo a cabo, ya que en esta área del programa se genera y maneja la información que se necesita para el proyecto.

### Recopilación de Información

Esta etapa del proyecto se realizó en un 90 % con trabajo de gabinete, como se mencionó anteriormente la coordinación de balance hidráulico cuenta con mediciones de caudal, de presión y de fugas actualizada, además de información histórica de las mismas variables gracias al monitoreo que PUMAGUA tiene del sistema de abastecimiento de agua potable. La información faltante se realizó con trabajos de campo, principalmente levantamientos de cruceros para verificar información de diámetros, materiales, arreglos, etc.



Figura 14. Levantamiento de cruceros y otros elementos de la red de agua en CU

### Campaña de medición

En algunas ocasiones fue necesario validar información o actualizarla, por lo tanto, se realizaron campañas de medición, principalmente de gasto y presión. Para las de gasto se utilizó el equipo ultrasónico.

La campaña de medición de presiones fue más detallada a diferencia de las mediciones de gasto, solo se tiene un sensor de presión con tecnología para transmitir datos a través de la red de telefonía celular. Por lo tanto se realizaron trabajos de campo para visitar los crucesos que cuentan con manómetros locales de caratula y en algunos casos se midió la presión con manómetro portátil dentro de las instalaciones de algún edificio.



Figura 15. Campaña de medición de presiones y sensor de presión con data logger

El resultado de esta campaña de medición de presiones fue una curva de variación diaria con base en los datos del sensor de presiones y las presiones medidas.

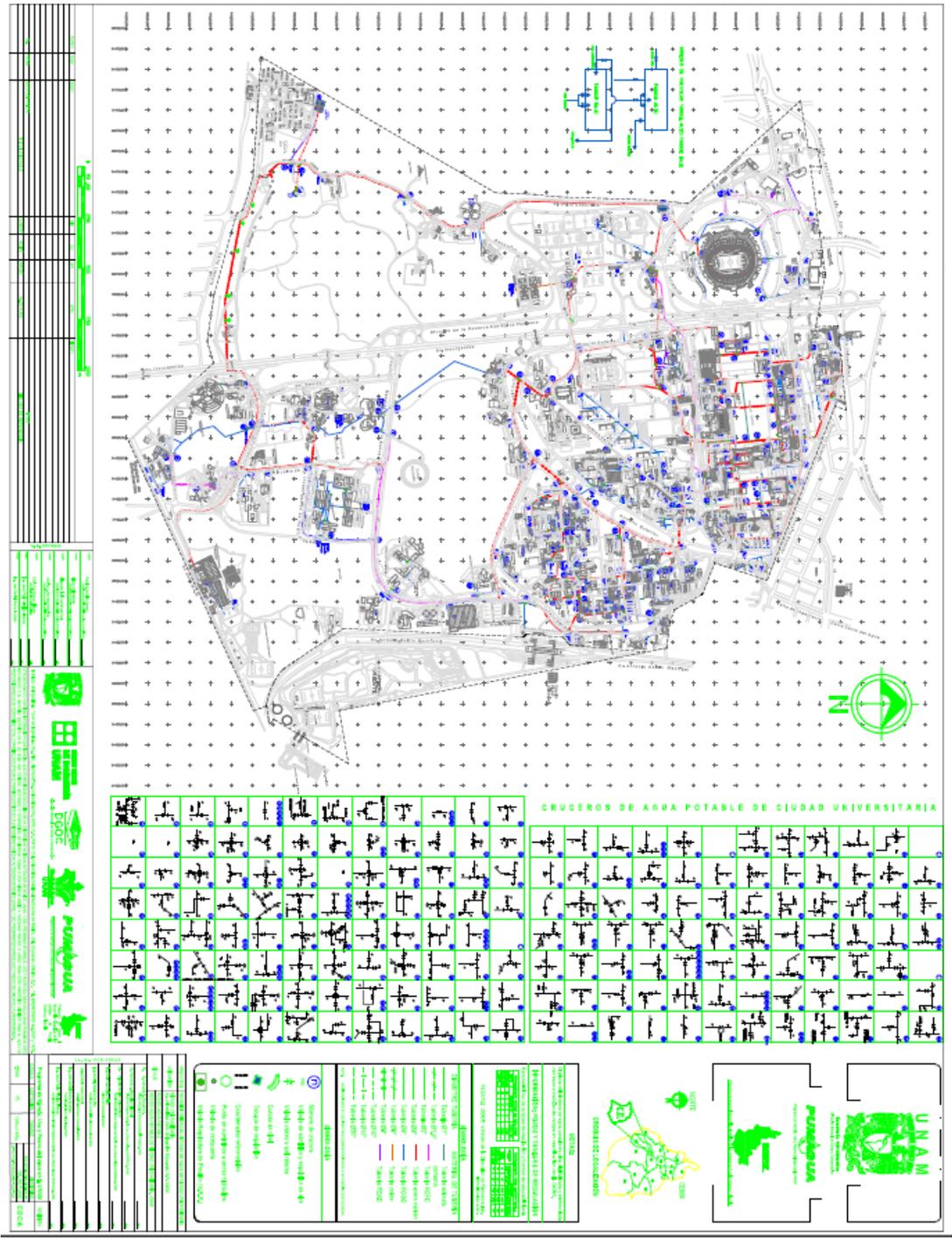
**CIUDAD UNIVERSITARIA. UNAM  
PRESIONES MEDIAS. (Kg/cm<sup>2</sup>).**



Plano 2. Presiones medidas en el campus

Actualización de Información

Con la recopilación de datos y la campaña de medición se actualizo la información, principalmente los planos, materiales de tubería, curvas de gasto y demanda, etc.



### Modelación hidráulica

La modelación de la red de agua potable se realizó en el software EPANET, alimentando el modelo con la información recopilada y generada en PUMAGUA de las mediciones históricas de consumo, fugas y presiones. Se calibro con mediciones puntuales hasta lograr una correlación cercana al 95 % entre lo medido y lo calculado, simulando la situación actual.

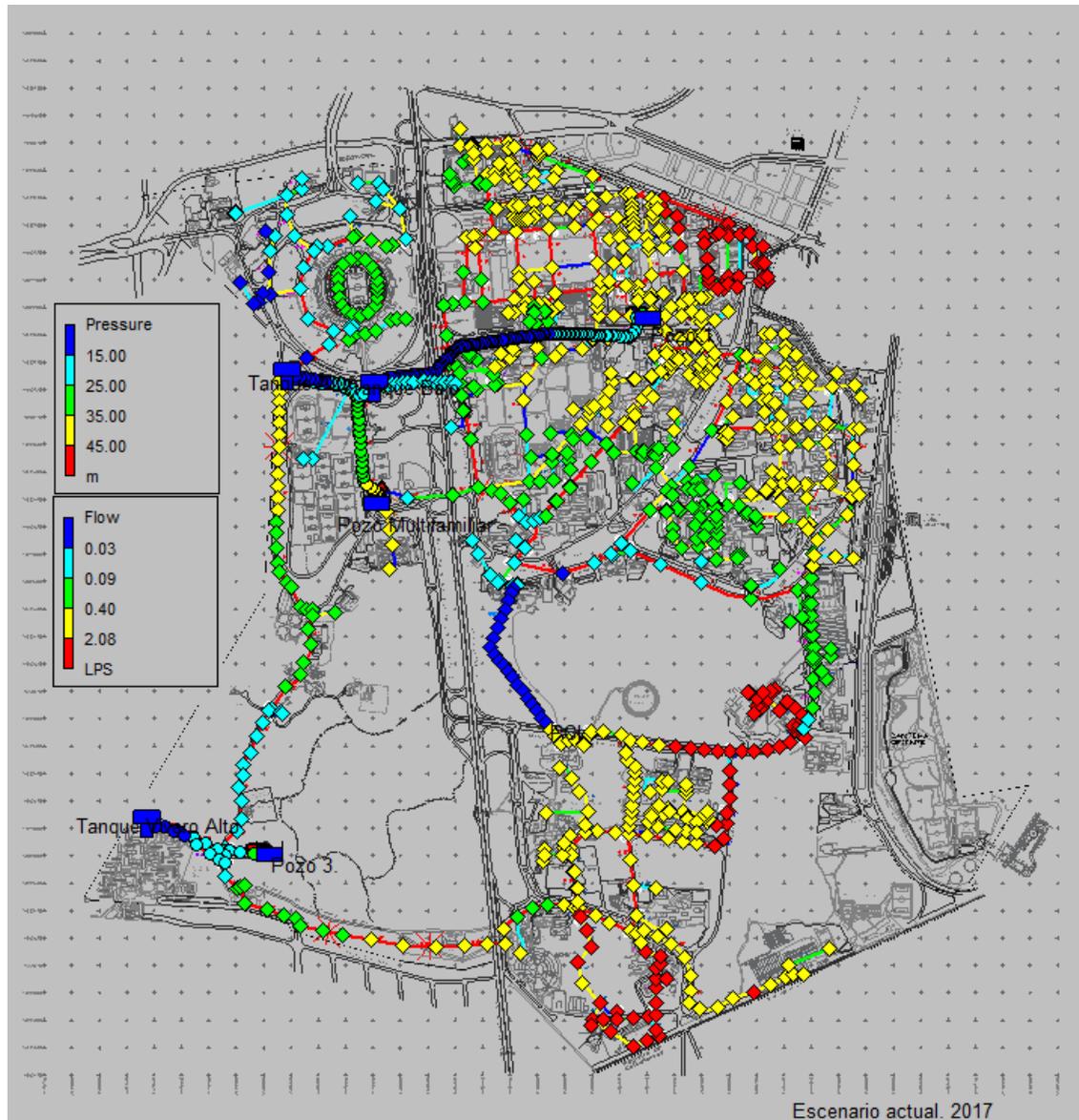
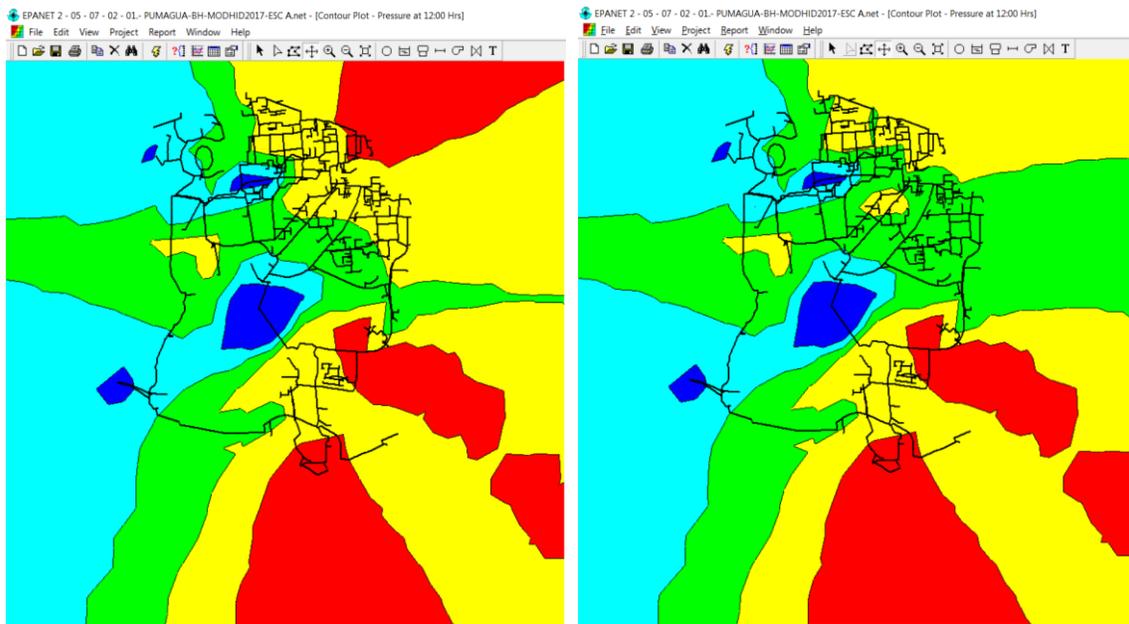


Figura 16. Modelo de la red de distribución en EPANET. Escenario actual en EPANET

Para el proyecto se realizó una proyección al año 2047, sin la sustitución de tuberías y realizando las recomendaciones generadas del análisis con acciones de rehabilitación y sustitución de distintas tuberías.

Con estas recomendaciones, que además de la sustitución y rehabilitación de tuberías son de importancia, la optimización del riego, la recuperación de fugas, la regulación de presiones y la cultura del agua se garantiza que para el año 2047 la comunidad universitaria tenga un buen servicio de agua potable.



*Figura 17. Mapas de presiones. Sin regulación de presiones y con regulación*

La conclusión del proyecto ejecutivo se estima se tenga en el mes de febrero de 2018, actualmente se encuentra en la etapa de presupuesto, reportando un avance del 80 % para tener el costo total del proyecto.

## Programa de muebles de baño

Este año el programa de muebles de baño se enfocó en retomar los trabajos con las empresas que cumplen las recomendaciones que PUMAGUA realiza para que sus equipos puedan ser instalados en la universidad. Se capacitó al nuevo personal de PUMAGUA con visitas técnicas a un par de plantas para conocer el proceso de elaboración de los muebles de baño (grifería y cerámica), además de las pruebas de calidad y operación que se realizan para validar el funcionamiento de un equipo.

Por otra parte se realizaron un par de talleres en coordinación con el área de comunicación y participación de PUMAGUA, al cual asistió personal de distintas dependencias para conocer mejor el funcionamiento y mantenimiento que requieren los muebles que tienen instalados en sus dependencias.





Figura 18. Taller impartido en la Dirección General de Personal al personal de esta y otras dependencias

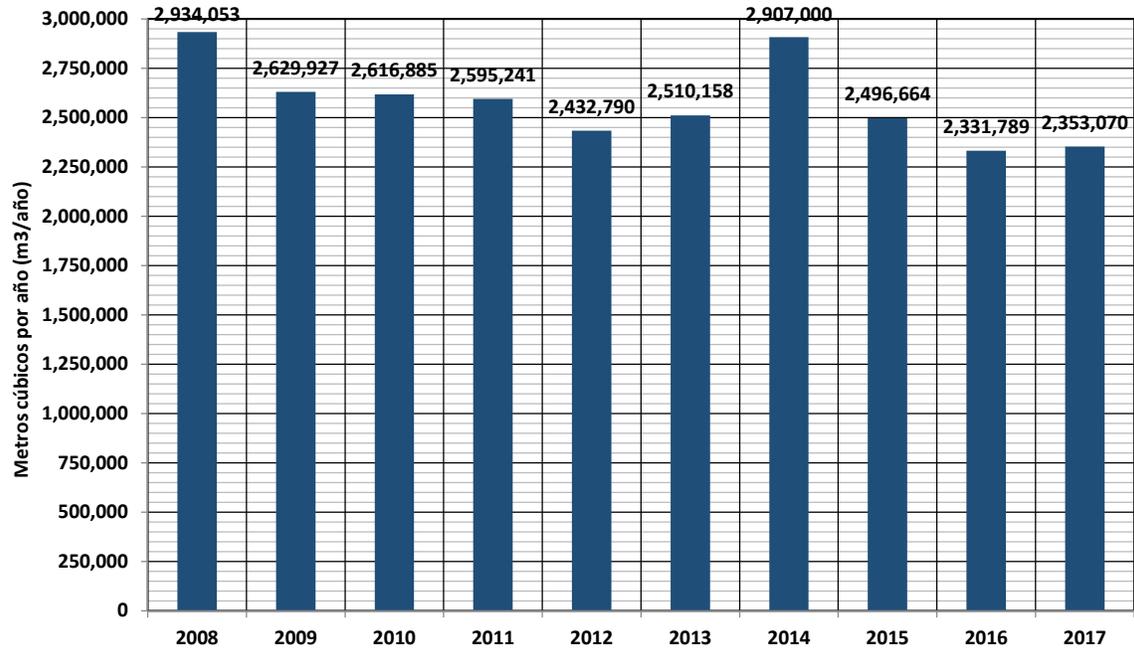
## Balance Hidráulico 2018

### Extracción de los 3 pozos de CU

Este año la extracción de los pozos de CU quedo de la siguiente manera:

Tabla 2. Extracción anual 2017 de los pozos de CU. Lo marcado en amarillo es fuente de la DGOC

2017			
Química (m3)	Multifamiliar (m3)	Vivero Alto (m3)	Total mensual
1,093	39,103	72,725	112,921
1,241	98,283	73,538	173,062
2,821	21,406	72,011	96,238
18,634	152,751	65,417	236,802
18,017	161,400	85,262	264,679
7,604	152,006	56,094	215,704
5,734	135,796	43,871	185,401
791	154,997	44,179	199,967
5,525	150,800	40,597	196,922
2,993	166,753	46,794	216,540
5,150	165,622	55,839	226,611
2,750	169,434	56,038	228,222



Gráfica 11. Extracción histórica de los pozos de CU

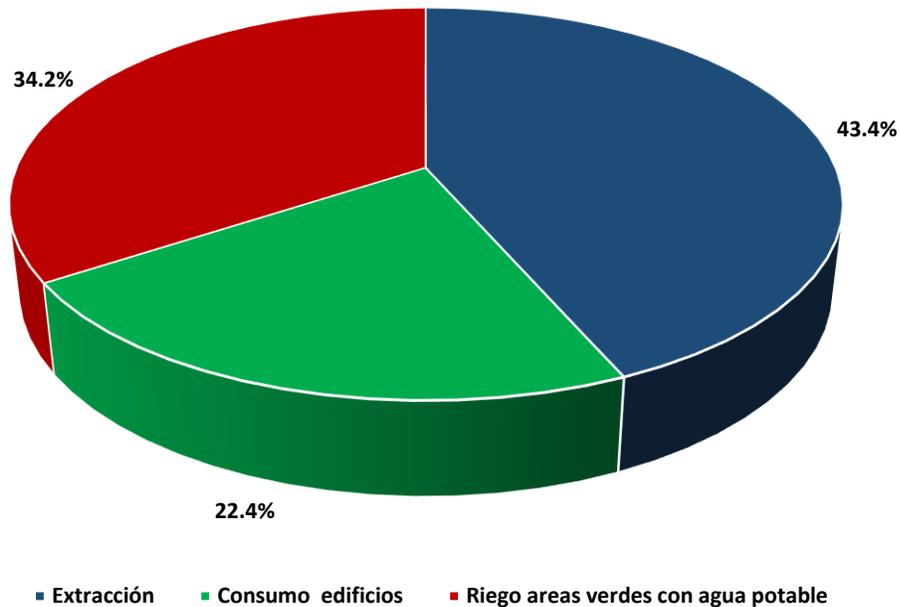
Con la información de extracción, fugas y mediciones del suministro. El balance hidráulico 2017 queda de la siguiente manera:

- La extracción promedio anual fue de 76 (l/s)
- Las fugas concluyeron en 26 (l/s)
- Con la micro medición y estimando el consumo de agua en edificios sin medidor, el volumen entregado fue de 34 (l/s)
- El riego se mantuvo en 17 (l/s)

Tabla 3. Balance Hidráulico

Balance Hidráulico 2017			
<b>Extracción</b>	76	l/s	%
<b>Consumo edificios</b>	33	l/s	43.4%
<b>Riego áreas verdes con agua potable</b>	17	l/s	22.4%
<b>Perdidas</b>	26	l/s	34.2%

## Balance Hidráulico 2017



Gráfica 12. Porcentajes del balance hidráulico

### Campus externos

Los trabajos en campus externos se vieron afectados por la falta de recursos para acudir y dar seguimiento a las acciones del programa, sin embargo, se realizó el esfuerzo de mantener el monitoreo del suministro de agua potable a través de la lectura remota.

#### Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón)

La FES Aragón cuenta con 19 medidores instalados en distintos edificios para monitorear el suministro de agua potable. Después de CU es el campus con el mayor avance en acciones para fomentar el uso responsable.

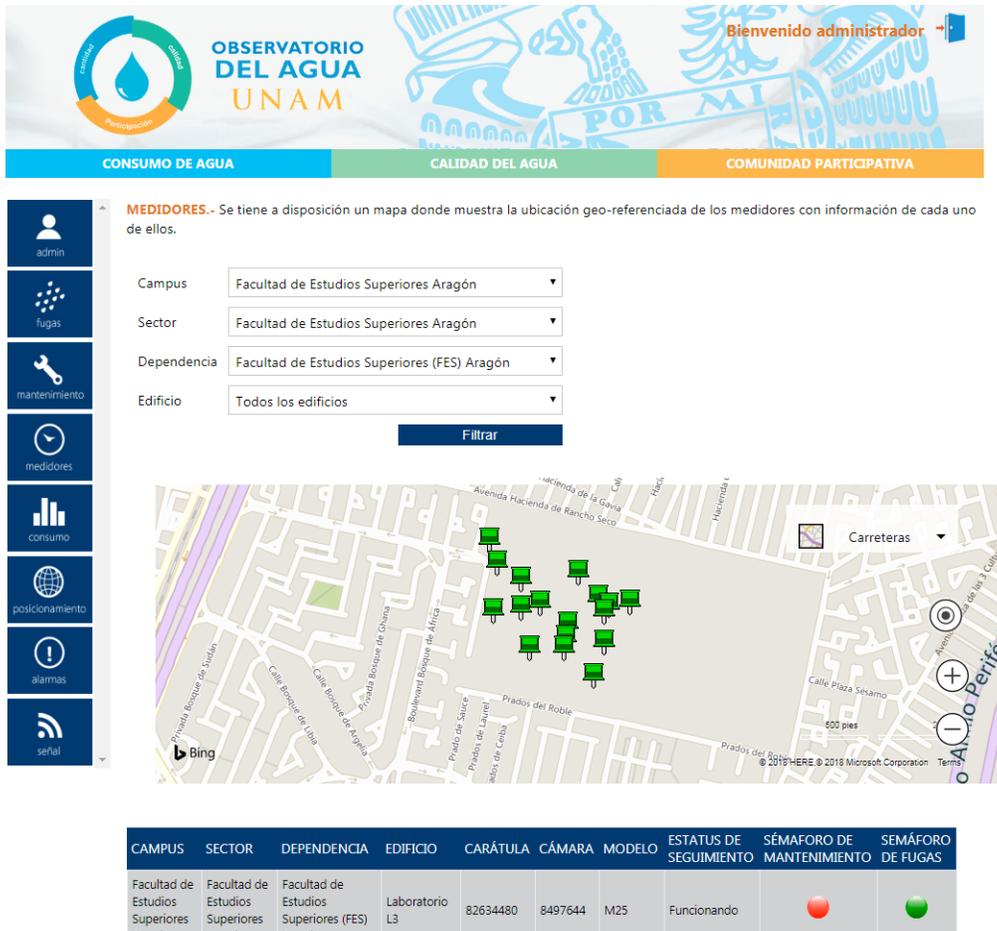
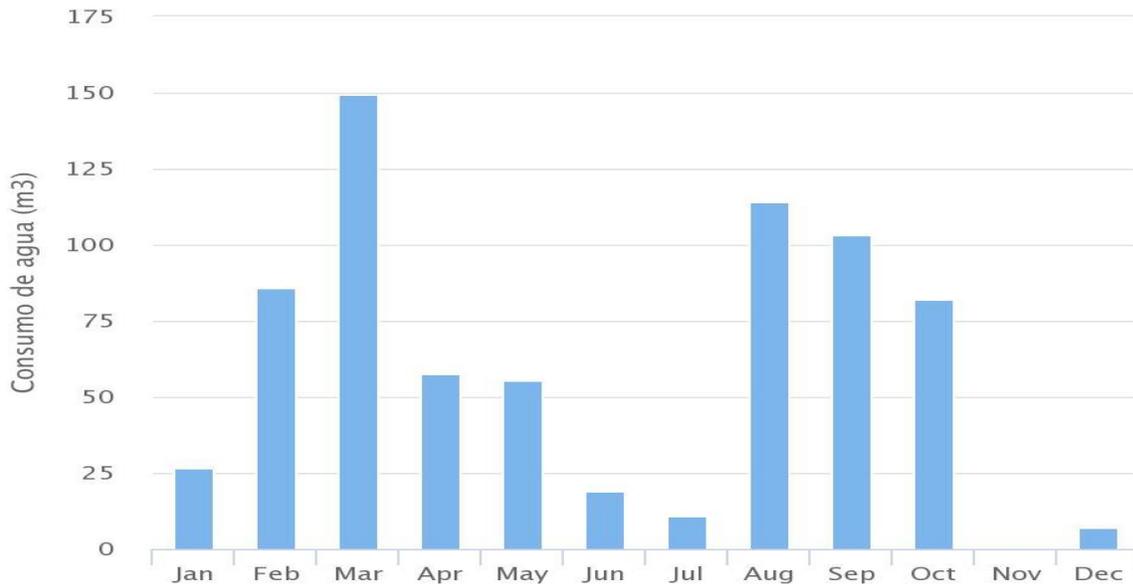


Figura 19. Medidores instalados en FES Aragón

Además de los medidores, cuenta con un Gateway o antena para concentrar los datos generados con las mediciones, incluso se tienen equipos repetidores de señal para apoyo del sistema de lectura remota. Sin embargo, y al igual que CU se tienen deficiencias en la transmisión de datos.

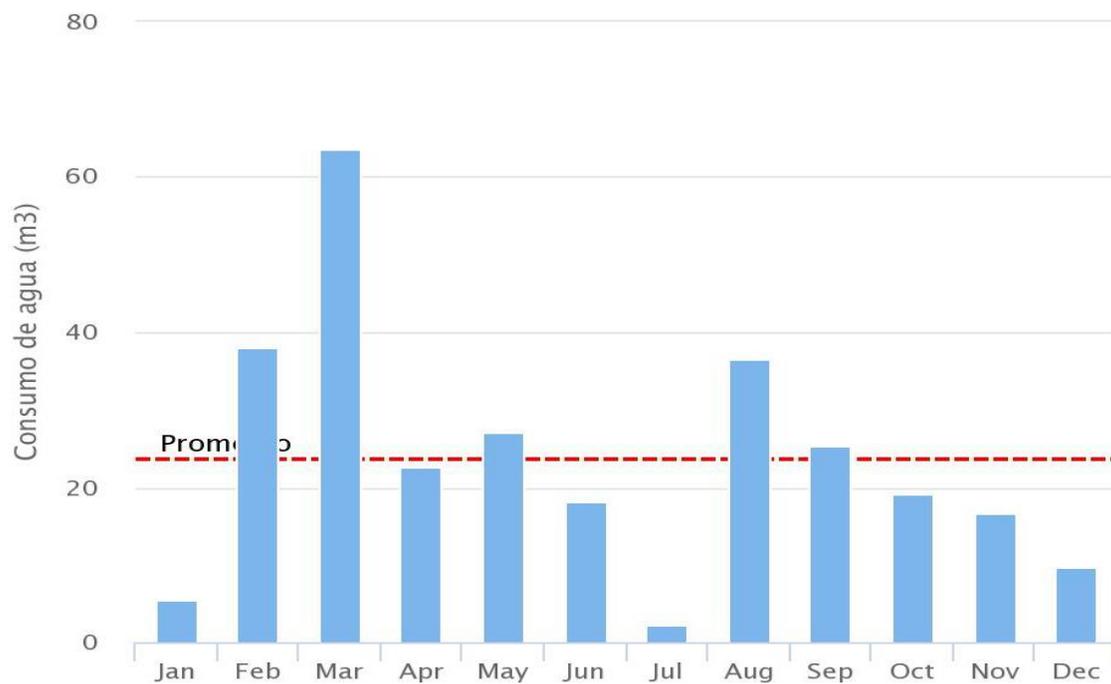
En resumen se tiene solo 7 medidores que llegan con buena señal y se presentan en el observatorio del agua, los equipos restantes es necesario acudir al campus para obtener sus mediciones.

### Consumo de agua del medidor 82078858



Gráfica 13. Medición del edificio 1 y 4 en FES Aragón durante 2017

### Consumo de agua del medidor 82082132

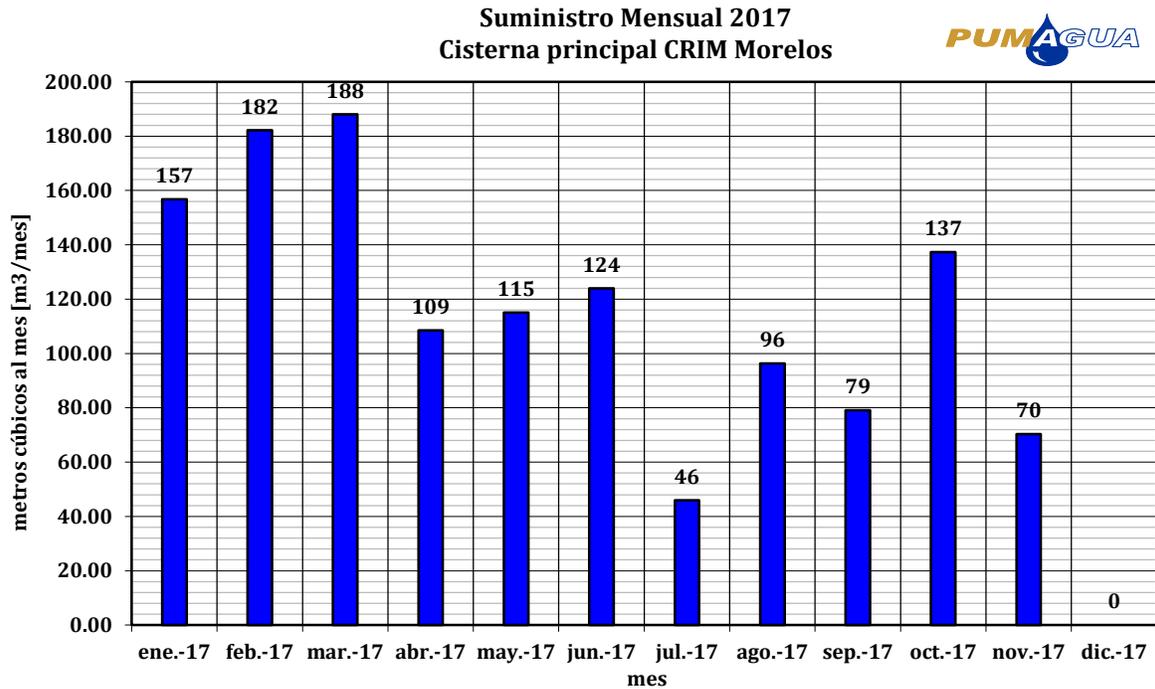


Gráfica 14. Medición del edificio de servicio médico y comedor en FES Aragón durante 2017

### Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM) Morelos



El CRIM campus Morelos tiene 7 medidores instalados para monitorear el consumo de agua dentro de sus instalaciones, pero no cuentan con equipos para la transmisión de datos como antenas o repetidores. Por lo tanto es necesario acudir al sitio para bajar la información de sus medidores. Este año solo fue posible acudir una vez.



Gráfica 15. Medición del suministro en la Cisterna principal del CRIM Morelos



Figura 20. Trabajos en CRIM Morelos

En este campus se presentaron los mayores problemas para dar seguimiento al proyecto PUMAGUA en sus instalaciones, la razón principal es la falta de recursos y la distancia al campus, que se encuentra en el estado de Querétaro. Si bien se tiene una antena Gateway instalada en el sitio y algunos equipos repetidores, la transmisión de datos ha presentado fallas desde la implementación del sistema de monitoreo en Juriquilla. Si los recursos lo permiten, en el año 2018 se retomaran los trabajos en este campus.

## PUMAGUA fuera de la UNAM

El programa PUMAGUA, así como la universidad tiene un compromiso no solo con la comunidad de la UNAM, sino con todo el país. En esta línea, PUMAGUA colaboro desde el año 2016 con la Secretaria de desarrollo Social de la Ciudad de México (CDMX) en el diagnóstico de la infraestructura hidráulica de Unidades habitacionales.



Figura 21. Proyecto para el diagnóstico de la infraestructura hidráulica en unidades habitacionales en la CDMX

En el año 2017 se instalaron equipos de medición en algunos departamentos de la unidad habitacional los Rojos para conocer de manera más específica los usos del agua y los volúmenes que se consumen en una vivienda promedio de la ciudad. Además se colocó un medidor en la toma general del edificio para conocer realmente cual es el suministro de agua que ingresa a la unidad.



Figura 22. Instalación de medidores. Unidad habitacional Los Rojos

## Resultados en Los Rojos CDMX

Entre los principales resultados de los trabajos de reconocimiento y evaluación de la infraestructura actual de la unidad Habitacional los Rojos se encuentran los siguientes:

- Planos. En la unidad no contaban con planos de la infraestructura y gracias a los recorridos y levantamientos en la unidad se elaboraron los planos.



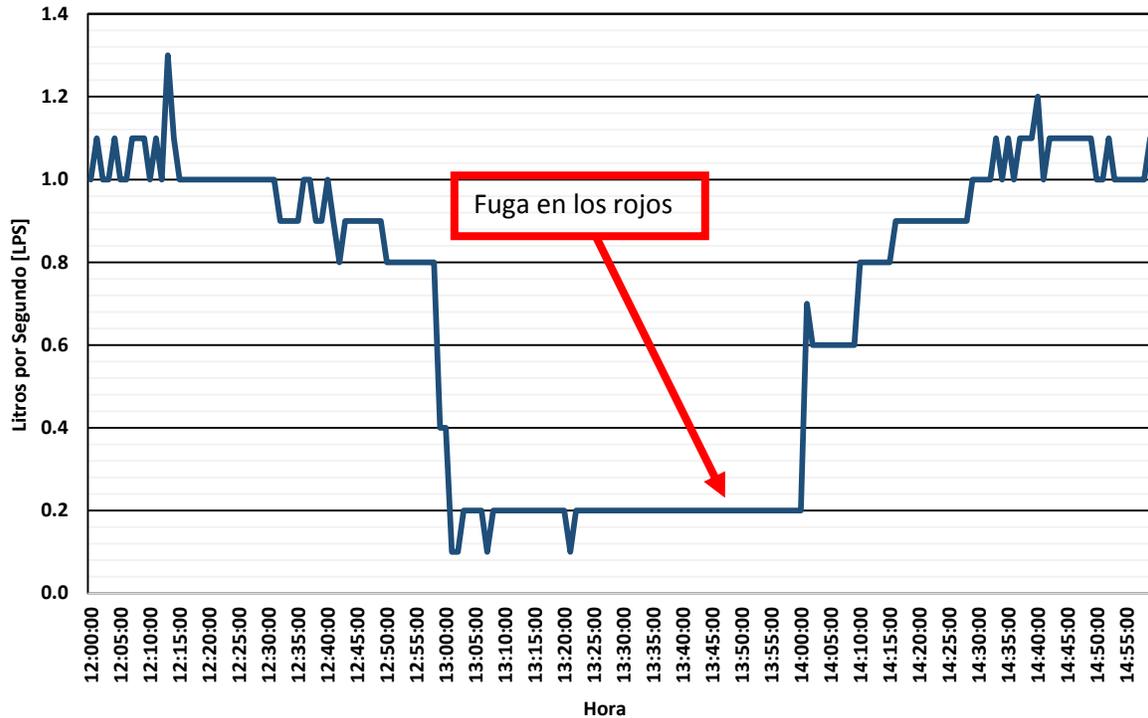
Plano 4. Red de agua potable en la unidad habitacional Los Rojos.



Figura 23. Levantamientos y calas para elaborar plano de la red en Los Rojos

- La campaña de medición arrojó que la red de distribución presenta una fuga potencial o gasto base de 0.2 litros por segundo. El suministro medido promedio en la medición fue de 1 litro por segundo. Esto equivale a una pérdida de 20 % del suministro de agua potable.

Medición del Suministro de agua potable en la unidad habitacional "Los Rojos"  
16 de marzo de 2017

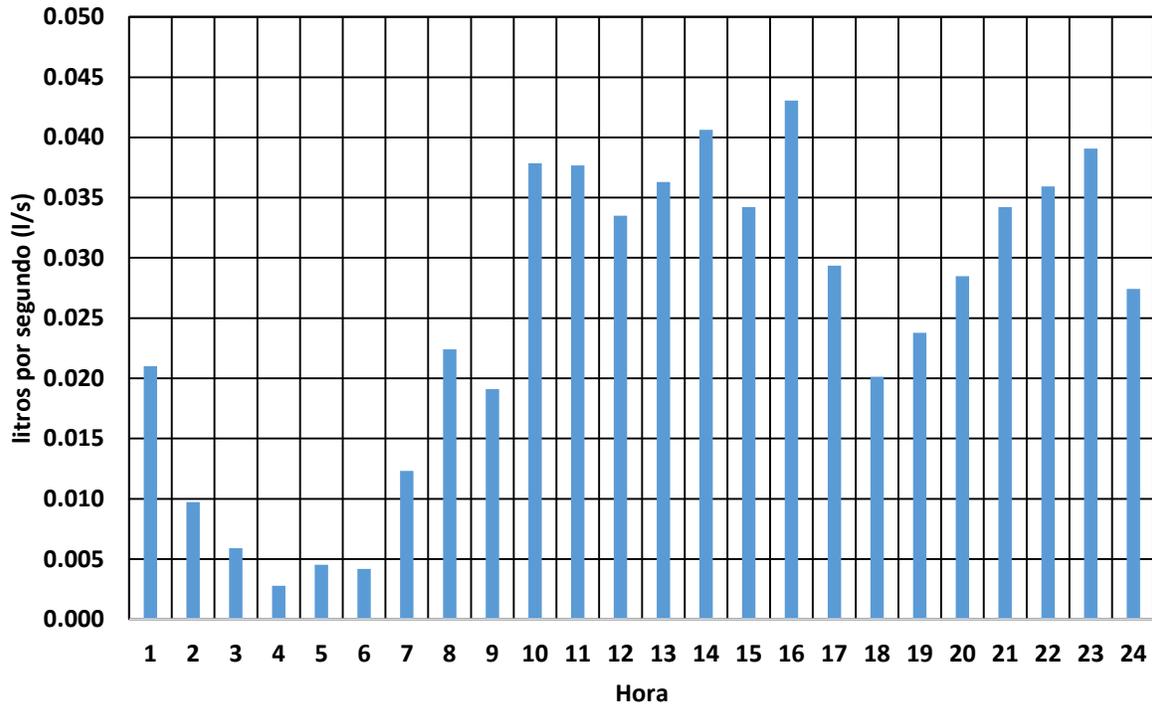


Gráfica 16. Medición con equipo ultrasónico portátil en la toma general de la unidad los Rojos

- Con la instalación de los 8 medidores para monitorear el consumo de agua dentro de las torres o edificios de Los Rojos fue posible conocer la variación horaria de uso de agua en la unidad, además de poder identificar las horas de mayor demanda y las posibles fugas. Los habitantes de la unidad comienzan a usar una mayor cantidad de agua a partir de las 6 de la mañana, teniendo un primer pico de consumo entre las 9 y las 10 am. El siguiente pico es entre la 1 y las 3 de la tarde, por último se tiene un pico significativo después de las 10 pm. A partir de la 1 de la mañana se comienza una disminución significativa del uso de agua, sin embargo, siempre hay un pequeño gasto de agua dentro de los departamentos. Este pequeño consumo puede asociarse a pequeñas fugas que suelen presentarse en dispositivos que comúnmente hay en los hogares, por ejemplo, muebles de baño, regaderas, llaves, etc.



Variación horaria de flujo  
Unidad habitacional los Rojos



Gráfica 17. Variación horaria en la unidad habitacional Los Rojos

### Conclusiones los rojos

- La unidad habitacional de los rojos es relativamente nueva, sin embargo, algunos vecinos se quejan de la falta de agua. Los trabajos realizados por PUMAGUA sugieren que en la red de la unidad hay una fuga, lo cual indica la necesidad de trabajos de localización de la misma o de alguna toma clandestina, o incluso de sustitución de la red.
- El consumo por habitante es menor al recomendado en las normas, este volumen por habitante no es suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios, esto significa que se debe estar obteniendo el agua faltante de otras fuentes para satisfacer las necesidades básicas. En la torre que mayor consumo por habitante tiene es de apenas 53 litros por habitante al día.

## Calidad del Agua

### Indicadores de avance

- El agua que se distribuye en Ciudad Universitaria cumple con lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (2000) y es apta para uso y consumo humano.
- El agua residual tratada cumplió en su mayoría con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997.
- Se instalaron despachadores de agua en la Facultad de Contaduría y Administración, la Facultad de Arquitectura y la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales; se realizaron propuestas de instalación en el Colegio de Ciencias y Humanidades Azcapotzalco, la Dirección General de Actividades Deportivas y la Facultad de Filosofía y Letras.
- Se instaló un medidor en el bebedero de mayor uso en la Facultad de Psicología.
- Se ha logrado la correcta coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM, manteniendo en operación los sistemas de desinfección instalados en los pozos de extracción.
- Se enviaron fichas informativas a los jefes de servicios, con los datos de la calidad del agua obtenidos en cada monitoreo.
- Como parte del proyecto “Agua a tu casa”, organizado por el Gobierno de la Ciudad de México, se realizó un análisis de calidad del agua en la Unidad Habitacional “Los Rojos”.
- Se realizó una visita a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, donde se detectó que las concentraciones de cloro residual libre son muy cercanas al límite inferior establecido por la NOM-127-SSA1-1994 (2000), a pesar de esto, los resultados microbiológicos cumplen con lo establecido en la norma antes mencionada.
- La FES Acatlán continúa participando con PUMAGUA, y como resultado de ello, la calidad del agua que se distribuye en el campus es apta para uso y consumo humano, al cumplir en un 100% con la NOM-127-SSA1-1994 (2000). Por otro lado la FES Zaragoza se encuentra atendiendo las recomendaciones propuestas en 2016.
- En colaboración con la Facultad de Psicología y el Proyecto de Integración de Ciencias del Comportamiento y Economía (ICCE), se llevó a cabo el primer Nudgeathon en México, un concurso que busca realizar intervenciones de cambio de comportamiento con respecto a un problema social, en este caso, asociado al agua.
- Se realizó una visita al Programa Universitario de Interculturalidad y Diversidad Cultural (PUIC) para atender la inquietud con respecto a la calidad del agua en el sistema de almacenamiento, así como, en los dispositivos que suministran agua para consumo humano.

## Agua para Uso y Consumo Humano

Con el fin de asegurar la calidad del agua que se suministra para uso y consumo humano en Ciudad Universitaria, se vigiló el cumplimiento de las normas oficiales: NOM-127-SSA1-1994 (2000), NOM-230-SSA1-2002, y NOM-179-SSA1-1998. Para ello, se llevó a cabo un monitoreo puntual en todas las etapas del sistema de abastecimiento, incluyendo puntos de consumo (bebederos y despachadores); mediciones en tiempo real a través de sensores de recolección de datos; análisis de muestras a través de un laboratorio externo certificado, y, la inspección de requisitos sanitarios en tanques de almacenamiento (cisternas).

El abastecimiento de agua en el *campus* Ciudad Universitaria proviene de fuentes subterráneas, y se obtiene a partir de tres pozos de extracción (Pozo de Química, Pozo de Multifamiliar y Pozo del Vivero Alto) (Figura 1A), concesionados a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y cuya responsabilidad esta delegada a la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM. En cada pozo se encuentra instalado un sistema automático de desinfección que suministra hipoclorito de sodio al 13% al agua extraída (Figura 1B).

El agua que se extrae del pozo Vivero Alto es almacenada en el Tanque Vivero Alto, para después ser conducida, a través de la red de distribución, hacia puntos de consumo y tanques de almacenamiento en edificios del sector hidráulico 5. La proveniente del pozo Química y Multifamiliar es almacenada en el Tanque Bajo y Tanque Alto y conducida hacia la red de distribución de los sectores hidráulicos 1, 2, 3, 4.

El monitoreo está diseñado para considerar todos los sectores hidráulicos que distribuyen agua al campus, a continuación, se detallan las actividades realizadas y los resultados obtenidos.



Figura 1. A. Pozo de extracción (Multifamiliar), B. Sistema de desinfección automático

## Monitoreo puntual

El monitoreo puntual se realizó, tomando muestras de agua de diversas etapas del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria. Estas etapas comprenden: pozos de extracción, tanques de almacenamiento, red de distribución y puntos de consumo (bebederos y despachadores) (Figura 2). El objetivo del monitoreo puntual es verificar el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en las normas vigentes del país.



*Figura 2. Bebedero de la Facultad de Filosofía y Letras (Biblioteca)*

El diseño se estableció considerando que cada sitio pudiera ser analizado al menos una vez al mes. Para ello se distribuyeron los puntos de monitoreo en cuatro semanas: A, B, C y D, incluyendo en cada una, los diferentes sectores hidráulicos del campus. En cada visita, además de conocer los parámetros antes mencionados, se verificó el funcionamiento de los bebederos y despachadores, con el objetivo de detectar anomalías y asegurar el suministro de agua potable a la comunidad universitaria.

Mensualmente se tomaron muestras en 55 dependencias de la UNAM. En todas, se midió la concentración de cloro residual libre (Tabla 1 y 2). En 31 sitios, correspondientes a bebederos y despachadores, se realizó el análisis microbiológico a través de la detección de coliformes totales y coliformes fecales (Tabla 2).

Tabla 1. Sitios de monitoreo para la medición de cloro residual libre de la red de distribución.

No.	Sitio de monitoreo
1	Base 1 de vigilancia
2	Bebedero Anexo de Ingeniería
3	Bebedero Departamento de Psiquiatría y Salud Mental
4	Bebedero Facultad de Economía
5	Centro Cultural Universitario (CCU)
6	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)
7	Centro de Desarrollo Infantil (CENDI)
8	Dirección General de Obras y Conservación
9	Dirección General de Orientación y Atención Educativa (DGOAE)
10	Dirección General de Servicios Médicos
11	Estacionamiento Instituto de Ingeniería
12	Estadio Olímpico Universitario
13	Facultad de Arquitectura
14	Facultad de Odontología
15	Frontón Cerrado
16	Herpetario
17	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
18	Instituto de Investigaciones en Materiales
19	Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación (IISUE)
20	Instituto de Química
21	Relaciones Laborales
22	Torre de Ingeniería
23	TV UNAM
24	Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)

Tabla 2. Sitios de monitoreo para el análisis microbiológicos del agua y determinación de cloro residual libre

No.	Dependencia de la UNAM	Sitios de monitoreo
1	Anexo de Ingeniería	1
2	Anexo de Facultad de Filosofía y Letras	1
3	Centro Universitario de Teatro	1
4	Ciencia Forense	1
5	Departamento de Psiquiatría y Salud Mental	1
6	Escuela Nacional de Lenguas, Lingüística y Traducción (ENALLT)	2
7	Escuela Nacional de Trabajo Social	2
8	Estadio Olímpico Universitario	1
9	Facultad de Arquitectura	3
10	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	2
11	Facultad de Ciencias	4
12	Facultad de Contaduría y Administración	3
13	Facultad de Derecho	1
14	Facultad de Economía	1
15	Facultad de Filosofía y Letras	2
16	Facultad de Ingeniería	1
17	Facultad de Medicina	3
18	Facultad de Psicología	3
19	Facultad de Química	3
20	Instituto de Ecología	1
21	Pista de Calentamiento	2
22	Pozo Multifamiliar	1
23	Pozo Vivero alto	1
24	Sala Nezahualcóyotl	1
25	Taller de Danza	1
26	Tanque Alto	1
27	Tanque Bajo	1
28	Tanque Vivero alto	1
29	Unidad de Cines	1
30	Unidad de Posgrado	2



31	Universum	2
----	-----------	---

En algunas dependencias, existe más de un despachador o bebedero y todos son monitoreados, por lo tanto, el número total de sitios de análisis microbiológico es de 51. Considerando lo anterior, la concentración de cloro residual libre es monitoreada en 75 sitios (Tabla 3).

Tabla 3. Número de mediciones por parámetro monitoreado.

Tipo de monitoreo	Periodicidad de Muestreo	Número de Mediciones
Cloro residual libre	Semanal	24
Microbiológico	Semanal	51
Total	Mensual	75

### Resultados del monitoreo puntual en bebederos y despachadores

Con respecto al monitoreo de cloro residual libre en bebederos y despachadores, se llevaron a cabo 206 mediciones, de las cuales 74% cumplieron con lo establecido en la norma y 36% no cumplieron. Del porcentaje de valores que no cumplen con la norma, el 8% se encontró por arriba de los límites establecidos y el 18%, por debajo del límite inferior (Gráfico 1).

### Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en bebederos y despachadores (NOM-127-SSA1-1994, (2000))

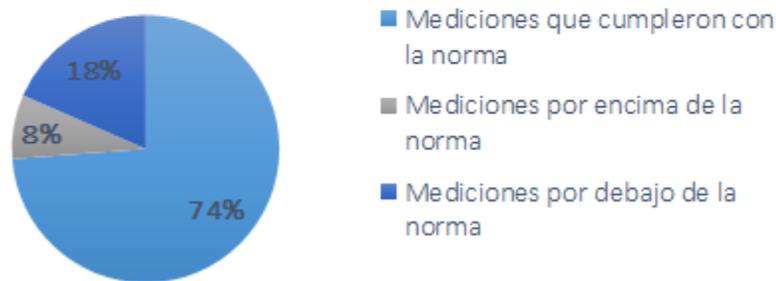


Gráfico 1. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en bebederos y despachadores durante el 2017.

A pesar de que el 18% de las mediciones en bebederos y despachadores se encontró por debajo del límite permisible de cloro, los resultados del análisis microbiológico permanecieron dentro de los límites establecidos, a excepción del bebedero, "Jugo de Nube" instalado por el Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad (PUES), el cual, el día 13 de septiembre presentó crecimiento de bacterias fecales (coliformes totales), sin embargo, este dispositivo no se encuentra conectado directamente a la red, sino a una cisterna de recolección de agua de lluvia que pasa por

tres filtros antes de su distribución. En este caso, se dio aviso a los responsables y se generó la alerta de no beber hasta nuevo aviso a través del portal “Observatorio del agua”.

A diferencia del año 2016 (92%), el porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en bebederos y despachadores, disminuyó un 18% (74%). El porcentaje de mediciones por debajo de la norma aumentó de 6% a 18%, mientras que las mediciones por encima de la norma aumentaron del 2% al 8% (Gráfico 2).

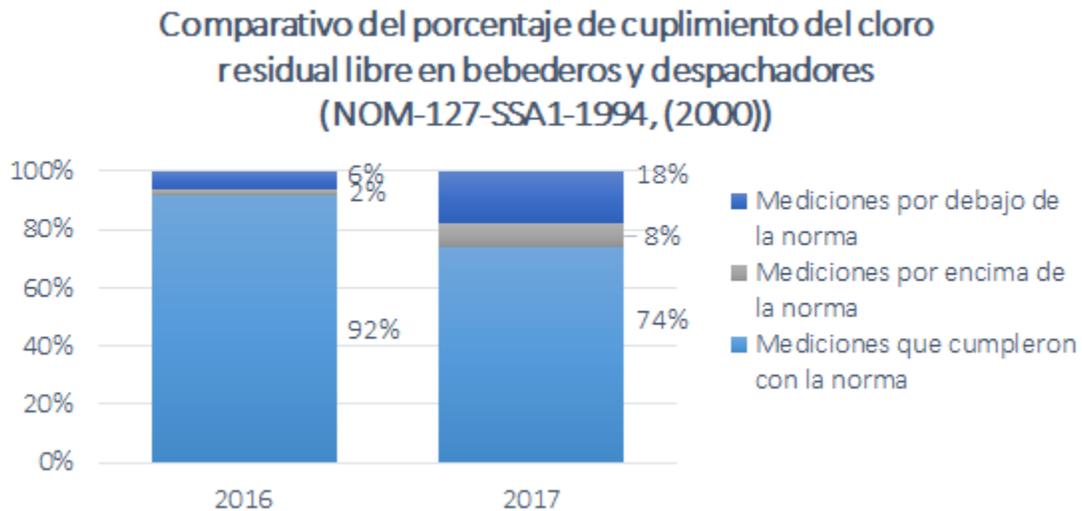


Gráfico 2. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en bebederos y despachadores en 2016 y 2017.

### Resultados del monitoreo puntual en red de distribución

Se realizaron 161 mediciones en total, de las cuales 81%, se encuentran dentro de los límites permisibles de la norma y 19% no cumplen con lo establecido. De estas últimas, 10% se encuentra por encima 9% por debajo de lo establecido (Gráfico 3).

### Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre de la red de distribución (NOM-127-SSA1-1994, (2000))



Gráfico 3. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en la red de distribución durante el 2017.

El porcentaje de cumplimiento de la norma con respecto a la concentración de cloro residual libre en la red de distribución, disminuyó 1% en comparación con el año 2016. Las mediciones por debajo de la norma, disminuyeron 1%, mientras que las mediciones por encima de la norma aumentaron 2% (Gráfico 4).

### Comparativo del porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre de la red de distribución (NOM-127-SSA1-1994, (2000))

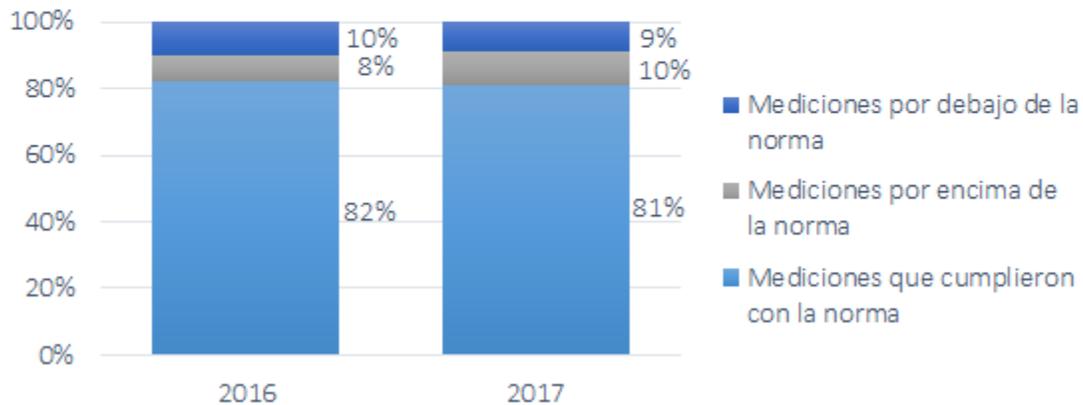


Gráfico 4. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en la red de distribución en 2016 y 2017.

## Resultados monitoreo puntual en Tanques de almacenamiento

Fueron vigilados los 3 tanques de almacenamiento de agua potable (Alto, Bajo y Vivero alto), se midió el cloro residual libre y se realizaron pruebas para determinar la presencia de coliformes fecales y totales. En total se realizaron 20 mediciones a lo largo del año. De dichas mediciones 65% cumplieron con la norma y 35% cuentan con una concentración mayor al límite superior establecido por la norma (Gráfico 5). Ningún resultado fue menor al límite inferior establecido en la norma, tampoco se detectó la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal.

### Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en tanques de almacenamiento (NOM-127-SSA1-1994, (2000))

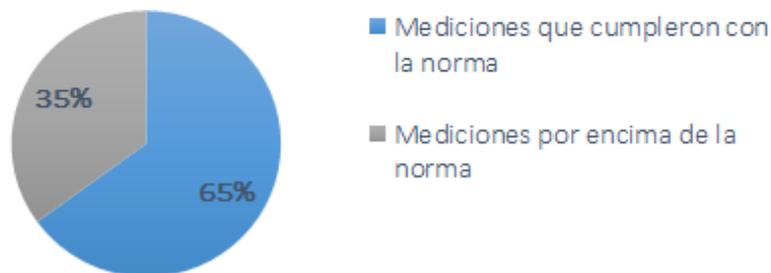


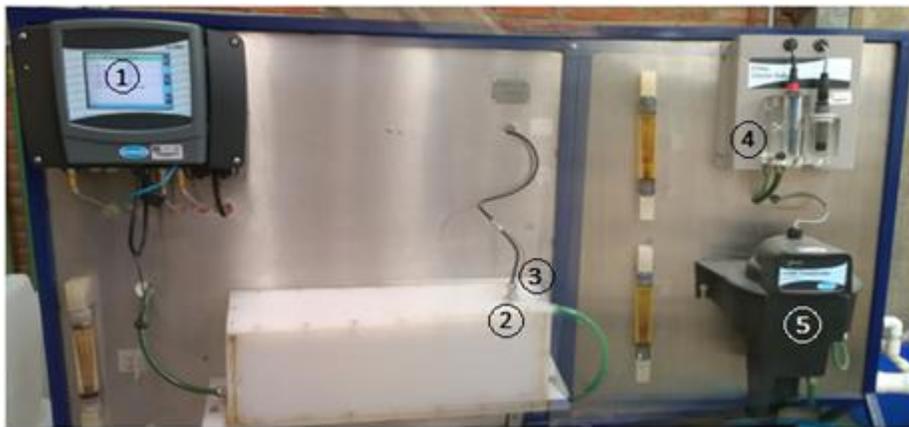
Gráfico 5. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en tanques de almacenamiento.

## Resultados monitoreo puntual en Pozos de extracción

El monitoreo de pozos de extracción incluyó la toma de muestras para determinar la presencia de coliformes fecales y totales, debido a que se toman antes de que el agua pase por el sistema de desinfección con cloro. Los pozos vigilados fueron el pozo Multifamiliar y el pozo Vivero Alto, con 12 mediciones a lo largo del año, en las cuales, no se detectó la presencia de bacterias fecales, por lo que se puede afirmar que el agua tiene una excelente calidad desde su extracción.

## Monitoreo en tiempo real

El monitoreo en tiempo real es realizado a través de un sistema de sensores de recolección de datos que miden el cloro residual libre, conductividad, nitratos, pH, turbidez y temperatura; a través de un flujo constante de agua proveniente de la red de distribución. Dicho sistema, se encuentra ubicado en la entrada del edificio 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM y recolecta mediciones correspondientes a los parámetros antes mencionados cada cinco minutos, los datos, son enviados por una red de área local a una página web proporcionada por el fabricante. Posteriormente, son analizados para corroborar que la calidad del agua permanezca dentro de los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 (2000) (Figura 3).



*Figura 3. Sistema de monitoreo en tiempo real. Consta de un controlador (1), un sensor de conductividad y nitratos que deben permanecer sumergidos en el agua a analizar (2 y 3\*), un sensor de cloro y pH (4) y un sensor de turbidez (5). \*El sensor de nitratos no funciona actualmente.*

Durante el periodo del 9 de mayo al 4 de junio de este año, el sistema de monitoreo en tiempo real se mantuvo inoperante debido a problemas con la regulación de energía. Para solucionar esto, los sensores fueron conectados a un regulador. En el mismo año, del 12 al 24 de julio, se realizaron cortes de energía eléctrica en el instituto, que impidieron el funcionamiento continuo de los sensores. A excepción de los días señalados, los parámetros de conductividad, pH y turbidez se mantuvieron dentro de lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994, (2000).

Por otro lado, los datos correspondientes a las mediciones de la concentración de cloro residual libre obtenidos del sensor en tiempo real fueron 46, 561, de los cuales 37, 695 (81%) estuvieron dentro de la normatividad, 2, 584 rebasaron el límite superior (6%) y 6, 566 (14%) estuvieron bajo el límite inferior (Gráfico 6).

**Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre medido en tiempo real (NOM-127-SSA1-1994, (2000))**

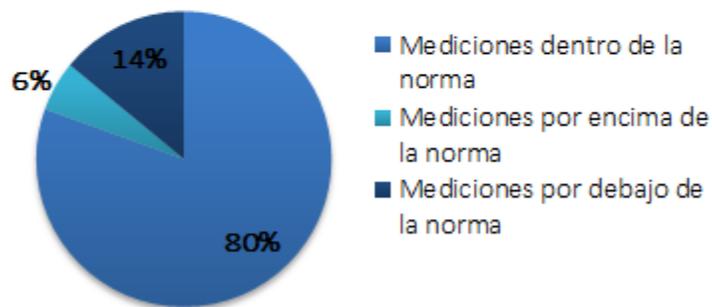


Gráfico 6. Porcentaje de cumplimiento cloro residual libre medido por los sensores de tiempo real.

**Análisis por laboratorio externo certificado**

Se realizó el análisis completo de la NOM-127-SSA1-1994 (2000), en tres sitios de Ciudad Universitaria: 1) pozo, 2) llave de agua y 3) despachador, encontrando que el agua cumple 100% en todos los casos con la normatividad. Las muestras fueron tomadas y analizadas a través de un laboratorio externo certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación (Figura 4).



Figura 4. Toma de muestra por parte del laboratorio externo certificado.

### Instalación de despachadores de agua

Durante el año 2017 se llevó a cabo la instalación de ocho despachadores de agua potable los cuales cuentan con las recomendaciones de PUMAGUA. Tres despachadores se instalaron en la Facultad de Arquitectura, tres más en la Facultad de Contaduría y Administración y dos en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (Figura 5). La instalación de nuevos despachadores continúa con uno de los objetivos de PUMAGUA que es promover el consumo de agua de la red de distribución y disminuir la compra de agua embotellada.

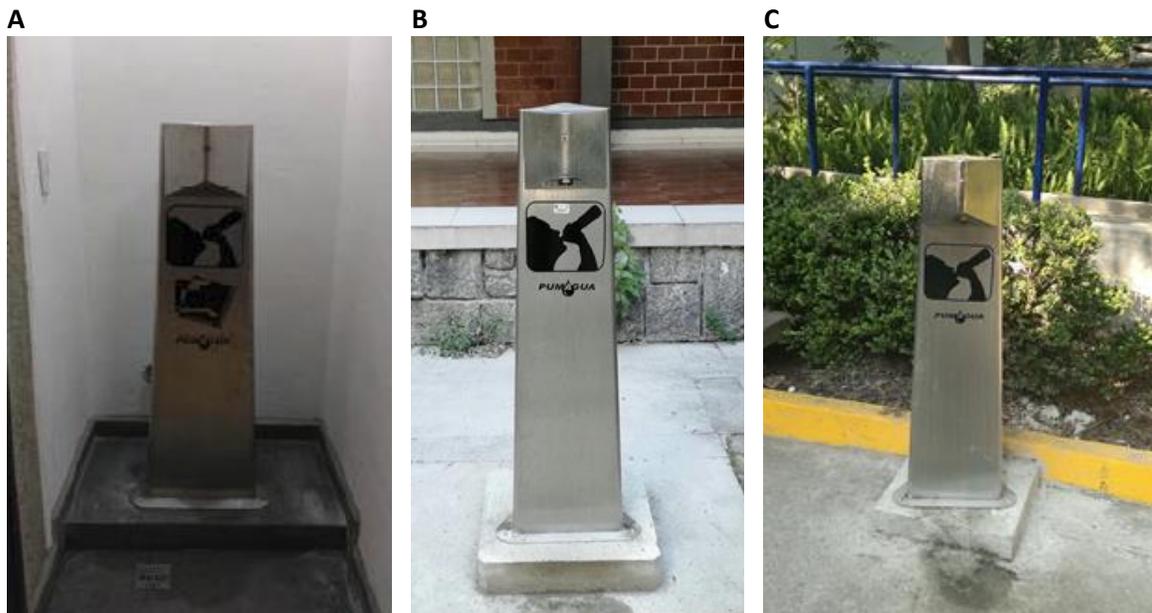


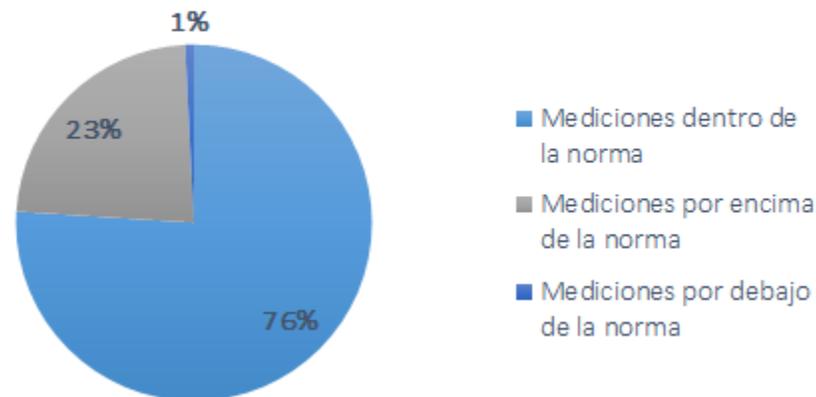
Figura 5. Despachadores instalados en la Facultad de Arquitectura (A), la Facultad de Contaduría y Administración (B) y en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (C)

## Inspección de condiciones sanitarias en cisternas de almacenamiento en edificios

Se efectuó la inspección de 65 cisternas de almacenamiento de agua potable, esta consistió en la revisión física de las instalaciones considerando el estado de las tapas, limpieza, estado del recubrimiento y presencia o no de vegetación además de la medición de cloro residual libre, según lo establecido en la NOM-230-SSA1-2002.

En cuanto al cumplimiento de la concentración de cloro residual libre, el 76% se encuentra dentro de la norma y el 24% se encuentran fuera de lo establecido (Gráfico 7). Con respecto a los últimos mencionados, un 1% corresponde a mediciones por debajo del límite y 23% por encima del límite superior de la norma. Los valores van desde 0 mg/L, en la cisterna del Estadio Olímpico Universitario (debido probablemente a la falta de uso del agua) hasta 1.77 mg/L en la cisterna ubicada en los Talleres de Conservación.

**Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en cisternas de almacenamiento de agua potable**



*Gráfico 7. Porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en cisternas de agua potable.*

Los problemas detectados más frecuentes fueron: tapa y/o sardinel oxidados o rotos, presencia de sedimentos al fondo de las cisternas y carencia o requerimiento de renovación del recubrimiento interior. Un problema menos frecuente pero que se presentó en el tanque del Posgrado de Economía fue la presencia de vegetación que obstaculiza la visibilidad y acceso a la cisterna.

En la última inspección del año, se detectó que el tanque del Centro de Desarrollo Infantil no estaba en funcionamiento.

## Agua residual tratada

El agua residual tratada empleada para el riego de áreas verdes en el campus de Ciudad Universitaria se analizó dos veces en el año 2017, una en el mes de abril y otra en el mes de mayo.

Según la NOM-003-SEMARNAT-1997 el límite permisible de Unidades Formadoras de Colonias de Coliformes Fecales por cada 100 mL (UFC/100 mL) es de 240, valor bajo el cual, se basó el análisis. Las cisternas que sobrepasaron los límites permisibles fueron la del Campus Central en el mes de abril y la Cisterna de la Facultad de Química y de Centro Médico en el mes de mayo. En todos los sitios de monitoreo estuvo ausente la materia flotante cumpliendo con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997. Por otro lado, la Demanda Química de Oxígeno se encuentra entre >20 y <40 mg/L por lo que de acuerdo con CONAGUA y SEMARNAT, la calidad es aceptable.

En cuanto a las condiciones sanitarias de las cisternas de almacenamiento de agua residual, es necesario que se realicen mantenimientos preventivos y correctivos que permitan proteger la calidad del agua que se produce a un alto costo y con buena calidad.

### Observatorio del agua UNAM, Plataforma digital.

Se estableció el dominio de la página de internet para poder acceder a la plataforma digital. Actualmente toda la comunidad universitaria tiene acceso a dicha plataforma desde la cual puede consultar la calidad del agua suministrada por cada bebedero de las diferentes facultades así como consultar más información acerca de lo que hace PUMAGUA (Figura 6). La página de acceso es: <http://www.observatoriodelagua.unam.mx/>

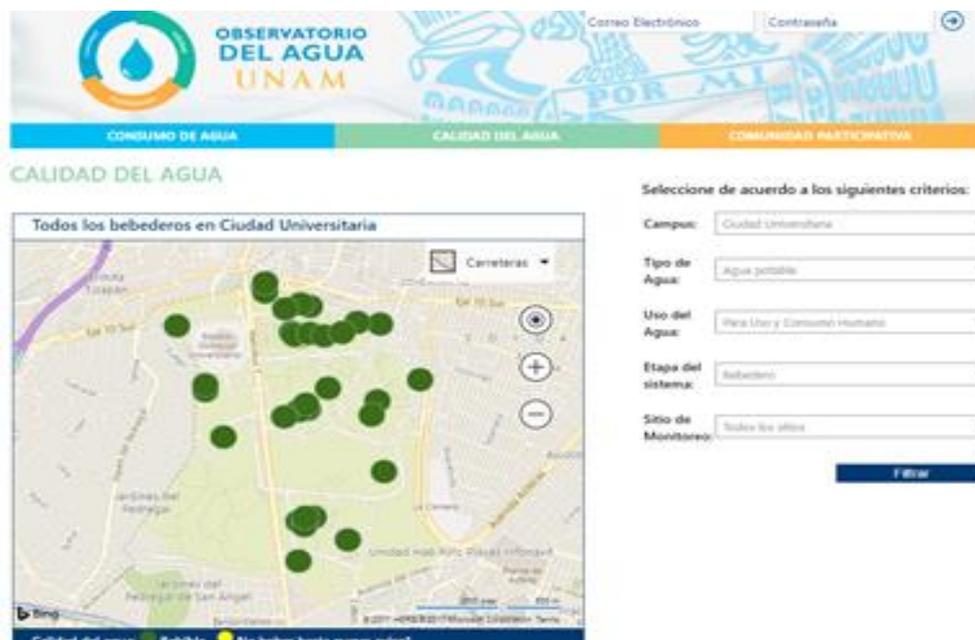


Figura 6. Plataforma del Observatorio del Agua, UNAM.

### Actividades en otros campus

#### Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Se realizó una visita al Centro de Asimilación Tecnológica y vinculación (CAT y V), Campo 1 y Campo 4, con el objetivo de inspeccionar las condiciones sanitarias del sistema de almacenamiento y distribución de agua. Al mismo tiempo se realizó un análisis microbiológico y de cloro residual libre para evaluar la calidad (Figura 7).

Los principales problemas detectados fueron la falta de limpieza e impermeabilización de las cisternas. Así mismo, se encontraron concentraciones de cloro residual libre, muy cercanas al límite mínimo permisible por la NOM-127-SSA1-1994, modificada en el (2000). A pesar de lo anterior, los resultados microbiológicos cumplieron con lo establecido en la norma antes mencionada. Por otro lado, la facultad no cuenta con bebederos en sus instalaciones.

Se recomendó realizar un monitoreo, en coordinación con el área de microbiología, de cloro residual libre y microbiológicos en los diferentes campus de manera que se pueda asegurar la calidad del agua, a pesar de tener concentraciones bajas de cloro residual libre. De lo contrario, tendrían que implementar un sistema de desinfección adicional. Posteriormente, podrían ser instalados algunos bebederos conectados directamente a la red.



Figura 7. Cisternas ubicadas en la FES Cuautitlán.

### Programa Universitario de Interculturalidad y Diversidad Cultural (PUIC)

A petición del director de esta dependencia, se realizó una inspección de los sistemas de almacenamiento de agua y puntos de consumo. También se realizó el análisis de cloro residual libre y microbiológico (coliformes fecales y totales) para determinar la calidad del agua.

En general, el sistema de almacenamiento está limpio y protegido de la contaminación externa, sin embargo, se recomendó, mantener pintada la tapa de la cisterna (Figura 7A). Los resultados de los análisis de cloro residual libre y microbiológico se encuentran dentro de los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 (2000). En la muestra de agua de los bebederos (Figura 7B), se detectó el crecimiento de bacterias no fecales, pero con características similares, probablemente asociados al pequeño tanque de almacenamiento que se encuentra en el interior del dispositivo, por lo anterior, se recomendó además del cambio de filtros con base en lo establecido por el proveedor, realizar la limpieza de este tanque.



Figura 7. A Cisterna. B dispensadores, en el PUIC, UNAM.

## Proyectos Externos

### Análisis de la calidad del agua en la Unidad Habitacional “Los Rojos” en la Delegación Venustiano Carranza.

Para el diagnóstico de la calidad del agua se tomaron muestras por triplicado de 4 puntos previamente establecidos: 1) antes de cisterna 2) cisterna 3) tinaco y 4) punto de consumo, para cada muestra se analizaron los parámetros de cloro residual, coliformes fecales y totales, estos parámetros se compararon con los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994 (2000).

Los resultados fueron favorables con respecto a los indicadores microbiológicos, sin embargo, las concentraciones de cloro residual libre estuvieron por arriba del límite máximo permisible establecidos en la norma antes mencionada. Lo anterior, puede ocasionar daños a la salud, además de presentar un sabor y olor perceptible a cloro, lo cual genera desconfianza en los usuarios.

Aun cuando no se presentó contaminación microbiológica, se observaron algunos factores que pueden llegar a afectar la calidad del agua; las tapas de las cisternas se encuentran oxidadas, además de no contar con protección anti-vandálica (Figura 8A); por último, no existe limpieza periódica (cada 6 meses) en las cisternas por lo que se observan sedimentos en el fondo (Figura 8B), pudiendo crear un ambiente adecuado para el crecimiento bacteriano.



Figura 8. A Cisterna de almacenamiento de agua B Sedimentos acumulados en el fondo de la cisterna

#### Participación en el primer Nudgeathon en México.

El pasado 30 y 31 de octubre se llevó a cabo el primer Nudgeathon en México, en colaboración con la Facultad de Psicología y el Proyecto de Integración de Ciencias del Comportamiento y Economía (ICCE). El Nudgeathon, es un concurso que busca realizar intervenciones de cambio de comportamiento con respecto a un problema social, en este caso, la problemática con respecto a la preferencia por el consumo de agua embotellada en la Facultad de Psicología. La intervención en el cambio de comportamiento podía abarcar uno o más de los siguientes retos: Influir en la percepción de la calidad del agua, disminuir el consumo de agua embotellada y evitar el relleno de botellas de PET.

Previo a evento, fue instalado un medidor en el bebedero de mayor uso en la Facultad (Figura 9), con el objetivo de cuantificar los litros consumidos por día. Con respecto al agua embotellada, se realizó un conteo por día de los litros de agua vendidos en la cafetería, que es el sitio más concurrido para la compra del líquido.



*Figura 9. Medidor instalado en el bebedero de la Facultad de Psicología*

El resultado en promedio por día, nos muestra que el consumo de agua embotellada (114.5 litros) es mayor que el de agua de la llave (100 litros).

Durante el evento, expertos en el campo de la economía conductual y ciencias del comportamiento estuvieron asesorando a los participantes, además de, exponer diferentes marcos conceptuales y ejemplificar intervenciones de cambio conductual. Así mismo, el equipo de PUMAGUA proporcionó información acerca del manejo de agua en Ciudad Universitaria.

El equipo ganador fue “Nudging Water”, integrado por: Adriana Duque Moreno, Alejandro Sánchez Gutiérrez, Mario Ugalde Chávez y Mario Pérez Calzada (Figura 10). La conducta que los estudiantes pretenden modificar es la mala percepción de la calidad del agua en los bebederos de la facultad. Su estrategia se basa en la modificación y reinstalación de los bebederos, así como, generar contextos de confianza para generar cambios en el consumo. Para ello, consideraron utilizar gráficos, infografías y documentación del consumo de agua por parte de profesores e investigadores. Nudging Water, ICCE y PUMAGUA trabajarán en conjunto en la implementación de la propuesta.



Figura 10. Ganadores del primer Nudgeathon en México en la Facultad de Psicología.

### Conclusiones y Recomendaciones

- A pesar de que, el porcentaje de cumplimiento del cloro residual libre en bebederos y despachadores, disminuyó un 18%, con respecto al año 2016, no se detectó la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal. Además, los resultados del monitoreo integral permanente evidencian que el agua que se abastece en el campus Ciudad Universitaria es apta para uso y consumo humano.
- La Dirección General de Obras y Conservación requiere garantizar de manera permanentemente una operación eficiente de los sistemas de desinfección, de tal forma que se mantengan concentraciones de cloro residual libre dentro del límite permisible de norma (0.2 a 1.5 mg/L), asegurando la inocuidad del agua, por cualquier posible contaminación microbiológica del agua.
- Las dependencias del *campus* Ciudad Universitaria que cuentan con cisternas de almacenamiento de agua potable en edificios deben mantener condiciones sanitarias adecuadas para proteger la calidad del agua. Los problemas que más se observaron durante la inspección fueron: superficies metálicas oxidadas en contacto con el agua (escaleras, tubos); falta de limpieza dentro de la cisterna; falta de protección con malla de tipo mosquitero o similar en dispositivos de ventilación, rejillas, tubos u otros ductos; y falta de impermeabilización en paredes interiores y superficies metálicas en contacto con el agua.
- El agua residual tratada usada para riego de áreas verdes en el campus Ciudad Universitaria, producida en la planta de tratamiento “Cerro del Agua”, cumplió con todos los parámetros analizados conforme a los límites permisibles de la NOM-003-SEMARNAT-1997.

- Es necesario que se realicen mantenimientos preventivos y correctivos que permitan proteger la calidad del agua residual tratada que se produce a un alto costo y con buena calidad.

### Formación de recursos humanos

El área de Calidad del Agua, brindó asesorías y análisis de la calidad del agua del purificador de aguas grises implementado por el alumno Edgar Nahum Rodríguez González, concursante del premio BID FEMSA, “Tecnologías orientadas a mejorar la disponibilidad de agua en México”.

## Fomento a la Participación Social

### Indicadores de avance

- La página web de PUMAGUA ha recibido 109,534 96,513 visitas, 13 mil visitas más desde el 2016.
- La página de Facebook cuenta con 18,660 seguidores, es decir, casi el doble que el año 2016.
- En la cuenta de Twitter se tienen 10, 814 seguidores, lo que significa 2,807 más que el año pasado.
- El concurso “La Ciencia en corto. ¡Qué fluya con ficción!” recibió 11 trabajos de 24 jóvenes, pertenecientes a 5 escuelas de nivel bachillerato y de una secundaria.
- PUMAGUA tuvo presencia en 3 canales de televisión, 8 programas radiofónicos, 4 medios de comunicación digitales y se redactaron 6 artículos.
- La campaña de comunicación con infografías sobre el tema del agua en la UNAM fue vista por 528,128 personas en Facebook.

### Estrategia general

La estrategia diseñada para incentivar la participación de la comunidad, de acuerdo al tipo de sector y actividades realizadas para el uso eficiente del agua, se llevó de la siguiente manera durante el año 2017:

*Tabla 19. Actividades de comunicación dirigidas a cada uno de los sectores en CU.*

Sector	Actividades							
	Talleres	Concursos	Investigaciones con valor curricular	Festivales	Auditorías	Artículos	Tesis	Medios Masivos
<b>Estudiantes</b>	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Académicos</b>		X	X	X		X	X	X
<b>Personal de mantenimiento</b>	X	X		X	X			X
<b>Jardineros</b>								X
<b>Autoridades</b>		X		X	X	X		X
<b>Público en general</b>		X	X	X		X		X

A continuación se señalan las acciones ejecutadas en esta área, de acuerdo al sector atendido:

### Estudiantes y académicos

#### PUMAGUA en el Primer Nudgeathon México en la Facultad de Psicología

El 30 y 31 de octubre, la M. en C. Estefanía coordinadora de Calidad del Agua en PUMAGUA, participó como jurado del evento realizado en la Facultad de Psicología. En el evento participaron jóvenes emprendedores los cuales tuvieron que idear estrategias para reducir el consumo de agua embotellada en CU y fomentar el uso de los despachadores/bebederos que están instalados por todo el campus.

Los ganadores del Nudgeathon fueron invitados a colaborar con PUMAGUA para llevar a cabo su propuesta y se estará trabajando con ellos el próximo año.



### Comunidad universitaria

#### Bienvenida en los planteles de la UNAM

En Agosto, PUMAGUA participó en las actividades de bienvenida de las facultades de Ciencias y de Medicina, con el objetivo de dar a conocer el Programa a la comunidad universitaria, así como informarle sobre el manejo, uso eficiente del agua dentro de las instalaciones de la Universidad. Las escuelas visitadas fueron las siguientes:

#### Fiesta de las Ciencias y las Humanidades

PUMAGUA, por tercera vez consecutiva, fue invitado a la Fiesta de las Ciencias y las Humanidades, organizada por la Dirección General de Divulgación de la Ciencias y celebrada en el Museo de las Ciencias, Universum. Este año también se contó con un espacio propio, donde el tema abordado fue el agua virtual y el uso eficiente del agua en el hogar. Se construyó una réplica del interior de una casa. Dentro de la cocina, el baño y el jardín se realizaban preguntas con respuestas opcionales sobre el consumo en litros de agua al realizar

actividades dentro del hogar. El stand recibió público en general, en su mayoría estudiantes de nivel básico, medio superior y superior.

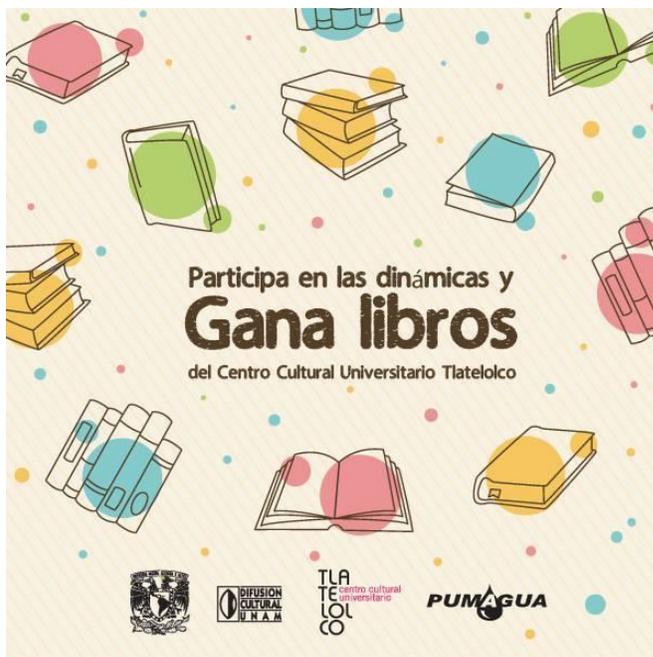


#### Concurso Sorteo de libros UNAM

Se realizó un sorteo en Facebook, donde fueron seleccionados al azar los comentarios ganadores. El premio fue un kit con 3 libros pertenecientes a Libros UNAM los cuales fueron donados a PUMAGUA por dicha dependencia.

#### Concurso Libros con el Centro Cultural Tlatelolco

PUMAGUA, en conjunto con el CCU Tlatelolco, crearon distintas dinámicas, tanto para Facebook como para Twitter, durante dos semanas con cosas relacionadas al Programa y al CCU Tlatelolco. A los ganadores de cada una se le regaló un libro que fue donación del Centro Cultural.



### Recolecta de PET

Debido al sismo que azotó a nuestro país el 19 de septiembre del presente año, PUMAGUA lanzó una convocatoria en sus redes sociales para construir casas temporales hechas de PET para los afectados. Se hizo una invitación a la comunidad universitaria a recolectar todas las botellas de plástico (con algunas especificaciones para que fueran útiles) y traerlas a la Torre de Ingeniería. A cambio se les otorgó un cilindro para su agua y las 400 botellas recolectadas fueron llevadas a la organización VIEM MX, quienes se encargaron de repartir el PET en las comunidades afectadas.



Recolecta de PET  
PUMAGUA

Recolecta la mayor cantidad de botellas de plástico que puedas, SIN APLASTAR, LIMPIAS Y CON TAPA, NO GARRAFONES, y si eres de las 5 personas que más PET trae, ¡te regalamos un cilindro!

Tienes hasta el **miércoles 18** para traernos las botellas, los ganadores se dirán el jueves 19 de octubre.  
Torre de Ingeniería, 5to piso ala norte. Di que vienes con PUMAGUA. Lun a vie de 10am a 2pm

### Campaña de comunicación con infografías sobre el manejo y uso del agua en la UNAM

Con el propósito de informar a la comunidad universitaria sobre el sistema de manejo de agua en CU, en particular, las particularidades del abastecimiento, el sistema de desinfección de agua potable, así como las consecuencias que conlleva la compra de agua embotellada en el medio ambiente y los beneficios de beber agua de la llave en el campus, se dio seguimiento a la campaña de comunicación PUMAGUA, mediante la cual se difunden datos técnicos a un lenguaje dirigido a los estudiantes universitarios.

Las infografías fueron compartidas en los medios digitales de PUMAGUA, incluyendo redes sociales. Además, diferentes instituciones universitarias comunicaron esta información en sus medios electrónicos, incluyendo a los medios oficiales de la UNAM.

Cabe señalar que una de las infografías tuvo un alcance de más de 500 mil personas, como se muestra en la Tabla 21:

Infografía	Red Social	Likes	Compartido	Alcance
Adiós al PET en CU	Facebook	4,582	1,768	567,177
	Twitter	37	47	



Figura 47. Infografías de PUMAGUA sobre los componentes del programa y el sistema de desinfección y monitoreo de agua para uso y consumo humano.

## Comunidad externa

### PUMAGUA en el 1er Encuentro Regional de Cultura del Agua del Valle de México

PUMAGUA es parte de Grupo Especializado de Comunicación y Cultura del Agua y por tal razón fue invitado al 1er Encuentro Regional de Cultura del Agua del Valle de México, el cual se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Chapingo. La coordinadora ejecutiva de PUMAGUA impartió una plática sobre cultura del agua en México.

### PUMAGUA en el 2do Encuentro Regional Por El Agua y el Bosque

Se llevó a cabo en el Desierto de los Leones el 2do Encuentro Regional Por El Agua y el Bosque, donde PUMAGUA colaboró con dos conversatorios, el primero "¿Para qué ahorrar agua?" llevado por Cecilia Lartigue de PUMAGUA, Christian Barroso del PUES y Dinora

Olivares de la IBERO. En éste se habló sobre los beneficios del ahorro del agua, cómo y para qué ahorrar; el segundo, "El agua embotellada ¿no me enferma?" llevado por Carlos Kegel de PUMAGUA y Dalia Ayala del PUES, en el cual se conversó sobre las consecuencias que puede traer a la salud y al planeta el consumo de agua embotellada, así como formas de evitarla.

#### Caminando Juntos en Tierra Firme

PUMAGUA fue invitado a participar en la semana del agua en Tlalpan del 2017, donde la coordinadora ejecutiva dio una plática sobre el uso y ahorro del agua, así como sobre el impacto en el medio ambiente que tiene el consumo de agua embotellada. Se habló principalmente de las formas de ahorrar agua en casa, cómo evitar comprar agua embotellada dentro y fuera de casa dando opciones para la purificación del agua de la llave.

#### Mesa redonda: "¡Érase una vez...una gota de agua!"

Organizada por la Dirección General de Bibliotecas, la mesa redonda formó parte de los festejos del Día Mundial del Agua, misma donde PUMAGUA fue invitado a participar a través de su coordinadora M. en C. Cecilia Lartigue.

#### Primer Congreso Nacional de Sustentabilidad y Energía Renovables (CONASER)

La coordinadora de PUMAGUA acudió, en representación del Dr. Fernando González Villarreal, Director del mismo como tallerista de la mesa de trabajo "Abastecimiento de agua en comunidades aisladas". El evento se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

#### My World México

La coordinadora de PUMAGUA M. en C. Cecilia Lartigue colaboró como tallerista en el 1er Foro titulado: "México en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: Voces de la Gente", para este evento que reúne organizaciones, movimientos e individuos por promover el interés social sobre estos temas en nuestro país.

#### Foro Universitario "La UNAM y los Desafíos de la Nación. El Agua en México: Retos y Soluciones"

El Rector Dr. Enrique Graue, designó al Dr. Fernando González Villarreal, Director de PUMAGUA, para coordinar dicho foro. La coordinadora ejecutiva del Programa, M. en C. Cecilia Lartigue, participó como relatora en la sesión "Agua, Soporte de Vida".

### 3er. Simposio Internacional de Operación Saludable, Segura, Sustentable e Inclusiva de Instalaciones Acuáticas

PUMAGUA coordinó la realización de este evento en conjunto con la empresa CIEESSA. Asimismo, la coordinadora M. en C. Lartigue, participó como ponente en el mismo.

Además, PUMAGUA colaboró en el diseño de contenidos para la exposición de la DGDC UNAM.

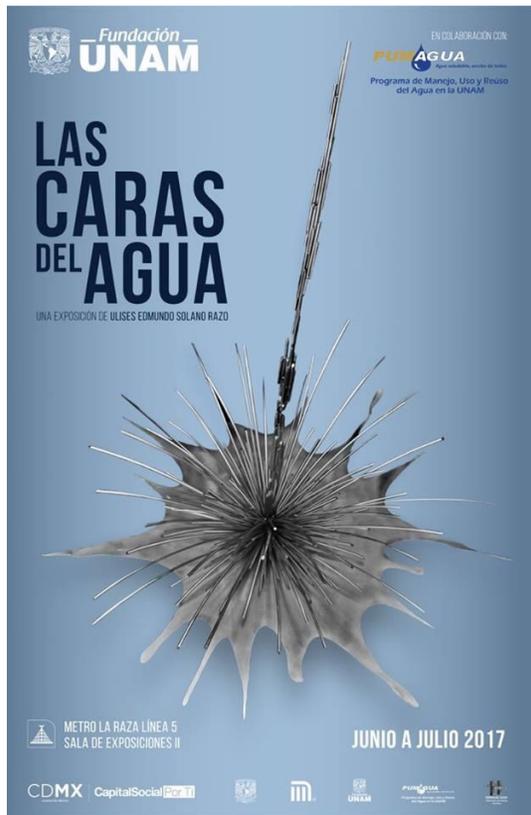
### Conferencia en el 1er Encuentro Estatal de Cultura del Agua

Cecilia Lartigue Baca, Coordinadora ejecutiva de PUMAGUA, asistió al 1er Encuentro Estatal de Cultura del Agua con sede en Naucalpan, donde participó ofreciendo una conferencia con el tema "¿Por qué ahorrar agua si no sirve de nada?".



Exposición: "Las caras del agua"

El artista Ulises Solano Razo presentó 16 piezas metálicas que conforman a la exposición “Las caras del agua” en el Túnel de la Ciencia, ubicado en el metro La Raza, línea 5. PUMAGUA fue organizador de todo el proceso para que se llevara a cabo tal exhibición y dio difusión en sus redes sociales sobre el mismo. La exposición tuvo más de 10mil visitantes.



### Implementación de PUMAGUA en otros campos

Ceremonia de entrega de informe con el jefe de gobierno de la CDMX, Miguel Ángel Mancera

PUMAGUA hizo entrega del informe Implementación del programa de manejo y uso eficiente del agua en una unidad habitacional “Los Rojos”, Delegación Venustiano Carranza, Ciudad de México” de forma directa al jefe de gobierno de la CDMX, en una ceremonia donde se platicó acerca de la problemática del agua en la unidad y sobre los resultados del proyecto.



### Actividades en dependencias universitarias Elaboración de cómic sobre jardineros

En conjunto con el responsable de jardineros UNAM, se realizó un cómic que habla de los cuidados que se deben tener a la hora de cuidar el césped, entre otras cosas. Además, se hizo una infografía con información para los estudiantes y visitantes de CU para que respeten el esfuerzo que hacen los trabajadores por mantener bien las áreas verdes.

### Reunión PUMAGUA en la Facultad de Psicología

A inicios de noviembre se realizó la reunión anual de PUMAGUA, donde se invitó a 5 dependencias para que conozcan nuestro Programa de Manejo del Agua y acercarnos más a ellos.

Las dependencias invitadas fueron: Facultad de Derecho, CEPE, Facultad de Psicología, Facultad de Economía y Facultad de Filosofía y Letras.

### Taller “Mantenimiento de fluxómetros de muebles de baño” con Helvex

Con ayuda de la empresa Jenser, se realizó un taller de capacitación básica en muebles de baño de la marca mexicana Helvex en la Aula de la Subdirección de Evaluación de la DGPE, donde plomeros, Secretarios Técnicos, Jefes de Servicios y Secretarios Administrativos pudieron externar las dudas que tenían de cómo repararlos.

El objetivo de este taller es reducir el número de fugas y desperdicio de agua que se tiene en las instalaciones de CU.

## Actividades de difusión

### Actualización de las redes sociales

Las cuentas de Facebook y Twitter de PUMAGUA han estado al día, comunicando los avances y objetivos del Programa, difundiendo sobre innovaciones universitarias relacionadas con el agua y el medio ambiente, así como atendiendo comentarios y preguntas.

El incremento en el número de seguidores en las principales redes sociales se describe a continuación:

*Tabla 23. Seguidores de PUMAGUA en redes sociales, en 2015 y 2016*

Red social	Seguidores 2016	Seguidores 2017
Facebook	10,842	18,660
Twitter	8,007	10,814

### Actualización de la página web

En el año 2016 el sitio web de PUMAGUA contaba con 96,513, actualmente se tienen 109,533. Las secciones actualizadas constantemente son:

Consumos de agua en las dependencias: consumo mensual, histórico, semáforo de fugas e inclusión de nuevas dependencias con consumos de agua.

Reporte de fugas: datos de contacto del Jefe de Servicios Generales, Secretario Administrativo / Técnico de las dependencias que asisten a las reuniones de PUMAGUA.

Dependencias activas: modificación en el número de acciones en el porcentaje de avances que se llevan a cabo para un manejo eficiente del agua en las instalaciones.

Eventos y actividades: acontecimientos realizados por PUMAGUA a favor del agua y del medio ambiente dentro y fuera de la Universidad.

Boletines: Noticias sobre PUMAGUA y acciones realizadas en el sector hídrico.

Prensa: Medios impresos y digitales, radio y televisión.

### Boletín PUMAGUA

Los temas publicados en el boletín digital de PUMAGUA, mismo que es enviado a los contactos del correo y difundidos a través de las redes sociales son:

Boletín Febrero: Pumagua firma convenio con el Gobierno de la CDMX; Nuevos despachadores de agua en la Facultad de Contaduría y Administración; Crea tus propios mapas interactivos y conoce el ciclo del agua en el mundo.

Boletín Mayo: Pumagua te invita al foro universitario "El agua en México: retos y soluciones; Alumno de CCH crea sistema ahorrador de agua para la ducha; Nuevos despachadores de agua en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

Boletín Julio: PUMAGUA te invita a la exposición 'Las caras del agua', que muestra una perspectiva diferente del agua en 16 piezas elaboradas por el escultor Ulises Solano.

Boletín Septiembre: Encuesta del agua en la UNAM del Observatorio del Agua arroja resultados, Investigadores de la UAM crean medidor de calidad de agua para usuarios, Llega a la UNAM el primer Nundgeathon en México

### Elaboración de artículos

- Lartigue, C., Negrete, A. Velasco, E., and González Villarreal, F. Photocomic Narratives as a Means to Communicate Scientific Information about Use, Treatment, and Conservation of Water. *Modern Environmental Science and Engineering*: 2(12) pp. 800-808

De igual manera, mensualmente se enviaron colaboraciones breves a la revista Agua y Saneamiento, de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS).

### Televisión



Se realizaron entrevistas a personal de PUMAGUA en los siguientes medios:

TVUNAM

Televisa: Foro TV, Programa "Creadores universitarios"

#### Radio

Universidad Iberoamericana, Radiolbero, Programa de Medio Ambiente

Radio UNAM, Programa La ciencia que somos.

Radio 620 am, Programa Por la Tarde

Sistema Público de Radiodifusión del Estado de México, dedicó un programa entero para hablar sobre lo que se hace en PUMAGUA

#### Prensa

- La Jornada
- Excelsior
- El Universal
- Proceso
- Sin Embargo
- MVS Noticias
- Mi Morelia
- Siempre
- Televisa
- Líderes
- Clarín
- Digital Post
- Diario de Colima
- El Despertar
- DGCS
- Yo opino.
- El financiero

- En la Ciudad de México, el agua no corre para todos. 25 de abril de 2017.
- Agua en México afectada por sobreexplotación y contaminación. 25 de mayo de 2017.
- iAgua

Otras actividades

Concurso 'Mejor, al agua de CU'

Con la finalidad de incentivar y premiar el esfuerzo de la comunidad universitaria ganadora del concurso de agua 'Mejor, el agua de CU', se buscó el apoyo de una de las empresas más importantes a nivel mundial, Apple, a través de su tienda iShop Mixup, para otorgar uno de sus productos a el video testimonio ganador.



Figura 51. Cartel anunciando el concurso 'Mejor, el agua de CU'

## Participantes en PUMAGUA

Dr. Fernando González Villarreal

*Director*

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

*Coordinadora ejecutiva*

Esp.Ing. Josué Hidalgo Jiménez

*Responsable de Balance Hidráulico*

M. en C. Stephanie Espinosa García/ Biól. Carlos Kegel Pacheco

*Responsable de Calidad del Agua*

Lic. Berenice Hernández Mastache

*Responsable de Fomento a la participación social*

*Becarios y prestadores de servicio social*

Antonio Barajas García

Anais Godoy Meléndez

Karla Jiménez Morales

Alejandro Landin Hernández

Yaneli Matamoros Muñoz

Luis Enrique Mendoza Fuentes

Yazmín Ochoa

Viridiana Rojas Hidalgo

Adrián Villanueva Romero

Nathaly Giovanna Sedglach Medina

Dalibor José Trnka Rodríguez

