

PROGRAMA DE MANEJO, USO Y REUSO DEL AGUA EN LA UNAM

**PUMAGUA**

# Resumen Ejecutivo PUMAGUA







# Resumen Ejecutivo

## PUMAGUA

**Director:**

Dr. Fernando Jorge González Villareal

**Coordinador Ejecutivo:**

Dr. Rafael Val Segura

**Coordinador de Balance Hidráulico:**

Ing. Antonio Capella Vizcaíno

**Coordinadora de Calidad del Agua:**

Dra. María Teresa Orta Ledesma

**Instituto de Ingeniería:**

Dra. María Teresa Orta Ledesma

**Instituto de Ecología:**

Dra. Marisa Mazari Hiriart

**Facultad de Medicina:**

Dra. Yolanda López Vidal

**Coordinadora de Comunicación y Participación:**

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

**Coordinador de Sistema de Información Geográfica:**

M. en C. José Antonio Quintero Pérez



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Rector

**Dr. José Narro Robles**

Secretario General

**Dr. Sergio M. Alcocer Martínez De Castro**

Secretario Administrativo

**Mtro. Juan José Pérez Castañeda**

Abogado General

**Lic. Luis Raúl González Pérez**

Coordinadora de Humanidades

**Dra. Estela Morales Campos**

Coordinador de la Investigación Científica

**Dr. Carlos Arámburo de la Hoz**

Secretaria de Desarrollo Institucional

**Dra. Rosaura Ruíz Gutiérrez**

Secretario de Servicios a la Comunidad

**M. C. Ramiro Jesús Sandoval**

Dirección General de Comunicación Social

**Lic. Enrique Balp Díaz**

Director del Instituto de Ingeniería

**Dr. Adalberto Noyola Robles**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b><i>RESUMEN EJECUTIVO</i></b> .....	<b>5</b>
<b>AVANCES HASTA JUNIO DE 2010</b> .....	<b>5</b>
<b>ACCIONES EN 2008</b> .....	<b>6</b>
<b>ACCIONES EN 2009</b> .....	<b>8</b>
<b>ACCIONES EN 2010</b> .....	<b>12</b>
<b><i>TABLAS RESUMEN EJECUTIVO</i></b> .....	<b>15</b>
<b><i>PARTICIPANTES PUMAGUA</i></b> .....	<b>31</b>



*“El problema del agua está con nosotros, nos alcanzó. Nos alcanzó antes de que termináramos de darnos cuenta del grande problema que tenemos. Posiblemente, hace algunos años tuvimos la conciencia, y la verdad es que se perdió el esfuerzo, se dejó ese momento de preocupación, de interés y se dejó ese momento de educación colectiva respecto al agua. Hoy no podemos escapar, hoy tenemos una enorme responsabilidad. Tenemos un problema, nosotros la generación que habitamos este planeta, y tenemos una enorme responsabilidad con las próximas generaciones.”*

Dr. José Narro Robles  
Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México  
(Foro de Políticas Públicas del Agua, Octubre 2009)



Resumen Ejecutivo





## RESUMEN EJECUTIVO

Como resultado de la participación de la UNAM en el IV Foro Mundial del Agua y en el Primer Encuentro Universitario del Agua, el Consejo Universitario consideró imperativo adoptar medidas concretas que impulsen el uso y manejo eficiente del agua en todos los campi de la UNAM. Así, por mandato del propio Consejo Universitario, en diciembre de 2007 se puso en marcha el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA), con el apoyo de la Rectoría y bajo la coordinación del Instituto de Ingeniería.

El Programa PUMAGUA tiene como objetivo *“Implantar un programa integral de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, con la participación de toda la comunidad universitaria”*.

Las metas concretas a cumplir en un periodo de tres años (2009 – 2011) son 1) ahorrar el 50% del actual suministro total de agua; 2) garantizar que el agua potable sea efectivamente bebible y que el agua de reuso en el riego no represente riesgos a la salud de la población universitaria; y 3) lograr la participación en el PUMAGUA de todas las dependencias de la UNAM y de los universitarios.

### AVANCES HASTA JUNIO DE 2010

- Se puso en práctica un monitoreo del sistema medición del abastecimiento de agua en tiempo real.
- Se observa una disminución en la extracción de agua de los pozos, con una operación más regular durante 2009.
- Se delimitaron cinco sectores hidráulicos para obtener un mejor control de la presión y caudal en la red de distribución.
- Se adquirió equipo de punta para la detección de fugas y medición de caudales.
- Se trabaja en la delimitación de micro-sectores hidráulicos para la detección de fugas en la red principal.
- Se han entregado 155 medidores a 55 dependencias, de los cuales ya se encuentran funcionando 74 medidores en 35 dependencias.
- Se recuperó un 30% del caudal perdido en fugas en la red de distribución.
- Hasta el momento se ha recuperado el 66% del agua que se perdía en el interior de las dependencias.
- En 48 dependencias se sustituyó la mitad de los muebles de baño por otros de bajo consumo, lo que genera un ahorro del 40% del consumo original.

- Se sustituyó la vegetación exótica de algunos jardines por vegetación nativa de bajo consumo de agua, proveniente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.
- Se diseñó un nuevo sistema de desinfección que garantice cumplir con la norma NOM-127-SSA1-1994 modificada en 2000, para que de esta manera el agua pueda ser bebible en cualquier punto de CU.
- Se construyó un colector de aguas residuales en la Zona Cultural y de Institutos, lo que permitió clausurar las plantas de tratamiento de aguas residuales tipo Brain que se habían instalado en esa zona, las cuales no cumplían con el objetivo deseado.
- La planta de tratamiento de Cerro del Agua está en rehabilitación; a finales de 2010 llegará a generar un caudal de 25 litros por segundo de agua tratada que cumplirá con los parámetros establecidos en la norma NOM-003-SEMARNAT-1997.
- La planta de tratamiento de Ciencias Políticas ya se rehabilitó en su totalidad para cumplir así con la NOM-003-SEMARNAT-1997 y producir un caudal de 7.5 litros por segundo de agua tratada.
- La planta de tratamiento del Instituto de Ingeniería cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997, y su caudal de 0.5 litros por segundo tratado se utilizará en los baños de uno de sus edificios.
- En 75 dependencias universitarias ya se realizan una o más acciones establecidas por el programa PUMAGUA.
- Se han concluido cinco tesis y están en proceso otras 13 más.
- Se llevan a cabo talleres dirigidos a personal de mantenimiento y jardineros.
- Dentro de las actividades escolares, más de 80 estudiantes de la UNAM han desarrollado trabajos relacionados con acciones puestas en práctica por PUMAGUA.
- Algunas universidades y organismos operadores han manifestado su interés por implantar el Programa.
- Se publicaron guías y manuales para hacer un uso eficiente del agua en las dependencias, los cuales se encuentran en la página web de PUMAGUA ([www.pumagua.unam.mx](http://www.pumagua.unam.mx)) y son de acceso libre.



## ACCIONES EN 2008

Los trabajos de PUMAGUA se iniciaron en el primer trimestre de 2008. Las principales actividades desarrolladas en ese año consistieron en integrar un diagnóstico de las instalaciones hidráulicas sanitarias de Ciudad Universitaria y actualizar la información que la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) proporcionó a PUMAGUA.

Se enuncian a continuación los principales hallazgos derivados de la integración de este diagnóstico en 2008.

1. Se encontró una escasez generalizada de planos y la ausencia de información digitalizada. En consecuencia, se consideró prioritario establecer un Sistema de Información Geográfica que despliegue información actualizada permanentemente y facilite con ello su análisis.
2. El agua abastecida a CU, desde su captación hasta su distribución, no presenta contaminación alguna y se ajusta a lo dispuesto en la normatividad vigente. El caudal que se suministra es en promedio de 100 litros por segundo, de los cuales el consumo en las dependencias es de 30 litros por segundo; al riego se destinan 20 litros por segundo, y se perdían en fugas 50 litros por segundo, que equivalen a la mitad del volumen total suministrado a CU.

Para garantizar que el agua sea bebible, se recomendó cambiar el sistema de cloración de los pozos por sistemas automatizados, ya que actualmente el control del cloro es manual y sujeto al criterio de los operadores, lo que ocasiona, entre otras consecuencias, errores de manejo, tales como que el cloro residual sea menor que el marcado por la norma; también se recomendó efectuar un programa de limpieza de las cisternas de agua potable y de agua de reuso.

El sistema de medición de caudales era deficiente. Se contaba en CU con 35 medidores instalados en la red de distribución, de los cuales sólo tres estaban en funcionamiento. Se determinó que se requerían por lo menos 300 medidores para ser instalados en cada una de las tomas que abastecen a los edificios, así como en cada uno de los pozos que suministran agua a CU.

3. Respecto de las tres plantas de tratamiento con que cuenta Ciudad Universitaria:
  - Una de ellas se localiza a la salida de Cerro del Agua y es alimentada por dos colectores que recogen las aguas residuales y pluviales de la zona central del campus. Su capacidad de tratamiento es de 40 litros por segundo, pero sólo trabajaba a la mitad de la misma.
  - A un costado de la Facultad de Ciencias Políticas se ubica la segunda planta de tratamiento, abastecida por un colector y diseñada para procesar 7.5 litros por segundo, aunque en 2008 sólo trataba un litro y medio por segundo.
  - La tercera planta se localiza a la salida del Edificio 12 del Instituto de Ingeniería, con una capacidad de tratamiento de 0.5 litros por segundo, pero procesaba sólo la mitad de ese volumen.



Por otra parte, se comprobó que ninguna de las plantas de tratamiento cumplía con la normatividad oficial en cuanto a la calidad de sus efluentes.

PUMAGUA recomendó llevar a cabo las obras necesarias para rehabilitar las tres plantas de tratamiento y aprovechar su capacidad total. Ello permitirá incrementar el volumen de agua residual tratada, con la calidad establecida en la normatividad, y aumentar así la superficie de áreas verdes que se riegan con este tipo de agua sin poner en riesgo la salud de la población universitaria. El agua de reuso podrá intercambiarse por los volúmenes de agua potable que actualmente se emplean en el riego de 105 hectáreas de zonas verdes; hasta la fecha, sólo se riegan 50 hectáreas con el agua residual tratada proveniente de la planta de Cerro del Agua.

CU contaba también con 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN, cuyo volumen procesado no cumplía con la actual norma de calidad de los efluentes; en consecuencia, se decidió clausurarlas.

4. En una muestra de muebles de baño revisados, se encontró que cerca del 15% presentaba fugas y el 12% se encontraba fuera de funcionamiento. Para atender esta problemática, PUMAGUA recomendó ejecutar un programa de cambio de los actuales muebles de baño por muebles de bajo consumo de agua, junto con una dignificación de esas instalaciones.
5. PUMAGUA aplicó una encuesta entre los usuarios del campus de CU para identificar las acciones de comunicación requeridas con el objeto de crear conciencia sobre el valor del agua e impulsar su uso más eficiente. Mediante dicha encuesta se determinó que los usuarios no percibían el desperdicio del agua en el campus de CU, y quienes tenían conciencia de él lo relacionaban principalmente con el uso del agua en los baños. En el caso de los laboratorios, se mencionó al lavado del material como un proceso en el que se desperdician volúmenes considerables.
6. Por último, se recomendó implementar un programa de incentivos que motive a las dependencias a unirse al Programa, dado que varias de las acciones que solicita PUMAGUA a las dependencias implican un costo considerable para las mismas.

## **ACCIONES EN 2009**

En 2009 se efectuaron actividades que complementan el diagnóstico realizado durante 2008 para conocer el estado que guarda la infraestructura hidráulica de CU. Igualmente, se continuaron las acciones para cuantificar el consumo de agua y las fugas en la red principal de abastecimiento y en el interior de los edificios, mejorar el conocimiento de la calidad del agua que se distribuye en el campus, estimular la participación de la comunidad universitaria en el Programa e integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG) con datos actualizados y confiables.

A continuación se describen las principales actividades realizadas en 2009.

1. Se emprendió el establecimiento de un sistema de medición automatizado. En cuanto a las actividades de macro-medición, se instalaron medidores en cada uno de los pozos y en los tanques de almacenamiento de agua potable. En 2010 se prevé instalar un medidor a la

entrada de cada uno de los cinco sectores hidráulicos en los que será dividida la red hidráulica de suministro a CU. El balance se cerrará con las estimaciones hechas mediante los micro-medidores colocados a la entrada de cada edificio.

Durante 2009 se instalaron 49 micro-medidores en 18 dependencias, lo que representa un avance del 16% de la meta de los 300 medidores a colocar en toda CU; se espera que el rezago de la DGOyC en la instalación de estos medidores pueda superarse en el 2010. Por otra parte, como el propósito de PUMAGUA es apoyar también a otros campi fuera de CU, se entregaron siete micro-medidores a la Facultad de Estudios Superiores de Aragón.

2. Respecto de la detección y reparación de fugas, se adquirieron equipos con tecnología de punta para localizar estas fugas en la red principal de abastecimiento. Con ello se logró detectar 10 litros por segundo que se fugaban de dicha red, volumen que ya fue recuperado.

Igualmente, con los micro-medidores instalados se detectaron fugas en el interior de los edificios de CU, así como equipos de laboratorio que consumen grandes cantidades de agua. Se estimó que las fugas equivalen en promedio al 35% del volumen abastecido a una dependencia, cifra que en los fines de semana aumenta hasta representar el 90% del suministro total. Con esta información, en noviembre de 2009, tras realizar acciones de recuperación de caudales no visibles en dichas dependencias, ese volumen se pudo reducir a cerca del 20 %. La reparación de fugas en el interior de los edificios hizo posible recuperar un volumen de un litro por segundo.

3. El cambio de muebles de baño ha tenido un impacto favorable en 22 dependencias ubicadas, no sólo en el campus de CU, sino en otros fuera de él; cada una de ellas lo ha instrumentado de acuerdo con los recursos presupuestarios de que dispone y con el apoyo de la Secretaría Administrativa. De esta manera se cambiaron 1,000 muebles de baño de bajo consumo, lo que representa un ahorro en promedio del 40% de lo que requieren las dependencias. Así se redujo el consumo de un litro y medio por segundo, cifra que aún no es significativa, pero que se suma a las acciones necesarias para impulsar el uso eficiente del agua. Además, con ello se logró dignificar los baños y ofrecer un mejor aspecto y condiciones de higiene a los usuarios.
4. Dentro de los avances logrados en 2009 para mejorar la calidad del agua, se instaló un sistema de analizadores que cada minuto muestrean directamente el agua que circula por la tubería que abastece al Edificio 5 del Instituto de Ingeniería; esto es lo que se denomina monitoreo “en línea”. De esta forma, se conoce en tiempo real la calidad del agua que se suministra al edificio, midiendo los parámetros de cloro residual, conductividad, nitratos, pH, turbidez y temperatura.

Por otra parte, al analizar el agua de los pozos, se detectó la presencia de bacterias indicadoras y patógenas no consideradas en la normatividad. Se confirmó también que las bacterias coliformes no pueden reflejar por sí mismas la presencia de virus y protozoarios, ni de otras bacterias de importancia para la salud pública. Por lo tanto, es necesario que los muestreos

microbiológicos hechos para detectar bacterias coliformes, sean complementados para abarcar otros indicadores; por ejemplo, de colifagos y bacterias patógenas.

Estos hallazgos enfatizaban la necesidad de que el agua proveniente de los pozos no se envíe a la red de abastecimiento sin haberse desinfectado previamente. Por ello, se trabajó en la búsqueda de un diseño eficaz, con un sistema de desinfección con cloro y ozono que garantice que el agua en CU sea bebible. El Instituto de Ingeniería ha realizado una serie de pruebas en laboratorio; con base en ellas, identificó la dosificación adecuada para cada uno de los tres pozos de CU, tomando en cuenta la calidad química y microbiológica que debe tener el agua.

5. PUMAGUA ha impulsado medidas para reducir los consumos de agua potable en el sistema de riego siguiendo tres líneas de acción: a) sustituir agua potable por agua tratada proveniente de las plantas de tratamiento ubicadas en CU; b) utilizar equipos de riego más eficientes; y c) sustituir la vegetación en los jardines por vegetación nativa de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA).
6. A partir de las recomendaciones hechas por PUMAGUA, la Dirección de Conservación y la Dirección de Planeación de la DGOyC iniciaron los trabajos de adecuación en las dos plantas principales de tratamiento de CU, la de Cerro del Agua y la de Ciencias Políticas, tanto para mejorar la calidad del agua procesada en ellas y ajustarla a lo establecido en la norma oficial correspondiente, como para aumentar su volumen y aplicarlo en el riego de áreas verdes, en sustitución del agua potable que se emplea actualmente en esta actividad. El Instituto de Ingeniería también realizó adecuaciones para lograr la estabilización de su planta de tratamiento. De esta manera, se estima producir en una primera etapa 32 litros por segundo de agua tratada; la meta es llegar a contar con 47 litros por segundo a finales de 2011.
7. Como ya se mencionó, por recomendación de PUMAGUA, la DGOyC decidió clausurar las 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN. Para evitar que el volumen de agua que era procesado deficientemente por dichas plantas se fuera a grietas, la DGOyC inició la construcción de una red de drenaje que canalizará el agua residual generada en la zona cultural hacia la Planta de Tratamiento de Ciencias Políticas.
8. Dentro de las acciones de Comunicación y Participación, con base en los resultados de la encuesta aplicada en 2008 se inició la estructuración de una campaña para impulsar el ahorro del agua en CU. Estudiantes de Diseño Gráfico de la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM trabajaron en la elaboración, prueba y modificación de material impreso.

Un aspecto fundamental para lograr el uso eficiente del agua en CU, es mantener informada a la comunidad universitaria de los avances logrados en el Programa. Por ello, a partir de 2009 PUMAGUA envía mensualmente material electrónico a todas las dependencias universitarias, en el que da a conocer dichos avances. Una dificultad que se ha detectado, es que el receptor de los mensajes en cada dependencia no los difunde entre los miembros de la misma; por ello, en 2010 se realizará una investigación para atender esta problemática.

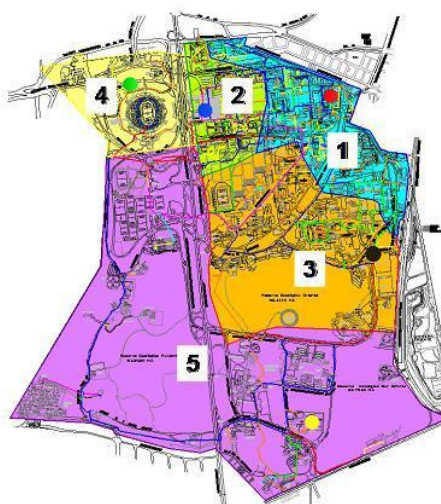
Además, el Programa ha incorporado en su página Web ([www.pumagua.unam.mx](http://www.pumagua.unam.mx)) los trabajos que realiza y los proyectos de investigación que lleva a cabo, así como los manuales ya concluidos y los que se encuentran en elaboración.

Por otra parte, se efectuaron pláticas con representantes de cerca de 50 dependencias universitarias para informarles de las actividades del PUMAGUA y estimular su participación en él. Mediante estas y otras acciones, ya se ha logrado la participación en el Programa de más de 40 dependencias universitarias.

Se trabajó también en la definición del programa de incentivos, cuyo propósito es premiar a las dependencias que ahorren agua. Con base en una clasificación de las dependencias según sus necesidades de agua, es posible establecer un sistema de cuotas a partir de un volumen mínimo ahorrado. Se plantea que el incentivo a otorgar sea proporcional al volumen que la dependencia consiguió ahorrar.

Asimismo, se propone establecer un reconocimiento anual de la UNAM a las instituciones más ahorradoras de agua, el cual se determinará junto con la Administración Central, por las asignaciones presupuestarias necesarias para ello.

9. Otra de las actividades de suma importancia para PUMAGUA, es la formación de recursos humanos en las disciplinas relacionadas con el aprovechamiento eficiente y la preservación del agua. A finales de 2009, el Programa contaba con 30 becarios que colaboraban en las áreas de detección de fugas, medición, riego, calidad del agua y comunicación/participación. Los becarios concluyeron cinco tesis: dos en Química Farmacéutica Biológica, una en Medicina y dos en Ingeniería Química; además, 13 tesis se encuentran en proceso. Igualmente, en el ciclo escolar 2009 más de 50 estudiantes de la Carrera de Biología realizaron investigaciones sobre el uso del agua en CU.



10. Se avanzó en la integración del Sistema de Información Geográfica, en el cual se podrá incluir el consumo mensual de todas las dependencias y, de esa manera, hacer comparaciones de consumos entre ellas y reportar fugas en el interior de sus edificios.

11. Por último, se inició el diagnóstico de la Facultad de Estudios Superiores de Aragón, con su propio Programa PUMAGUA.



## ACCIONES EN 2010

Las acciones realizadas por PUMAGUA en 2008 y 2009 ya permitieron al Programa ofrecer resultados tangibles. En 2010, mediante una inversión de 7.5 millones de pesos, se plantea continuar estos trabajos llevando a cabo las siguientes actividades:

1. Se contará con un medidor a la entrada de cada uno de los cinco sectores hidráulicos en los que se ha dividido la red de suministro, con la finalidad de conocer los caudales que circulan y monitorear más fácilmente el consumo, así como detectar fugas en la red principal. En el interior de las dependencias, la meta es instalar 300 micro-medidores en cada una de las tomas de agua. Se está generando una base de datos con la información aportada por los medidores.
2. A partir de las mediciones y la base de datos, se está monitoreando los consumos y reparaciones de fugas que realizan las dependencias. La información que se está enviando de sus consumos y fugas por edificio será la base para que acrediten puntos en el programa de incentivos.

Se cuenta con un programa de monitoreo de la calidad del agua en el campus de CU, con objeto de verificar el cumplimiento de la normatividad durante todo el año. Asimismo, con esta información se generará, junto con la Dirección General de Servicios Médicos, un programa con perspectiva a largo plazo. El monitoreo se está realizando en el agua potable y en el agua tratada, garantizando en los dos casos la salud de los usuarios. Para ello, se seguirán utilizando las técnicas que se han venido implementando. En caso de no cumplir con las normas de agua potable y de reuso para riego, PUMAGUA dará las recomendaciones adecuadas.



3. Se está trabajando en la reducción de las fugas de agua en la red principal de abastecimiento, para llegar a menos de 25 litros por segundo del caudal total perdido, que actualmente es aproximadamente de 40 litros por segundo lo que se pierde. También se plantea instalar válvulas reguladoras de presión en los sectores hidráulicos 1 y 3, con el objeto de reducir a la mitad el agua que se pierde en ellos por las fugas en la red principal y en el interior de los edificios. Con la instalación de los 300 micro-medidores, se estima recuperar dos litros por segundo de las fugas en el interior de los edificios.
4. Se sustituirá el doble de los muebles de bajo consumo instalados hasta la fecha, con lo que se ahorra en promedio un 40% del agua que abastece a los edificios, lo que equivale a un volumen hasta de dos litros por segundo. Con ello se continuará impulsando este programa, que en sus primeras etapas ha logrado avances importantes.
5. Se está trabajando, junto con la DGOyC, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), y el Jardín Botánico, la sustitución de los jardines actuales por vegetación nativa del Pedregal de San Ángel, principalmente en las zonas con afloramiento de roca volcánica, así

como en las zonas de amortiguamiento de la REPSA. También se plantea crear un nuevo vivero para propagar flora nativa del Pedregal, debido a que el número de individuos generados en la actualidad es insuficiente para atender los requerimientos de CU. Respecto al agua de reuso para riego, el incremento en su caudal está siendo intercambiado por agua potable y su calidad tendrá un efecto directo en la reducción del riesgo de afectación a la salud de los usuarios de las áreas verdes.

6. Se cuenta con el diseño de un nuevo sistema de desinfección de hipoclorito de sodio que proporciona un mayor grado de protección a la calidad del agua. Posteriormente, se instalará el sistema de ozono, con el cual se dará una mayor garantía al sistema de desinfección, por tanto, se tendrá la seguridad de que el agua sea bebible en todo el campus de CU. Además, se continúa con los trabajos de mantenimiento y limpieza de las cisternas de agua potable y de agua tratada.

Los trabajos que PUMAGUA ejecuta con el objeto de mejorar la calidad del agua para consumo humano en CU, tienen un impacto positivo en la salud de los universitarios. Además, ello propicia una reducción en el gasto de la comunidad universitaria en la compra de agua embotellada, así como en la generación de residuos sólidos.

7. A fines de 2010 se prevé concluir la primera etapa de la rehabilitación de la planta de tratamiento de Cerro del Agua, lo que permitirá obtener un volumen de 25 litros por segundo de agua tratada de excelente calidad. La planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas está funcionando, con un volumen tratado de 7.5 litros por segundo, con el cual se regará la zona del Centro Cultural y de los Institutos. Las dos plantas cumplirán con la norma oficial vigente relativa a la calidad del agua residual tratada. Igualmente, se está en fase de terminación del drenaje de la zona cultural para conducir su agua residual a la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas.
8. Se apoya los proyectos de investigación en las diferentes áreas de trabajo desarrolladas por PUMAGUA, como el “Estudio de hábitos de consumo de agua de los universitarios y del uso de las áreas verdes regadas con agua residual tratada”. Se gestionan otros proyectos, como el de la “Propuesta para apoyar la modificación de la norma oficial mexicana de agua para uso y consumo humano, y de la norma oficial mexicana para el reuso de agua residual tratada para riego de forma interna en Ciudad Universitaria”.
9. Se llevará a cabo la segunda etapa de la campaña de comunicación en todas las dependencias universitarias, además se continúa con el envío mensual de material electrónico. Asimismo, se aplicará una encuesta para medir el impacto de la campaña. Con las dependencias participantes se realizarán evaluaciones periódicas de sus avances en el uso eficiente del agua y se difundirán las acciones relevantes, dentro y fuera de la UNAM.

Por otra parte, se están integrando al PUMAGUA las Facultades de Estudios Superiores, Preparatorias y Colegios de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

Al final del año se prevé iniciar pláticas con campi fuera del Valle de México y con algunas delegaciones que han mostrado interés en adoptar el Programa, como es el caso de la Delegación Coyoacán del Distrito Federal.

10. La formación de recursos humanos sigue siendo una actividad fundamental en el PUMAGUA, por lo que se involucra a los estudiantes de diversas carreras y postgrados en el desarrollo de estos proyectos de investigación como parte de su formación curricular, así como en proyectos en los que realicen sus trabajos de tesis o colaboren haciendo su servicio social.

Se está aplicando tecnología de punta en las acciones e investigaciones que realiza PUMAGUA durante 2010, con lo cual la UNAM podrá ser modelo en el ámbito tecnológico, teniendo un efecto directo en la producción de publicaciones especializadas y de divulgación.

11. Se está trabajando en los convenios de colaboración con la Administración Central, la DGOyC y las dependencias de la UNAM que integran el Grupo de Trabajo de PUMAGUA, con el propósito de definir los mecanismos de trabajo y los compromisos de cada una de dichas instancias para implantar el Programa de manera eficiente.
12. Se está elaborando el programa de incentivos a las dependencias universitarias que ahorren agua. PUMAGUA ya identificó los criterios que permiten medir el grado de avance de las dependencias en el logro de buenas prácticas en el uso del agua, los cuales constituyen la base para otorgar dichos incentivos, que serán negociados con la Administración Central para contar con los recursos necesarios.
13. PUMAGUA busca influir a nivel federal con las normas de calidad del agua que plantea elaborar, tanto para consumo humano, como para reuso en riego, ya que incluirán parámetros no considerados en las normas oficiales mexicanas actuales. Su aplicación y cumplimiento se ha iniciado en los campi de la UNAM, en especial en el campus de CU.
14. Cabe resaltar que el Programa ya genera una metodología propia orientada a resolver problemas de alto riesgo en el manejo del agua, por lo que diversas universidades nacionales y extranjeras, así como algunos organismos operadores, han mostrado su interés en que PUMAGUA les sea transferido, por lo que en 2010 se trabajará intensamente en esa dirección. Parte de estos trabajos se verán reflejados al participar en los Programas Hidrológicos Internacionales de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

PUMAGUA ya es una realidad en la UNAM; sus beneficios podrán ampliarse mediante las acciones previstas en 2010.

# Tablas

## Resumen Ejecutivo



Sistema	Concepto	Descripción
ABASTECIMIENTO	Captación	La captación del agua en CU se realiza por medio de tres pozos que en promedio aportan 100 l/s, de los cuales 30 l/s se consumen en las dependencias, 20 l/s se destinan al riego y 50 l/s se pierden en fugas de la red.
	Almacenamiento	El agua se almacena en tres tanques con una capacidad total de 12,000 m <sup>3</sup>
	Distribución	CU cuenta con 54 km de tubería que transportan el agua a todos los edificios del campus
	Suministro	El agua ingresa a la red de conexión de cada uno de los edificios; de ahí es transportada a una cisterna o pasa directamente por la tubería interna para llegar a los sanitarios y las diversas tomas de agua de las dependencias.
DRENAJE	Alcantarillado	El sistema de desalojo de aguas residuales se compone de dos colectores que descargan el agua pluvial y residual en la planta de tratamiento de Cerro del Agua. Existe un tercer colector en la Zona Sur que conduce su caudal a la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Se estima que los tres colectores conducen en promedio 80 l/s.
REUSO	Plantas de tratamiento	El campus de CU cuenta con tres plantas de tratamiento: la de Cerro del Agua, con una capacidad de diseño de 40 l/s; la de Ciencias Políticas, con capacidad de 7.5 l/s; y la ubicada en el edificio 12 del Instituto de Ingeniería, con una capacidad de 5 l/s. Las tres plantas de tratamiento no trabajan a su capacidad de diseño.
	Agua Tratada	La red de agua tratada para riego tiene una longitud de 8 kilómetros, con 12 cisternas de almacenamiento para regar 50 hectáreas.

## Medición

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El paro y arranque de los pozos se hace manualmente, a criterio del operador en turno, y está en función de los niveles mínimos que se manejan en los tanques de almacenamiento.</li> <li>Se determinó que en 2008 sólo había 35 medidores instalados en las dependencias universitarias, de los cuales únicamente tres estaban en funcionamiento.</li> </ul> <p><i>Diagnóstico 2010:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se diagnosticará las eficiencias de los tres pozos que abastecen de agua a CU con la finalidad de generar un programa de mantenimiento y mejoramiento de cada uno de ellos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se constató que en cada uno de los tres pozos de CU se encuentra instalado un medidor de prope-la. Cada hora se toma la lectura en el medidor durante el tiempo que operan las bombas. Además, la DGOyC mide mensualmente los niveles estático y dinámico en los tres pozos.</li> <li>Personal de la Coordinación de Conservación de la DGOyC registra manualmente los niveles del agua en los tanques de almacenamiento. Cada hora se toma la lectura visualmente, con ayuda de una regleta pintada en el interior de cada tanque. Con la información histórica de estos registros, proporcionada por la Coordinación de Conservación, PUMAGUA digitalizó los registros y analizó los niveles en los tanques para determinar su funcionamiento y, a la vez, la demanda que en éstos se presenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fueron instalados y puestos en marcha cinco macro-medidores electromagnéticos, uno en cada pozo y dos en el Tanque Bajo de almacenamiento. Se cuenta con un registro continuo de cada uno de ellos.</li> <li>Se realizó una modelación matemática de la red de distribución de CU, a partir de la cual se vio la conveniencia de dividir la red de agua potable en cinco sectores hidráulicos, e instalar dos válvulas reguladoras de presión en los sectores 1 y 3.</li> <li>Se entregaron 51 micro-medidores a 18 dependencias; de ellos, se instalaron 49.</li> <li>Se instaló un concentrador de datos (Gateway) en la Torre de Ingeniería para recibir información de 28 medidores en tiempo real; también se instalaron nueve repetidores en cinco dependencias.</li> <li>Se entregaron siete micro-medidores a la FES Aragón como parte de los trabajos del programa de uso eficiente del agua en esta dependencia; ahí se deben instalar en total 24 micro-medidores.</li> <li>Se instaló un micro-medidor en la FES Iztacala y otro en el Museo del Chopo.</li> <li>Se elaboró un “Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento de Medidores de Agua Fría”, disponible en la página Web de PUMAGUA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se instalarán sensores de nivel en los tanques de abastecimiento para contar con información de ellos cada hora.</li> <li>Se instalarán otros cinco medidores en la entrada de cada uno de los cinco sectores hidráulicos en los que se ha dividido la red de distribución, con la finalidad de conocer a detalle los caudales que circulan y monitorear de una forma más fácil el consumo por sector hidráulico, así como la detección de fugas en la red principal.</li> <li>Para controlar presiones, se instalarán válvulas reguladoras en los sectores hidráulicos 1 y 3. De esta forma se reducirá a la mitad el agua que se pierde por fugas en la red principal y en el interior de los edificios.</li> <li>Respecto de la red interna de dependencias universitarias, se continuará con el proceso de entrega de medidores hasta alcanzar la meta de 300 medidores que requiere CU. Con esta red de micro-medición se podrá determinar continuamente el volumen de consumo por dependencia, así como las fugas y desperdicios en sus instalaciones.</li> <li>Se instalarán por lo menos cinco concentradores de datos (Gateway) en el campus de CU para recibir información del resto de los medidores instalados.</li> <li>Con la información que se obtiene de los medidores en los pozos, tanques y tomas de agua de los edificios, se desarrollará una base de datos que será integrada al SIG, de tal manera que será posible conocer las tendencias en el consumo de agua. PUMAGUA informará periódicamente a las dependencias sobre las fugas detectadas en sus instalaciones.</li> <li>Se completará la instalación de los 24 micro-medidores que requiere la FES Aragón.</li> </ul>

## Monitoreo

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se detectó que no se cuenta con planos digitalizados de CU y, particularmente, del manejo del agua en el campus.</li> </ul> <p><i>Diagnóstico 2009:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La detección en el agua subterránea de bacterias indicadoras y patógenas no consideradas en la normatividad, confirmó que las bacterias coliformes no reflejan la presencia de virus y protozoarios de importancia para la salud pública, además de otras bacterias. De ahí la necesidad de que los análisis microbiológicos de agua basados en bacterias coliformes sean complementados con otros indicadores; por ejemplo, con colifagos y bacterias patógenas.</li> <li>Se determinó que el agua que se suministra a la Torre de Rectoría es bebible en cualquiera de sus grifos.</li> <li>Se encontró que el agua residual tratada que se reutiliza para el riego de algunas áreas verdes del campus (como en la zona de las Islas, cerca del metro CU y campos de pumitas), no cumple con los límites microbiológicos que señala la NOM-003-SEMARNAT-1997. Por consiguiente, se debe modificar el manejo del agua residual procesada en las plantas de tratamiento, con el propósito de evitar re-contaminaciones. Además, deben mejorarse los procesos de tratamiento del agua residual que se pretenda reutilizar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los únicos muestreos periódicos de calidad del agua que se realizaban en CU estaban a cargo de la Dirección General de Servicios Médicos, en los cuales se aplica la norma NOM-093-SSA1-1994, "Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos". Sin embargo, esta norma deberá cambiarse por la NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se analizó continuamente la calidad del agua que ingresa al Instituto de Ingeniería, a través de un sistema de monitoreo cada 5 minutos todos los días.</li> <li>El Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ecología y la Facultad de Medicina muestrearon el agua subterránea extraída de los pozos, así como el agua residual tratada, el agua de reuso (riego: aerosoles) y los pastos de las áreas verdes de Pumitas, Bigotes e Islas; además se tomaron muestras de los influentes y efluentes de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.</li> <li>Se iniciaron los trabajos de adecuación en las 3 plantas de tratamiento que se tienen en CU para aumentar su volumen de agua tratada.</li> <li>En los puntos donde los usuarios tienen contacto directo con el agua de riego (aspersores, pastos y aerosoles), se detectó la presencia de bacterias indicadoras de contaminación (coliformes fecales y coliformes totales), así como bacterias potencialmente patógenas.</li> <li>Se determinó la estructura del Sistema de Información Geográfica (SIG), como la base de datos necesaria para ingresar la información y "cruzarla" sin dificultad.</li> <li>Se geo-referenció en el SIG la red de tuberías de agua potable, ordenadas de acuerdo con un identificador único de este sistema, y se elaboró una "capa" con los medidores instalados. Se iniciaron los trabajos del levantamiento de las válvulas, cruces y piezas especiales existentes para ingresar al SIG.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se confirmará que el agua es bebible en todo CU.</li> <li>Se continuará analizando "en línea" (cada minuto) el agua que ingresa al Instituto de Ingeniería.</li> <li>Se elaborará una propuesta de norma universitaria para agua de uso y consumo humano, y una propuesta de norma para agua de reuso en riego.</li> <li>Se completará un programa de monitoreo en el campus de CU, con objeto de verificar el cumplimiento de la norma en las diferentes épocas del año y generar un programa con perspectivas a largo plazo. El monitoreo se realizará tanto en el agua potable como en el agua tratada, garantizando en los dos casos la salud de los usuarios. Para ello, se seguirán utilizando las técnicas que han sido puestas en práctica por el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ecología y la Facultad de Medicina.</li> <li>Se emitirán las recomendaciones adecuadas en caso de que no se cumpla con las normas de agua potable y de reuso.</li> <li>Se continuará la elaboración de la cartografía digital de CU, a la cual se ingresan los planos de la red de distribución de agua limpia, alcantarillado y agua residual tratada.</li> <li>Se integrará la estadística básica del consumo de agua por edificio y por dependencia, de tal manera que sea posible comparar los consumos de todas las dependencias que cuenten con medidores.</li> <li>Se incluirán en el SIG los planos de las instalaciones de las dependencias que los faciliten.</li> </ul>



## Fugas

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante la medición de consumos en el horario nocturno (de las 23:00 a las 6:00 horas), se determinó que de los 100 l/s que se extraen de los pozos, se perdía el 50% en fugas y desperdicios.</li> <li>• Las pérdidas por fugas en la red y en el interior de las dependencias ocasionaban un costo anual de 197 millones de pesos por pagos de agua y energía eléctrica.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recuperó un caudal de fugas de 10 l/s, de los 50 l/s que se perdían en la red principal de abastecimiento.</li> <li>• Se compraron equipos de punta para la detección de fugas. Se adquirió un geófono y se solicitó un correlador, además de probar aparatos acústicos que emiten señales de fugas en la red principal.</li> <li>• Se instalaron 42 micro-medidores, con los cuales fue posible estimar que se perdía en fugas, en promedio, el 35% del volumen que ingresaba a las dependencias. Tras realizar acciones de recuperación de caudales no visibles en dichas dependencias, esa cifra se pudo reducir a cerca del 20 %.</li> <li>• Mediante la reparación de fugas en el interior de los edificios de seis dependencias, se logró recuperar 1 l/s del caudal perdido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se continuará con la detección y reparación de fugas en la red primaria de distribución utilizando equipos de vanguardia que facilitan el trabajo, como el geófono y los correladores adquiridos por PUMAGUA. El gasto a recuperar será de 15 litros por segundo.</li> <li>• Con la instalación de los 300 micro-medidores se estima recuperar 2 l/s de las fugas que se tienen en el interior de los edificios.</li> </ul>

## Muebles de baño

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se revisaron los muebles de baño del Instituto de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería y de la Torre de Humanidades.</li> <li>• Se encontró que de los muebles de baño revisados, cerca del 15% presentaba fugas y un 12% se encontraba fuera de funcionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se continuó con el monitoreo de los muebles de baño ahorradores instalados en diciembre de 2007 por PUMAGUA en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se continuó el monitoreo de los baños del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería. Se ha logrado mantener un ahorro del 44% respecto del consumo original que se registraba en ese edificio.</li> <li>• Se definieron las especificaciones de muebles de baño (mingitorios, excusados, llaves de lavabo y regaderas) con características de ahorro de agua que debe adquirir la UNAM.</li> <li>• Se logró ahorrar el 40 % del volumen consumido originalmente por 22 dependencias universitarias, mediante la sustitución de 1,000 muebles de baño por otros de bajo consumo de agua.</li> <li>• Si bien la cantidad de agua ahorrada (1 l/s) aún no es significativa, con acciones como esta se impulsa el uso eficiente del recurso y se dignifican los baños al ofrecer a los usuarios un mejor aspecto e higiene en ellos.</li> <li>• Se elaboró un “Manual para el Diagnóstico en el Funcionamiento de los Muebles de Baños”, disponible en la página Web de PUMAGUA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En 2010 se espera cambiar un total de 3,000 muebles de baño por muebles de bajo consumo de agua. Así se obtendrá un ahorro equivalente a 2 l/s.</li> </ul>

## Reuso en áreas verdes

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De las 155 hectáreas de áreas verdes que se riegan en CU, en dos terceras partes (105 hectáreas) se emplea agua potable y una tercera parte (50 hectáreas) se riega con agua de reuso proveniente de la planta de tratamiento de Cerro del Agua.</li> <li>Se determinó la imposibilidad de regar todas las áreas verdes con agua de reuso debido al escaso volumen de agua tratada y a la limitada cobertura de la red de distribución para riego.</li> <li>El sistema de riego era ineficiente a causa de la tecnología y los procedimientos utilizados, así como por los horarios en los que se hacía el riego, en los cuales la evaporación es elevada.</li> </ul> <p><i>Diagnóstico 2009:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No se conoce el nivel de exposición a microorganismos patógenos de los usuarios de las áreas verdes regadas con agua residual tratada que rebasa los conteos bacterianos establecidos en la normatividad. Por ello, es de suma importancia realizar estudios para evaluar y, de ser necesario, reducir el nivel de riesgo a la salud asociado al uso de este tipo de agua, y elaborar una norma para el empleo en la UNAM del agua de reuso en riego.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se elaboraron los proyectos ejecutivos de riego automatizado para los jardines del Instituto de Ingeniería y para el Jardín Botánico. Se espera reducir en un 30% el consumo de agua en esta actividad, la cual también se realizará en horas más adecuadas.</li> <li>En cuanto a los jardines del Instituto de Ingeniería, el riego se efectuará en forma automatizada con agua tratada proveniente de la planta de tratamiento de Cerro del Agua. Estos jardines contarán con vegetación nativa de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), de acuerdo con el proyecto elaborado por Arquitectura del Paisaje, Jardín Botánico y REPSA.</li> <li>Igualmente, para reducir el consumo de agua de riego en forma importante, se comenzó a incentivar a las dependencias a emplear en sus jardines plantas nativas de la REPSA.</li> <li>Con el propósito de aumentar el volumen de agua de reuso, se inició la rehabilitación de las plantas de tratamiento de Cerro del Agua y de Ciencias Políticas. A fines de 2010, estos trabajos permitirán intercambiar el volumen que se consume de agua potable por agua de reuso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En conjunto con la DGOyC, REPSA y el Jardín Botánico, se trabajará en la sustitución de los jardines actuales por vegetación nativa del Pedregal de San Ángel, principalmente en las zonas con afloramiento de roca volcánica, que facilitan dicha sustitución, así como en las zonas de amortiguamiento de la REPSA.</li> <li>Igualmente, se ejecutará el proyecto de jardinería elaborado en 2009 para el Instituto de Ingeniería.</li> <li>Se elaborará un manual de riego para jardineros de CU.</li> <li>También se creará un nuevo vivero para propagar flora nativa del Pedregal, debido a que el número de individuos generados actualmente es insuficiente para atender los requerimientos de CU.</li> <li>Se realizará un estudio de los suelos de CU que, junto con los datos climáticos y de evapotranspiración, permitirá estimar las láminas de riego adecuadas en distintos puntos del campus.</li> </ul>

## Sistemas de desinfección

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El equipo del Instituto de Ingeniería realizó muestreos del agua subterránea antes de su desinfección y después de la misma, tanto en los tanques de almacenamiento como en las tomas del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería. Los análisis se realizaron en un laboratorio certificado, externo a la UNAM.</li> <li>Respecto del agua subterránea, se determinó que antes de su desinfección cumple en su calidad con lo estipulado en la NOM-127-SSA1-1994.</li> <li>No se encontró contaminación en los tres tanques de almacenamiento ni en la red de distribución ni en las tomas para uso y consumo humano, aunque en todos los casos el cloro residual está por debajo del límite inferior establecido por la normatividad.</li> <li>Debido a que, como ya se mencionó, la concentración de cloro residual en los tanques de almacenamiento, red de distribución y tomas de agua en los edificios se encontraba por debajo del límite fijado por la norma relativa al agua para uso y consumo humano, se determinó que es necesario establecer sistemas de desinfección automatizados que garanticen la dosificación adecuada del cloro en el agua extraída de los tres pozos.</li> </ul> <p><i>Diagnóstico 2009:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el agua subterránea se detectaron bacterias indicadoras y patógenos no considerados en la normatividad, por lo cual se consideró necesario incluir estos microorganismos en una norma específica para la UNAM sobre calidad de agua para uso y consumo humano.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se iniciaron los trabajos para implementar el nuevo sistema de desinfección con ozono y cloro residual que garantice que el agua sea bebible en toda CU.</li> <li>Se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ingeniería las pruebas de capacidad de bombas, tiempo de contacto y dosificaciones para el diseño del nuevo sistema de desinfección con hipoclorito.</li> <li>Se trabajó en el programa de mantenimiento y limpieza de las cisternas de CU, tanto en las de agua potable como en las de agua de reuso para riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se contará con un nuevo sistema de desinfección de hipoclorito para el agua, la cual podrá usarse con un mayor grado de protección. La implantación de este sistema posibilitará eventualmente la certificación de todo el campus.</li> <li>Se continuará el mantenimiento y limpieza de las cisternas de CU, tanto las de agua potable como las de agua reutilizada en el riego.</li> </ul>

## Plantas de tratamiento

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El equipo del Instituto de Ingeniería realizó una evaluación de las plantas de tratamiento de Cerro del Agua, de Ciencias Políticas y Sociales y del Instituto de Ingeniería, así como de la calidad del agua tratada en ellas.</li> <li>• Igualmente, se evaluó la eficiencia de las 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN presentes en CU.</li> <li>• Se determinó que durante la mayor parte del año la calidad de los efluentes de las tres plantas de tratamiento, así como de las 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN, no cumplían con lo establecido en la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, que regula la calidad del agua de reuso para riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se determinó que, por la falta de mantenimiento, el volumen procesado en las tres plantas de tratamiento era menor al 50% de su capacidad de diseño.</li> <li>• Como consecuencia de la medición de la calidad del agua tratada en las tres plantas, se determinó la necesidad de adecuarlas para que el agua que procesan cumpliera con la normatividad vigente.</li> <li>• Se señaló también la necesidad de adecuar las plantas de tratamiento para ampliar su volumen de agua residual procesada.</li> <li>• En cuanto a las 26 plantas tipo BRAIN, se determinó clausurarlas debido a que el efluente de las mismas no cumplía con la norma de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Instituto de Ingeniería elaboró el proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento de Cerro del Agua para duplicar el volumen tratado y mejorar la calidad de sus efluentes, con el objeto de cumplir con la norma respectiva y llegar a producir 40 litros por segundo de agua tratada.</li> <li>• La Dirección General de Obras y Conservación inició la primera etapa de rehabilitación de la planta de tratamiento de Cerro del Agua. Con estos trabajos se logrará contar con un caudal de 25 l/s de agua de reuso cuya calidad cumpla con la normatividad correspondiente. También se inició la rehabilitación de la planta de tratamiento de Ciencias Políticas para lograr un caudal de 7.5 litros por segundo de agua tratada que se apegue en su calidad a la norma vigente.</li> <li>• El Instituto de Ingeniería trabajó en la estabilización de su planta de tratamiento, esperando en 2010 poder reusar el agua en los baños de uno de sus edificios.</li> <li>• Las 26 plantas BRAIN fueron clausuradas por las autoridades universitarias, derivado del diagnóstico PUMAGUA, y se inició la construcción de una red de drenaje que canalizará el agua residual generada en la zona cultural hacia la planta de tratamiento de Ciencias Políticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante 2010 se adecuarán las dos plantas de tratamiento de CU para incrementar su volumen de agua tratada a 32 litros por segundo; en etapas posteriores se alcanzará un volumen de 47 litros por segundo. Además se contará con agua tratada de mejor calidad para el riego de áreas verdes.</li> <li>• La planta de tratamiento de Ciencias Políticas estará funcionando al 100%, con un caudal procesado de 7.5 l/s</li> <li>• Se terminará la primera etapa de la planta de tratamiento de Cerro del Agua.</li> <li>• Se terminará la construcción del drenaje de la zona cultural y se conducirá su agua a la planta de tratamiento de Ciencias Políticas.</li> </ul>

## Participación

Diagnóstico	2008	2009	2010
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El único programa existente en 2008 que solicitaba la participación de las dependencias universitarias, era el Programa de Manejo Adecuado de Residuos Peligrosos, a cargo de la Facultad de Química, en el que colaboraban cerca de 20 dependencias.</li> <li>• No se detectó la existencia de un programa universitario de manejo del agua que involucrara a los estudiantes y otorgara a sus trabajos un valor curricular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ha involucrado a más de 50 estudiantes de Biología en la realización de trabajos escolares sobre PUMAGUA.</li> <li>• Se involucró a más de 40 dependencias universitarias en las acciones de PUMAGUA.</li> <li>• Se inició la colaboración con la FES Aragón para elaborar y ejecutar su programa de PUMAGUA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se integrará al PUMAGUA a todas las Facultades de Estudios Superiores, Preparatorias y Colegios de Ciencias y Humanidades de la UNAM.</li> <li>• Al final de 2010 se iniciarán pláticas con campus universitarios ubicados fuera del Valle de México.</li> <li>• Se mantienen pláticas con las autoridades de diversos campus universitarios y de algunos municipios y autoridades que han mostrado interés en adoptar el Programa, como es el caso de la Delegación Coyoacán.</li> <li>• Se iniciará la participación de PUMAGUA dentro del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para las Américas y el Caribe. Se cuenta con el apoyo para impulsar PUMAGUA a nivel regional, a través de experiencias piloto en universidades vinculadas al Programa.</li> <li>• Se iniciarán los trabajos para formar los Grupos de Análisis dentro de la Red del Agua. Ya se cuenta con los grupos de "Agua y Salud", "Agua y Vegetación en la UNAM" y "Comunicación entre Universitarios".</li> </ul>

## Comunicación

Diagnóstico	2008	2009	2010
<p><i>Diagnóstico 2008:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se determinaron los distintos sectores de la población que utilizan el agua en CU.</li> <li>• Se aplicaron 37 entrevistas exploratorias que abarcaron todos los sectores identificados.</li> <li>• Se determinó que los usuarios no percibían el desperdicio del agua en CU, y quienes sí tenían conciencia de ello lo relacionaban principalmente con el mal uso del agua en los baños.</li> <li>• Se encontró que pocas personas reportaban fugas porque no sabían a quién reportarlas y por la ineficiencia en la respuesta por parte del personal de mantenimiento.</li> <li>• En cuanto a los "lavacoches", contrario a la percepción de muchos universitarios, se determinó que emplean cantidades moderadas de agua en esta actividad.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aplicó una encuesta para conocer los conocimientos, actitudes y conductas de los usuarios del agua en CU, así como sus propuestas para una campaña de comunicación.</li> <li>• La encuesta reveló un escaso conocimiento del manejo del agua en CU, una falta de percepción del desperdicio del recurso, una actitud participativa por parte de los estudiantes y una actitud renuente a la participación por parte de los académicos, así como una percepción significativa sobre la falta de atención de las autoridades al problema del agua, entre otros factores.</li> <li>• Estudiantes de Diseño Gráfico de la ENAP trabajaron en la campaña de comunicación; generaron material impreso, lo probaron e hicieron modificaciones al mismo.</li> <li>• Se elaboró la Página de PUMAGUA: <a href="http://www.pumagua.unam.mx">www.pumagua.unam.mx</a></li> <li>• Se inició la difusión de los avances de PUMAGUA en diversos medios masivos de comunicación (Gaceta UNAM, periódicos, radio, televisión).</li> <li>• Se comenzó el envío mensual de material electrónico a todas las dependencias universitarias, mediante el cual se reporta las actividades y resultados del Programa.</li> <li>• Se efectuaron pláticas con cerca de 50 dependencias universitarias para informarles del PUMAGUA y estimularlas a participar en él.</li> <li>• Con el mismo objetivo, se impartieron alrededor de 15 conferencias y ponencias en dependencias de la UNAM, así como en foros nacionales e internacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se llevará a cabo la segunda etapa de la campaña de comunicación en todas las dependencias universitarias.</li> <li>• Se continuará con el envío mensual de material electrónico.</li> <li>• Asimismo, se aplicará una encuesta para medir el impacto de la campaña en los conocimientos, actitudes y conductas de los universitarios en relación con el manejo del agua.</li> <li>• Se generarán publicaciones en revistas especializadas y de divulgación, y se presentarán trabajos en diversos foros nacionales e internacionales.</li> </ul>

## Formación de recursos humanos

Diagnóstico	2008	2009	2010
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuatro alumnos de licenciatura iniciaron sus tesis en el área de calidad del agua.</li> <li>• Siete becarios ingresaron a PUMAGUA en las áreas de balance hidráulico y de calidad del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se llevaron a cabo dos seminarios de macro-medición y micro-medición con personal de diversas dependencias de la UNAM, dentro y fuera de CU.</li> <li>• Se concluyeron cinco tesis (dos en Química Farmacéutica Biológica, una en Medicina y dos en Ingeniería Química), y 14 están en proceso.</li> <li>• Aproximadamente 30 becarios colaboraron en las áreas de detección de fugas, medición, riego, calidad del agua y comunicación/participación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se organizarán diversos cursos y talleres para fomentar el uso más eficiente del agua.</li> <li>• Se continuará involucrando a los estudiantes de diversas carreras y posgrados, como los de Biología y Medicina Veterinaria y Zootecnia, para que participen en el desarrollo de proyectos de investigación como parte de su formación curricular, así como en proyectos en los que realicen sus trabajos de tesis o colaboren haciendo su servicio social. Para ello, se seguirá exhortando al personal académico a que estimule a los estudiantes en este sentido.</li> <li>• Se realizarán cursos de capacitación sobre la integración y empleo del Sistema de Información Geográfica, dirigidos a estudiantes universitarios.</li> <li>• Se impartirán seminarios y cursos para promover el uso eficiente del agua en diversas actividades. En primer término, se impartirá un seminario dirigido a los jardineros, en el cual se darán a conocer diversas técnicas para realizar un riego adecuado y cuidar la vegetación nativa.</li> <li>• Asimismo, se impartirá un curso sobre medición de consumos dirigido a estudiantes y personal de las dependencias de CU.</li> <li>• Las metodologías desarrolladas para la ejecución del PUMAGUA, así como las distintas prácticas y tecnologías utilizadas, se documentarán en manuales y guías que faciliten su aplicación en las dependencias de la UNAM y en otros sistemas de operación de aguas de ciudades interesadas. Asimismo, se prevé elaborar los reglamentos necesarios que garanticen el uso eficiente del agua en la UNAM.</li> </ul>



## Institucionalidad

Diagnóstico	2008	2009	2010
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• PUMAGUA concretará convenios de colaboración con la Administración Central y la DGOyC, con el propósito de definir los mecanismos de trabajo y los compromisos de cada una de dichas instancias para implantar el Programa de manera eficiente.</li> <li>• Se establecerán bases de colaboración con las dependencias de la UNAM que forman parte del Grupo de Trabajo de PUMAGUA, para establecer los compromisos de cada una de las partes en su área respectiva.</li> <li>• Se generará una propuesta para adecuar la organización interna de la UNAM, de tal modo que se constituya una instancia encargada exclusivamente de la operación y monitoreo del sistema de agua.</li> </ul>

## Incentivos

Diagnóstico	2008	2009	2010
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se determinó la necesidad de crear un programa de incentivos para motivar a las dependencias universitarias a realizar un uso eficiente del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identificaron los requisitos necesarios para otorgar incentivos a las dependencias que participan activamente en PUMAGUA. Dichos requisitos son: la asignación de un responsable del Programa en la dependencia; la instalación de medidores de consumo; la reparación pronta y efectiva de fugas reportadas por PUMAGUA; la sustitución y supervisión de muebles de baño y de vegetación de bajo consumo, así como la difusión efectiva del material enviado por el Programa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elaborará el programa de incentivos para las dependencias de la UNAM.</li> </ul>



# Participantes

# PUMAGUA



## **PARTICIPANTES PUMAGUA**

El trabajo realizado durante 2009 ha sido posible con la participación de un grupo multidisciplinario universitario de especialistas en la materia.

### **Director de PUMAGUA**

Dr. Fernando J. González Villarreal.

### **Coordinador Ejecutivo de PUMAGUA**

Dr. Rafael Val Segura.

### **Balance Hidráulico**

Ing. Antonio Capella Vizcaíno

Coordinador

Fernando Reyes Soto  
Guillermo Alberto Montero Medel  
José Daniel Rocha Guzmán  
José Luis Herrera Alanís  
Maricela Ojeda Ramírez  
Miguel Segundo Vázquez  
Víctor Alberto Parra Eguializ

### **Calidad del Agua**

Dra. María Teresa Orta Ledesma.

Coordinadora

### **Instituto de Ingeniería**

Dra. María Teresa Orta Ledesma.

Coordinadora

Dr. Ignacio Monje Ramírez  
Dra. María Neftalí Rojas Valencia  
Dulce Marlen Pineda Morales  
Erick Iván García Santiago  
Germán Castro Hernández  
Juan Carlos Maravillas Aparicio  
M. en C. Isaura Yáñez Noguez  
María Isabel Santos Márquez  
Rut Sarait Vargas Ramírez

**Instituto de Ecología**

Dra. Marisa Mazari Hiriart

Coordinadora

Alejandra Fonseca Salazar  
Dra. Ana Cecilia Espinosa García  
Miguel Alt Magaña

**Facultad de Medicina**

Dra. Yolanda López Vidal

Coordinadora

Arq. Erandi Jiménez Josep  
Dr. Gonzalo Castillo Rojas  
Dra. Ana Rosa Moreno Sánchez  
Dra. Antonia Isabel Castillo Rodal  
Dra. Laura Moreno Altamirano  
Dra. Lourdes Llorety Sánchez  
Q.F.B. Adriana Arvizu Hernández

**Comunicación y Participación PUMAGUA**

M. en C. Cecilia Lartigue Baca

Coordinadora

Berenice Hernández Mastache  
Enrique Gómez Gómez

**Responsable de Arquitectura del Paisaje**

M. en U. Fabiola Pastor Gómez.

Coordinadora

Arq. Psj. Esmeralda Castellanos Rojas  
Arq. Psj. Karla García Estrada  
Gabriela Castillo Flores  
Gisela Varela Chavarría  
M. en C. María del Carmen Meza Aguilar  
Omaris Isadora Zúñiga Tores  
Paola Patricia González Ordaz

**Responsable del S.I.G. Instituto de Geografía**

M. en C. José Antonio Quintero Pérez

Coordinador

Juan Manuel García Hernández  
Juan Ricardo Pichardo Martínez

**Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC)**

Ing. Francisco de Pablo Galán

Director General

Ing. Francisco Montellano Magra

Director de Planeación y

Evaluación de Obra

Ing. Edgar Lizano Soberón

Director de Conservación

**Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA)**

Dr. Antonio Lot Helgueras

Secretario Ejecutivo de la REPSA

Arq. Pedro Camarena Berruecos

**Jardín Botánico**

Dr. Javier Caballero Nieto

Jefe del Jardín Botánico

**Asesores de PUMAGUA**

Ing. Enrique Aguilar Amilpa

Ing. César Herrera Toledo





100 UNAM



PUMAGUA

INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM

[www.pumagua.unam.mx](http://www.pumagua.unam.mx)