

PUMAGUA

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



PUMAGUA AVANCES 2009





Avances 2009

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

| | |
|---|-----------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 7 |
| Avances hasta junio de 2010 | 7 |
| Acciones en 2008..... | 8 |
| Acciones en 2009..... | 10 |
| Acciones en 2010..... | 13 |
| ANTECEDENTES | 17 |
| I. OBJETIVOS Y METAS DE PUMAGUA..... | 19 |
| II. AVANCES 2008..... | 21 |
| Captación | 21 |
| Almacenamiento | 21 |
| Distribución | 22 |
| Suministro..... | 22 |
| Alcantarillado | 22 |
| Reuso..... | 22 |
| Comunicación | 23 |
| Avances | 23 |
| III. AVANCES 2009..... | 25 |
| Diagnóstico..... | 25 |
| Medición | 27 |
| Monitoreo | 31 |
| Fugas | 32 |
| Muebles de baño | 34 |
| Reuso en áreas verdes..... | 35 |
| Sistema de desinfección..... | 38 |
| Plantas de tratamiento | 38 |
| Participación | 39 |
| Comunicación | 41 |
| Formación de recursos humanos | 42 |
| Incentivos | 43 |
| Informe financiero | 44 |

| | |
|--|-----------|
| IV. PERSPECTIVAS 2010..... | 45 |
| a) Continuidad de los trabajos de 2009 | 47 |
| Detección y reparación de fugas | 47 |
| Mejoramiento en la eficiencia de los pozos | 47 |
| Cambio de muebles de baño..... | 47 |
| Aumento del volumen de agua tratada y mejoramiento de su calidad | 47 |
| Involucramiento de las dependencias universitarias | 48 |
| Integración del Sistema de Información Geográfica (SIG) | 48 |
| Programa de riego | 49 |
| Comunicación | 49 |
| b) Coordinación y descentralización de los trabajos futuros mediante bases de colaboración con las dependencias participantes. | 50 |
| Colaboración con la Administración Central y la Dirección General de Obras y Conservación | 50 |
| Colaboración con las dependencias de la UNAM que forman parte del Grupo de Trabajo | 50 |
| Instancia encargada de la operación y monitoreo del sistema de agua..... | 50 |
| c) Establecimiento del PUMAGUA en otros campi universitarios | 50 |
| d) Ejecución del Programa de Medición y Monitoreo a largo plazo | 51 |
| Medidores de nivel en los tanques de almacenamiento..... | 51 |
| Medidores en la entrada de cada uno de los sectores hidráulicos | 51 |
| Válvulas reguladoras de presión..... | 51 |
| Medidores en cada toma de agua | 51 |
| Instalación de concentradores de datos..... | 51 |
| Base de datos | 51 |
| Sistema de desinfección..... | 52 |
| Monitoreo de la calidad del agua..... | 52 |
| e) Desarrollo de proyectos de investigación asociados al PUMAGUA | 52 |
| f) Formación de recursos humanos..... | 53 |
| g) Generación de un programa de incentivos para las dependencias universitarias que mejoren el manejo interno del agua | 54 |
| h) Elaboración de manuales, guías y reglamentos para el uso eficiente del agua..... | 54 |
| Resultados esperados al final de 2010..... | 55 |
| ➤ Balance hidráulico | 55 |
| ➤ Calidad del agua..... | 56 |
| ➤ Comunicación/Participación | 56 |
| ➤ Sistema de Información Geográfica | 57 |
| ➤ Resultados esperados según nuevos lineamientos..... | 57 |
| Cronograma de actividades 2010..... | 59 |
| Presupuesto 2010 | 65 |
| V. PARTICIPANTES PUMAGUA 2009..... | 67 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Instalación de Medidores Electromagnéticos en 2008..... | 27 |
| <i>Figura 2.</i> Sectores Hidráulicos en la red de CU | 28 |
| <i>Figura 3.</i> Inspección al drenaje, encontrando agua limpia por fugas en la red de abastecimiento de CU. | 33 |
| <i>Figura 4.</i> Inspección al drenaje, encontrando agua limpia por fugas en la red de CU. | 33 |
| <i>Figura 5.</i> Fuga en el Auditorio C.E.D.E.M. de la Facultad de Economía de CU. | 34 |
| <i>Figura 6.</i> Ejemplos de cambios de muebles de baño en diferentes dependencias de CU..... | 35 |
| <i>Figura 7.</i> Zonificación de áreas del Instituto de Ingeniería según las características de sus jardines..... | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1.</i> Resumen de muestras positivas en pasto regado con agua residual tratada producida en la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua. | 25 |
| <i>Tabla 2.</i> Dependencias con medidor instalado. | 29 |
| <i>Tabla 3.</i> Dependencias con medidor por instalar. | 30 |
| <i>Tabla 4.</i> Promedio de los resultados obtenidos durante los análisis de la calidad del agua potable del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería. | 31 |
| <i>Tabla 5.</i> Informe financiero | 44 |
| <i>Tabla 6.</i> Presupuesto 2010..... | 65 |

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) 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) 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 la 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 la 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.

ANTECEDENTES

En 2006 se llevó a cabo en la Ciudad de México el IV Foro Mundial del Agua. Veintiséis dependencias de la UNAM participaron en el evento, en el cual se expusieron trabajos relacionados con el agua, 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 impulsen 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 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.

I. OBJETIVOS Y METAS DE PUMAGUA

El objetivo principal de PUMAGUA es:

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 del programa para el periodo 2009 - 2011 son las siguientes:

1) Ahorrar el 50% del suministro total de agua actual.

El volumen actual suministrado es de 100 litros por segundo en promedio; se pretende reducirlo a 50 litros por segundo en promedio, siguiendo diferentes líneas de acción: 1) reducción de fugas en la red principal de abastecimiento y en el interior de los edificios; 2) sustitución de muebles de baño por los de bajo consumo; 3) sustitución de agua potable por agua tratada proveniente de las plantas de tratamiento ubicadas en Ciudad Universitaria; 4) utilización de equipos de riego más eficientes; y 5) cambio de la vegetación en algunos jardines por vegetación autóctona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

| | ACTUAL (lps) | PUMAGUA (lps) | AHORRO (%) |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| FUGAS | 54.0 | 25.0 | 52.0 |
| RIEGO | 18.8 | 6.0 | 68.0 |
| CONSUMOS | 21.2 | 19.0 | 10.0 |
| TOTAL | 94.0 | 50.0 | 48 |

2) Garantizar la calidad del agua:

- Garantizar que la calidad del agua para uso y consumo humano cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000.
- Garantizar que la calidad del agua de reuso para riego de jardines cumpla con los parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997.

3) Participación comunitaria en el PUMAGUA

Al término de estos tres años, las 144 entidades universitarias y cada miembro de la comunidad universitaria del campus de CU formarán parte del Programa PUMAGUA.

II. AVANCES 2008

Los trabajos de PUMAGUA se iniciaron en el primer trimestre de 2008. La principal actividad desarrollada durante ese año fue el obtener un diagnóstico del estado que guardaban las instalaciones hidráulicas sanitarias en CU. Gran parte del tiempo se empleó en la actualización de la información que la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) proporcionó a PUMAGUA. Dicha actualización se realizó mediante visitas de campo y reuniones con personal de las dependencias universitarias.

El diagnóstico se integró atendiendo los siguientes elementos:

Captación

Se realiza por medio de tres pozos que abastecen en promedio 100 litros por segundo. Los pozos se encuentran ubicados en Facultad de Química, Multifamiliar y Vivero Alto.

El paro y arranque de los pozos se lleva a cabo de manera manual. Ambas operaciones se realizan en función de los niveles mínimos en los tanques de almacenamiento y se hacen a criterio del operador en turno.

Cada pozo cuenta con un medidor. Mensualmente se hacen mediciones del nivel estático y dinámico del agua.

Los pozos cuentan con un equipo para potabilizar el agua a base de cloro gas. En el pozo de la Facultad de Química, la potabilización se realiza a base de hipoclorito de sodio.

El cloro libre residual en los pozos se encuentra dentro de los límites máximos permisibles que establece la norma. En cuanto al límite mínimo, en los tres pozos se encuentra por debajo de los 0.06 mg/l, mientras que la norma establece un intervalo de 0.2 a 1.50 mg/l.

Respecto del nitrato en el agua que se extrae de los pozos, PUMAGUA señaló la existencia de concentraciones que deben ser vigiladas por estar cerca de la norma. Ello puede deberse a la contaminación por escorrentías de fertilizantes o por infiltración de aguas residuales. Esto se determinó a raíz de los análisis de calidad del agua de los pozos.

Por otra parte, con el muestreo realizado, se encontró que las concentraciones de los componentes fisicoquímicos y microbiológicos están por debajo de los límites establecidos por la norma aplicable.

Almacenamiento

El agua se almacena en tres tanques con una capacidad total de 12,000 m³, suficiente para satisfacer el abastecimiento en el campus de CU.

Cada hora se toma la lectura visualmente, con ayuda de una regleta pintada en el interior del tanque.

Mediante la medición de niveles del agua en el horario nocturno (de las 23:00 a las 6:00 hrs.), que es cuando el consumo es mínimo o nulo, se determinó que de los 100 litros por segundo que se extraen de los pozos se pierde el 50% en fugas y desperdicios. Estas pérdidas por fugas en la red y en el interior de las dependencias equivalían a un costo anual de 197 millones de pesos por pagos de energía eléctrica.

No se encontró contaminación alguna en los tres tanques de almacenamiento, pero el cloro residual está por debajo del límite inferior establecido por la norma.

Distribución

Se efectúa a través de 54 km de tubería que transportan el agua a todos los edificios del campus. En algunas zonas, esta tubería se instaló hace 50 años, y hay evidencias de que presenta un deterioro significativo, sin un programa que plantee una rehabilitación o remplazo de las tuberías.

El consumo en las dependencias es de 30 litros por segundo; al riego se destinan 20 litros por segundo y en fugas se pierden 50 litros por segundo.

En la red de distribución tampoco se detectó contaminación, pero se evidenciaron igualmente problemas con el cloro residual, al estar por debajo del límite inferior que señala la norma mexicana.

Suministro

El agua que ingresa a cada uno de los edificios pasa a una cisterna o directamente a los sanitarios y a las diversas tomas de agua de las dependencias.

En 2008 se encontró que sólo había 35 micro-medidores instalados, de los cuales únicamente tres estaban en funcionamiento. De acuerdo con el diagnóstico, se requieren 300 micro-medidores en CU.

En ese año no era posible estimar las pérdidas por fugas y desperdicios dentro de las dependencias universitarias, dado que no existía un sistema de medición.

En las tomas de agua para uso y consumo humano no se encontró contaminación alguna, pero se detectó una concentración de cloro libre residual por debajo de lo que señala la normatividad.

Alcantarillado

La red de alcantarillado está compuesta por dos colectores localizados en la zona vieja de CU. Existe otro colector en la Zona Sur, por donde se encuentra la Facultad de Ciencias. La suma de los tres colectores conducen 80 litros por segundo.

Reuso

Ciudad Universitaria cuenta con tres plantas de tratamiento: la de Cerro del Agua, que recibe el volumen de los colectores de la zona antigua de CU, la de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, que trata el agua proveniente del colector de la Zona Sur; y la del Instituto de Ingeniería, que recibe el agua del edificio 12 y 18 del mismo Instituto. La capacidad total de tratamiento de estas tres plantas es de 48 litros por segundo, de los cuales sólo se tratan 21 litros por segundo; equivalente al 26% del volumen de aguas residuales y pluviales que conducen los colectores existentes en CU.

De las 730 hectáreas en promedio que conforman CU, 240 hectáreas corresponden a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y 155 hectáreas a zonas de jardines. De éstas últimas, sólo una tercera parte es regada con agua residual tratada; el resto se riega con agua potable.

Durante la mayor parte del año, la calidad del agua procesada en las tres plantas de tratamiento no cumplía con la normatividad oficial establecida para que el agua pueda reutilizarse en el riego.

También se contaba con 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN, pero se determinó que el agua procesada en las mismas no cumplía con la norma de calidad para reutilizarla en servicios al público ni para inyectarla al acuífero. En consecuencia, se determinó conveniente clausurar todas las plantas de este tipo.

Comunicación

Mediante una encuesta entre la población universitaria, se evidenció que los usuarios no percibían el desperdicio del agua en CU, y quienes tenían conciencia de él lo relacionaban principalmente con el uso del agua en los baños. La mayor parte de los entrevistados señaló el desperdicio ocasionado por el mal funcionamiento de los sanitarios automatizados. En el caso de los laboratorios, se mencionó al lavado del material como un proceso en el que se desperdicia mucha agua.

De igual manera, la mayoría de los entrevistados señaló como un problema serio la falta de higiene en los sanitarios. Se encontró también que pocas personas reportaban fugas porque no sabían a quién debían informarlo, y por la ineficiente respuesta por parte del personal de mantenimiento. Por último, se constató que los “lavacoches”, contrario a la percepción de muchos universitarios, utilizan cantidades moderadas de agua y están dispuestos a participar en el Programa.

Avances

Se consideró prioritario integrar un Sistema de Información Geográfica que despliegue la información y permita su análisis, ya que se identificó una escasez generalizada de planos y la ausencia de información digitalizada.

La Dirección General de Servicios Médicos (DGSM) es la encargada de realizar los muestreos de calidad del agua en 136 dependencias, actividad en la que aplica la 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.

Personal del Instituto de Ingeniería realizó muestreos del agua antes de la desinfección y después de la misma. Además se realizaron análisis en un laboratorio certificado, externo a la UNAM, que evaluó la calidad del agua en relación con la NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000, que es la que debe considerarse ahora. Se determinó así que el agua suministrada para el uso y consumo humano es de buena calidad.

También se realizó un análisis de la calidad del agua residual con base en la norma oficial mexicana correspondiente, que es la NOM-002-SEMARNAT-1996, la cual no considera la concentración de coliformes fecales. De ahí que una recomendación del PUMAGUA es que se incluya a esos microorganismos patógenos en el análisis, ya que es importante considerarlos con el propósito de que el agua de riego no constituya un riesgo para la salud de los usuarios que tienen contacto directo con ella.

Por otra parte, 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 estas instalaciones. Ello, a partir de que se encontró que de una muestra de muebles de baño revisados, cerca del 15% presentaba fugas y el 12% se encontraba fuera de funcionamiento.

Igualmente, se concluyó que es necesario establecer un sistema de desinfección automatizado que garantice la dosificación adecuada del cloro del agua extraída de los tres pozos de abastecimiento, debido a que, como ya se ha dicho, su concentración de cloro residual está por debajo del límite mínimo establecido por la norma para el agua de uso y consumo humano.

Se determinó también que la imposibilidad de regar todas las áreas ajardinadas con agua residual tratada se debe al escaso volumen de agua procesada por las plantas de tratamiento y a la falta de cobertura de la actual red de distribución para riego.

Mediante una evaluación que el Instituto de Ingeniería hizo de la infraestructura de las plantas de tratamiento de CU, se evidenció que el volumen de agua procesado en ellas era menor al 50% de la capacidad de su diseño, debido a la falta de mantenimiento de las mismas. Por ello, se señaló la necesidad de adecuar las plantas para ampliar su volumen de agua residual tratada, cuya calidad debe ajustarse a lo establecido por la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Por último, se consideró necesario implementar un programa de incentivos para motivar 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.

III. AVANCES 2009.

Durante 2009 el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA) terminó el diagnóstico del estado que guardan las instalaciones hidráulicas en Ciudad Universitaria e inició el diagnóstico en la Facultad de Estudios Superiores de Aragón. A continuación se describen las actividades realizadas en ese año con miras a alcanzar las metas planteadas por PUMAGUA.

Diagnóstico

Se realizaron actividades que complementan el diagnóstico hecho en 2008 en CU, las cuales se describen a continuación.

De acuerdo con los análisis hechos por el Instituto de Ingeniería y el Instituto de Ecología en las temporadas cálida-seca (abril-junio), cálida-lluviosa (agosto-octubre) y fría-seca (enero-marzo), se determinó que el agua subterránea contenía bacterias indicadoras y patógenos no tomados en cuenta en la normatividad, por lo cual se considera necesario incluir estos microorganismos en una norma específica para la UNAM sobre calidad del agua para uso y consumo humano.

Respecto de la calidad del agua de reuso, el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ecología y la Facultad de Medicina realizaron una serie de análisis en las diferentes temporadas antes descritas, llegando a la conclusión de que no se conoce el nivel de exposición a microorganismos patógenos de los usuarios de las áreas verdes regadas con agua residual tratada, la cual rebasa los conteos bacterianos establecidos en la normatividad, principalmente en la temporada previa a las lluvias. Por ello, es de suma importancia realizar estudios para evaluar y reducir el nivel de riesgo a la salud asociado al empleo y contacto con este tipo de agua. En la *Tabla 1* se muestran los resultados obtenidos de las muestras tomadas en pastos regados con agua de reuso.

Tabla 1. Resumen de muestras positivas en pasto regado con agua residual tratada producida en la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.

| PASTOS | | | |
|-------------------|---------------|---------------|--------------|
| Sitio de muestreo | CF | EF | Colifagos |
| | n/+ | n/+ | n/+ |
| Áreas verdes | 24/17 (70.8%) | 24/21 (87.5%) | 18/18 (100%) |

CF: coliformes fecales; EF: enterococos fecales. Nota: esta tabla comprende las temporadas fría-seca y cálida-seca; el muestreo de la temporada cálida-lluviosa aún no se concluye.

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 de bacterias potencialmente patógenas.

Debido a los resultados antes descritos, se realizaron las recomendaciones correspondientes a la DGOyC para mejorar la calidad del agua de reuso proveniente de las plantas de tratamiento; de ahí que en 2009 la Dirección de Conservación y la 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, como para aumentar su volumen. El Instituto de Ingeniería también realizó adecuaciones para lograr la estabilización de su planta con el propósito de que en el 2010 se pueda usar el agua producto de la misma en los baños de uno de sus edificios.

Asimismo, dado que la norma oficial correspondiente no considera todos los agentes que representan un riesgo para la salud de la población, se determinó la necesidad de incluirlos en una norma de la UNAM para agua de reuso en riego.

Una de las actividades de PUMAGUA en 2009 fue la elaboración de manuales que faciliten el desarrollo del programa fuera de CU. Ya se integraron dos de ellos: el “Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento de Medidores de Agua Fría”, y el “Manual para el Diagnóstico en el Funcionamiento de los Muebles de Baños”; ambos están disponibles en la página Web de PUMAGUA (www.pumagua.unam.mx).

Con la experiencia en la recopilación de información realizada en 2008, se determinó la estructura de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que sea la base de datos adecuada para ingresarlos sin dificultad. Dicha base contará con la información actualizada y podrá consultarse por el equipo de PUMAGUA, por la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), así como por directores de las diversas dependencias de CU.

Los avances logrados en el SIG permiten ahora la geo-referenciación de la red de tuberías de agua potable, clasificadas por diámetro y ordenadas de acuerdo con un identificador (ID) único de este sistema, así como contar con una “capa” que contiene la información de los medidores instalados. Se iniciaron los trabajos del levantamiento de las válvulas, cruces y piezas especiales existentes para ingresar esta información al SIG. Se continuará integrando la información conforme se vaya obteniendo y actualizando, y se buscará mejorar su nivel de confiabilidad.

Medición

Con el objetivo de tener un control del suministro y consumo de agua en Ciudad Universitaria, PUMAGUA está montando un sistema de medición integral automatizado que permite realizar con facilidad la recolección y el análisis de información. Una de las etapas es la macro medición, la cual corresponde a medir cada hora el volumen de extracción de los pozos, su distribución en los tanques y el suministro de agua a cada uno de los cinco sectores hidráulicos en los que se ha dividido la red hidráulica de CU, cerrando el balance con las estimaciones que se realizan con los medidores colocados a la entrada de cada edificio.

Durante 2009 se realizaron recorridos en Ciudad Universitaria, junto con la DGOyC, para detectar los puntos en donde había que instalar medidores electromagnéticos; en total, se identificaron diez lugares. Hasta el momento se han instalado cinco de estos medidores: dos de ellos en el Tanque Bajo; un medidor en el Pozo de la Facultad de Química; un medidor en el Pozo del Multifamiliar y uno más en el Pozo de Vivero Alto. Estos medidores cuentan con una unidad de memoria y un sistema de radio que envía la información cada hora al punto central de PUMAGUA. En la *Figura 1* se muestra la instalación de algunos de los medidores electromagnéticos en los pozos.



Figura 1. Instalación de Medidores Electromagnéticos en 2008.

Como parte del diagnóstico de la red de agua potable, se simuló el funcionamiento actual de la red mediante un modelo matemático que refleja las características hidráulicas actuales del sistema, las cuales pueden ser confirmadas con mediciones obtenidas en campo. Los modelos de simulación matemática son el fundamento para modelar diferentes comportamientos de la red de distribución. Del producto de estas simulaciones se extraen resultados que son considerados en la planificación, operación y gestión de la red.

La modelación matemática mostró la conveniencia de segmentar la red de agua potable de CU en cinco sectores hidráulicos. Un sector hidráulico es una porción de la red de distribución bien delimitada geográficamente, en la que se toma como principal criterio las presiones y, en consecuencia, la topografía, además de que se encuentra aislada hidráulicamente de los demás segmentos. El suministro de agua se da por un solo tubo definido a través de la modelación, lo cual permite medir los caudales demandados para consumo así como las pérdidas de agua, cubriendo siempre la demanda de los usuarios y sus variaciones en el tiempo. En la *Figura 2* se muestra cómo están delimitados los cinco sectores hidráulicos.

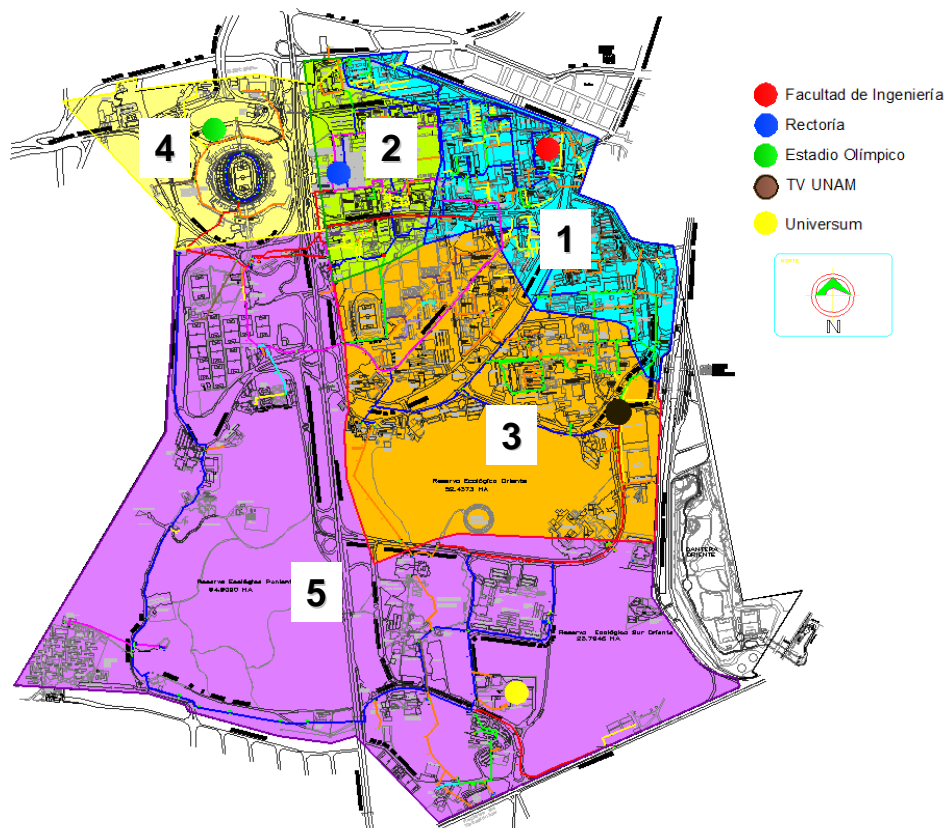


Figura 2. Sectores Hidráulicos en la red de CU

Con el objetivo de conocer el consumo y fugas dentro de cada dependencia de C.U., se están instalando micro-medidores en la toma de cada dependencia universitaria. Los medidores seleccionados para la micro-medición son de tipo volumétrico y funcionan bajo un sistema de transmisión automática de lectura desde un punto central de CU, con una frecuencia de una hora; ello se explica en el Anexo de Balance Hidráulico. La instalación de los micro-medidores permitirá instrumentar políticas para un mejor manejo y administración del agua.

Se estima que es necesario instalar en CU 300 micro-medidores. Se han entregado 51 micro-medidores a 18 dependencias; la DGOyC ya instaló 49 de ellos, lo que representa un avance del 67% de la meta propuesta para 2009. Se espera superar este rezago en 2010. Las *Tablas 2 y 3* muestran los avances en la instalación de los medidores de agua en las dependencias que paulatinamente se han integrado al PUMAGUA.

Tabla 2. Dependencias con medidor instalado.

| ENTIDADES QUE CUENTAN CON MEDIDORES INSTALADOS Actualizada hasta 09 03 10 | | | | |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| DEPENDENCIAS | MEDIDORES | | Instalados | SECTOR |
| | Proyectados | Entregados | | |
| INSTITUTO DE INGENIERÍA | 12 | 12 | 12 | SECTOR I |
| FACULTAD DE VETERINARIA | 15 | 15 | 14 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE GEOLOGIA | 2 | 2 | 2 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE GEOFISICA | 3 | 3 | 3 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE QUIMICA | 3 | 3 | 3 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE MATEMÁTICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR I |
| RECTORÍA | 1 | 1 | 1 | SECTOR II |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES | 3 | 3 | 3 | SECTOR III |
| DIRECCIÓN GENERAL DE ACTIVIDADES CINEMATOGRAFICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR III |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| COORDINACIÓN DE HUMANIDADES | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS | 2 | 2 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE ECOLOGÍA | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE BIOLOGÍA | 1 | 1 | 1 | SECTOR V |
| TOTAL | 51 | 51 | 49 | |

Tabla 3. Dependencias con medidor por instalar.

| ENTIDADES CON MEDIDORES ENTREGADOS Y POR INSTALAR Actualizada hasta 09 03 10 | | | | |
|--|-------------|------------|------------|------------|
| DEPENDENCIAS | MEDIDORES | | Instalados | SECTOR |
| | Proyectados | Entregados | | |
| COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA | 2 | 2 | 0 | SECTOR I |
| CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA | 3 | 3 | 0 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE FISIOLÓGÍA CELULAR | 5 | 5 | 0 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE GEOGRAFÍA | 2 | 2 | 1 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE ASTRONOMÍA | 2 | 2 | 0 | SECTOR I |
| COORDINACIÓN DE POSGRADO | 3 | 3 | 0 | SECTOR I |
| FACULTAD DE VETERINARIA | 1 | 1 | 0 | SECTOR I |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y SISTEMAS | 2 | 2 | 0 | SECTOR I |
| CENTRO DE ENSEÑANZA DE LENGUAS EXTRANJERAS | 1 | 1 | 0 | SECTOR I |
| CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA | 2 | 2 | 0 | SECTOR I |
| PROGRAMAS UNIVERSITARIOS DEL MEDIO AMBIENTE | 1 | 1 | 0 | SECTOR I |
| FACULTAD DE DERECHO | 5 | 5 | 0 | SECTOR I |
| FACULTAD DE ECONOMÍA | 4 | 4 | 0 | SECTOR I |
| FACULTAD DE INGENIERIA | 7 | 7 | 0 | SECTOR II |
| CONSEJOS ACADÉMICOS | 1 | 1 | 0 | SECTOR II |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS | 1 | 1 | 0 | SECTOR III |
| INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES | 4 | 4 | 0 | SECTOR I |
| UNIDAD DE SEMINARIOS "DR. INGNACIO CHÁVEZ" | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| JARDÍN BOTÁNICO | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS DE CÓMPUTO ACADÉMICO | 2 | 2 | 0 | SECTOR III |
| UNIVERSUM | 2 | 2 | 0 | SECTOR V |
| FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES | 8 | 8 | 0 | SECTOR V |
| DIRECCIÓN DE LITERATURA | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| MUSEO UNIVERSITARIO DE ARTE CONTEMPORÁNEO | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HISTÓRICAS | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ESTÉTICAS | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| DIRECCIÓN GENERAL DE INCORPORACIÓN Y REVALIDACIÓN DE ESTUDIOS | 1 | 1 | 0 | SECTOR V |
| TOTAL | 65 | 65 | 0 | |

Para las lecturas de los micro-medidores, se instaló un concentrador de datos (Gateway) en la Torre de Ingeniería que recibe información de 28 medidores en tiempo real; también se instalaron nueve repetidores en cinco dependencias. Para recibir la información de los 300 micro-medidores, se prevé instalar cinco antenas más en CU durante 2010.

Como el propósito de PUMAGUA es apoyar también a otros campi localizados fuera de CU, se entregaron siete micro-medidores a la Facultad de Estudios Superiores de 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; los otros 17 serán adquiridos por la FES.

Monitoreo

Dentro de los avances en 2009, 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”.

Durante 2009 se realizaron análisis en el laboratorio e in situ con el propósito de corroborar la eficiencia y exactitud del sistema de analizadores que hacen mediciones directamente en la red de abastecimiento. Para estos análisis se han utilizado equipos y procedimientos que se ejecutan en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería, respaldados por las normas y manuales de métodos estandarizados según el parámetro a analizar. Los análisis se han llevado a cabo en el laboratorio en forma paralela al sistema de analizadores en línea. El registro de los datos de ambos sistemas se hace a la misma hora (*Tabla 4*) para poder comparar los resultados. Los parámetros que se han medido son: cloro residual, conductividad, nitratos, pH, turbidez e, indirectamente, temperatura.

Tabla 4. Promedio de los resultados obtenidos durante los análisis de la calidad del agua potable del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.

| Parámetro | Unidades | Límites establecidos por la NOM-127-SSA1-1994 | Resultados obtenidos | |
|---------------|----------|---|------------------------|------------------------------|
| | | | Analizadores en línea* | Análisis en el laboratorio** |
| pH | ----- | 6.5 – 8.5 | 6.8 | 6.9 |
| Conductividad | mS/cm | ----- | 0.37 | 0.35 |
| Cloro | mg/l | 0.2 – 1.50 | 0.41 | 0.43 |
| Nitratos | mg/l | 10 | 5.37 | 4.86 |
| Turbidez | UTN | 5 | 0.45 | 0.46 |

*Promedio de 34 lecturas

**Promedio de 3 lecturas

Los resultados obtenidos mediante ambos sistemas, en los casos de pH, conductividad, cloro y turbidez, son muy similares. En relación con los nitratos, aún falta corroborar algunos ajustes y determinar las posibles causas de la diferencia entre los resultados obtenidos por el sistema de analizadores y los resultados obtenidos en el laboratorio; sin embargo, aún cuando estos resultados no son iguales, los parámetros medidos están dentro de la norma NOM-127-SSA1-1994, modificada en el 2000.

Como se puede observar, los parámetros determinados durante esta etapa de monitoreo de la calidad del agua potable en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería cumplen con la norma. A finales del año 2009, después de realizar una serie de análisis en el agua potable por parte del Instituto de Ingeniería, Instituto de Ecología y Facultad de Medicina, se determinó que el agua que se suministra a la Torre de Rectoría es bebible en cualquiera de sus grifos, ya que cumple con la norma antes mencionada.

El monitoreo hecho en los pozos de abastecimiento y tanques de almacenamiento tuvo como objetivo conocer la calidad del agua que se distribuye en el campus universitario. Al mismo tiempo, se determinó la posible contaminación causada por el manejo de aguas residuales en las zonas adyacentes al campus. De este análisis, se detectó en el agua subterránea la presencia de bacterias indicadoras y patógenas no consideradas en la normatividad. Asimismo, se confirmó que las bacterias coliformes no pueden reflejar la presencia de virus y protozoarios, ni de otras bacterias de importancia para la salud pública. Por lo tanto, es necesario que los análisis microbiológicos de agua para detectar la posible presencia de bacterias coliformes sean complementados con otros indicadores que puedan detectar la presencia de, por ejemplo, colifagos y bacterias patógenas. Todo ello enfatiza la necesidad de que el agua extraída de los pozos no se envíe a la red sin haberse desinfectado previamente. En particular, la presencia de colifagos es evidencia de contaminación fecal, debido a su asociación con bacterias fecales, y también indica una potencial contaminación con virus entéricos, por las similitudes de sus características morfológicas y su tolerancia a factores ambientales y a los procesos de desinfección. Por consiguiente, los colifagos son un indicador adecuado para programas de monitoreo de la calidad del agua, con la ventaja adicional de que su detección es de bajo costo y factible de realizar en laboratorios microbiológicos con infraestructura básica.

Fugas

Las fugas pueden traducirse en pérdidas económicas para la UNAM debido a que se genera desperdicio y contaminación del agua, se incrementa el consumo de cloro y de energía eléctrica, así como el riesgo de deterioro en la infraestructura, y se da una mala imagen institucional.

En teoría, la tubería de abastecimiento de agua potable debe ser hermética; sin embargo, la edad que tienen las instalaciones hidráulicas de CU sugiere que su estado físico no es el ideal. En este sentido, el agua de las fugas que no puede salir a la superficie, busca un camino en el subsuelo o se introduce a la tubería de drenaje a través de las fisuras de la misma (ver *Figuras 3 y 4*). En atención a lo anterior, se ejecutó un programa de inspección del drenaje con el objetivo de determinar zonas o sitios específicos en los que pueda existir una o varias fugas. Esta actividad requiere de una inspección de la red de drenaje, condición que existe en los domingos, cuando el uso de las instalaciones es eventual y mínimo.



Figura 3. Inspección al drenaje, encontrando agua limpia por fugas en la red de abastecimiento de CU.



Figura 4. Inspección al drenaje, encontrando agua limpia por fugas en la red de CU.

A través de las inspecciones de PUMAGUA y recomendaciones al taller de agua de la DGOyC, se recuperó un caudal de 10 litros por segundo que se fugaba de la red principal de abastecimiento de agua potable. Una de las fugas ya reparadas se detectó en el Auditorio C.E.D.E.M. de la Facultad de Economía y representaba una pérdida de aproximadamente cinco litros por segundo (432 m^3 por día); se localizaba debajo de un muro falso sostenido por una plantilla de concreto de aproximadamente 30 cm de espesor, la cual impedía la salida del agua a la superficie y su acceso al drenaje. En la *Figura 5* se puede apreciar esta fuga. Así como este ejemplo existen muchos más en CU.



Figura 5. Fuga en el Auditorio C.E.D.E.M. de la Facultad de Economía de CU.

Para la detección de fugas se utilizan equipos con tecnología de punta. PUMAGUA ha comprado un geófono y está por adquirir un equipo de correladores. Esta tecnología permitirá reducir el tiempo invertido en la detección de fugas, por lo que se podrá reparar un mayor número de ellas en un lapso menor.

Con la micro-medición ha sido posible detectar fugas en el interior de los edificios del campus de CU, así como equipos de laboratorio que consumen grandes cantidades de agua. Se estima que las fugas equivalen en promedio al 30% del volumen abastecido a una dependencia dentro de CU; durante los fines de semana, representan el 90% del suministro total.

Con la información de los 49 micro-medidores instalados fue posible, en septiembre de 2009, estimar que se perdía en fugas, en promedio, el 35% de lo que ingresaba a las dependencias. En noviembre, tras realizar acciones de recuperación de caudales no visibles en dichas dependencias, esa cifra se pudo reducir a cerca del 20 %.

Con esta acción de reparación de fugas en el interior de los edificios en seis dependencias fue posible recuperar un litro por segundo del caudal perdido, lo que representa más de 86 m³ al día.

Muebles de baño

Una de las actividades que se incrementó en 2009 fue el cambio de muebles de baño, ya que durante las vacaciones de verano y de fin de año las dependencias realizaron trabajos de dignificación de baños, en los cuales se incluía el cambio de dichos muebles por los de bajo consumo.

Uno de los sitios que se han monitoreado desde el 2008, es el de los baños del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería. Ahí se logró mantener un ahorro del 44% respecto del consumo original que se registraba en el edificio.

En 2009 también se determinaron las especificaciones de muebles de baño (mingitorios, excusados, llaves de lavabo y regaderas) con características de ahorro de agua que debe comprar la UNAM.

A la fecha, el cambio de muebles de baño ha causado 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. De esta manera, PUMAGUA ha logrado, con la participación decidida de algunas dependencias, cambiar aproximadamente 1,000 muebles de baño, con un ahorro de un litro y medio por segundo, cifra que aún no es significativa, pero que comienza a impulsar el uso eficiente del agua mediante acciones concretas. Además, con ello se dignificaron los baños y se ofrece un mejor aspecto e higiene a los usuarios (ver *Figura 6*). El ahorro de agua que consume una dependencia con el cambio a muebles de baño de bajo consumo, es en promedio del 40%.



Figura 6. Ejemplos de cambios de muebles de baño en diferentes dependencias de CU.

Reuso en áreas verdes

PUMAGUA ha impulsado medidas para reducir los consumos de agua potable en el sistema de riego siguiendo tres líneas de acción: 1) sustituir agua potable por agua tratada proveniente de las plantas de tratamiento ubicadas en CU; 2) utilizar equipos de riego más eficientes; y 3) cambiar la vegetación en los jardines por vegetación autóctona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Con objeto de reducir el consumo de agua en el riego de jardines, se trabaja en identificar la tecnología de punta que existe en el mercado para utilizar equipos más eficientes, o bien para emplear sistemas de automatización que garanticen un ahorro en el riego de manera uniforme y con el volumen necesario. Para ello se cuenta con los proyectos ejecutivos de riego automatizado de los jardines del Instituto de Ingeniería y del Jardín Botánico, cuya implementación permitirá reducir el consumo de agua en esas áreas en un 30%. Asimismo, se plantea realizar el riego en horas adecuadas para reducir la pérdida de agua por evaporación.

Respecto del proyecto de jardines del Instituto de Ingeniería, el riego se realizará con agua residual tratada proveniente de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua. De esta forma se liberará el agua potable que se consume en esa actividad.

En cuanto a la sustitución de vegetación para disminuir el consumo de agua de riego, las acciones se encaminan a utilizar la gran biodiversidad con la que cuenta la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en donde se tienen plantas que no requieren de riego a lo largo del año y pueden sobrevivir únicamente con el agua de lluvia. Se plantea entonces hacer un mayor uso de este tipo de vegetación. Para ello se trabaja con el Jardín Botánico, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Arquitectura del Paisaje y con el área de Jardines de la DGOyC.

En la *Figura 7* se muestran los jardines del Instituto de Ingeniería que se riegan, y los que tendrán vegetación nativa que no requiere de riego.

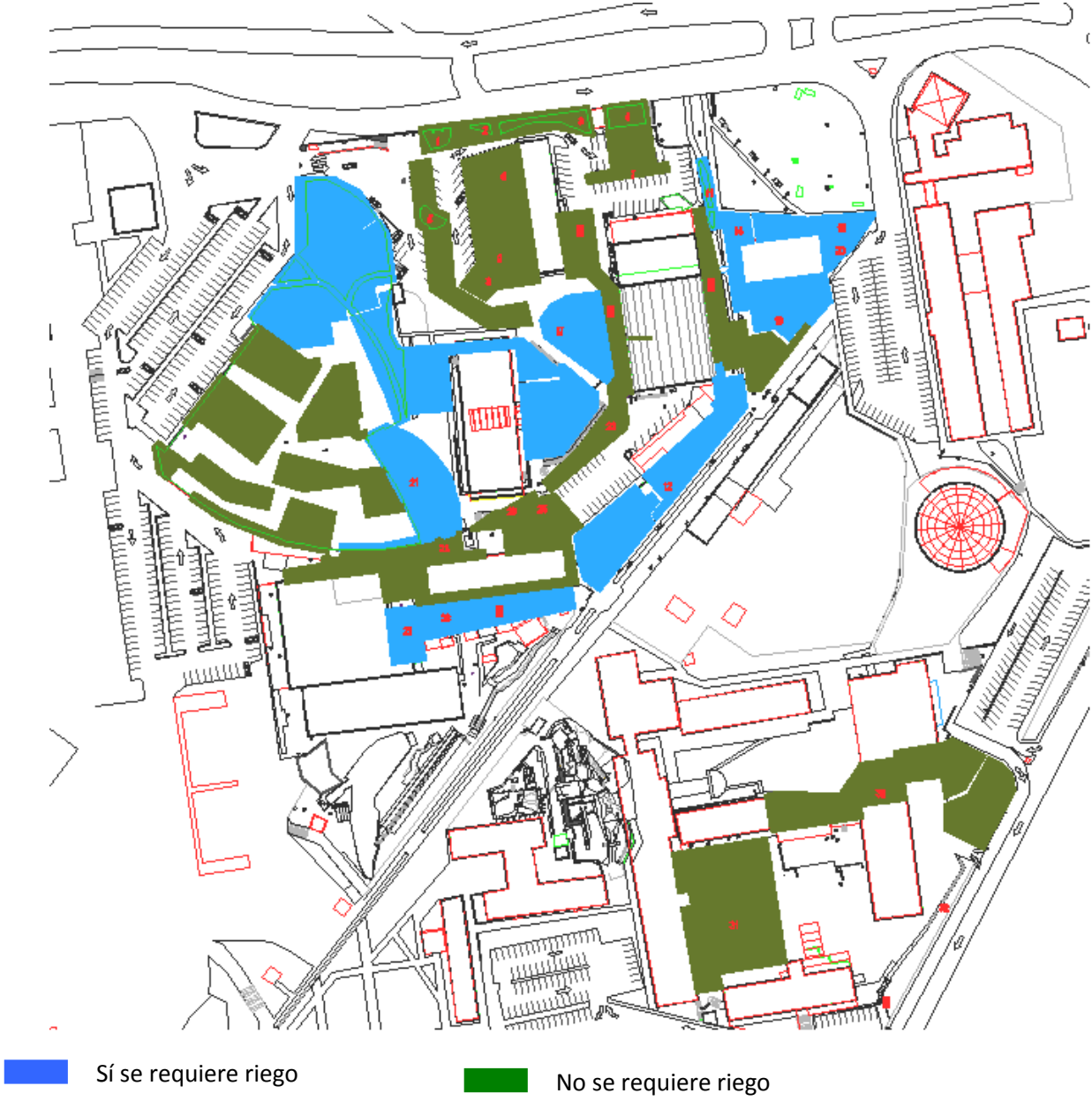


Figura 7. Zonificación de áreas del Instituto de Ingeniería según las características de sus jardines.

Con el propósito de aumentar el volumen de agua de reuso, se iniciaron los trabajos de rehabilitación de las plantas de tratamiento de Cerro del Agua y de Ciencias Políticas. Ello permitirá intercambiar el volumen de agua potable que se utiliza en el riego de áreas verdes por agua residual tratada.

Sistema de desinfección

Se inició el diseño del nuevo sistema de desinfección con cloro y ozono que garantice que el agua en CU sea bebible.

Para el caso de la dosificación de hipoclorito de sodio al 13% en pozos de abastecimiento, el Instituto de Ingeniería ha realizado una serie de pruebas en laboratorio y, con base en ellas, identificó la dosificación adecuada a cada uno de los tres pozos de CU, tomando en cuenta la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua.

Después de hacer la desinfección combinada en las pruebas de laboratorio (ozono + hipoclorito de sodio), no se detectó ninguna colonia de coliformes totales ni de coliformes fecales; no obstante, es necesario realizar más determinaciones antes y después de las pruebas de desinfección. Cabe mencionar que estos son los resultados de pruebas preliminares realizadas en laboratorio con adaptaciones hechas al sistema de desinfección en función de las bombas con las que se contaba. Actualmente ya se cuenta con un tipo de bomba adecuado para el sistema, con la cual se realizarán más pruebas de desinfección.

PUMAGUA plantea garantizar que el agua abastecida a CU sea bebible, para lo cual es indispensable ejercer un control adecuado de las cisternas a partir de las cuales se distribuye el agua a las dependencias. Por ello, la DGOyC refuerza las acciones de mantenimiento y limpieza de las cisternas de agua potable y de agua de reuso en el riego de jardines de CU.

Plantas de tratamiento

En 2008, PUMAGUA recomendó mejorar la calidad del agua de reuso para riego. Igualmente, sugirió aprovechar los trabajos de rehabilitación en las plantas de tratamiento de Cerro del Agua y de Ciencias Políticas para aumentar su volumen tratado y, con ello, intercambiar el caudal de agua potable que se emplea para riego por el de agua tratada que tenga una calidad satisfactoria, con la que se pueda regar por lo menos 100 hectáreas.

En el caso de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua, el Instituto de Ingeniería elaboró el proyecto ejecutivo para duplicar el volumen tratado y mejorar la calidad de sus efluentes, con el objeto de cumplir con la normatividad en la materia y alcanzar una producción de 40 litros por segundo de agua tratada. En consecuencia, la DGOyC inició en 2009 una primera etapa de rehabilitación de esta planta, con la cual se espera obtener a fines de 2010 un caudal de 25 litros por segundo de agua tratada que por lo menos cumpla con la calidad que exige la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Asimismo, la DGOyC, con las recomendaciones proporcionadas por PUMAGUA, emprendió en 2009 la rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Ciencias Políticas para obtener un volumen de 7.5 litros por segundo de agua tratada y cumplir también con la norma antes referida. Su puesta en marcha e inicio de estabilización están previstos para principios del 2010.

En relación con el monitoreo de estas dos plantas, el Grupo de Calidad del Agua de PUMAGUA continúa muestreando el agua residual tratada para garantizar la calidad del agua que se utilice en el riego y evitar problemas de salud a los usuarios de las áreas verdes.

Por otra parte, el Instituto de Ingeniería trabaja en la estabilización de su planta de tratamiento, esperando en 2010 reusar 0.5 l/s en los baños de uno de sus edificios.

Por recomendación de PUMAGUA, la DGOyC tomó la decisión de clausurar las 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN que tenía instaladas, ya que el agua procesada en ellas no cumplía con la norma de calidad correspondiente, e iniciar 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.

Participación

Más de 50 estudiantes de la Carrera de Biología han realizado investigaciones sobre el uso del agua en CU como parte de la materia de Recursos Naturales de dicha carrera (ver Anexo “Trabajos acerca de PUMAGUA realizados por alumnos de la carrera de Biología para la materia de Recursos Naturales”). Los temas de los trabajos que los estudiantes realizaron durante el segundo semestre de 2009 fueron los siguientes:

- Programas de manejo del agua en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVyZ), y auditoría de muebles de baño en dicha facultad.
- Análisis de los procedimientos de disposición de residuos químicos en laboratorios de la FMVyZ.
- Entrevistas a personal de limpieza de la FMVyZ para conocer sus prácticas de uso del agua.
- Comparación de procedimientos de riego entre jardines de alto consumo y de bajo consumo.
- Entrevistas a jardineros de “Las Islas” para conocer sus prácticas de riego.
- Uso del agua en la Torre de Humanidades II, incluyendo auditoría de muebles de baño.
- Realización de un guión para video sobre el manejo del agua en CU y los objetivos de PUMAGUA.

Un aspecto fundamental del PUMAGUA es su vinculación con las autoridades de las dependencias universitarias para establecer mecanismos de cooperación entre éstas y el Programa. Se efectuaron pláticas con representantes de cerca de 50 dependencias universitarias para informarles del programa PUMAGUA y estimularlas a participar en él; de ahí que ya se cuente con la colaboración de:

- Coordinación de Humanidades
- Instituto de Ecología
- Coordinación de Posgrado
- Instituto de Fisiología Celular
- Consejos Académicos de Áreas
- Instituto de Ingeniería
- Dirección de Evaluación Educativa
- Instituto de Investigaciones Jurídicas
- Dirección de Presupuesto
- Instituto de Investigaciones Económicas
- Dirección General de Actividades Cinematográficas
- Instituto de Investigaciones Biomédicas
- Dirección General de Divulgación de la Ciencia
- Instituto de Biología
- Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas
- Instituto de Geología
- Instituto de Investigaciones Sociales
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- Instituto de Geofísica
- Facultad de Ciencias
- Instituto de Geografía
- Facultad de Química
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
- Facultad de Odontología
- Facultad de Medicina
- Facultad de Derecho
- Instituto de Astronomía
- Facultad de Filosofía y Letras
- Instituto de Investigaciones Estéticas
- Instituto de Investigaciones Nucleares
- TV UNAM
- Centro de Lenguas Extranjeras (CELE)
- Dirección de Literatura
- Coordinación de Difusión Cultural
- Centro Universitario de Teatro
- Dirección General de Administración Escolar
- FES Aragón

Comunicación

Con el propósito de diseñar una campaña de comunicación, se realizó una encuesta sobre los conocimientos, actitudes y conductas de los usuarios del agua en CU, así como sobre sus propuestas para la campaña.

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 para mejorar el uso del agua, 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.

Con base en los resultados de esta encuesta, fue posible iniciar la elaboración de una campaña de comunicación para el ahorro de agua. Estudiantes de Diseño Gráfico de la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la UNAM trabajaron en la elaboración, prueba y modificación de material impreso.

Los trabajos que realiza PUMAGUA, así como los proyectos de investigación que lleva a cabo y los manuales que se encuentra elaborando, ya se pueden consultar en su página Web: www.pumagua.unam.mx.

El Programa ha generado el interés de varios medios masivos de comunicación que se han acercado para realizar reportajes y entrevistas. A continuación se presenta una lista de los medios en los que ha aparecido PUMAGUA.

Periodísticos:

- Reforma
- El Universal
- La Crónica
- Gaceta UNAM

Radio:

- Radio UNAM
- Radio Reforma
- MVS Noticias

Televisión:

- Noticiero Canal 11 (IPN)
- Canal 40 (Viernes Bipolar)
- Milenio
- TV UNAM

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

En 2009, PUMAGUA también se ha dado a conocer mediante la impartición de 15 conferencias y ponencias en diversas dependencias de la UNAM, así como en foros nacionales e internacionales.

Formación de recursos humanos

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. Del 13 al 14 de octubre de 2009 se realizó el seminario-taller “Macro-medición y detección de fugas” (ver Anexo “Resultados de Seminarios”); se invitó a personal de todos los *campi* externos a CU localizados dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Del 15 al 16 de octubre se efectuó el seminario-taller “Micro medición y muebles de baño”, al cual se invitó a los jefes de servicio de las dependencias que ya colaboran con PUMAGUA. En este último evento, los asistentes hablaron de sus experiencias con los muebles sanitarios que satisfacen las especificaciones establecidas por PUMAGUA y con los medidores entregados por el Programa. Se les dio una capacitación para supervisar y mantener dichos medidores, así como los muebles de baño.

Para PUMAGUA, es muy importante que los trabajos y estudios que realiza sean de utilidad en la formación de estudiantes. 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.

Otra de las actividades de suma importancia para PUMAGUA con los becarios, es la elaboración de tesis. Hasta fines de 2009 se concluyeron cinco tesis: dos en Química Farmacéutica Biológica, una en Medicina y dos en Ingeniería Química; además, 14 están en proceso.

Incentivos

El objetivo del programa de incentivos es premiar a las dependencias por consumir menos agua. Una vez que PUMAGUA haya colocado medidores en todos los edificios de CU, cada dependencia podrá conocer su consumo mensual. Con base en una clasificación de las dependencias según sus necesidades de agua (un edificio con aulas o cubículos sin laboratorios consume mucho menos agua que uno con laboratorios, mientras que las instalaciones deportivas son grandes consumidoras de agua), es posible establecer un sistema de cuotas a partir de un volumen mínimo ahorrado; es decir, si la institución logra ahorrar, por ejemplo, mil litros mensuales, esa cantidad puede traducirse en incentivos asignados a una dependencia.

Además de la reducción en el consumo de agua, se pueden utilizar criterios cualitativos para determinar las dependencias meritorias de incentivos. PUMAGUA ya cuenta con una lista de este tipo de criterios, los cuales corresponden a las acciones que el Programa propone a las dependencias cuando las contacta. Entre dichos criterios se cuentan: 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 supervisión y sustitución de muebles de baño; la sustitución de vegetación por plantas de bajo consumo de agua, así como la difusión del material enviado por el Programa.

Una vez que se haya completado el Sistema de Información Geográfica de PUMAGUA, en él se podrá incluir el consumo mensual de todas las dependencias y, de esa manera, será posible hacer comparaciones entre ellas. Asimismo, se tiene el propósito de establecer un reconocimiento anual de la UNAM a las instituciones más ahorradoras. Este sistema de incentivos se desarrollará en coordinación con la Administración Central, por las asignaciones presupuestarias necesarias para ello.

Informe financiero

Para llevar a cabo los trabajos considerados, se ejerció un préstamo de 4.3 millones de pesos de agosto a diciembre; de la siguiente manera:

Tabla 5. Informe financiero 2009

| GASTOS GENERADOS EN EL PROYECTO PUMAGUA | | |
|--|---|-----------------------|
| PARTIDAS | CONCEPTO | GASTO |
| 182 | HONORARIOS | \$2,250,215.00 |
| 216 | GASTOS DE REPRESENTACION Y DE REALIZACIÓN DE EVENTOS | \$3,945.00 |
| 218 | TRANSPORTES | \$172.00 |
| 223 | IMPRESIONES | \$45,460.00 |
| 232 | MANTENIMIENTO | \$137,121.00 |
| 243 | PROYECTOS EJECUTIVOS | \$468,877.00 |
| 411 | EQUIPO DE LABORATORIO | \$573,542.00 |
| 431 | EQUIPO MENOR | \$3,984.00 |
| 512 | EQUIPO | \$832,686.00 |
| 514 | EQUIPO DE COMPUTO | \$25,560.00 |
| TOTAL | | \$4,341,562.00 |

IV. PERSPECTIVAS 2010.

PUMAGUA ya cuenta con un diagnóstico del estado que guarda la infraestructura hidráulica de Ciudad Universitaria y ha iniciado las acciones pertinentes para cuantificar el consumo de agua y las fugas en la red de abastecimiento y en el interior de los edificios, así como para conocer la calidad del agua que se distribuye en el campus, lograr la participación de la comunidad universitaria e implementar un Sistema de Información Geográfica que contendrá la información más importante, actualizada y confiable. PUMAGUA seguirá con los trabajos que se requieran para llegar a las metas planeadas.

Durante 2010, es fundamental dar continuidad a los trabajos previos. Además, como resultado de la experiencia del trabajo conjunto, el equipo de PUMAGUA considera necesario impulsar en mayor medida las siguientes líneas de acción:

- a) Dar continuidad a los trabajos de 2009.
- b) Coordinar y descentralizar los trabajos futuros mediante bases de colaboración con las dependencias participantes.
- c) Implementar el PUMAGUA en otros campi universitarios.
- d) Ejecutar el Programa de Medición y Monitoreo a largo plazo.
- e) Desarrollar proyectos de investigación asociados al PUMAGUA.
- f) Formar recursos humanos.
- g) Generar un programa de incentivos para las dependencias universitarias que mejoren el manejo interno del agua.
- h) Elaborar manuales, guías y reglamentos para el uso eficiente del agua.

Las actividades de comunicación y participación se integrarán transversalmente en las líneas de acción antes descritas.

Con estas acciones que PUMAGUA ya está ejecutando se obtendrán beneficios directos y llegar a las metas planteadas, como el ahorro del 50% del consumo de agua potable. Además, el ahorro del recurso reducirá significativamente el consumo de energía eléctrica, con los consecuentes beneficios económicos y ambientales. Estos mismos beneficios, en magnitudes diversas, se obtendrán de los esfuerzos que se realicen en campi externos a CU.

Por otra parte, la mejoría en la calidad del agua para uso y consumo humano en CU tendrá un impacto positivo en la salud de los universitarios al disponer de agua segura, de calidad satisfactoria, directamente de la red de distribución. De manera indirecta se obtendrán también beneficios al reducirse, tanto el gasto de la comunidad universitaria en la compra de agua embotellada, como la generación de residuos sólidos. Respecto del agua de reuso para riego, el incremento en su calidad tendrá un efecto directo en la reducción del riesgo de afectación a la salud de los diferentes usuarios de las áreas verdes.

Una de las aportaciones que busca PUMAGUA a nivel federal se relaciona con las normas de calidad de agua, tanto para uso y consumo humano, como para reuso en riego, ya que éstas incluirán parámetros no considerados en las normas oficiales mexicanas actuales, con lo cual la UNAM se situará a la vanguardia en la regulación de la calidad del agua y será modelo para la posible modificación de las normas respectivas.

PUMAGUA seguirá aplicando tecnología de punta en todas las acciones e investigaciones que realice, con lo cual la UNAM también será modelo en el ámbito tecnológico.

Una de las prioridades de PUMAGUA ha sido y seguirá siendo la generación de conocimiento en todos los dominios del Programa, con un efecto directo en la producción de publicaciones especializadas y de divulgación.

La formación de recursos humanos es una acción prioritaria para el Programa, tanto en el nivel curricular (licenciatura, maestría, doctorado) como en la capacitación técnica, a través de los talleres y seminarios señalados. Los beneficiarios directos de esta acción serán los universitarios de todos los niveles, así como los trabajadores de la UNAM.

Otro asunto igualmente importante para la UNAM es contribuir a la resolución de los problemas nacionales. Es del conocimiento generalizado que la escasez y alteración actuales de los cuerpos de agua ocasionan una reducción del recurso disponible y la degradación en su calidad. La solución de estos problemas es prioritaria para el país, y en ella inciden directamente las acciones de PUMAGUA.

Por otro lado, en el nivel global, cabe resaltar que el Programa ya está generando una metodología propia orientada a resolver problemas en regiones con 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.

Las acciones de PUMAGUA para este año 2010 se describen a continuación:

a) Continuidad de los trabajos de 2009

En conjunto con la Dirección General de Obras y Conservación, se continuará realizando las siguientes acciones:

Detección y reparación de fugas

Continuar con la detección y reparación de fugas en la red primaria de distribución, utilizando equipos de vanguardia que facilitan el trabajo, como son el geófono y los correladores adquiridos por PUMAGUA. La meta para 2010 es reducir las pérdidas de agua en fugas a menos de 25 litros por segundo del caudal total perdido.

Es importante recuperar caudales en el interior de las dependencias. Con la instalación de los 300 micro-medidores se estima recuperar dos litros por segundo de las fugas que se tienen en el interior de los edificios. Para ello, con las mediciones se podrá monitorear los consumos y reparaciones que realicen las dependencias al enviarles periódicamente su informe de consumo y fugas.

Mejoramiento en la eficiencia de los pozos

Se llevará a cabo un programa de diagnóstico de 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.

Cambio de muebles de baño

Durante 2009 el Programa fue tomando importancia y logrando avances importantes. Para el 2010 se plantea cambiar en total 3,000 muebles de baño por muebles de bajo consumo, con lo que se estima se ahorrará entre un 40% y 45% del agua que se abastece a los edificios, lo que equivale a un volumen hasta de dos litros por segundo.

Aumento del volumen de agua tratada y mejoramiento de su calidad

Durante 2010 se adecuarán las dos plantas de tratamiento de CU, con el propósito de aumentar el volumen de agua tratada a 32 litros por segundo; en etapas posteriores, se alcanzará un volumen de 47 litros por segundo. Además, se proveerá agua tratada de mejor calidad para el riego de áreas verdes, que satisfaga los requerimientos establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Respecto de la planta de tratamiento de Ciencias Políticas, se terminará el drenaje de la zona cultural para conducir su agua a esta planta, la cual estará funcionando al 100%, con un volumen tratado de 7.5 litros por segundo, con el cual se podrá regar la zona del Centro Cultural.

En cuanto a la planta de tratamiento de Cerro del Agua, se terminará la primera etapa de su rehabilitación a finales del 2010, lo que permitirá obtener un volumen de 25 litros por segundo de agua tratada de excelente calidad.

Involucramiento de las dependencias universitarias

Se continuará involucrando en el Programa a las dependencias universitarias, para lo cual será esencial que cada una de ellas se comprometa a:

1. Instalar los medidores entregados por PUMAGUA.
2. Atender los informes periódicos de las fugas detectadas en sus instalaciones.
3. Supervisar y dar mantenimiento a sus muebles de baño.
4. Designar una persona que actúe como vínculo con PUMAGUA.
5. Difundir el material de comunicación que le sea proporcionado por PUMAGUA.
6. Sustituir su vegetación por plantas nativas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Se realizarán evaluaciones periódicas de los avances en el uso eficiente del agua que hayan logrado las dependencias participantes, y se difundirán sus acciones relevantes dentro y fuera de la UNAM.

Integración del Sistema de Información Geográfica (SIG)

La representación espacial estará integrada en un Sistema de Información Geográfica, para lo cual se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- 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.
- Se integrará la estadística básica del consumo de agua por edificio y por dependencia, de tal manera que sea posible hacer una comparación de los consumos de todas las dependencias que cuenten con medidores.
- Se incluirán en el SIG los planos de las instalaciones de las dependencias que los faciliten.

Programa de riego

En cuanto al programa de riego, en conjunto con la DGOyC, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), Arquitectura del Paisaje 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.

Igualmente, se ejecutará el proyecto de jardinería elaborado en 2009 para el Instituto de Ingeniería.

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.

Por otra parte, se realizará un estudio de los suelos de CU que, junto con los datos climáticos y de evapotranspiración, permita estimar la lámina de riego en distintos puntos del campus. Ello, con la finalidad de proporcionar elementos a los jardineros que les permitan reducir el consumo de agua en el riego. Con la experiencia adquirida se elaborará un manual de riego para jardineros de CU.

Comunicación

Durante 2010 se ejecutará la segunda etapa de la campaña de comunicación en todas las dependencias universitarias; además, se continuará con el envío mensual de material electrónico. 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, y se organizarán diversos cursos y talleres para fomentar el uso eficiente del agua.

Por otra parte, se asignarán recursos para generar publicaciones en revistas especializadas y de divulgación, así como para asistir a diferentes foros a nivel nacional e internacional en los que se presenten los trabajos realizados por PUMAGUA.

b) Coordinación y descentralización de los trabajos futuros mediante bases de colaboración con las dependencias participantes.

Colaboración con la Administración Central y la Dirección General de Obras y Conservación

Se concretarán convenios de colaboración con la Administración Central, la DGOyC y 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.

Colaboración con las dependencias de la UNAM que forman parte del Grupo de Trabajo

Se establecerán bases de colaboración con las dependencias de la UNAM que integran el Grupo de Trabajo de PUMAGUA para definir los compromisos de cada una de las partes.

Instancia encargada de la operación y monitoreo del sistema de agua

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.

c) Establecimiento del PUMAGUA en otros *campi* universitarios

Durante 2010, la meta es integrar al PUMAGUA a todas las Facultades de Estudios Superiores, Preparatorias y Colegios de Ciencias y Humanidades con que cuenta la UNAM. Al final del año se iniciarán pláticas con *campi* fuera del Valle de México.

A través de las experiencias de PUMAGUA se ha logrado generar métodos de trabajo para cada una de las cuatro áreas del Programa: balance hidráulico, calidad del agua, geomática y comunicación/participación. Dichos métodos se incluirán en manuales para el fácil desarrollo de programas fuera de CU, y son replicables en el resto de los *campi* de la UNAM, así como en otras universidades y municipios. Actualmente, se mantienen pláticas con las autoridades de diversos *campi* universitarios y de algunos municipios que han mostrado interés en adoptar el Programa, como es el caso de la Delegación Coyoacán del Distrito Federal.

Se iniciará la participación del PUMAGUA en el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para las Américas y el Caribe. Se cuenta con la disposición de impulsarlo a nivel regional a través de experiencias piloto en universidades vinculadas al Programa, tales como la Universidad de la Plata en Argentina, Universidades de Talca y La Serena, en Chile, y la Universidad de San Carlos, en Guatemala.

Se iniciarán los trabajos para integrar los Grupos de Análisis dentro de la Red del Agua. Ya se cuenta con los grupos “Agua y Salud”, “Agua y Vegetación en la UNAM” y “Comunicación entre Universitarios”. Estos grupos estarán constituidos por personas de la UNAM o externo a ella.

d) Ejecución del Programa de Medición y Monitoreo a largo plazo

Una de las actividades primordiales en 2010 es continuar con la medición y monitoreo de la calidad del agua potable, así como del agua procesada en las dos plantas de tratamiento para su empleo en el riego. Se plantea lograr en este año que el agua de los sistemas de distribución para uso y consumo humano sea bebible en todo el campus de CU, y regar las áreas verdes con agua tratada que no ponga en riesgo la salud de la población universitaria.

Medidores de nivel en los tanques de almacenamiento

Los tanques de abastecimiento se instrumentarán con sensores de nivel que proporcionarán información cada hora. De esta forma se tendrán registros confiables y los sensores darán señal de alerta cuando se presente una fuga de importancia y el nivel de los tanques descienda en forma drástica.

Medidores en la entrada de cada uno de los sectores hidráulicos

En la red de distribución se instalará un medidor en la entrada de cada uno de los cinco sectores hidráulicos en los que se ha dividido la red de abastecimiento, con la finalidad de conocer los caudales que circulan y monitorear con mayor facilidad el consumo por sector, así como detectar fugas en la red principal.

Válvulas reguladoras de presión

Se instalarán válvulas para regular presiones en los sectores hidráulicos 1 y 3. De esta forma se reducirá a la mitad el agua que se pierde por las fugas en la red principal y en el interior de los edificios.

Medidores en cada toma de agua

En cuanto a la red interna de las dependencias universitarias, se continuará con la entrega de medidores hasta alcanzar en 2010 la meta de 300 medidores que requiere CU. Con esta red se podrá determinar continuamente el volumen de consumo por dependencia, así como las fugas y desperdicios en sus instalaciones.

Instalación de concentradores de datos

Se instalarán por lo menos cinco concentradores de datos (Gateway) en el campus de CU para recibir información del resto de los medidores instalados.

Base de datos

Se desarrollará una base de datos con la información que se obtiene de los medidores en los pozos, tanques y tomas de agua de los edificios, la cual será integrada al Sistema de Información Geográfica, de tal manera que será posible conocer las tendencias en el consumo de agua. Asimismo, será labor de PUMAGUA informar periódicamente a las dependencias sobre las fugas detectadas en sus instalaciones.

Sistema de desinfección

Se contará con un nuevo sistema de desinfección a base de hipoclorito de sodio que proporcionará un mayor grado de protección y, eventualmente, posibilitará la certificación de todo el campus. Posteriormente se instalará el sistema de desinfección a base de ozono, con el cual se tendrá la seguridad de que el agua sea bebible en todo el campus de CU.

Se continuarán los trabajos de mantenimiento y limpieza de las cisternas de agua potable y de agua tratada.

Monitoreo de la calidad del agua

Se contará con un programa de monitoreo de la calidad del agua en el campus de CU, con objeto de verificar el cumplimiento de la normatividad en las tres épocas del año y generar un programa con perspectiva a largo plazo. El monitoreo se realizará 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 han sido implementadas por el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ecología y la Facultad de Medicina.

Se darán las recomendaciones adecuadas en caso de no cumplir con las normas de agua potable y de reuso para riego.

Con los análisis que se han realizado y con el nuevo sistema de desinfección en los pozos de abastecimiento, será posible confirmar que el agua sea bebible en todo el campus de CU.

Se continuará analizando “en línea” el agua que ingresa al Instituto de Ingeniería.

e) Desarrollo de proyectos de investigación asociados al PUMAGUA

Desde que inició PUMAGUA, se ha dado gran importancia a la investigación de diversos temas, como los relativos a la calidad del agua, tecnologías ahorradoras de agua, recarga del acuífero y estrategias de comunicación y participación. Los proyectos de investigación en los temas mencionados y en otros más seguirán siendo prioritarios. Se cuenta con proyectos que ya iniciaron sus actividades debido a que son parte del monitoreo, y otros están por emprenderse, ya que tendrán repercusión en el desarrollo de los trabajos de 2010. Algunos de estos proyectos de investigación son los siguientes: “Estudio de hábitos de consumo de agua de los universitarios y del uso de las áreas verdes regadas con agua residual tratada”; “Implementación del método QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment) para integrar información microbiológica y de usuarios”; “Plan de seguridad del agua” y “Creación de viveros de plantas nativas”.

Uno de los proyectos más ambiciosos dentro del área de calidad del agua, es la propuesta para modificar dos normas: la de consumo de agua potable y la de reúso del agua tratada para el riego de áreas verdes.

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.

Con base en la información generada por los universitarios y por participantes en este proyecto y en otros proyectos complementarios, se elaborarán dos propuestas de norma de calidad del agua para la UNAM. La primera se refiere al agua para uso y consumo humano, que complementa a la Norma Oficial Mexicana 127-SSA1-1994, modificada en el año 2000, con indicadores microbiológicos de calidad innovadores en el país. La segunda propuesta se relaciona con la calidad del agua de reuso en riego, que complementará a la norma 003-SEMARNAT-1997.

La intención es que las normas universitarias sirvan de modelo práctico para proponer la actualización o modernización de las dos normas oficiales mexicanas antes mencionadas, con lo que se esperaría una repercusión a nivel federal en el mediano plazo.

f) Formación de recursos humanos

La formación de recursos humanos ha sido fundamental dentro del proyecto PUMAGUA. Alumnos de la Universidad egresados de las Facultades de Ingeniería, Química, Medicina y Ciencias, así como de las Facultades de Estudios Superiores Aragón y Zaragoza, participan en temas de calidad del agua potable, residual y tratada a través de la realización de sus tesis y/o servicio social.

Se continuará involucrando a los estudiantes de diversas carreras y postgrados que se interesen 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.

Igualmente, se seguirá exhortando al personal académico de las dependencias que colaboran con PUMAGUA a involucrar a sus estudiantes en la realización de su servicio social y a que elaboren tesis sobre aspectos relacionados con el manejo del agua, principalmente en la UNAM. También se llevarán a cabo cursos de capacitación sobre el Sistema de Información Geográfica dirigidos a estudiantes universitarios.

Se impartirán seminarios y cursos para promover el uso eficiente del agua en diversas actividades. En primer término, se llevará a cabo un seminario dirigido a jardineros, en el cual se darán a conocer diversas técnicas para realizar un riego adecuado y cuidar la vegetación nativa. Asimismo, se efectuará un curso sobre medición de consumos dirigido a estudiantes y personal de las dependencias. Por otra parte, se continuará involucrando a los estudiantes de la Carrera de Biología en el desarrollo de proyectos de investigación como parte de su formación curricular. Además, durante 2010 se involucrará en estas actividades a estudiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

g) Generación de un programa de incentivos para las dependencias universitarias que mejoren el manejo interno del agua

Como ya se ha mencionado en este documento, las acciones que ha desarrollado PUMAGUA en conjunto con las dependencias universitarias han permitido establecer una serie de indicadores de buenas prácticas en el uso del agua. Se plantea que la observancia de estas prácticas por parte de las diversas dependencias universitarias pueda ser recompensada mediante el otorgamiento de incentivos, los cuales serán negociados con la Administración Central para contar con los presupuestos necesarios.

h) Elaboración de manuales, guías y reglamentos para el uso eficiente del agua

Las metodologías desarrolladas para la ejecución del PUMAGUA, así como las distintas prácticas y tecnologías utilizadas, se seguirán documentando 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.

Resultados esperados al final de 2010

Se espera concluir la metodología validada para formular, evaluar e implantar un Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, con manuales prácticos para su aplicación en las distintas dependencias de la UNAM, dentro y fuera del Campus de Ciudad Universitaria.

➤ Balance hidráulico

Se plantea concluir en 2010 los trabajos que permitan contar con los siguientes elementos:

- Sistema integral de medición para monitorear el suministro y consumo de agua en la UNAM.
- Manual del uso eficiente del agua para dependencias universitarias.
- Base de datos para el monitoreo del suministro de agua a las dependencias.
- Programa de detección, localización y reparación de fugas en la red.
- Reducir pérdidas de agua en fugas a menos de 25 litros por segundo del caudal total perdido.
- Manual de fugas.
- Recuperación de un volumen de dos litros por segundo derivado de fugas que existen en el interior de los edificios.
- Ahorrar entre el 40% y el 45% del agua dentro de los edificios, a través del cambio de muebles de baño que no funcionan o tienen fugas, lo que representará un ahorro de agua hasta de dos litros por segundo.
- Control de presiones en los Sectores Hidráulicos 1 y 3.
- Estudio de factibilidad de captación de agua de lluvia en la UNAM y recarga al acuífero.
- Aumentar la eficiencia en la extracción del agua subterránea para abastecimiento, lo que reducirá el consumo de electricidad y pago de ella, bombeando en horas no pico, en el tiempo necesario y con el caudal adecuado.
- Manual de riego de áreas verdes.
- Reducir el consumo de agua para uso y consumo humano, así como el empleo de agua residual tratada, mediante la sustitución de las plantas actuales por especies de flora nativa que no requieren riego.

- Realizar un diagnóstico del sistema de drenaje de Ciudad Universitaria.
- Dar seguimiento a las acciones de PUMAGUA en las dependencias involucradas y por involucrar en el Programa.

➤ **Calidad del agua**

- Suministrar agua apta para beber dentro de los edificios, a partir de la instalación de sistemas de desinfección por cloro y ozono.
- Realizar un estudio de los hábitos de consumo de agua de los universitarios y del uso de las áreas verdes regadas con agua residual tratada, que servirá como base para evaluar la exposición y riesgo de contacto con el agua tratada, utilizando modelos que consideran microorganismos indicadores de la calidad del agua.
- Proponer dos normas de calidad del agua para la UNAM: una para agua de uso y consumo humano, y otra para agua de reuso en riego de áreas verdes del campus.
- Aumentar el volumen de agua residual tratada en las plantas de tratamiento de Cerro del Agua y de Ciencias Políticas, y mejorar su calidad para regar jardines, de manera que se reduzcan los riesgos a la salud de los usuarios de las áreas verdes.
- Establecer una base de datos, tanto de la calidad del agua para uso y consumo humano, como de la calidad del agua residual tratada en el campus universitario.

➤ **Comunicación/Participación**

- Incluir artículos en publicaciones especializadas y de divulgación sobre las diferentes áreas de PUMAGUA.
- Integrar el informe de la encuesta sobre conocimientos, actitudes y conductas de los universitarios respecto del uso del agua en CU.
- Elaborar material impreso (manuales, guías, carteles, folletos), audiovisual y electrónico para fomentar el uso eficiente del agua entre los universitarios.
- Generar una nueva página web de PUMAGUA.
- Dar a conocer el PUMAGUA a la comunidad externa a la UNAM, a través de los diversos medios de comunicación.

- Fortalecer las capacidades del personal de las dependencias para realizar un manejo eficiente del agua.
- Fortalecer las capacidades de los jardineros para que reduzcan el consumo de agua de riego y para que realicen actividades de jardinería con plantas específicamente adaptadas a ambientes secos.
- Formar alumnos en diversas áreas de especialización relacionadas con el agua.

➤ **Sistema de Información Geográfica**

- Consolidar el Sistema de Información Geográfica sobre el manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, con indicadores de evaluación por comparación.

➤ **Resultados esperados según nuevos lineamientos**

- El PUMAGUA se podrá ejecutar en otros *campi* de la UNAM, en universidades nacionales e internacionales y en organismos operadores de agua.
- Se contará con un sistema de medición y monitoreo de la cantidad y calidad del agua en la UNAM.
- Las dependencias universitarias que mejoren el uso del agua serán recompensadas con incentivos.
- Se contará con una instancia encargada exclusivamente de la operación del sistema de agua en la UNAM.

Cronograma de actividades 2010

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| CONTINUIDAD DE LOS TRABAJOS DE 2009 | | | | | | | | | | | | |
| Detección y reparación de fugas | | | | | | | | | | | | |
| Eficiencia de los pozos | | | | | | | | | | | | |
| Aumentar el volumen y mejorar la calidad del agua tratada | | | | | | | | | | | | |
| Involucramiento de las dependencias universitarias | | | | | | | | | | | | |
| Sistema de Información Geográfica (SIG) | | | | | | | | | | | | |
| Programa de riego | | | | | | | | | | | | |
| Comunicación | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|-----------|----------|-----------|------------|
| COORDINACIÓN Y DESCENTRALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS FUTUROS MEDIANTE BASES DE COLABORACIÓN CON LAS DEPENDENCIAS PARTICIPANTES. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Colaboración con la Administración Central, la DGOyC | | | | | | | | | | | | |
| Colaboración con las dependencias de la UNAM que forman parte del Grupo de Trabajo | | | | | | | | | | | | |
| Instancia encargada de la operación y monitoreo del sistema de agua | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| ESTABLECIMIENTO DE PUMAGUA EN OTROS CAMPUS DE LA UNAM Y DE OTRAS UNIVERSIDADES | | | | | | | | | | | | |
| FES, Prepas y CCH | | | | | | | | | | | | |
| Delegación Coyoacán | | | | | | | | | | | | |
| PHI-UNESCO | | | | | | | | | | | | |

| MEDICIÓN Y MONITOREO | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| Instalar medidores en la entrada de cada uno de los Sectores Hidráulicos | | | | | | | | | | | | |
| Instalar válvulas reguladoras de presión en los Sectores Hidráulicos 1 y 3 | | | | | | | | | | | | |
| Instalar medidores en cada toma de agua | | | | | | | | | | | | |
| Base de datos | | | | | | | | | | | | |
| Sistema de desinfección | | | | | | | | | | | | |
| Diseño del muestreo | | | | | | | | | | | | |
| Monitoreo de la calidad del agua | | | | | | | | | | | | |
| Monitoreo de la percepción de PUMAGUA en la Comunidad Universitaria | | | | | | | | | | | | |

| 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 EN RIEGO. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| Norma Oficial Mexicana 127-SSA1-1994, modificada en el año 2000 | | | | | | | | | | | | |
| Norma 003-SEMARNAT-1997 | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| DESARROLLO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS AL PROGRAMA | | | | | | | | | | | | |
| Estudio de hábitos de consumo de agua de los universitarios y del uso de las áreas verdes regadas con agua residual tratada | | | | | | | | | | | | |
| Implementación del método QMRA | | | | | | | | | | | | |
| Plan de seguridad del agua | | | | | | | | | | | | |
| Creación de viveros de plantas nativas | | | | | | | | | | | | |
| Grupos de Análisis dentro de la Red del Agua | | | | | | | | | | | | |

| FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---------------------------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | Tesis y/o servicio social | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo de proyectos de investigación como parte de la formación curricular de los alumnos que participen en PUMAGUA | | | | | | | | | | | | |
| Reuniones con el personal académico de las dependencias | | | | | | | | | | | | |
| Talleres / Seminarios / Cursos | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| GENERACIÓN DE UN PROGRAMA DE INCENTIVOS PARA LAS DEPENDENCIAS UNIVERSITARIAS | | | | | | | | | | | | |
| Difusión de acciones realizadas por las dependencias | | | | | | | | | | | | |
| Reunión con el Secretario General | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|--|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| ELABORACIÓN DE MANUALES, GUÍAS Y REGLAMENTOS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA UNAM | | | | | | | | | | | | |
| Manual de mantenimiento de medidores | | | | | | | | | | | | |
| Manual de mantenimiento de baños | | | | | | | | | | | | |
| Manual de técnicas analíticas para determinar la calidad del agua potable, agua residual y agua residual tratada | | | | | | | | | | | | |
| Manual de desinfección de agua subterránea | | | | | | | | | | | | |
| Manual para un diagnóstico y monitoreo rutinario de la calidad del agua para uso y consumo humano, y de la calidad del agua residual y agua residual tratada | | | | | | | | | | | | |
| Difusión de acciones realizadas por las dependencias | | | | | | | | | | | | |

| Actividades | Meses | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| INFORMES | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Informe parcial del semestre | | | | | | | | | | | | |
| Informe final | | | | | | | | | | | | |

Presupuesto 2010

Para llevar a cabo los trabajos considerados en el 2010, se estima necesario disponer de 7.5 millones de pesos distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 6. Presupuesto 2010

| PRESUPUESTO PUMAGUA 2010 | | |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| PARTIDAS | CONCEPTO | GASTO |
| 182 | HONORARIOS | \$1,140,000.00 |
| 211 | VIÁTICOS PARA PERSONAL | \$130,000.00 |
| 212 | BOLETOS DE AVIÓN | \$100,000.00 |
| 215 | GASTO DE TRABAJO DE CAMPO | \$55,000.00 |
| 216 | GASTOS POR REUNIONES DE TRABAJO | \$6,000.00 |
| 218 | PASAJES URBANOS Y RURALES | \$2,000.00 |
| 223 | ENCUADERNACIONES E IMPRESIONES | \$550,000.00 |
| 232 | SERVICIOS DE MANTENIMIENTO POR CONTRATO PARA EDIFICIOS E INSTALACIONES | \$50,000.00 |
| 243 | OTROS SERVICIOS COMERCIALES | \$1,950,000.00 |
| 248 | INSCRIPCIÓN Y AFILIACIÓN A CONGRESOS, CURSOS, DIPLOMADOS Y TALLERES | \$70,000.00 |
| 311 | BECAS | \$650,000.00 |
| 348 | UNIFORMES DE PROTECCIÓN | \$10,000.00 |
| 411 | EQUIPO DE LABORATORIO | \$1,190,000.00 |
| 413 | GASOLINA | \$1,000.00 |
| 512 | EQUIPO E INSTRUMENTAL | \$857,000.00 |
| 514 | EQUIPO DE COMPUTO | \$739,000.00 |
| TOTAL | | \$7,500,000.00 |

V. PARTICIPANTES PUMAGUA 2009

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 Nefthalí 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



www.pumagua.unam.mx

JUNIO / 2010