

INFORME PUMAGUA 2025

Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM, DICIEMBRE



INFORME PUMAGUA

2025



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	5
RESULTADOS ACUMULADOS 2008 -2024.....	8
Balance Hidráulico.....	8
Calidad del Agua	18
INFORME DE ACTIVIDADES 2025.....	33
Entrega y Suministro de Agua	33
Suministro a dependencias	37
Fugas en la Red Principal y Sectorización	39
Distribución, Fugas Internas y Calidad del agua en Dependencias	41
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)	44
Logística, Formación de Recursos Humanos.....	44
Modernización de equipos	44
PUMAGUA 2026: MODERNIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD HÍDRICA	46
La necesidad de reestructurar PUMAGUA.....	46
FASE 1: Consolidación y modernización en Ciudad Universitaria.....	46
<i>Diagnóstico: Retos estructurales y costos de la ineficiencia.....</i>	47
<i>Solución propuesta: Hacia un campus inteligente.....</i>	48
Fase 2: Expansión estratégica a FES y Campus Externos	53
<i>Un Modelo Ágil: El Equipo Central de Expansión (ECE).....</i>	54
<i>El Plan de Expansión en 4 Etapas.....</i>	54
Requerimientos y Presupuesto para la Implementación.....	57
<i>Fase I: Consolidación de la Gestión Hídrica en Ciudad Universitaria.....</i>	57
<i>Fase II: Expansión Estratégica a FES y Campus Externos.....</i>	57



Hacia una UNAM Hidro-Inteligente y Sostenible..... 58



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

Desde su creación en 2008 por mandato del H. Consejo Universitario, el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (**PUMAGUA**) se ha consolidado como la herramienta institucional central para la gestión hídrica en Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Diseñado para promover el uso eficiente del recurso, garantizar la calidad del agua potable y tratada, y fomentar la participación activa de la comunidad universitaria, **PUMAGUA** articula intervenciones técnicas, de monitoreo y de cultura hídrica que hacen viable la seguridad y la sostenibilidad del abastecimiento en el campus.

El programa opera a través de tres ejes complementarios: Balance Hidráulico, Calidad del Agua y Fomento a la Participación Social. En Balance Hidráulico se realizan mediciones del suministro, detección y localización de fugas y acciones de sectorización; en Calidad del Agua se garantiza, mediante análisis y monitoreo, que el agua destinada a consumo y reúso cumpla criterios sanitarios; y en Fomento a la Participación Social se diseñan campañas, materiales y actividades que informan e involucran a la comunidad, promoviendo la corresponsabilidad en el cuidado del recurso.

PUMAGUA evalúa el sistema hidráulico en todas sus etapas —desde las fuentes de abastecimiento hasta los puntos de uso— mediante una red de monitoreo distribuida en cinco sectores de CU. El seguimiento incorpora mediciones en los tres pozos de extracción, tanques de almacenamiento, edificios, la red hidráulica y puntos de servicio como bebederos y dispensadores; actualmente el programa opera un monitoreo de amplia cobertura que incluye, entre otros insumos, 225 dispensadores distribuidos en el campus.

A lo largo de sus más de quince años de operación, **PUMAGUA** se ha convertido en un modelo funcional para la seguridad hídrica del campus y ha tejido alianzas multidisciplinarias con instancias clave, como el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) del Instituto de Ecología y la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC), además de colaborar estrechamente con la Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad (COUS) y la Dirección General de Atención a la Comunidad (DGACO).

Los resultados alcanzados muestran avances concretos: la detección y recuperación de una porción importante del caudal perdido por fugas —con una recuperación estimada cercana al 50% en intervenciones específicas—, la ampliación del monitoreo de calidad y el despliegue de actividades de comunicación y educación. Paralelamente, los análisis técnicos realizados durante 2023–2024 han puesto de manifiesto limitaciones estructurales y operativas significativas —obsolescencia tecnológica en tramos de la red, niveles de Agua No Contabilizada (ANC) por encima de los estándares deseables y deficiencias en el aseguramiento del reúso— que requieren una reorientación estratégica.



Ante ese diagnóstico, la Universidad impulsa la transformación de **PUMAGUA** hacia un modelo de gestión hídrica inteligente y proactivo cuyo propósito es consolidar a CU como un centro de gestión de datos, modelación y toma de decisiones en tiempo real, y escalar metodologías y capacidades a otras sedes de la UNAM.

Los objetivos estratégicos de esta reestructuración son, entre otros:

- 💧 Eficiencia operativa: Reducir el Agua No Contabilizada a niveles inferiores al 25% mediante sectorización, medición inteligente e intervención oportuna.
- 💧 Aseguramiento de la calidad para reúso: Garantizar el 100% de cumplimiento de la NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano; y de la NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsan en servicios al público en México.
- 💧 Optimización del consumo: Disminuir el consumo de agua potable mediante medidas de eficiencia y promoción del reúso regulado, como meta llevar a una reducción del 20%.
- 💧 Fortalecimiento institucional: Profesionalizar capacidades, articular gobernanza y consolidar alianzas internas y externas para la sostenibilidad a largo plazo.

La implementación de **PUMAGUA** se plantea en dos fases sinérgicas: una primera etapa de modernización y consolidación en Ciudad Universitaria —incluyendo la incorporación de un sistema "LoRa IoT" combina la tecnología LoRa, que permite la comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo, con el Internet de las Cosas (IoT), creando redes de sensores y dispositivos conectados para recopilar y transmitir datos., medición inteligente, sectorización hidráulica—; y una segunda etapa de expansión escalable a Facultades de Estudios Superiores y campus externos, apoyada por un equipo central encargado de diagnóstico, capacitación y transferencia metodológica.

El presente Informe de Actividades 2025 documenta las acciones de contención y diagnóstico realizadas durante el año en curso, los avances en digitalización y monitoreo, y los resultados de las intervenciones en cada uno de los ejes. Con base en este análisis se presenta la propuesta de trabajo para el próximo año 2026 que orientará la transformación integral de **PUMAGUA** hacia un modelo de gestión hídrica inteligente y replicable, reafirmando el liderazgo de la UNAM en la sostenibilidad hídrica nacional.



RESULTADOS ACUMULADOS



RESULTADOS ACUMULADOS 2008 -2024

Este capítulo sintetiza la evolución de **PUMAGUA** desde su creación en 2008 hasta 2024. Reconoce el legado técnico e institucional construido en la primera etapa del programa, documenta las transformaciones operativas y estructurales que se produjeron con el tiempo y establece la línea base de la crisis hídrica que exige una reestructuración integral. El diagnóstico se construye sobre datos de extracción, medición, operación de la red, calidad del agua, equipo e instrumentación y capacidades humanas.

Balance Hidráulico

La implementación temprana de sectorización —cinco sectores hidráulicos— combinada con programas intensivos de detección y reparación de fugas permitió reducir significativamente pérdidas, al menos con un 40% de recuperación de volúmenes de agua, y establecer una capacidad de control y medición que alcanzó su punto óptimo alrededor de 2013 (**Tabla 1**).

A partir de 2014 la capacidad de medición y control se mantuvo a lo largo de los años, pero en los últimos años se fue erosionando por: falta de mantenimiento, retiro de equipos por dependencias, término de la vida útil de los equipos y reducción de la plantilla operativa.

La mayoría de los 8 macromedidores instalados su registro no era confiable por los años de servicio llegando al final de su vida útil y por la falta de mantenimiento. Derivado de ello en 2025 la Dirección General de Obras y conservación (DGOC) los cambió totalmente.

Por otro lado, de 200 micromedidores previstos en 2010 se instalaron 189, pero el número de equipos funcionales se redujo drásticamente con el paso de los años; más del 60 % rebasó su vida útil. Actualmente contamos con el rededor de 140 micromedidores.

El sistema de telemetría diseñado para transmisión automática por radiofrecuencia dejó de operar de forma continua, transformándose en un proceso de recolección manual y mensual que impide reaccionar en tiempo real, esto es derivado del poco personal con que se cuenta para ir a cada medidor y bajar la información para posteriormente procesarla.

En 2023 se estimó que casi el 50 % del agua extraída no fue medida, lo que representa un problema para cuantificar y controlar pérdidas que pueden ser fugas o bien agua para riego de jardines.



TABLA 1: Extracción anual por pozo (2008–2024)

Año	Volumen Química (m ³)	Volumen Multifamiliar (m ³)	Volumen Vivero Alto (m ³)	Volumen Total Anual (m ³)
2008	264,335.00	1,995,088.00	674,630.00	2,934,053.00
2009	207,671.00	1,666,537.00	755,719.00	2,629,927.00
2010	325,388.00	1,534,563.00	756,934.00	2,616,885.00
2011	494,163.00	1,374,800.00	726,278.00	2,595,241.00
2012	233,254.80	1,558,316.00	641,219.00	2,432,789.80
2013	68,941.00	1,686,008.70	755,208.00	2,510,157.70
2014	222,815.00	1,891,220.00	1,005,953.00	3,119,988.00
2015	100,724.00	1,524,810.00	871,130.00	2,496,664.00
2016	49,686.00	1,342,846.90	815,110.00	2,207,642.90
2017	72,353.00	1,568,351.00	712,365.00	2,353,069.00
2018	168,867.00	1,934,524.00	654,332.00	2,757,723.00
2019	140,139.00	1,484,588.00	756,735.00	2,381,462.00
2020	1,451.00	1,462,388.00	865,818.00	2,329,657.00
2021	0.00	1,414,341.80	872,094.00	2,286,435.80
2022	0.00	1,432,040.00	894,012.00	2,326,052.00
2023	84,922.75	1,542,383.10	772,090.00	2,399,395.85
2024	334,234.00	1,988,789.00	1,119,920.00	3,442,943.00

La **Tabla 1** muestra una reducción sostenida en buena parte del periodo hasta 2023, seguida por un aumento atípico en 2024. La extracción de 2024 (3,442,943 m³) supera la concesión de CONAGUA en 458,284 m³, un sobregiro atribuible a un aumento de fugas en la red principal (aprox. 45 L/s), condiciones climáticas (altas temperaturas) y la cesión de agua a colonias aledañas mediante acuerdos con SACMEX que rebasaron los volúmenes pactados.

En la **Grafica 1** se puede ver ese aumento en la extracción durante el año 2024.

La instalación de micromedidores se inició de manera gradual a partir de 2010, alcanzando un total instalado de 196 equipos y un máximo simultáneo de 186 micromedidores en operación. A continuación, se presenta el histórico del número de micromedidores en funcionamiento por año y el consumo anual registrado por sector (ver **Tabla 2**). En la **Tabla 3** se puede apreciar el volumen histórico que se ha medido a lo largo de los años con que **PUMAGUA** ha contado con la micromedición.

El número de equipos operativos ha disminuido por causas técnicas (agotamiento de baterías y fallas mecánicas en el cuerpo del medidor) y por retiros realizados por dependencias.



GRÁFICA 1. Comparación de la extracción de pozos de 2023 - 2024

Para mitigar la caída de cobertura se implementó una campaña de cambio de carátulas, que permitió recuperar medidores cuando la falla se limitó a la batería o al módulo de lectura. Cuando el daño fue interno al mecanismo de medición, la única solución viable fue la sustitución completa del micromedidor.

TABLA 2. Micromedidores en funcionamiento por año

Sector	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
I	51	62	74	68	65	60	59	54	58	55	54	50
II	18	23	22	23	22	21	25	3	21	22	20	19
III	32	46	49	51	49	45	42	39	7	42	45	41
IV	6	8	9	9	9	8	8	0	1	7	7	6
V	22	30	32	33	30	31	28	23	26	26	27	26
Total	129	169	186	184	175	165	162	119	113	152	153	142



La campaña de cambio de carátulas permitió recuperar un número significativo de medidores cuyos fallos se debían a baterías agotadas o problemas en la carátula. Adicionalmente, se ejecutó la sustitución completa de equipos en aquellos casos donde el daño afectó el mecanismo interno del medidor, y el reemplazo de la unidad total se consideró la única alternativa viable y práctica, lo cual generó un impacto presupuestal inherente.

No obstante, estas acciones puntuales, la tasa de equipos fuera de servicio permanece elevada. Esta situación compromete la representatividad de la micromedición, limitando la cuantificación precisa del consumo real y obstaculizando la detección oportuna de fugas en la red.

TABLA 3. Histórico de micromedición con Consumo (m³/año)

Año	I	II	III	IV	V	Total
2010	16,817.01	2,198.12	27,478.76	1,212.70	23,160.75	70,867.34
2013	98,488.18	91,064.99	96,064.84	26,493.67	83,581.61	395,693.29
2014	142,823.27	111,740.91	152,530.24	29,061.99	119,079.53	555,235.93
2015	167,204.89	69,620.16	151,358.93	28,969.21	107,157.94	524,311.13
2016	141,854.18	72,521.71	145,818.10	36,084.15	140,288.91	536,567.05
2017	100,028.04	104,752.63	203,614.63	25,991.26	119,699.63	554,086.19
2018	100,146.42	71,084.60	280,038.24	31,262.81	90,388.63	572,920.70
2019	95,627.89	75,825.94	175,435.99	26,775.43	106,262.00	479,927.24
2020	53,814.72	9,170.88	135,522.08	0.00	37,610.93	236,118.61
2021	37,739.12	39,852.06	79,782.75	5,494.98	49,852.69	212,721.60
2022	49,079.21	53,084.18	156,970.69	22,440.24	66,046.80	347,621.12
2023	87,875.29	55,671.38	243,267.34	12,676.08	62,598.29	462,088.38
2024	154,103.82	40,671.06	195,392.65	13,344.77	64,308.00	467,820.30



La capacidad de micromedición es un insumo crítico para un análisis del agua en CU, sin cobertura confiable ni datos en tiempo real se vuelve difícil cuantificar con precisión las pérdidas, priorizar intervenciones, ni validar ahorros por medidas de eficiencia. Las acciones de corto plazo (campañas de rehabilitación, reposición de carátulas) han sido efectivas; sin embargo, se requiere de estrategia sostenida de renovación tecnológica de medidores, telemetría y mantenimiento preventivo para recuperar la representatividad y la utilidad operativa de la micromedición.

La sectorización de Ciudad Universitaria se diseñó para optimizar la gestión del abastecimiento y facilitar la localización y aislamiento de fugas en la red de distribución, como se puede observar en la Ilustración 1. El diseño se sustentó en un levantamiento detallado de la infraestructura hidráulica y en simulaciones hidráulicas realizadas con software especializado; a partir de “esta información se elaboraron los planos actualizados de la red de agua potable. En la Ilustración 2 se pude observar el mapa de la red principal de agua potable en Ciudad Universitaria.

Como resultado, la sectorización permite:

- 1) acotar rápidamente áreas afectadas por fugas,
- 2) regular presiones de forma diferenciada,
- 3) planificar intervenciones y cortes con mínima afectación a usuarios.

La implementación de la micromedición permitió establecer un control mensual de fugas en todas las dependencias monitoreadas, facilitando la detección temprana y la cuantificación precisa de pérdidas internas. Este control se interrumpió durante la pandemia, lo que ocasionó la pérdida temporal de continuidad en los registros.

A partir de 2023 se retomó el seguimiento sistemático de la micromedición, recuperando información crítica para la gestión del recurso hídrico. Los registros del mes de agosto de 2024 reflejaron el mayor caudal de fuga documentado en la historia de **PUMAGUA**, con un total de 13.59 L/s, equivalente a 35,219.32 m³ durante el periodo analizado (ver Tabla 4). Este panorama evidenció la necesidad de reforzar las estrategias de monitoreo y reparación.

Gracias a la combinación de monitoreo continuo, análisis de datos de micromedición y coordinación con las dependencias y el personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC), se implementaron medidas correctivas que permitieron una reducción significativa del caudal de fuga. En julio de 2025, el caudal total registrado disminuyó a 4.76 L/s (410.98 m³), mostrando una mejora sustancial en la eficiencia hídrica.



ILUSTRACIÓN 1. Mapa de los Cinco sectores Hidráulicos de C.U.



ILUSTRACIÓN 2. Mapa de la red de agua potable de C.U.

Este seguimiento técnico ha permitido identificar patrones de fuga recurrentes por tipo de instalación y ubicación, optimizando la planificación de intervenciones preventivas y correctivas. La tendencia observada confirma que la micromedición, combinada con la colaboración operativa, es una herramienta clave para reducir pérdidas internas y mejorar la gestión del recurso en las dependencias.



TABLA 4. Registro de Fugas en Dependencias (agosto 2024)

Sector	Dependencia	Edificio	Fuga (LPS)	Fuga (m³)
1	Instituto de Investigaciones Biomédicas. Sede Central	Edificio A	0.18	482.11
1	Dirección General de Administración Escolar	Certificación y control Documental	0.01	29.46
1	Dirección General de Servicios Generales	Base 1	0.75	2,008.80
1	Facultad de Medicina	Edificio B, Basamento y Auditorio	0.38	1,017.79
i	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	Oriente	1.50	4,017.60
1	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	Edificio 3	1.50	4,017.60
II	Facultad de Filosofía y Letras	Cisterna	0.15	4,01.76
II	Facultad de Filosofía y Letras	Biblioteca	0.02	50.89
II	Coordinación de Consejos Académicos y de Área		0.00	7.23
II	Centro de Enseñanza para Extranjeros		0.35	937.44
II	Dirección General de Bibliotecas	Biblioteca Central	0.04	101.78
III	Dirección General de Servicios Administrativos	Tienda UNAM	4.00	1,0713.60
III	Instituto de Astronomía	Toma Sur	0.07	176.77
III	Facultad de Química	Conjunto E	0.15	401.76
III	Facultad de Ciencias	Talleres	0.02	53.57
III	Facultad de Ciencias	Tlahuizcalpan	0.94	2,517.70
III	Facultad de Ciencias	Módulos Sanitarios A y B	0.60	1,607.04

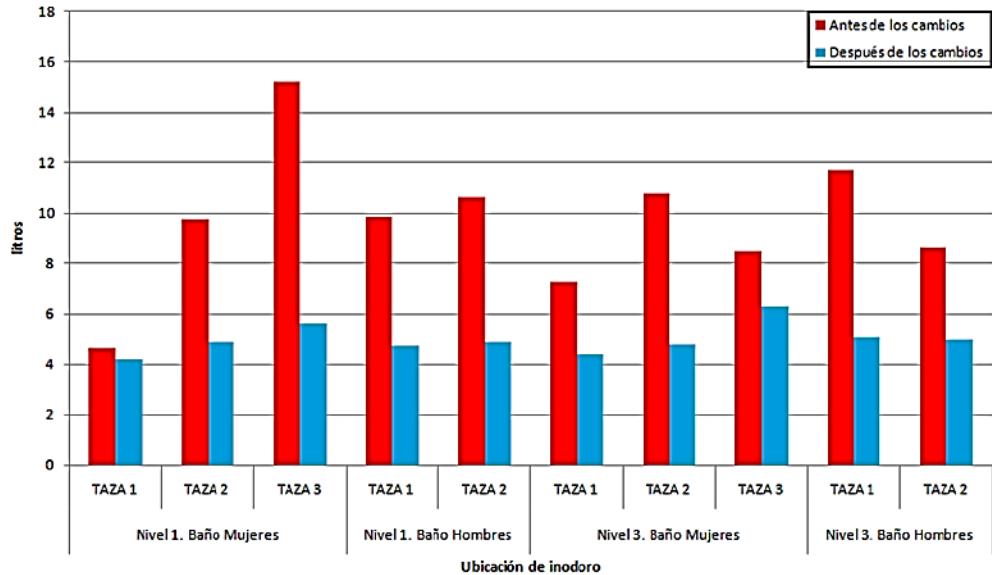


TABLA 4. Registro de Fugas en Dependencias (agosto 2024)

Sector	Dependencia	Edificio	Fuga (LPS)	Fuga (m ³)
III	Facultad de Ciencias	Física	0.05	133.92
III	Escuela Nacional de Trabajo Social		0.50	1,339.20
III	Facultad de Ingeniería	Ing. Mecánica	0.20	535.68
III	Instituto de Física	Principal Oriente	0.11	294.62
V	Instituto de Investigaciones Biomédicas	Sede Exterior	1.12	2,999.81
V	Coordinación de Humanidades		0.81	2,169.50
V	Instituto de Investigaciones Económicas		0.04	96.42
V	Instituto de Ecología		0.11	281.23
Total			13.59	36,393.30

Desde sus inicios, **PUMAGUA** identificó a los muebles de baño (WC, grifos, regaderas y otros accesorios) como un eje prioritario de intervención, tras comprobar mediante un estudio que su consumo representaba una porción significativa del gasto hídrico de los edificios y que podía lograrse una reducción tangible mediante la sustitución por tecnologías ahorradoras.

Para cuantificar el impacto se instalaron medidores específicos en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería, registrando el consumo por baño. Con base en esos diagnósticos se diseñó y ejecutó una campaña de renovación de los aparatos sanitarios, reemplazando unidades convencionales por equipos de alta eficiencia. Los resultados de esta intervención se presentan en la Gráfica 2 y permiten evaluar el ahorro obtenido y la replicabilidad de la medida en otros inmuebles del campus. Cabe señalar, que a lo largo de estos años se han dado cursos de capacitación al personal de mantenimiento de las instituciones dentro de Ciudad Universitaria, logrando con ello que las personas se mantengan actualizadas de los equipos y herramientas para mantener sus equipos en óptimas condiciones (Ilustración 3).



GRÁFICA 2. Comparación de cambio de muebles ahorradores de agua



ILUSTRACIÓN 3. Curso de mantenimiento de muebles ahorradores de agua

El uso ineficiente del agua en Ciudad Universitaria (CU) representa un desafío significativo. Se estima que, actualmente, solo entre el 50% y el 60% del volumen total extraído de los pozos es consumido por la población de CU. Lamentablemente, el volumen restante se pierde de manera crítica, principalmente a través de fugas en las tuberías de la red principal de la propia Ciudad Universitaria.



Anteriormente, el proceso para localizar y reparar estas fugas era ineficiente, basándose en la espera de señales evidentes (como brotes de agua) o en campañas puntuales durante períodos vacacionales, lo que limitaba la recuperación efectiva de caudales (**Ilustración 4**).

Un punto de inflexión ocurrió durante la pandemia de 2020. Aprovechando la ausencia de población en CU, el personal de **PUMAGUA** pudo ejecutar trabajos intensivos de búsqueda de fugas con la libertad de realizar cierres de válvulas necesarios. Los resultados de este esfuerzo fueron contundentes: se identificaron y cuantificaron 52 litros por segundo (l/s) de fuga en toda la red.

Macromedición

Evaluación de fugas con base a mediciones en sectores hidráulicos: De abajo hacia arriba

Sector	Pérdidas físicas							
	Dici 2019	Mar, 2020	Abri 2020	Mayo, 2020	Jun, 2020	Agost 2020	Oct 2020	Nov 2020
Sector I, II y III (l/s)	9.5	11.0	13.0	18.0	27.2	24.0	34.0	34.0
Sector IV (l/s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sector V (l/s)	17.5	16.0	11.0	8.0	14.1	7.1	11.0	17.0
Total (l/s)	28.0	28	25	27	42.3	32.10	46.0	52.0

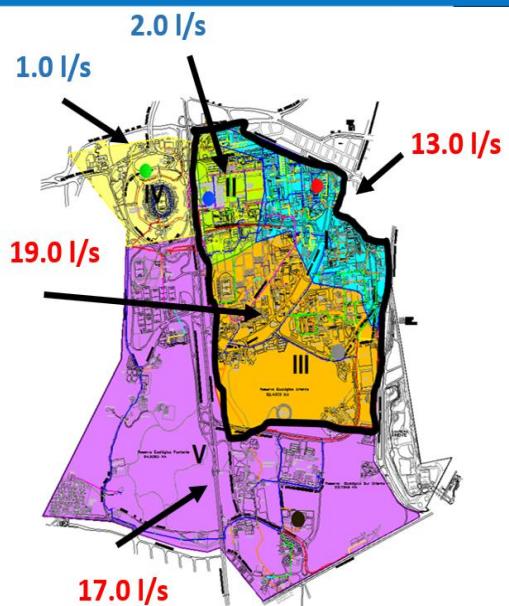


ILUSTRACIÓN 4. Trabajos intensivos de búsqueda de fugas durante la pandemia.

Calidad del Agua

Ciudad Universitaria (CU) garantiza su suministro hídrico a través de tres fuentes de abastecimiento provenientes de pozos profundos: Multifamiliar, Vivero Alto y Química. De estos, el pozo Multifamiliar es el que contribuye con el mayor volumen de extracción, seguido por el pozo Vivero Alto.



El agua extraída se somete a un proceso de desinfección automatizado mediante la inyección de hipoclorito de sodio al 13%. El agua ya desinfectada es luego bombeada a tres tanques elevados (Tanque Bajo, Tanque Alto y Tanque Vivero Alto), desde donde se distribuye a todo el campus por el principio de gravedad. Finalmente, al llegar a los edificios, el agua es almacenada en cisternas o utilizada directamente desde la red de distribución.

La calidad del agua distribuida en CU ha sido rigurosamente evaluada. Las características presentadas a continuación son el resultado de análisis realizados por laboratorios externos certificados en los años 2009, 2014-2019 y 2024. Este uso de organismos externos corrobora la información recabada internamente por el programa **PUMAGUA**, proporcionando una validación crucial de los datos.

Los parámetros analizados se comparan directamente con la **NOM-127-SSA1-2021** (Agua para uso y consumo humano), y los resultados generales demuestran un alto cumplimiento. Las características organolépticas y fisicoquímicas indican que el agua presenta un sabor y color adecuados; mientras que parámetros como turbiedad (0.38 ± 0.18 UNT), pH (7.27 ± 0.28) y Sólidos Disueltos Totales (352.1 ± 32.1 mg/L) presentan valores promedio dentro de los límites permisibles (Tablas 5 y 6). Por su parte, los análisis de dureza, fluoruros, nitratos, metales y metaloides (incluidos Arsénico y Plomo), así como compuestos orgánicos volátiles y plaguicidas, indican que todos los valores promedio registrados están dentro de los niveles aceptables de la normativa mexicana, asegurando la calidad sanitaria del agua (Tablas 7-10).

TABLA 5. Especificaciones físicas

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Turbiedad	3.0	0.38 ± 0.18 UNT
pH	6.5 a 8.5	7.27 ± 0.28
Color Verdadero	15	3.96 ± 1.18 UC
Olor	No aplica	Agradable
Sabor	No aplica	Agradable



TABLA 6. Especificaciones químicas

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Cianuros totales	0.07	0.008 ± 0.009 mg/L
Dureza total como CaCO ₃	500	130.9 ± 22.9 mg/L
Fluoruros como F ⁻	1.5	0.46 ± 0.18 mg/L
Nitrógeno amoniacial (N-NH ₃)	0.5	0.21 ± 0.22 mg/L
Nitrógeno de nitratos (N-NO ₃ ⁻)	11	5.24 ± 2.56 mg/L
Nitrógeno de nitritos (N-NO ₂)	0.90	0.0019 ± 0.0008 mg/L
Sólidos disueltos totales	1000	352.1 ± 32.1 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	400	32.5 ± 12 mg/L
Sustancias activas al azul de metileno	0.5	0.02 ± 0.02 mg/L

TABLA 7. Metales y metaloides

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Aluminio	0.20	0.12 ± 0.08 mg/L
Arsénico	0.025	0.006 ± 0.005 mg/L
Bario	1.3	0.12 ± 0.16 mg/L
Cadmio	0.005	0.003 ± 0.002 mg/L
Cobre	2	0.24 ± 0.38 mg/L
Cromo total	0.05	0.007 ± 0.007 mg/L
Hierro	0.30	0.04 ± 0.05 mg/L
Manganeso	0.15	0.017 ± 0.021 mg/L
Mercurio	0.006	0.0005 ± 0.0001 mg/L
Níquel	0.07	0.001 ± 0.001 mg/L
Plomo	0.01	0.005 ± 0.005 mg/L
Selenio	0.04	0.002 ± 0.002 mg/L
Sodio	No aplica	37.8 ± 0.017 mg/L
Yodo	No aplica	0.22 ± 0.017
Zinc	No aplica	0.049 ± 0.067



TABLA 8. Radiactividad

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Radiactividad alfa total	0.5	$0.19 \pm 0.21 \text{ Bq/L}$
Radiactividad beta total	1.0	$0.68 \pm 0.68 \text{ Bq/L}$

TABLA 9. Compuestos orgánicos volátiles no halogenados

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Benceno	10	$0.15 \pm 0.05 \mu\text{g/L}$
Etilbenceno	300	$0.1 \pm 0.1 \mu\text{g/L}$
Tolueno	700	$0.17 \pm 0.13 \mu\text{g/L}$
Xilenos	500	$0.3 \pm 0.11 \mu\text{g/L}$

TABLA 10 Plaguicidas y herbicidas clorados

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Aldrín	0.03	$0.015 \pm 0.005 \mu\text{g/L}$
Dieldrín	0.03	$0.015 \pm 0.005 \mu\text{g/L}$
Clordano	0.2	$0.075 \pm 0.027 \mu\text{g/L}$
DDT	1	$0.69 \pm 0.21 \mu\text{g/L}$
Metoxicloro	20	$5.94 \pm 4.45 \mu\text{g/L}$
2-4 D	30	$5.45 \pm 4.98 \mu\text{g/L}$

De los 19 análisis certificados, se observó la presencia de coliformes fecales en una muestra, lo que representa el 4.25% del total. Esta contaminación ocurrió específicamente en el Tanque Bajo, coincidiendo con la determinación de contaminación fecal realizada por nuestro grupo. La importancia de esta información radica en que, en el momento preciso del muestreo, no se detectó cloro residual libre. Esta falta de cloro es un factor crítico y la explicación plausible para la presencia de bacterias en el tanque, subrayando la necesidad de mantener un control estricto de la desinfección en toda la red.

En relación con los datos de residuales de la desinfección (Tabla 11), los registros actuales del Cloro Residual Libre, con un promedio de $0.82 \pm 0.47 \text{ mg/L}$, confirman que el parámetro se mantiene dentro del rango de 0.2 a 1.5 mg/L establecido por la norma. Esto es crucial para asegurar que la desinfección sigue siendo efectiva y prevenir reincidencias de contaminación bacteriana como la detectada anteriormente. Los productos secundarios de la desinfección también cumplen con lo establecido (Tabla 12).



TABLA 11. Residuales de la desinfección

Parámetro	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Cloro residual libre	0.2 a 1.5	0.82 ± 0.47 mg/L

TABLA 12. Subproductos de la desinfección de trihalometanos

Parámetros	Límite permisible	Datos registrados (valor promedio y desviación estándar)
Trihalometanos	0.2*	0.12 ± 0.13 mg/L
Bromodiclorometano	60	5 ± 5 µg/L
Bromoformo	100	5 ± 5 µg/L
Cloroformo	300	5 ± 5 µg/L
Dibromoclorometano	100	5.2 ± 0.35 µg/L

*Límite de la actualización anterior (**NOM-127-SSA1-2021**)

A partir de lo señalado, Ciudad Universitaria de la UNAM presenta la siguiente infraestructura y capacidades:

1. Abastecimiento y Distribución de Agua en Ciudad Universitaria

Componente	Descripción y Función	Dato Clave	Importancia
Fuentes de Abastecimiento	Pozos profundos que suministran el agua.	3 Pozos: Multifamiliar, Vivero Alto y Química.	Garantizan la autosuficiencia hídrica del campus.
Desinfección	Proceso automatizado para la potabilización del agua.	Inyección de Hipoclorito de Sodio al 13%.	Asegura que el agua cumpla con los estándares de sanidad antes de la distribución. (NOM-127-SSA1-2021)
Almacenamiento y Distribución	Tanques que reciben el agua desinfectada y la distribuyen.	3 tanques de distribución: Tanque Bajo, Tanque Alto y Tanque Vivero Alto.	Permiten la distribución a todo el campus por el principio de gravedad.



2. Resultados del Monitoreo de Calidad del Agua (2009, 2014-2019, 2024)

Categoría de Análisis	Método de Verificación	Porcentaje de Cumplimiento / Incidencia	Importancia del Resultado
Verificación Externa	Análisis realizados por laboratorios externos certificados.	Muestras de años 2009, 2014-2019 y 2024.	Corrobora los datos de PUMAGUA, validando la calidad del agua bajo estándares de terceros.
Cumplimiento Normativo	Evaluación de parámetros físicos, químicos y metales.	Todos los parámetros se encuentran dentro de los límites aceptables de la NOM-127-SSA1-2021.	Confirma que el agua es apta para uso y consumo humano.
Detección de Coliformes Fecales	Presencia de bacterias en muestras certificadas.	Detectada en 1 de 19 análisis (de las muestras).	Indica una vulnerabilidad puntual en la red (Tanque Bajo), siendo una señal de alerta sanitaria.
Causa de Contaminación	Situación de la desinfección en el momento del muestreo.	No se detectó Cloro Residual Libre en el sitio contaminado.	Subraya la importancia crítica de mantener el nivel de cloro residual para prevenir el crecimiento bacteriano.

3. Actualizaciones de Monitoreo: Año 2025 (Cloro Residual)

Parámetro	Límite Normativo (NOM-127)	Dato Actual (Promedio)	Importancia Estratégica
Cloro Residual Libre (mg/L)	0.2 a 1.5	0.82 ± 0.47	Mantener este rango confirma la efectividad de la desinfección y es la principal defensa contra la reaparición de coliformes fecales.



4. Parámetros Clave de Calidad del Agua vs. Límites Permisibles

Se presentan los datos promedio de las mediciones registradas, comparados con los límites de la **NOM-127-SSA1-2021**.

Parámetro (Unidad)	Límite Permisible (la NOM-127-SSA1-2021)	Dato Registrado (Valor Promedio)	Cumplimiento
Turbiedad (UNT)	3.0	0.38 ± 0.18	Excelente
pH	6.5 a 8.5	7.27 ± 0.28	Óptimo
Cloro Residual Libre (mg/L)	0.2 a 1.5	0.82 ± 0.47	Crucial (Dentro del rango)
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	1000	352.1 ± 32.1	Óptimo
Arsénico (mg/L)	0.025	0.006 ± 0.005	Dentro de límite
Plomo (mg/L)	0.01	0.005 ± 0.005	Dentro de límite
Trihalometanos (mg/L)	0.2	0.12 ± 0.13	Dentro de límite

De acuerdo con los análisis realizados a lo largo de todos estos años de monitoreo en la calidad del agua, el agua distribuida en Ciudad Universitaria (CU) **CUMPLE SISTEMÁTICAMENTE y SATISFACTORIAMENTE** con la **Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-2021)**, asegurando que se suministra agua de buena calidad. No obstante, el monitoreo constante es crucial para mantener la seguridad hídrica de la comunidad. El área de Calidad del Agua realiza una vigilancia exhaustiva que abarca los pozos de extracción, tanques de almacenamiento, cisternas, llaves de la red hidráulica, dispensadores, y ocasionalmente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Cabe destacar que la vigilancia del agua fue interrumpida casi por completo durante la emergencia sanitaria por COVID-19 entre 2020 a 2022.

Los muestreos en los pozos se realizan antes de la desinfección con cloro, por tal razón se han detectado bacterias en el agua, pero una vez implementada la desinfección las bacterias se eliminan.

- 💧 Entre 2013 y 2024, se realizaron 157 análisis bacteriológicos.
- 💧 El 12% de estos registros en el agua cruda de los pozos mostró presencia de coliformes fecales.



- 💧 Es fundamental destacar que la bacteria *E. coli* (indicador de contaminación fecal) no estuvo presente en ninguna de las muestras de los pozos, lo que es un hallazgo positivo.
- 💧 Igualmente, en el área de calidad se miden algunos parámetros fisicoquímicos de manera mensual, ($\text{pH } 7.55 \pm 0.5$, Sólidos Disueltos Totales $269.69 \pm 23.46 \text{ mg/L}$, etc.) se alinean con la **NOM-127-SSA1-2021**.

El monitoreo sistemático de pozos y tanques inició en 2013. Los datos recopilados demuestran que las condiciones del agua se mantienen constantes, lo que indica que el proceso de almacenamiento no afecta negativamente la calidad del agua (Tabla 13). La **NOM-127-SSA1-2021** indica el análisis de coliformes fecales o de *Escherichia coli*, estas bacterias son consideradas indicadoras de contaminación fecal y deben de estar ausentes en agua para uso y consumo humano.

El proceso de desinfección mediante cloración es, en general, efectivo para la eliminación de microorganismos, con la bacteria coliforme presente en solo 0.5% de las muestras de agua almacenada.

- 💧 *Muestras Libres de Bacterias:* El 99.5% de las muestras de agua almacenada en tanques estuvo libre de bacterias.
- 💧 *Mediciones de Cloro:* Se realizaron 269 mediciones de cloro en los tanques de almacenamiento. Sólo en el 8.2% de las visitas, el agua no cumplió con los niveles mínimos de cloro residual libre, de este porcentaje tan solo el 6.3% corresponde al Tanque Bajo

En el Tanque Bajo se ha documentado de manera reiterada una ineficiencia en el proceso de desinfección, manifestada por concentraciones de cloro residual inferiores a los niveles recomendados en el 6.3% de las visitas de monitoreo. De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC), la causa principal de esta deficiencia radica en el deterioro de los dosificadores, por lo que se ha programado su sustitución durante 2025. Esta acción resulta esencial para restablecer la continuidad y eficacia del proceso de cloración, garantizando así la inocuidad del agua almacenada en dicho tanque.

En términos globales, los registros del Programa Universitario de Manejo, Uso y Reúso del Agua muestran que en el 64.7% de las determinaciones el cloro residual se mantuvo dentro del intervalo normativamente aceptado (0.2–1.5 mg/L). Por su parte, en el 27.1% de las mediciones se registraron valores superiores al límite máximo permisible; no obstante, concentraciones de hasta 1.5 mg/L no representan un riesgo para la salud humana.



De manera consistente, los parámetros fisicoquímicos del sistema hidráulico se mantienen dentro de los rangos establecidos por la normativa aplicable, lo que evidencia un control sostenido de la calidad y seguridad del agua suministrada en el campus universitario.

Tabla 13. Parámetros de calidad del agua subterránea y del agua almacenada en tanques durante el período 2013 a 2024 registrados por PUMAGUA (valores promedio y desviación estándar).

Parámetro	Pozos	Tanques	Límite máximo permisible (NOM-127-SSA1-2021)
Cloro residual libre	No aplica	1.19 ± 0.57	0.2-1.5 mg/L
pH	7.55 ± 0.5	7.5 ± 0.42	6.5-8.5
Temperatura	18.18 ± 1.42	18.38 ± 1.47	No aplica
Conductividad	415.24 ± 60.67	426.72 ± 27.18	No aplica
Sólidos Disueltos Totales	269.69 ± 23.46	217.42 ± 15.15	1000 mg/L
Turbidez	0.31 ± 0.21	0.38 ± 0.15	5 NTU
Nitratos	4.62 ± 1.75	5.03 ± 1.42	11 mg/L
Sulfatos	28.99 ± 8.62	27.64 ± 10.55	400 mg/L
Bacterias coliformes	1 ± 4.08	0.12 ± 1.64	Ausencia

El agua que llega a las entidades del campus se utiliza directamente de la red o se almacena en cisternas. **PUMAGUA** ha realizado una vigilancia exhaustiva de la calidad del agua almacenada, con datos significativos desde 2011. El monitoreo incluye 85 cisternas pertenecientes a 54 dependencias diferentes y se han un total de 2,416 registros de agua almacenada.

La eficacia de la desinfección en las cisternas presenta un cumplimiento en el proceso de desinfección del 81.5%, lo que indica que el agua almacenada es segura. Sin embargo, se observaron pérdidas o dosificación en exceso en los sistemas de almacenamiento (**Tabla 14**). A pesar de que hay un número de cisternas en las que el cloro residual se pierde, la ausencia de bacterias de contaminación fecal ocurrió en el 99% de las muestras.

Tabla 14. Desinfección en cisternas

Condición del Cloro Residual Libre	Porcentaje de Registros (n=2,416)	Implicación
Cumplimiento de Desinfección (0.2–1.5 mg/L)	81.5%	Fuerte indicativo de que la mayor parte del agua almacenada es segura.
Pérdida de Cloro (<0.2 mg/L)	8.3%	Señala fallas o pérdida de cloro residual que compromete la protección sanitaria.
Exceso de Cloro (>1.5 mg/L)	10.2%	Indica una sobre-dosificación que afecta las propiedades organolépticas del agua.



En lo que respecta al monitoreo de la red principal, se evalúa la calidad del agua en el punto de uso, en donde los usuarios tienen contacto directo. Durante la ejecución de **PUMAGUA** se han realizado 2,104 mediciones en llaves a nivel de piso, de baño y tarjas.

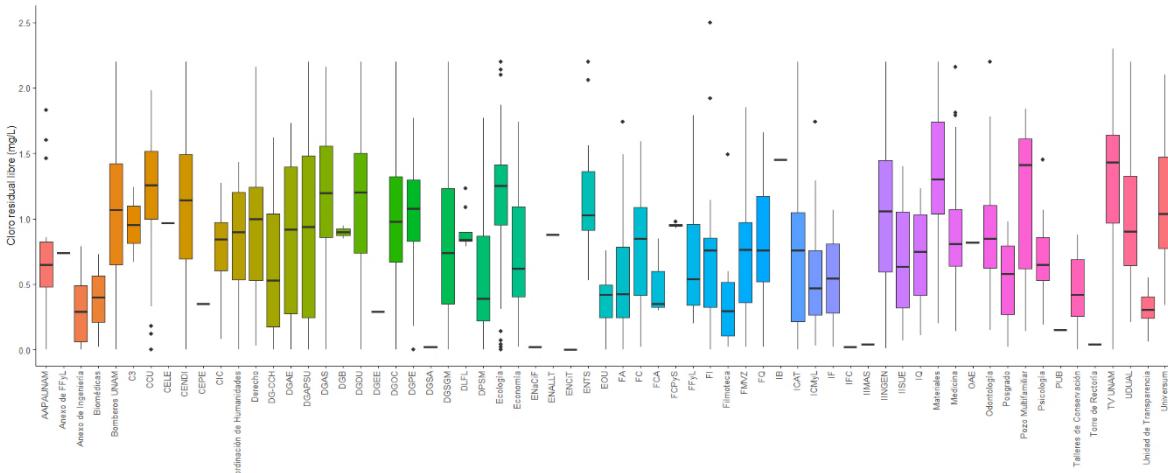
Cabe señalar que:

- 💧 El número de instituciones monitoreadas ha aumentado significativamente, pasando de 11 dependencias en 2013 a 36 entidades en 2024.
- 💧 Los registros indican que el agua distribuida en la red mantiene niveles promedio de cloro residual de 0.92 mg/L cumpliendo con la normatividad vigente en un 74.8%.

El porcentaje de los registros indica que:

- 💧 El 10.6% de los registros en la red estuvieron por debajo del límite mínimo de 0.2 mg/L. (Gráfica 3).
- 💧 Esta falta de cloro en la red hidráulica se asocia directamente a la deficiencia o falta de desinfección desde los pozos. La pérdida de cloro en la red puede permitir la recontaminación del agua antes de su consumo.

El resto de los parámetros fisicoquímicos en la red de distribución se mantienen estables y dentro de los valores promedio seguros.



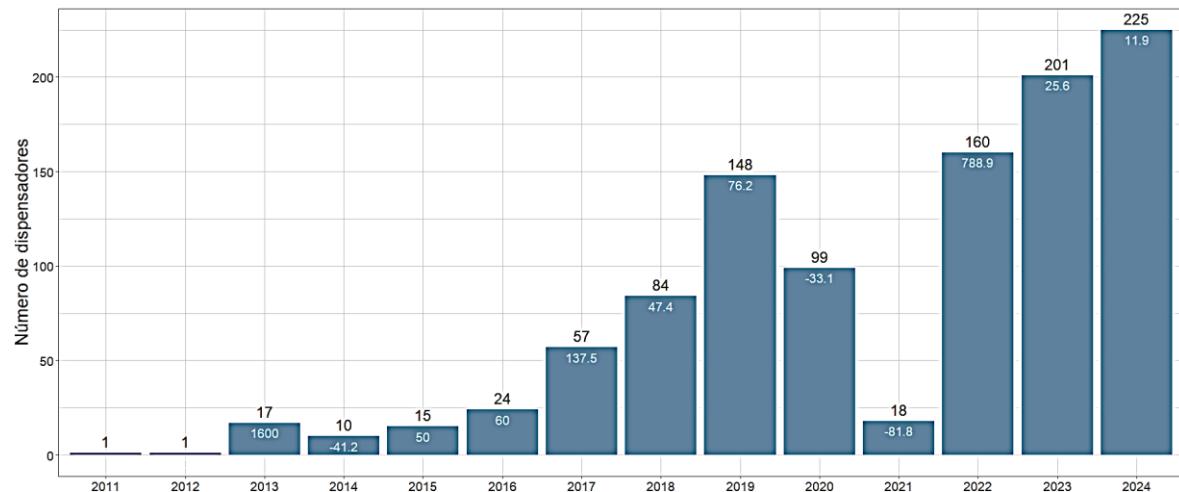
GRÁFICA 3. Cloro residual libre en la red de distribución en un monitoreo de 15 años.



El monitoreo de la calidad del agua en los dispensadores del campus ha experimentado un crecimiento, reflejando el compromiso de la Universidad con la seguridad hídrica en los puntos de consumo final.

La cobertura del monitoreo mensual por parte de **PUMAGUA** se ha expandido drásticamente: de medir solo el Centro Cultural Universitario en 2011, la vigilancia alcanzó 225 dispensadores en 36 dependencias diferentes en 2024. Este aumento se debe, en parte, a que las dependencias instalaron más unidades para la comunidad universitaria, con 13 nuevos dispensadores colocados solo en los últimos dos años (**Gráfica 4**).

A lo largo de quince años de medición, la Universidad ha mantenido una tasa del 77.5% de cumplimiento en la desinfección del agua suministrada a través de estos dispositivos, los registros que estuvieron por debajo o por encima de los límites permisibles se muestran en la **Tabla 15**. A pesar del 18% de registros con cloración insuficiente, el crecimiento de bacterias coliformes fecales se observó en solo el 0.2% de las muestras. Esta baja detección se asocia a la falta de cloración ocasional o, de manera crítica, al mantenimiento inadecuado de los propios dispositivos de suministro.



GRÁFICA 4. Aumento de vigilancia del agua en dispensadores públicos en el campus CU.



TABLA 15. Porcentaje de cumplimiento de cloro residual libre en dispensadores.

Condición del Cloro Residual Libre	Porcentaje de Registros	Implicación y Riesgo
Dentro de Límites Normativos (0.2–1.5 mg/L)	77.5%	Confirma que, en la gran mayoría de los casos, el agua está debidamente desinfectada y es segura.
Cloración Insuficiente (<0.2 mg/L)	18.0%	Alto porcentaje de pérdida de protección sanitaria. El riesgo es la posible proliferación de microorganismos.
Cloración Excesiva (>1.5 mg/L)	4.5%	Indica un consumo ineficiente de desinfectante.

Además, se realizan tratamiento adicional en dispensadores:

- 💧 De los 225 dispensadores contabilizados por **PUMAGUA**, el 38% del total de dispensadores incluye filtros purificadores.
- 💧 Dado que estos filtros eliminan el cloro residual libre, en 2024 se enfocó la evaluación en la seguridad microbiológica, para ello, se realizó el análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal en 93 dispensadores de este tipo.
- 💧 En ninguno de los dispensadores se observaron bacterias, lo que valida la calidad inicial del agua de la red.

La calidad del agua en el total de los dispensadores también cumple con todos los parámetros fisicoquímicos establecidos.

Sin dejar a un lado la importancia de la calidad del agua en el reúso, también se monitorean las aguas residuales generadas en Ciudad Universitaria (CU) que son tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cerro del Agua. Esta agua tratada es reusada para el riego de áreas verdes durante la época de estiaje; en temporada de lluvias, el riego se suspende y el agua no es reutilizada. El efluente tratado se almacena en cisternas antes de ser utilizado en el riego.

Durante la ejecución de **PUMAGUA**:

- 💧 Se han realizado 312 muestreos que abarcan el efluente de la PTAR, las cisternas de almacenamiento y los aspersores de riego.
- 💧 El objetivo de esta vigilancia es verificar el cumplimiento de los límites microbiológicos establecidos en la **NOM-003-SEMARNAT-1997**, que regula la calidad del agua residual tratada tanto en usos directos e indirectos.

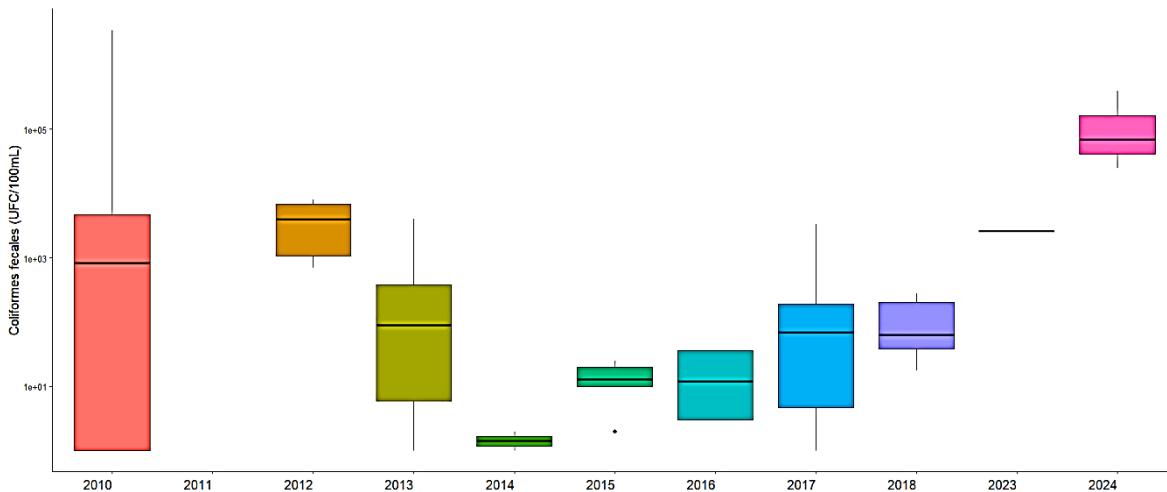


Los resultados del monitoreo de bacterias fecales, el parámetro más crítico para el reúso en riego, son variables:

- 💧 Se encontraron bacterias fecales en el 55% de las muestras analizadas; sin embargo, el conteo de estas bacterias no excede los límites permisibles de la NOM-003-SEMARNAT-1997.
- 💧 Del total de muestras positivas, el 80% históricamente ha cumplido con la norma

Cabe mencionar que, en los dos últimos años de mediciones, la calidad del agua ha mostrado un deterioro significativo:

- 💧 Las bacterias coliformes se enumeraron en un promedio de 122,636.5 UFC/100 mL durante 2024, lo cual rebasa drásticamente el límite de 240 unidades permisibles para contacto directo establecido por la **NOM-003-SEMARNAT-1997**.
- 💧 Los niveles más altos de coliformes fecales se registraron en 2010 y 2024 (Gráfica 5).
- 💧 Un muestreo de agua de los aspersores en 2023, y la inclusión de la detección de *Escherichia coli*, reveló un alto grado de coliformes fecales y la presencia de *E. coli* en el agua de riego. Este deterioro se atribuye a que la PTAR no funcionó por completo en los últimos años, lo que se vio reflejado en la mala calidad del agua. Además de la falta de mantenimiento que se da a las cisternas donde se guarda el agua tratada para riego.

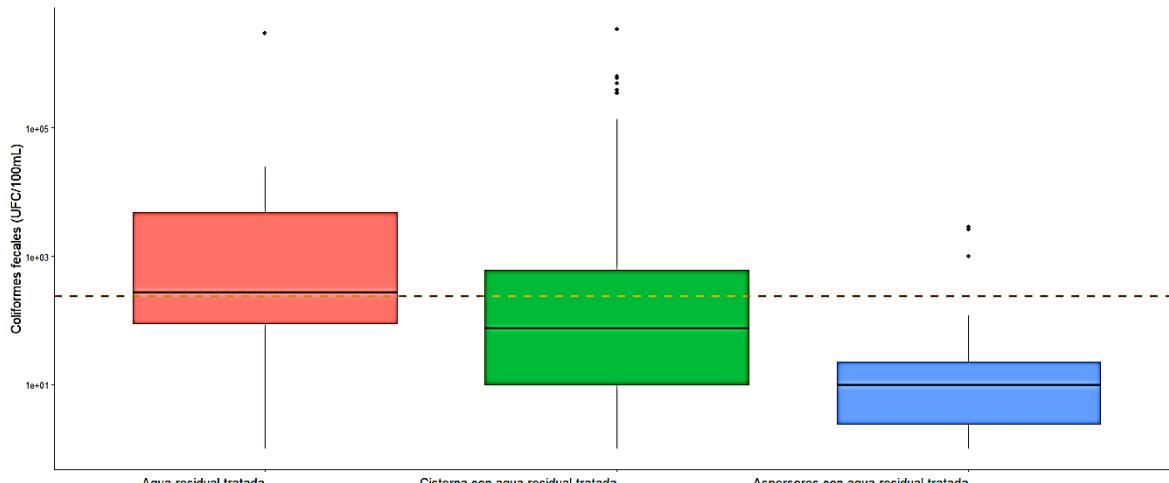


GRÁFICA 5. Concentración de coliformes fecales en el agua residual tratada de CU.

A pesar de los problemas en el efluente, un análisis detallado (Gráfico 6) que compara el agua al salir de la PTAR, al almacenarse en cisternas y al salir por los aspersores, muestra un efecto positivo:

- 💧 Se observa un decaimiento bacteriano a medida que el agua residual transita y se almacena.
- 💧 Históricamente, la carga bacteriana en los aspersores sí ha cumplido con los límites permisibles para el contacto directo. No obstante, la interrupción del funcionamiento total de la PTAR ha comprometido este resultado en los últimos años.

Las mediciones realizadas a partir de 2023 y en 2024, que muestran un alto grado de coliformes fecales y la presencia de *E. coli*, indican una falla crítica en el tratamiento. Por lo tanto, cualquier plan para el año 2026 debe priorizar la restauración completa y la optimización de la operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cerro del Agua para asegurar que el efluente cumpla con la normatividad vigente, antes de su reúso en el riego.



GRÁFICA 6. Concentración de coliformes fecales en el efluente de la PTAR, cisternas y aspersores en CU.



INFORME DE ACTIVIDADES 2025



INFORME DE ACTIVIDADES 2025

Entrega y Suministro de Agua

Durante 2025, el **PUMAGUA** fortaleció las acciones de monitoreo, control y mejora de la gestión del agua en Ciudad Universitaria (CU), tanto en lo relativo a la extracción, entrega y suministro (balance hidráulico) como a la garantía de la calidad del agua para la comunidad universitaria. En este apartado se integran los resultados de la macromedición, la sectorización hidráulica, los análisis de calidad en pozos, tanques y red de distribución, y las acciones correctivas y de cooperación institucional realizadas en coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC).

El sistema de macromedición instalado en los pozos de Química, Multifamiliar y Vivero Alto permitió registrar la extracción mensual de enero a diciembre de 2025 (**Gráfica 7**, con la información que hasta la elaboración de este documento ha sido proporcionada por la DGOC). Tras la inversión realizada en 2024 para la adquisición e instalación de nuevos macromedidores, equipados con plataformas de medición independientes y automatizadas, los equipos permanecieron operativos durante 2025. No obstante, la información quedó resguardada por el personal de la DGOC, lo que limitó la integración de datos al sistema central de **PUMAGUA**. Aun así, el monitoreo general mantuvo la continuidad en el registro de extracción y permitió verificar la estabilidad de los volúmenes bombeados para el abastecimiento del campus.

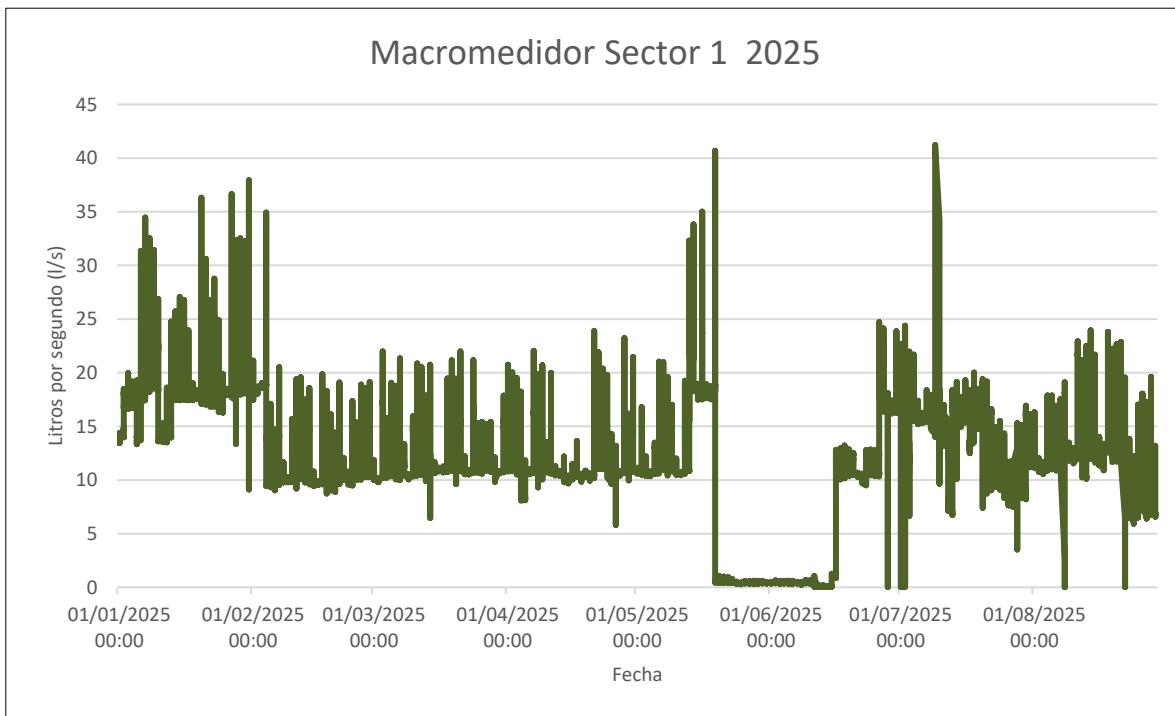


GRÁFICA 7. Extracción mensual de pozos 2025

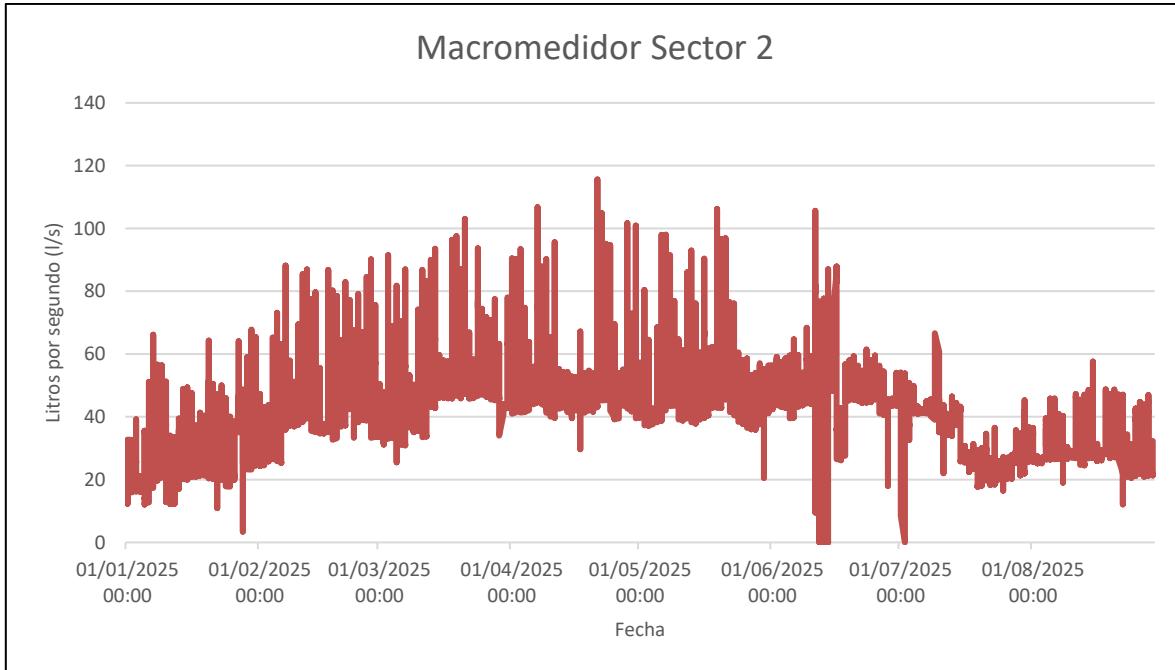


Gracias a la puesta en marcha, en 2024, de macromedidores en los cinco sectores hidráulicos, en 2025 se reactivó la sectorización hidráulica de CU. Este esquema ha posibilitado identificar flujos, pérdidas, variaciones y comportamientos de consumo por zona, optimizando el control operativo de la red. A continuación, se presentan las gráficas de flujo por sector (**Graficas de la 8 al 11 de enero a agosto de 2025**, información proporcionada por la DGOC hasta el momento de la elaboración de este documento); cabe señalar que el macromedidor del Sector 5 se encuentra fuera de servicio, por lo que no hay información disponible de ese sector para el año en curso.

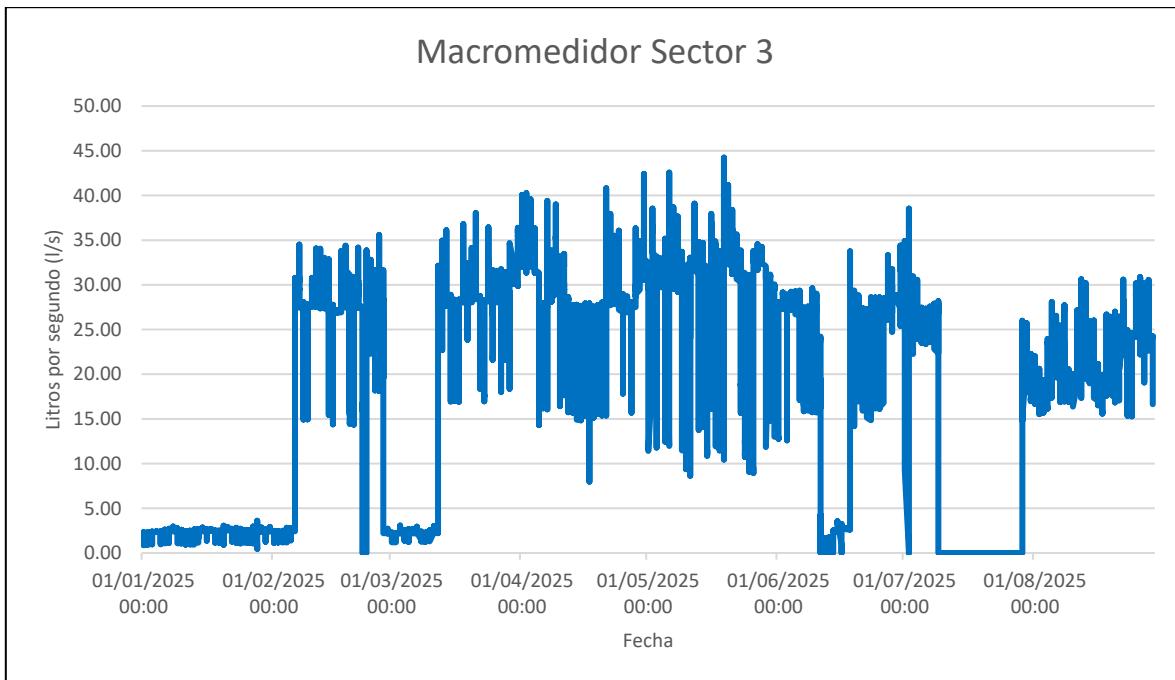
Los datos registrados en los cuatro sectores activos han sido fundamentales para la elaboración del balance hidráulico de CU, aportando información consistente sobre la distribución y comportamiento del flujo en el campus. Estos insumos permitirán planificar e implementar en 2026 acciones orientadas a mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas en la red.



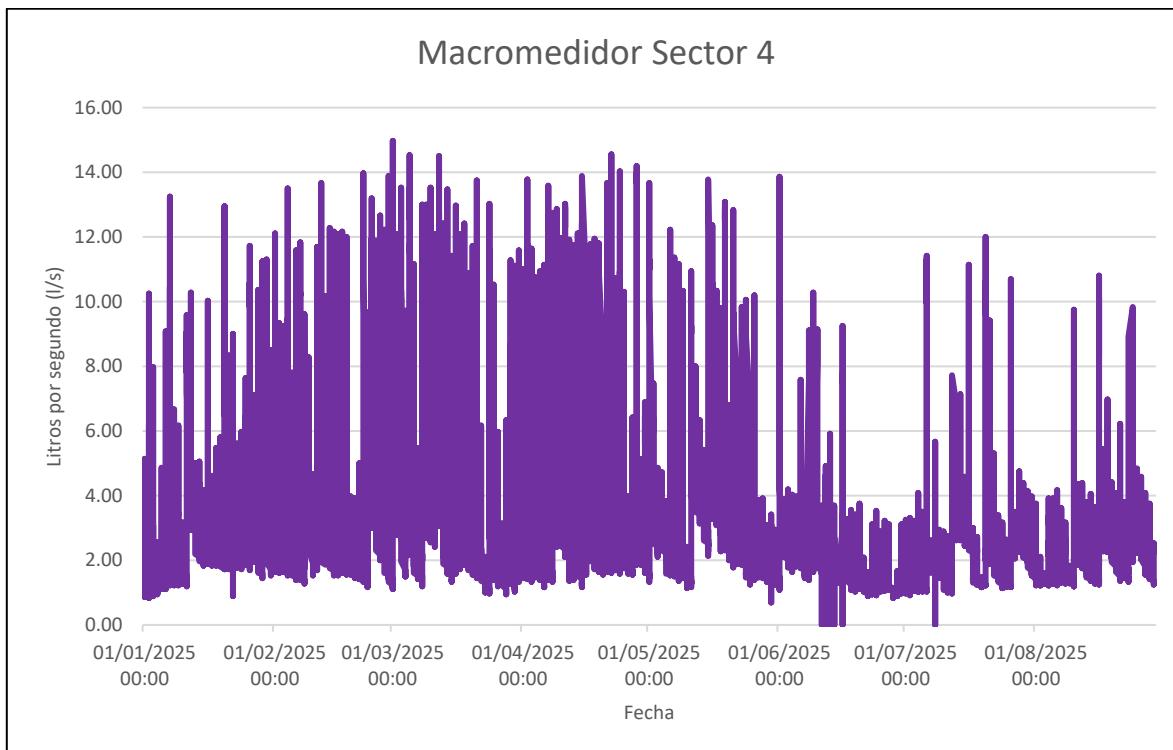
GRÁFICA 8. Macromedidor Sector 1 (2025).



GRÁFICA 9. Macromedidor Sector 2.



GRÁFICA 10. Macromedidor Sector 3.



GRÁFICA 11. Macromedidor Sector 4.

Desde 2009 y hasta diciembre de 2025 se han realizado 12,001 mediciones de calidad del agua en las distintas etapas del sistema hidráulico de Ciudad Universitaria. Estas evaluaciones han abarcado los pozos de abastecimiento, los tanques y cisternas de almacenamiento, la red interna de distribución, las tomas y dispensadores ubicados en los edificios universitarios, así como el agua residual tratada. Los análisis han considerado parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de desinfección, lo que permite mantener un control integral sobre la seguridad y la potabilidad del agua suministrada en el campus, mismos que ya han sido referidos con anterioridad.

El monitoreo de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento, tanques de almacenamiento y puntos de consumo es un pilar del programa **PUMAGUA**. Durante 2025 se mantuvo un esquema continuo de muestreo y análisis con el objetivo de garantizar que el agua suministrada en Ciudad Universitaria cumpla con los criterios de potabilidad establecidos en la **NOM-127-SSA1-2021**.



A lo largo del año se identificaron dos hallazgos relevantes en el seguimiento de la calidad del agua:

a) Presencia de bacterias fecales en el pozo de Química.

- 💧 Se detectaron de manera recurrente microorganismos de origen fecal en diversas muestras tomadas durante 2025.
- 💧 Afortunadamente, la dosificación de cloro demostró ser eficaz para eliminar dichos microorganismos; por esta razón no se documentó un riesgo sanitario para la comunidad universitaria.
- 💧 Los resultados fueron reportados oportunamente a la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC), la cual implementó medidas correctivas inmediatas en el sistema de desinfección.

b) Anomalías en la dosificación de cloro residual libre (principalmente en el Tanque Bajo).

- 💧 Se registraron irregularidades en la concentración de cloro residual libre durante los análisis rutinarios.
- 💧 Estas irregularidades se corrigieron mediante el ajuste de la dosificación y la recalibración del equipo dosificador, garantizando así la concentración adecuada de cloro residual en la red de distribución.
- 💧 El seguimiento constante por parte de **PUMAGUA** y la coordinación operativa con la DGOC aseguraron que, a pesar de estas incidencias, la calidad del agua entregada en tomas y dispensadores permaneciera dentro de los parámetros normativos durante 2025.

Suministro a dependencias

En lo que respecta a la micromedición, el personal de **PUMAGUA** ha continuado con la obtención sistemática de datos mediante recorridos mensuales destinados a la descarga y verificación de información proveniente de los dispositivos instalados. Paralelamente, se han desarrollado campañas de sustitución de carátulas, orientadas a preservar la funcionalidad, confiabilidad y continuidad operativa del sistema de medición.

En seguida se presentan los registros consolidados de micromedición correspondientes al periodo comprendido hasta agosto de 2025, los cuales permiten evaluar el desempeño y la eficiencia del sistema hidráulico en los distintos sectores de Ciudad Universitaria. (**Tabla 16**)



TABLA 16. Registros de micromedición por sector en Ciudad Universitaria durante 2025
Comparando la información del 2024 se puede apreciar un claro descenso en el consumo por parte de las dependencias de Ciudad Universitaria para el 2025.

Consumo por sector 2025 (m ³)						
	Sector					
Mes	I	II	III	IV	V	Total mensual
ene-25	10,389	2,647	12,055	1,155	5,568	31,814
feb-25	9,761	3,315	11,428	1,349	3,852	29,706
mar-25	9,436	3,609	11,083	1,561	2,696	28,385
abr-25	9,767	3,161	9,116	1,482	2,518	26,043
may-25	10,241	3,368	12,334	1,400	2,664	30,007
jun-25	10,348	2,517	11,096	1,087	2,025	27,074
Jul-25	10,314	1,854	7,399	721	1,601	21,888
ago-25	10,918	2,579	8,642	742	2,652	25,534
TOTAL	81,175	23,050	83,153	9,497	23,576	220,452

TABLA 17. Registros de micromedición por sector en Ciudad Universitaria durante 2024

Consumo por sector 2024 (m ³)						
	Sector					
Mes	I	II	III	IV	V	Total mensual
ene-24	10,649	4,293	19,809	1,197	5,070	41,017
feb-24	11,700	4,736	19,193	1,289	5,595	42,513
mar-24	11,990	4,254	18,550	875	4,642	40,312
abr-24	14,649	3,351	16,232	1,259	5,920	41,411
may-24	14,991	2,4500	16,357	1,098	6,201	41,146
jun-24	15,398	4,044	15,585	1,370	5,718	42,114
Jul-24	14,627	3,342	15,101	793	6,355	40,218
ago-24	17,359	3,363	9,969	1,111	6,033	37,834
TOTAL	111,363	29,882	130,796	8,992	45,534	326,566

Se puede apreciar que el consumo en 2025 ha sido menor por 106,114 m³ en comparación a 2024.



Fugas en la Red Principal y Sectorización

Durante 2025, el **PUMAGUA** intensificó las acciones destinadas a detectar, cuantificar y reducir fugas en la red principal de distribución de CU. Se avanzó de manera significativa en la consolidación de un esquema de sectorización hidráulica plenamente operativo y respaldado por tecnologías de medición, lo que permitió conocer con mayor precisión los caudales de entrada y salida en los distintos sectores del campus. Estas acciones fueron determinantes para elevar la eficiencia hidráulica, disminuir las pérdidas físicas y asegurar la estabilidad operativa de la red, fortaleciendo una gestión más sostenible y sustentada en evidencia técnica.

A inicios de 2025 se restableció por completo el esquema de sectorización que había sido afectado durante la pandemia, de modo que los datos aportados por los macromedidores en las entradas de los sectores recuperaron su papel fundamental para estimar los consumos internos. La reactivación del sistema permitió identificar con mayor precisión la ubicación de fugas en la red primaria, cuantificar los caudales de pérdida y programar intervenciones puntuales y jerarquizadas. Un resultado clave fue la detección de fugas activas en cuatro de los cinco sectores hidráulicos de CU.

Los registros de caudal durante el segundo trimestre de 2025 mostraron un pico de hasta 40l/s en el Sector II (ver **GRÁFICA 9**), lo que constituyó un indicador temprano que motivó intervenciones inmediatas. La **TABLA 18** presenta los valores de fugas estimadas a partir de los macromedidores por sector:

TABLA 18. Valores de fugas en la red principal de distribución de agua potable de C.U.
(2025)

Sector Fuga (l/s)	
I	7
II	20
III	15
IV	1
V	Sin datos



El total de fugas estimado para 2025 asciende a 43 l/s activos, sin considerar el Sector V debido a que su macromedidor se encontraba fuera de servicio al estar en proceso de conexión a paneles solares.

Con el fin de fortalecer la capacidad institucional para la detección y atención de fugas, durante el segundo semestre de 2025 **PUMAGUA** invirtió en equipos especializados y en la capacitación de su personal técnico. Cabe destacar que los recursos destinados a la adquisición de dichos equipos provinieron de un financiamiento extraordinario otorgado por la Secretaría General de la UNAM, la Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda, con el propósito de dotar nuevamente a **PUMAGUA** de tecnología de punta. El programa reconoce y agradece la relevancia de este apoyo para la mejora continua de sus operaciones. En la **TABLA 19** se tienen los equipos que se compraron.

TABLA 19 Equipamiento adquirido

Equipo	Función principal	Aplicación en campo
Medidor ultrasónico portátil	Medición de caudales en línea, sin interrupción del flujo.	Medición directa en la red primaria y secundaria.
Equipo de búsqueda de fugas (geófono y gas trazador)	Detección acústica y por gas de fugas subterráneas.	Localización precisa de fugas en tuberías enterradas.

El personal técnico de **PUMAGUA** recibió capacitación especializada en operación, mantenimiento y diagnóstico con los equipos adquiridos. Con el fin de:

- 💧 Incrementar la autonomía operativa en la identificación y localización de fugas.
- 💧 Optimizar los tiempos de respuesta frente a reportes de pérdida de caudal.
- 💧 Integrar de forma sistemática los datos de campo al sistema central de monitoreo, alimentando análisis históricos y modelos predictivos.

Estas mejoras tecnológicas y de capital humano fortalecen la capacidad de **PUMAGUA** para mantener una red confiable y eficiente, plenamente alineada con los objetivos institucionales de sostenibilidad hídrica.

En este contexto, la sectorización hidráulica activa facilitó la detección oportuna de fugas y la cuantificación precisa de las pérdidas en la red principal. La modernización tecnológica, junto con la capacitación del personal técnico, ha incrementado la autonomía de **PUMAGUA** en el diagnóstico y la atención de fugas. En conjunto, los resultados alcanzados en 2025 establecen las bases para la siguiente fase de optimización de la red primaria y para avanzar hacia la automatización del balance hidráulico en tiempo real.



Distribución, Fugas Internas y Calidad del agua en Dependencias

Durante 2025, el Programa Universitario de Manejo, Uso y Reúso del Agua centró sus esfuerzos en dos líneas estratégicas para garantizar la eficiencia hídrica y la calidad del agua en CU y planteles asociados: la micromedición y el control de fugas internas, y el monitoreo de la calidad en puntos de uso. Ambas acciones forman parte de un balance general del campus y del compromiso institucional por mantener el suministro dentro de los más altos estándares técnicos y sanitarios.

El control de fugas dentro de las dependencias, reactivado sistemáticamente desde 2023, se consolidó en 2025 con un monitoreo mensual sostenido que arrojó resultados tangibles en la reducción de pérdidas internas.

En 2025 el sistema de micromedición alcanzó 142 micromedidores operativos distribuidos en dependencias universitarias (ver **ILUSTRACIÓN 5**). La descarga periódica de datos y el envío mensual de reportes a cada dependencia se mantuvieron sin interrupciones, lo que fortaleció el seguimiento del consumo real y permitió la identificación temprana de anomalías. Estos registros constituyen la base del balance hidráulico interno de la UNAM y han sido determinantes para priorizar acciones de mantenimiento correctivo.

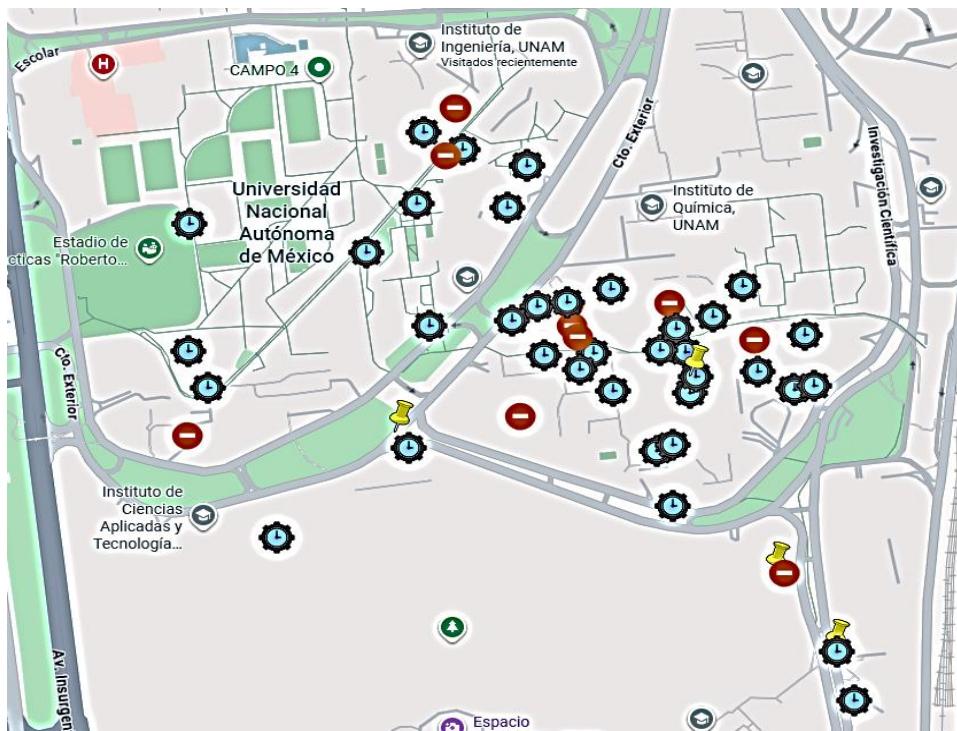


Ilustración 5. Mapa de micromedidores



El control mensual de fugas activas se mantuvo continuo durante todo 2025. En diciembre se documentaron 7 fugas activas en las dependencias monitoreadas, con un caudal acumulado aproximado de 3.24 l/s, equivalente a aproximadamente a 410.98 m³ por día. La **TABLA 20** resume las fugas activas que se tienen este año 2025. Cabe señalar que en enero de 2025 se inicio con un caudal de 7.5 l/s de fuga.

Entre 2009 y 2013 se instaló la mayoría de los micromedidores actualmente operativos en Ciudad Universitaria; en esa etapa se llegaron a registrar hasta 100 fugas en CU. Gracias a la comunicación directa con las dependencias y a la colaboración técnica permanente con la Dirección General de Obras y Conservación, el caudal de fuga activo se ha reducido, manteniendo el sistema en condiciones estables y controladas. El seguimiento sistemático de **PUMAGUA** ha sido clave para sostener la eficiencia hidráulica y la confiabilidad del suministro en toda la universidad.

TABLA 20. Fugas activas al cierre de 2025

Sector	Dependencia	Edificio	Fuga (l/s)	Fuga (m ³ /día)
I	Instituto de Investigaciones Biomédicas	Sede Central Edificio A	0.41	35.42
I	Dirección General de Administración Escolar	Control y Certificación Documental	0.01	0.86
I	Dirección General de Análisis, Protección y Seguridad Universitaria	Base de Operaciones	0.25	21.60
II	Centro de Enseñanza para Extranjeros	—	0.38	32.83
III	Facultad de Ciencias	Tlahuizcalpan	0.80	69.12
III	Dirección General de Servicios Administrativos	Tienda UNAM	0.19	16.42
V	Coordinación de Humanidades	—	1.20	103.68
Total	—	—	3.24	279.94

En el segundo semestre de 2025 **PUMAGUA** incorporó nuevo equipamiento especializado para detección y reparación de fugas internas. Estos recursos permitirán atender solicitudes de apoyo de dependencias con limitaciones operativas o de recursos y complementarán los esfuerzos de la DGOC, especialmente en episodios de alta demanda de atención técnica.

Los beneficios esperados incluyen:

- 💧 Mayor capacidad de respuesta y autonomía operativa para diagnóstico y reparación.
- 💧 Reducción de tiempos de reparación y de la dependencia de servicios externos.



Durante 2025, el componente de calidad se centró en garantizar la inocuidad del agua y el cumplimiento de los parámetros de desinfección a lo largo de la red de distribución, tanto en Ciudad Universitaria como en planteles externos. Entre enero y diciembre de 2025, la concentración promedio de cloro residual en la red principal fue de 0.62 mg/L; en los dispensadores, el promedio registrado fue de 0.63 mg/L.

Además de los muestreos de rutina, durante el año se atendieron solicitudes específicas de análisis de calidad procedentes de diversas instancias universitarias, entre ellas:

- 💧 Oficina de la Abogacía General
- 💧 REPSA
- 💧 Dirección General de Deporte Universitario
- 💧 Centro de Ciencias de la Complejidad
- 💧 Dirección General de Proveeduría

Estas acciones permitieron ofrecer diagnósticos puntuales y acompañamiento técnico, reforzando la confianza institucional en la calidad del agua distribuida.

Por otro lado, se efectuaron diagnósticos de la calidad del agua en planteles fuera de CU, específicamente en:

- 💧 CCH Azcapotzalco
- 💧 ENP No. 3
- 💧 FES Aragón

En cada plantel se midieron puntos de inicio, intermedios y terminales de la red interna. Los resultados indicaron niveles no aceptables en la mayoría de los planteles evaluados, con la excepción del CCH Azcapotzalco, cuya fuente de suministro mostró parámetros adecuados de potabilidad. Como medida preventiva, se recomendó la rehabilitación y verificación de los dispensadores del CCH para preservar las condiciones sanitarias del agua entregada.

El seguimiento exhaustivo de la micromedición, el control de fugas internas y el monitoreo de calidad durante 2025 consolidó una base técnica sólida para la gestión integral del recurso hídrico universitario. Los resultados muestran una mejora sostenida en la eficiencia hidráulica y ponen de manifiesto el compromiso institucional con la calidad del agua y el uso responsable del recurso.

La incorporación de nueva tecnología y la capacitación continua del personal fortalecerán la capacidad de respuesta de **PUMAGUA** frente a los retos futuros de mantenimiento, diagnóstico y atención a la demanda de las dependencias universitarias.



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Durante 2025 no se realizaron monitoreos continuos del efluente tratado. Para 2026 se proyecta el inicio de un programa de monitoreo continuo mediante la instalación de sensores en línea que registren parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, entre ellos cloro residual, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), conductividad eléctrica y bacterias indicadoras.

Logística, Formación de Recursos Humanos

El componente humano y logístico constituye un pilar esencial para la operación del Programa **PUMAGUA**. Durante 2025 se consolidaron las acciones de formación, colaboración interinstitucional y fortalecimiento tecnológico, lo que permitió ampliar las capacidades operativas del programa en CU. Entre mediados de 2023 y 2025, participaron activamente 12 estudiantes de servicio social y 2 becarios en el área de Balance Hidráulico, quienes contribuyeron en actividades clave como la sectorización hidráulica, monitoreo de caudales, análisis de fugas y operación de sistemas de micromedición. El trabajo coordinado de este equipo permitió asegurar la continuidad técnica del programa, superar limitaciones logísticas e infraestructurales, y fortalecer la vinculación académica con la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, instituciones fundamentales en la generación de conocimiento y apoyo técnico al proyecto.

Durante el mismo periodo (2023–2025), 12 estudiantes de servicio social colaboraron en el área de Calidad del Agua, provenientes de diversas licenciaturas como Biología, Ingeniería Ambiental, Administración, Pedagogía, Trabajo Social y Negocios Internacionales. La mayoría de los participantes pertenecieron a la UNAM, complementándose con estudiantes de la UAM, lo que fortaleció la colaboración interuniversitaria y la diversidad de enfoques académicos. Cabe destacar que 2 alumnas obtuvieron becas de conclusión de estudios, lo cual refleja el compromiso de **PUMAGUA** con la formación integral de nuevos profesionales, la equidad de oportunidades y la promoción de capacidades técnicas y científicas en materia de gestión hídrica universitaria.

Modernización de equipos

Gracias a la inversión de **\$600,000 por parte de la Secretaría general**, se adquirió equipamiento especializado para la detección de fugas, entre el que se incluye un geófono con sistema de detección de gas trazador y un medidor ultrasónico portátil. Mediante el uso de estos instrumentos fue posible localizar dos fugas de alta relevancia que habían permanecido sin ser identificadas durante varios años.



ACTIVIDADES

2026



PUMAGUA 2026: MODERNIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD HÍDRICA

Desde su creación en 2008, el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (**PUMAGUA**) ha sido un pilar de la gestión hídrica en la UNAM, logrando avances significativos en calidad del agua, reducción del consumo, detección y reparación de fugas en Ciudad Universitaria (CU). Sin embargo, los análisis de los últimos años revelan desafíos estructurales que requieren una evolución estratégica del programa:

- 💧 La extracción de agua supera las concesiones autorizadas, de acuerdo a la información del año pasado.
- 💧 Existe un alto porcentaje de agua no contabilizada, generando pérdidas económicas y operativas.
- 💧 Se presentan deficiencias en la calidad del agua para reúso, lo que limita el riego de áreas verdes y un uso de agua potable.

La necesidad de reestructurar PUMAGUA

Luego de más de 15 años de consolidación y logros, el modelo operativo de **PUMAGUA** ha alcanzado el umbral que exige una modernización integral.

La transformación hacia una gestión inteligente, proactiva y basada en datos es indispensable para:

- 💧 Garantizar la viabilidad financiera al reducir pérdidas y optimizar el consumo.
- 💧 Fortalecer la imagen institucional, demostrando compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social en un contexto de escasez hídrica.
- 💧 Liberar recursos para que pueda evolucionar y establecerse en otros campus.

La reestructuración se articula en dos fases que van al mismo tiempo:

FASE 1: Consolidación y modernización en Ciudad Universitaria

Transformar CU en un centro neurálgico de análisis de datos y modelado predictivo. Implementar medición inteligente, sectorización avanzada y un Sistema Inteligente de Gestión del Agua (SIGHA) reafirmando la calidad del agua que guarda CU.



Convertir el campus en un laboratorio vivo de gestión hídrica de vanguardia permitirá optimizar la eficiencia operativa, mejorar la toma de decisiones en tiempo real y fortalecer la planificación estratégica del recurso hídrico. Esto implica que la operación reactiva dé paso a una administración predictiva y proactiva, sustentada en datos, monitoreo continuo y modelación avanzada.

La inversión en infraestructura y tecnología de punta no constituye un fin en sí mismo, sino el pilar que hará posible un flujo de información sin precedentes, indispensable para la optimización del ciclo integral del agua en la Universidad.

Diagnóstico: Retos estructurales y costos de la ineficiencia

El análisis de la gestión hídrica actual en CU identifica cuatro áreas críticas que justifican la transformación:

➤ **Balance hídrico comprometido:**

En 2024, la extracción de agua superó las concesiones otorgadas por CONAGUA en 458,284 m³, equivalente a aproximadamente 45 l/s. Un porcentaje alto del agua extraída no es contabilizada, lo que impide conocer con precisión el consumo y generar un costo no solo económico, así como gastos ocultos derivados de fugas no detectadas.

➤ **Infraestructura de medición obsoleta:**

Muchos micromedidores superan los 12 años de antigüedad y la red carece de válvulas funcionales, lo que limita la sectorización efectiva de la red y la capacidad de aislar y controlar fugas de manera eficiente.

➤ **Vulnerabilidades en la calidad del agua:**

A pesar de que los pozos presentan agua de buena calidad, se han detectado inconsistencias en la distribución final. En 2024, el 24% de las cisternas inspeccionadas carecía de cloro y el Pozo de Química mostró presencia bacteriana, evidenciando fallas en el mantenimiento interno de las dependencias y riesgos potenciales para la salud de la comunidad universitaria.

➤ **Ineficiencia en el reúso de agua:**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cerro del Agua presenta deficiencias operativas y de mantenimiento. En 2024, el efluente de la planta presentó niveles de coliformes fecales de 24,900 UFC/100 mL, muy por encima de la norma, lo que no solo representa un riesgo sanitario sino también una oportunidad desperdiciada para el reúso seguro, por ejemplo, en riego.



Solución propuesta: Hacia un campus inteligente

La estrategia de **PUMAGUA** para Ciudad Universitaria se basa en digitalizar, sectorizar, controlar y optimizar el ciclo integral del agua mediante tecnología de punta. Esto permitirá que el equipo técnico concentre sus esfuerzos en el análisis y la planificación estratégica, en lugar de operar de manera reactiva ante situaciones de crisis.

Con la implementación de las acciones que se describen a continuación, Ciudad Universitaria se convertirá en el centro operativo de **PUMAGUA**, generando un flujo continuo de datos y estableciendo modelos avanzados de eficiencia y gestión hídrica que podrán replicarse en las Facultades de Estudios Superiores y en los campus externos.

Esta fase no solo busca incrementar la eficiencia operativa y reducir costos, sino también fortalecer la posición de la UNAM como líder en innovación y sostenibilidad hídrica, impulsando una cultura institucional de gestión proactiva del agua que pueda constituirse en un referente a nivel nacional.

➤ **Digitalización total de la medición:**

La digitalización de la infraestructura de medición constituye uno de los ejes estratégicos para transformar la gestión hídrica de Ciudad Universitaria. Este proceso implica el retiro de medidores obsoletos, muchos de ellos con más de una década en operación y con precisión limitada, y la instalación de aproximadamente 300 medidores inteligentes, cuya adquisición está considerada por la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) para el año 2026. Estos nuevos equipos permitirán registrar de manera continua y en tiempo real el consumo de agua al interior de cada edificio, facilitando la identificación temprana de fugas internas, patrones de uso atípicos y variaciones en los comportamientos de demanda. Con ello será posible conocer, con precisión inédita, la eficiencia hídrica de cada inmueble y priorizar intervenciones de manera objetiva.

Además de los medidores inteligentes individuales, la DGOC contempla la instalación de diversos sensores estratégicos en la red principal del campus. Entre ellos destacan sensores de presión, dispositivos de monitoreo de cloro residual en tiempo real y equipos para la medición de niveles en tanques de almacenamiento. La integración de estos instrumentos permitirá conformar un sistema de monitoreo integral, capaz de supervisar simultáneamente las condiciones hidráulicas, sanitarias y operativas de la red universitaria.

Este ecosistema de medición digital, funcionando de manera coordinada, dará lugar a un sistema en tiempo real verdaderamente completo, con la capacidad de generar alertas automáticas, apoyar diagnósticos inmediatos y optimizar de manera sustancial el uso y manejo del agua potable en Ciudad Universitaria.



Gracias a esta infraestructura, **PUMAGUA** y la DGOC podrán transitar de un modelo predominantemente reactivo a uno plenamente predictivo y preventivo, fortaleciendo la seguridad hídrica, reduciendo pérdidas y mejorando la eficiencia en todas las etapas del ciclo urbano del agua dentro de la UNAM.

➤ **Sectorización funcional y control de presión dinámico:**

La sectorización funcional y el control dinámico de presión representan pasos fundamentales para modernizar la operación hidráulica de Ciudad Universitaria y avanzar hacia un sistema inteligente, eficiente y resiliente. La propuesta contempla la instalación de válvulas motorizadas de control de presión, así como la colocación de sensores estratégicos a lo largo de toda la red, en concordancia con los planes establecidos por la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC).

La incorporación de estas válvulas permitirá mejorar el funcionamiento de la sectorización de la red hidráulica, cada uno con capacidad de administración independiente. Esta configuración facilitará la detección y aislamiento inmediato de fugas, reduciendo significativamente el desperdicio de agua y minimizando los tiempos de afectación en los edificios. Al poder cerrar, abrir o modular el flujo de manera remota, se agilizan las maniobras operativas y se fortalece la capacidad de respuesta ante eventos críticos.

De manera paralela, el control dinámico de presión permitirá regular de forma automática y en tiempo real los niveles de presión en cada sector. Esto no solo optimiza el funcionamiento general del sistema, sino que contribuye a:

- ✓ Al controlar las presiones en la red de distribución principal, se logra una disminución efectiva en el caudal perdido por fugas, resultando en una optimización de los volúmenes hídricos.
- ✓ Reducir el estrés mecánico en las tuberías, disminuyendo el riesgo de roturas y filtraciones.
- ✓ Prolongar la vida útil de la infraestructura, al operar bajo condiciones hidráulicas más estables y adecuadas.
- ✓ Asegurar presiones óptimas en los puntos de consumo, mejorando la calidad del servicio dentro de los edificios.

Además, al integrar la información generada por las válvulas y sensores con la plataforma centralizada de monitoreo de **PUMAGUA**, se podrá analizar el comportamiento de la red en tiempo real, identificar tendencias y anticipar problemas antes de que escalen.



En conjunto, estas acciones convertirán la red hidráulica de Ciudad Universitaria en un sistema más inteligente, eficiente y resiliente, preparado para enfrentar los desafíos actuales y futuros de la gestión del agua en un campus de gran escala.

➤ **Sistema Inteligente de Gestión del Agua (SIGA):**

El Sistema Inteligente de Gestión del Agua (SIGA) se concibe como el eje articulador de la modernización hidráulica de Ciudad Universitaria, al constituirse en una plataforma centralizada capaz de integrar, procesar y analizar la información generada por medidores inteligentes, sensores de calidad del agua, estaciones de monitoreo en tiempo real y bases de datos geoespaciales provenientes del Sistema de Información Geográfica universitario.

Bajo la administración técnica de **PUMAGUA**, el SIGA permitirá consolidar un entorno de supervisión continua orientado a fortalecer la gestión integral del recurso hídrico mediante la unificación de variables hidráulicas críticas, como son la presión, caudal, niveles en tanques, cloro residual y consumos en los edificios, en un marco analítico que posibilite la visualización simultánea del comportamiento de la red primaria.

El SIGA adquiere relevancia estratégica al incorporar metodologías avanzadas de inteligencia artificial, aprendizaje automático y analítica predictiva, cuyo propósito es transformar volúmenes de datos operativos en conocimiento especializado para la toma de decisiones informada. A través de modelos será posible identificar microfugas, pérdidas no visibles y desviaciones crítica; mediante la programación y la inteligencia artificial se podrán analizar patrones de consumo, identificar tendencias emergentes y anticipar variaciones significativas en la demanda.

La disponibilidad de información procesada y analizada bajo estándares cuantitativos rigurosos permitirá, además, realizar simulaciones de escenarios complejos, evaluar comportamientos hipotéticos de la red ante eventos extraordinarios o fallas críticas, y sustentar la planeación de inversiones y acciones de mantenimiento con criterios de eficiencia y priorización basados en evidencia. En consecuencia, el SIGA facilitará la transición desde un esquema tradicional de operación reactiva hacia un modelo de gestión predictiva y proactiva, en el cual la asignación de recursos, la programación de intervenciones y el diseño de estrategias operativas se fundamentan en análisis de alta resolución temporal y espacial.

En suma, el SIGA permitirá transformar los datos operativos en conocimiento estratégico, posicionando a la Universidad como un referente nacional en gestión hídrica avanzada y basada en datos, y sentando las bases para un modelo replicable en otras entidades universitarias y gubernamentales comprometidas con la modernización de la infraestructura y la toma de decisiones sustentada en evidencia científica.



➤ Seguimiento, ante la consolidación, de la Calidad el Agua en CU

El área de calidad del agua de **PUMAGUA** ha garantizado, durante más de 15 años, la circulación de agua segura en el Campus de Ciudad Universitaria mediante un monitoreo sistemático, continuo y basado en criterios científicos. Este trabajo sostenido constituye uno de los pilares técnicos del Programa, ya que ha permitido generar una base de datos robusta sobre las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua distribuida en la red interna de la Universidad.

Para el ejercicio 2026, se propone fortalecer a **PUMAGUA** como un programa genuinamente multidisciplinario mediante la puesta en marcha de un Plan de Seguridad del Agua (PSA). Este instrumento permitirá analizar de manera integral la información acumulada a lo largo de más de una década y media, identificar riesgos potenciales, evaluar vulnerabilidades en la infraestructura universitaria y establecer medidas preventivas y correctivas basadas en evidencia. La elaboración y operación del PSA requiere la colaboración activa de múltiples actores universitarios, principalmente académicos, técnicos, administrativos y especialistas en salud, ingeniería y medio ambiente, lo que permitirá ampliar y consolidar las redes de cooperación que han sostenido al Programa desde su origen.

Paralelamente, gracias a las estaciones de medición en tiempo real instaladas y compartidas por la Dirección General de Obra Civil (DGOC), se prevé convertir a Ciudad Universitaria en un verdadero complejo de inteligencia hídrica. El uso de estas tecnologías avanzadas permitirá monitorear permanentemente variables críticas de calidad del agua, lo cual abrirá la puerta para el análisis y a la implementación de modelos predictivos para la toma de decisiones. El análisis de datos en gran escala será, por tanto, un componente estratégico para el desarrollo, la eficiencia operativa y la seguridad hídrica del campus.

Finalmente, es importante destacar que **PUMAGUA** mantendrá, sin interrupciones, el monitoreo de calidad del agua en Ciudad Universitaria. Además, continuará atendiendo solicitudes personalizadas de distintas dependencias universitarias, brindando un servicio especializado que actualmente ningún otro programa universitario ofrece para garantizar la inocuidad del agua al interior de los edificios.

Con lo anterior, se busca que **PUMAGUA** reafirme su papel como instancia técnica de referencia y como garante de la calidad de agua segura dentro de la UNAM.

➤ Rehabilitación y optimización de la PTAR:

La ejecución de una rehabilitación integral en las Plantas de Tratamiento de Agua Residual con que cuenta CU, se busca garantizar que el agua tratada cumpla rigurosamente con la **NOM-003-SEMARNAT-1997** la cual establece los límites máximos de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilizan en servicios al público, como riego de áreas verdes y ornato.



Esto permitirá el reúso seguro del agua, reduciendo la demanda de agua potable y mitigando riesgos sanitarios, además de abrir la puerta a proyectos de riego en áreas verdes. La rehabilitación en la PTAR de Cerro del Agua llevada a cabo por la DGOC formará parte de este centro de inteligencia hídrica, y **PUMAGUA** buscará un monitoreo más constante del agua residual tratada.

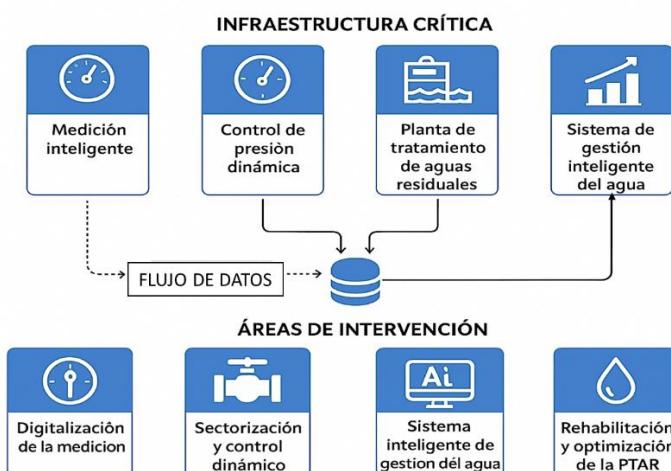
➤ Cambio de paradigma en los jardines de CU

Es indispensable establecer una nueva forma de concebir, diseñar y gestionar las áreas verdes de Ciudad Universitaria, sustituyendo las prácticas tradicionales por enfoques más sostenibles, científicos e innovadores. Para ello, resulta fundamental priorizar el cultivo de especies nativas sobre las ornamentales, con el fin de generar nuevas normas de conservación del paisaje universitario y promover una reinterpretación cultural e histórica del ecosistema de CU, basada en principios de jardinería sustentable sustentada en el conocimiento científico.

Con esta transformación se busca reducir las superficies que requieren riego y labores intensivas durante el estiaje. Asimismo, se establecerá una red de colaboración entre distintas entidades universitarias, con especial énfasis en el trabajo conjunto entre la Facultad de Arquitectura del Paisaje y la Unidad de Recursos Hídricos y Preservación Ambiental (REPSA). El objetivo central será desarrollar estrategias que incrementen la presencia de especies nativas en el campus, disminuyan el consumo de agua para riego y promuevan el uso eficiente del recurso, sustituyendo progresivamente el agua potable por agua de reúso.

Esta colaboración permitirá la puesta en marcha de iniciativas concretas, como talleres para la adopción de métodos de riego más eficientes, el incremento en el uso de agua tratada y la implementación de prácticas avanzadas para la gestión integral de los espacios verdes.

FASE I: CONSOLIDACIÓN DE CIUDAD UNIVERSITARIA COMO CENTRO DE INTELIGENCIA HÍDRICA





Fase 2: Expansión estratégica a FES y Campus Externos

La Fase 2 del programa se desarrollará de manera paralela a la fase inicial y tiene como propósito consolidar la expansión estratégica del modelo de gestión hídrica de **PUMAGUA** hacia las Facultades de Estudios Superiores (FES) y los Campus Foráneos (CF) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta etapa busca fortalecer las capacidades institucionales de cada entidad universitaria mediante la adopción de un enfoque descentralizado de administración del recurso hídrico que posibilite una gestión autónoma, eficiente y sustentada en fundamentos técnicos claros. Dado que la complejidad hidráulica de Ciudad Universitaria no se reproduce en las demás sedes, la estrategia de expansión se basa en un modelo flexible y escalable que pueda adaptarse a las particularidades de cada campus, bajo la guía metodológica y operativa de un equipo central especializado.

La implementación de esta fase se sustenta en un proceso sistemático que incluye la elaboración de diagnósticos hidráulicos integrales, la capacitación del personal local y la transferencia gradual de herramientas analíticas, criterios de operación y metodologías de evaluación desarrolladas por **PUMAGUA** a lo largo de más de una década de trabajo. De este modo, el equipo central no solo fungirá como un ente coordinador, sino como un catalizador en la construcción de capacidades regionales, asegurando que los campus universitarios puedan aplicar prácticas de gestión basadas en evidencia, incorporar tecnologías apropiadas y establecer mecanismos de gobernanza hídrica adecuados a sus necesidades operativas.

La expansión del modelo será paulatina, pero con paso firme, que permitirá consolidar una cultura hídrica institucional homogénea en toda la UNAM, caracterizada por enfoques preventivos, decisiones sustentadas en datos y estrategias orientadas a la eficiencia y la sostenibilidad. Esta unificación metodológica no solo facilitará la estandarización de indicadores de desempeño y la adopción de buenas prácticas, sino que también fortalecerá la capacidad de la Universidad para responder de manera coordinada a los retos derivados del cambio climático, la variabilidad hidrológica y las demandas crecientes de infraestructura.

La ampliación de **PUMAGUA** fortalece su sostenibilidad y relevancia institucional, posicionando a la UNAM como referente nacional en gestión hídrica inteligente. Al integrar tecnología, capacidades especializadas y modelos basados en datos, esta fase demuestra que el enfoque es replicable en cualquier campus y constituye un avance clave hacia un sistema universitario de gestión del agua más eficiente, innovador y sostenible. Para ello se propone la siguiente estrategia.



Un Modelo Ágil: El Equipo Central de Expansión (ECE)

Para asegurar una implementación eficiente y de bajo costo operativo, se propone la creación de un equipo multidisciplinario de especialistas. Este Equipo Central de Expansión (ECE) actuará como consultor, capacitador y enlace estratégico, transfiriendo el conocimiento y la metodología de **PUMAGUA** a cada campus, y está compuesto por:

- ❖ **Coordinador de Estrategia de PUMAGUA:** El enlace de alto nivel que presentará el programa a directores de FES y campus, para negociar los convenios de colaboración y asegurará el respaldo institucional.
- ❖ **Especialistas en Diagnóstico Técnico y Capacitación:** El brazo técnico del equipo. Realizará auditorías hídricas iniciales, diseñará planes de implementación y, lo más importante, capacitará al personal de mantenimiento local en el uso de nuevas herramientas y procedimientos.
- ❖ **Especialista en Comunicación:** El agente de cambio cultural. Adaptará las campañas de comunicación de **PUMAGUA**, organizará talleres y formará comités locales del agua para fomentar una cultura de ahorro y uso responsable.

El Plan de Expansión en 4 Etapas

El Equipo Central de Expansión (ECE) no asumirá de manera permanente la gestión del agua en los campus; su función esencial consiste en instalar el modelo **PUMAGUA**, consolidar sus capacidades operativas y transferir progresivamente la responsabilidad a los equipos locales que se conformen en cada entidad universitaria. Este proceso se llevará a cabo de forma gradual, estratégica y estructurada a través de cuatro etapas sucesivas.

➤ Etapa 1: Diálogo y Alianza Estratégica:

El coordinador institucional establece contacto con las autoridades de la FES o Campus. Se presenta el programa **PUMAGUA**, se discuten sus beneficios y se formaliza el compromiso mediante la firma de un Convenio de Colaboración que establece metas y responsabilidades claras.

➤ Etapa 2: Diagnóstico e Implementación Semilla:

Los especialistas técnicos realizan un "Diagnóstico Hídrico" para mapear la red principal, identificar puntos de consumo y analizar la calidad del agua.



Con base en este diagnóstico, se instala un kit "**PUMAGUA Semilla**", que incluye:

- Un macromedidor en la toma principal de abastecimiento.
- De tres a cinco micromedidores en los edificios o áreas de mayor consumo (laboratorios, cafeterías, etc.).
- Un programa básico de muestreo de calidad del agua.

Los equipos previamente descritos serán adquiridos por la FES o el Campus en el que se esté implementando el modelo **PUMAGUA**. Esta etapa resulta particularmente crítica, dado que los datos iniciales permiten caracterizar con rigor el consumo total, estimar el volumen de agua no contabilizada y evaluar las condiciones de calidad del recurso hídrico en cada instalación. Esta información constituye la base técnica para determinar la factibilidad de instalar dispensadores y para orientar decisiones operativas y de inversión con criterios de eficiencia y sostenibilidad.

➤ **Etapa 3: Capacitación y Creación de Capacidades Locales:**

Durante la instalación del kit, se imparten talleres de capacitación al personal de mantenimiento local para que aprendan a leer los nuevos medidores, detectar fugas y realizar mantenimiento preventivo. De forma simultánea, se forma un Comité Local del Agua, integrado por personal administrativo, académico y estudiantes. Este comité será el promotor de la cultura de ahorro y sustentabilidad hídrica en su campus.

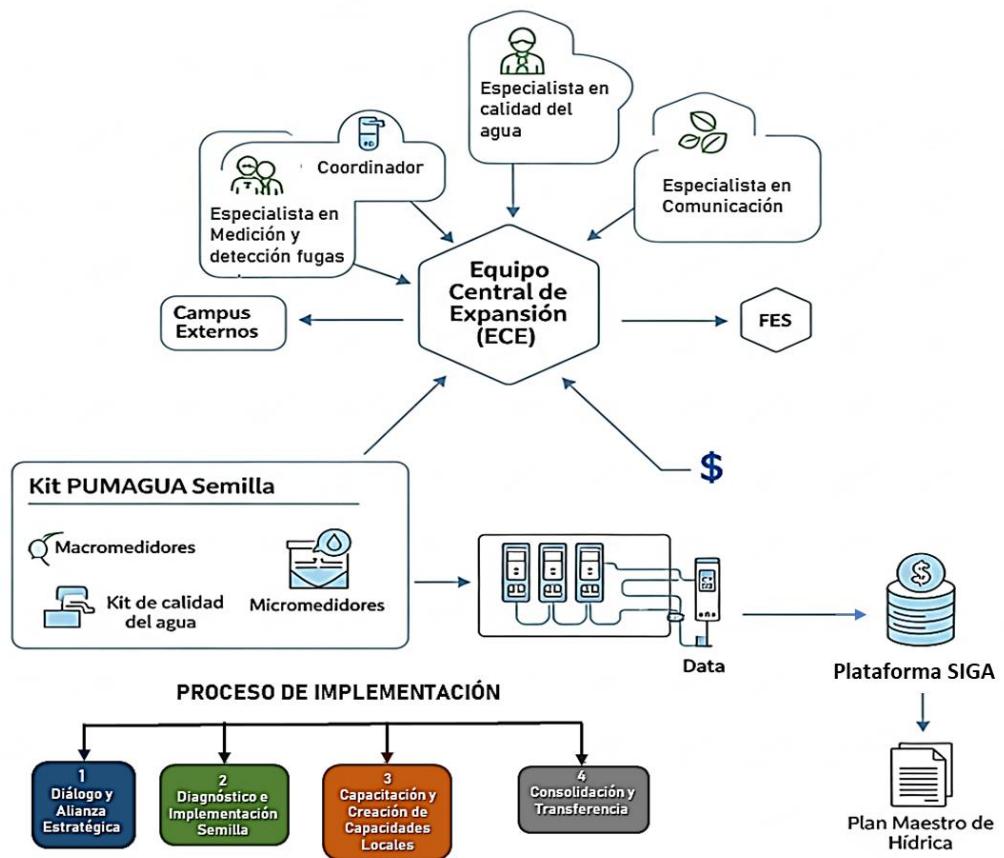
➤ **Etapa 4: Consolidación y Transferencia:**

Con la información del modelo "Semilla", el ECE y el Comité Local del Agua co-diseñan un Plan Maestro de Gestión Hídrica para ese campus. Este plan detalla las inversiones a mediano y largo plazo (más medidores, reparaciones, sistemas de reúso, etc.). Una vez establecido el plan, el ECE asume un rol de asesoría y monitoreo remoto, mientras la gestión diaria queda en manos del equipo local ya capacitado. Los datos de los medidores se integran a una plataforma central para su visualización.

La implementación articulada de estas cuatro fases garantiza la sostenibilidad operativa del programa y fortalece el sentido de pertenencia en cada campus, al tiempo que permite a **PUMAGUA** extender su alcance a toda la Universidad mediante una estructura central ágil, eficiente y de bajo costo. Asimismo, se proyecta la incorporación progresiva de planteles externos, en los cuales se establecerán Comités de Vigilancia Hídrica como mecanismos locales de gobernanza.



Como punto de partida, **PUMAGUA** desplegará campañas de diagnóstico de la calidad del agua en los planteles ubicados fuera de Ciudad Universitaria. Con base en los resultados obtenidos, se formularán propuestas de intervención acordes con las necesidades específicas de cada escuela y se constituirán los comités correspondientes, con los cuales se mantendrá una comunicación continua para atender oportunamente cualquier situación que se presente.





Requerimientos y Presupuesto para la Implementación

A continuación, se presentan los requerimientos y el presupuesto estimado para la implementación de las Fases I y II de la estrategia **PUMAGUA**, proporcionando una visión clara de la inversión necesaria para alcanzar una gestión hídrica eficiente y sostenible en toda la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Fase I: Consolidación de la Gestión Hídrica en Ciudad Universitaria

Esta fase se centra en la optimización y modernización de la infraestructura hídrica existente en Ciudad Universitaria (CU), estableciendo una base sólida para la expansión a otras entidades de la UNAM.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	EQUIPOS/PLATAFORMAS ESTIMADOS	COSTO ESTIMADO (Pesos)
Digitalización de Medición	Adquisición e instalación de 150 medidores inteligentes y software básico para cambio de los actuales.	Medidores para los edificios	\$1,800,000.00
Desarrollo de SIGA	Desarrollo de plataforma centralizada, integración de IA y licencias.	Software desarrollado particularmente para PUMAGUA	\$1,000,000.00
Sueldos de los Coordinadores	El pago de honorarios por año a los Coordinadores de PUMAGUA.		\$1,700,000.00 -
TOTAL FASE I			\$4,500,000.00

Fase II: Expansión Estratégica a FES y Campus Externos

Esta fase extiende la filosofía y metodología de **PUMAGUA** a las Facultades de Estudios Superiores (FES) y a los campus externos, implementando un modelo adaptativo y escalable.



RUBRO	DESCRIPCIÓN	EQUIPOS/PERSONAL ESTIMADO	COSTO ESTIMADO (Pesos)
Equipo "PUMAGUA Semilla"	Kit de medidores y equipo de muestreo de calidad del agua básico por campus.	Macromedidor, micromedidores, kit de muestreo de calidad del agua	\$2,500,000.00 por campus
Viáticos y Logística Anual	Gastos de viaje para visitar y dar soporte a 5-10 campus anualmente.	Transporte, hospedaje, materiales, etc.	\$500,000.00
Plataforma Remota Anual	Adaptación y mantenimiento de la plataforma central para monitoreo remoto.	Licencias y mantenimiento de software SIGA.	\$150,000.00 por campus
TOTAL FASE II			\$3.150,000

Cabe señalar que, el costo del "Equipo **PUMAGUA Semilla**", variará en función del número de campus a los que se extienda el programa en cada anualidad. El presupuesto anual total de la Fase II deberá ajustarse en consecuencia.

Este presupuesto proporciona una base para la planificación y asignación de recursos, de tal forma que da una idea de la viabilidad económica y los beneficios a largo plazo de la implementación de **PUMAGUA** en toda la UNAM.

Hacia una UNAM Hidro-Inteligente y Sostenible

La reestructuración de **PUMAGUA** no es un gasto, sino una inversión estratégica que responde de manera directa a los desafíos hídricos del siglo XXI. El plan propuesto no solo aborda y resuelve las deficiencias operativas en Ciudad Universitaria (CU), sino que la transforma en un centro de innovación tecnológica y análisis de datos, sentando un precedente de liderazgo para toda la institución.

Esta consolidación en la Fase I es el pilar indispensable para la visión más amplia y ambiciosa: la expansión del programa a toda la UNAM a través de la Fase II. Mediante la creación de un equipo de expansión ágil y la implementación de un modelo escalable, **PUMAGUA** dejará de ser un proyecto confinado a un solo campus para convertirse en el ADN de la gestión hídrica de toda la Universidad.



Al empoderar a las comunidades locales, transferir conocimiento y fomentar una cultura de corresponsabilidad, la UNAM se posicionará como un referente nacional e internacional en sostenibilidad ambiental e innovación. Esta transformación demuestra con hechos el compromiso de la Universidad con la eficiencia, la mitigación de riesgos sanitarios y ambientales, y la formación de una comunidad universitaria unificada en el cuidado de un recurso vital.

La presente propuesta, con sus requerimientos claros y estimaciones de costo, ofrece una base para la toma de decisiones. Es una oportunidad para generar ahorros a largo plazo, elevar el prestigio institucional y reafirmar el liderazgo de la UNAM en la construcción de un futuro sostenible.

