



2023

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

INFORME ANUAL

2023

PROGRAMA DE TRABAJO

2024





2023

## Directorio

Dr. Fernando González Villarreal  
Director PUMAGUA

Contacto: [fgonzalezv@iingen.unam.mx](mailto:fgonzalezv@iingen.unam.mx)

Dr. Rafael Val Segura  
Coordinador Ejecutivo

Contacto: [coordinacion.pumagua@gmail.com](mailto:coordinacion.pumagua@gmail.com)

Ing. José Eduardo Hernández Crisóstomo  
Coordinador de Balance Hidráulico

Contacto: [pumagua.iingen@gmail.com](mailto:pumagua.iingen@gmail.com)

Dra. Nallely Vázquez Salvador  
Coordinadora de Calidad del Agua

Contacto: [calidad.pumagua@gmail.com](mailto:calidad.pumagua@gmail.com)





## Contenido

Directorio.....	1
Índice de tablas .....	6
Índice de figuras .....	8
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN DE PUMAGUA DURANTE 2023.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Fuentes de abastecimiento. ....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.1 Pozos de extracción.....</b>	<b>12</b>
2.1.1.1 Balance hidráulico.....	12
2.1.1.2 Calidad del agua .....	19
<b>2.1.2 Tanques de almacenamiento.....</b>	<b>22</b>
2.1.2.1 Parámetros fisicoquímicos .....	22
<b>2.2 Sectorización .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1 Balance hidráulico .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2 Fugas en la red de distribución .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3 Calidad de agua .....</b>	<b>30</b>
2.2.3.1 Mediciones puntuales de calidad del agua en la red hidráulica .....	30
2.2.3.2 Medición en tiempo real .....	33
<b>2.3 Suministro en instituciones .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.1 Micromedición .....</b>	<b>34</b>
2.3.1.1 Consumos.....	34
<b>2.3.2 Fugas en edificios.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.3 Calidad de agua en dispensadores .....</b>	<b>36</b>
2.3.3.1 Cloro residual libre .....	36
<b>2.4 Calidad de agua en cisternas de almacenamiento .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5 Peticiones particulares de dependencias .....</b>	<b>39</b>
<b>2.5.1 Calidad del agua .....</b>	<b>39</b>
Instituto de Ingeniería.....	40

Instituto de Investigaciones Filológicas.....	40
Instituto de Física.....	40
Instituto de Investigaciones en Materiales.....	40
Dirección General de Atención a la Comunidad (DGACO).....	41
Museo de las Ciencias Universum.....	41
Coordinación Universitaria de la Sustentabilidad.....	41
<b>2.5.2 Balance hidráulico.....</b>	<b>41</b>
Apoyo a tesista y Dirección General de Obras y Conservación.....	41
Instituto de Ecología.....	42
Facultad de Medicina.....	42
Instituto de Ingeniería UNAM.....	42
DGACO.....	42
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.....	43
Coordinación de Humanidades.....	43
Tienda UNAM.....	43
Filmoteca.....	43
<b>2.6 Reúso del agua.....</b>	<b>44</b>
<b>2.7 Colaboraciones.....</b>	<b>45</b>
Olimpiada Estudiantil.....	46
INNOVA UNAM.....	47
<b>2.8 Formación de recursos humanos.....</b>	<b>48</b>
<b>3. PLAN DE TRABAJO PARA 2024.....</b>	<b>49</b>
<b>3.1 Balance Hidráulico.....</b>	<b>49</b>
<b>3.1.1 Pozos.....</b>	<b>49</b>
3.1.1.1 Campaña de macromedición.....	49
<b>3.1.2 Tanques.....</b>	<b>49</b>
3.1.2.1 Medición de Niveles.....	49
<b>3.1.3 Sectores.....</b>	<b>50</b>
3.1.3.1 Campaña de macromedición.....	50
3.1.3.2 Campaña de presiones.....	50
3.1.3.3 Campaña de fugas.....	51
<b>3.1.4 Instituciones.....</b>	<b>51</b>
3.1.4.1 Campaña de micromedición.....	51
3.1.4.2 Compra e instalación de micromedidores.....	52

3.1.4.3 Campaña de fugas.....	52
<b>3.1.5 Programa de cambio de muebles de baño .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2 Calidad del agua .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.1 Rehabilitación del sistema en tiempo real .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.2 Pruebas de laboratorio certificadas .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.3 Plantas de Tratamiento de Agua Residual .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.4 Rehabilitación de plataforma digital .....</b>	<b>55</b>
<b>3.3 Manejo eficiente del agua .....</b>	<b>56</b>
<b>3.4 Reuniones ejecutivas con las dependencias .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5 Coloquio de agua con PUMAGUA, academia y particulares.....</b>	<b>56</b>
<b>3.6 Campus externos .....</b>	<b>56</b>
<b>4. PRESUPUESTO 2024.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Balance hidráulico .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1.1 Equipo de Medición.....</b>	<b>57</b>
4.1.1.1 Medición Portátil .....	57
4.1.1.2 Detección de Fugas .....	58
4.1.1.3 Micromedición.....	58
<b>4.2 Calidad del agua .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Becarios .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 Tablas con costos para realizar las actividades de PUMAGUA para este año 2024 .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1 Balance Hidráulico Tablas con montos .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.2 Calidad del Agua Tablas con montos .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4.3 Becarios Tablas con montos .....</b>	<b>67</b>
<b>4.4.4 Sueldos de los honorarios para responsables de PUMAGUA .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4.5 Total presupuesto PUMAGUA 2024 .....</b>	<b>68</b>
<b>5. CRONOGRAMA 2024.....</b>	<b>69</b>
<b>6. RESUMEN.....</b>	<b>70</b>
<b>7. PERSPECTIVAS PARA 2024.....</b>	<b>73</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
Anexo 1. Consumo de agua promedio mensual en m <sup>3</sup> en las dependencias por sectores.....	75
Anexo 2. Consumo de agua promedio mensual en m <sup>3</sup> que se extrae de los pozos. ....	80
Anexo 3. Llaves de la red monitoreadas quincenalmente. ....	81
Anexo 4. Dispensadores de agua monitoreados quincenalmente.....	82
Anexo 5. Dependencias con fuga detectadas en la medición de los micromedidores.....	87

Anexo 6. Resultados de solicitudes particulares. ....	92
<i>Anexo 6.1. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Ingeniería. ....</i>	92
<i>Anexo 6.2. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Investigaciones Filológicas. ....</i>	93
<i>Anexo 6.3. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Física. ....</i>	93
<i>Anexo 6.4. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Investigaciones en Materiales. ....</i>	94
<i>Anexo 6.5. Resultados del monitoreo de agua en el sistema de captación Jugo de Nube- DGACO. ....</i>	94
<i>Anexo 6.6. Resultados del monitoreo de agua en Universum. ....</i>	94
<i>Anexo 6.7. Resultados del monitoreo de agua en dispensadores de la COUS. ....</i>	95
Anexo 7. Servidores sociales. ....	96
Anexo 8. Micromedidores por sector. ....	97
<b>9. BIBIOGRAFÍA</b> .....	100



## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Registro de extracción de pozos en 2023 (m<sup>3</sup>).....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2. Datos del Pozo de Vivero Alto. ....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3. Porcentaje de error de las mediciones del pozo Vivero Alto. ....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4. Volúmenes ajustados del pozo Vivero Alto.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Volumen de extracción de pozos ajustado .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 6. Volúmenes de extracción de pozos ajustado. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 7. Características morfológicas de bacterias indicadoras de contaminación fecal.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 8. Frecuencia de muestras positivas a contaminación fecal. ....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 9. Registros del macromedidor de los bomberos que mide los sectores I, II Y III.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 10. Balance Hidráulico con los volúmenes de extracción y micromedición.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 11. Consumos anuales de los sectores hidráulicos de Ciudad Universitaria.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 12. Relación de manómetros.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 13. Relación de micromedidores.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14. Calendario propuesto de Talleres de muebles ahorradores de agua.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 15. Costo de micromedidores y para descarga de datos.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 16. Costo de equipos para búsqueda de fugas .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 17. Presupuesto Balance equipo 2024.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 18. Presupuesto Monitoreo en tiempo real de Calidad del agua. ....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 19. Presupuesto para las mediciones puntuales en la red hidráulica y en dispensadores en tiempo real de Calidad del agua.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20. Presupuesto para el análisis microbiológico de dispensadores con filtro para la Calidad del agua. ....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 21. Presupuesto para el monitoreo de fuentes de abastecimiento para la Calidad del agua .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 22. Presupuesto para el monitoreo de cisternas de almacenamiento para la Calidad del agua .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 23. Presupuesto para las pruebas de laboratorio certificadas para la Calidad del agua. ..</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 24. Presupuesto Calidad del agua en equipo y reactivos 2024.....</i>	<i>67</i>

<i>Tabla 25. Montos de becas para Balance Hidráulico .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 26. Montos de becas para Calidad del Agua .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 27. Sueldos de coordinadores .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 28. Presupuesto PUMAGUA 2024 .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 29. Cronograma anual de trabajo.....</i>	<i>69</i>



## Índice de figuras

<i>Figura 1. Ubicación de fuentes de abastecimiento en Ciudad Universitaria. ....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2. Registro de extracción mensual de pozos 2023.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3. Ficha técnica del Pozo de Vivero Alto. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4. Gráfica de extracción del Pozo Vivero Alto de enero 2022. ....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5. Gráfica de extracción del Pozo Vivero Alto de enero 2023.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6. Caracterización fisicoquímica del agua subterránea de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Caracterización fisicoquímica del agua en los tanques elevados de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8. Concentración de cloro residual libre en los tanques de almacenamiento. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9. Medios de cultivo sin crecimiento bacteriano.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10. Sectores en los que se divide Ciudad Universitaria .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 11. Registros del macromedidor de la Estación de los bomberos del consumo de agua de los sectores I, II y III .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 12. Suministro Sector I, II y III.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13. Ubicación de llaves en la red hidráulica y dispensadores para agua de consumo en Ciudad Universitaria. ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Concentración de cloro residual libre en cada uno de los sectores del campus de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15. Concentración de cloro residual libre en diferentes dependencias del campus de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16. Registro de la concentración de cloro residual en tiempo real desde enero hasta agosto de 2023. Las líneas punteadas representan los límites permitidos según la NOM-127-</i>	

<i>SSA1-2021, mientras que cada punto refleja el promedio diario de las mediciones realizadas. Los recuadros resaltados en rojo indican los momentos en los que la concentración de cloro residual ha disminuido por debajo de los niveles aceptables.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. Consumo de agua por Sectores Hidráulicos.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 18. Análisis de la concentración de cloro residual libre en los dispensadores de Ciudad Universitaria, categorizados por sus ubicaciones sectoriales. Se presentan líneas punteadas representando los límites permisibles según la NOM-127-SSA1-2021. Cada punto en el gráfico simboliza una medición individual. Hasta el 15 de diciembre de 2023, se han realizado un total de 1765 mediciones.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 19. Se presenta la concentración de cloro residual libre en los dispensadores de Ciudad Universitaria, organizados por dependencia. Las líneas punteadas reflejan los límites permitidos según la normativa NOM-127-SSA1-2021. Cada punto en el gráfico representa una medición individual. Hasta el 15 de diciembre de 2023 se han realizado un total de 1765 mediciones. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 20. Cloro residual libre en cisternas de siete dependencias en Ciudad Universitaria. Cada punto en el gráfico representa una medición, con líneas punteadas que señalan los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-2021. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 21. Concentración bacteriana en agua para riego de áreas verdes. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 22. Convocatoria de Olimpiada Estudiantil.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 23. Convocatoria de INNOVA UNA.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 24. Medidor Ultrasónico Portátil.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 25. Geófono</i>	<i>Figura 26. Correladores.....</i>
<i>Figura 27. Micromedidores y Ranger.....</i>	<i>58</i>
	<i>59</i>



## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 2008, por disposición del H. Consejo Universitario, se estableció el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (**PUMAGUA**) con el propósito de gestionar de manera eficiente el recurso hídrico en la Universidad Nacional Autónoma de México, con especial atención en Ciudad Universitaria. Este programa se organiza en tres áreas, cada una con un enfoque específico: Balance Hidráulico, Calidad del Agua y Fomento a la Participación Social, las cuales colaboran para alcanzar los objetivos establecidos.

El área de Balance Hidráulico lleva a cabo mediciones continuas del suministro de agua y la identificación de posibles fugas en el sistema de agua potable. Por su parte, el área de Calidad del Agua se encarga del análisis del agua destinada al consumo, asegurando su idoneidad para la salud. Mediante campañas de comunicación y otros recursos, el área de Fomento a la Participación Social informa e involucra a toda la comunidad universitaria en acciones destinadas a un uso eficiente del agua, haciéndola partícipe y corresponsable en el cuidado de este recurso vital.

**PUMAGUA** se encarga de evaluar el agua, tanto en términos de cantidad como de calidad, desde las fuentes de suministro hasta los usuarios finales, incluyendo dependencias y la comunidad del campus. El personal de **PUMAGUA** recopila datos diarios para su actualización mensual, lo cual implica visitar los puntos donde se encuentran instalados los micromedidores y macromedidores en toda Ciudad Universitaria. Se realizaron 153 descargas mensuales de los micromedidores instalados en las dependencias, totalizando 1836 descargas en el año, y 92 descargas de los macromedidores, alcanzando un total de 1928 descargas a lo largo de 2023.

En cuanto a la calidad del agua, se establecieron sitios de monitoreo en cinco sectores dentro del campus de Ciudad Universitaria. Estos incluyen la medición en pozos de extracción, tanques de almacenamiento, la red hidráulica y puntos de consumo como los bebederos. Durante el año 2023, se realizaron visitas mensuales a las fuentes de abastecimiento, se efectuaron 385 mediciones de calidad del agua directamente en la red hidráulica y se llevaron a cabo 1765 mediciones en dispensadores de agua para consumo. Estas acciones representan las actividades específicas que **PUMAGUA** realiza en el campus de Ciudad Universitaria.

## **2. IMPLEMENTACIÓN DE PUMAGUA DURANTE 2023**

### **2.1 Fuentes de abastecimiento.**

Ciudad Universitaria (CU) se ubica en la alcaldía Coyoacán, al sur de la Ciudad de México; se encuentra en las coordenadas 19° 19' 44" latitud Norte y 99° 11' 14" longitud Oeste, a una altitud de 2268 metros sobre el nivel del mar. Esta área cuenta con tres fuentes principales de abastecimiento de agua, provenientes de tres pozos profundos: Multifamiliar, Vivero Alto y Química.

Para el suministro, se extrae agua de estos pozos, siendo el pozo Multifamiliar el que contribuye con el mayor volumen, seguido por el Vivero Alto. Una vez extraída, el agua se somete a un proceso automatizado de desinfección mediante la inyección de hipoclorito de sodio al 13%.

Posteriormente, el agua desinfectada se bombea hacia tres tanques elevados: Tanque Bajo, Tanque Alto y Tanque Vivero Alto. Desde estos tanques, el agua se distribuye por todo el campus mediante el principio de gravedad.

Es importante destacar que el agua extraída del Pozo Multifamiliar se dirige a los Tanques Alto y Bajo, mientras que el agua proveniente del Pozo Vivero Alto se envía exclusivamente al Tanque Vivero Alto. Por otro lado, el agua del Pozo Química, utilizado con menor frecuencia, se redirige al Tanque Bajo (ver Figura 1).

Una vez que el agua alcanza cada dependencia, puede ser almacenada en cisternas o utilizada directamente desde la red de distribución.

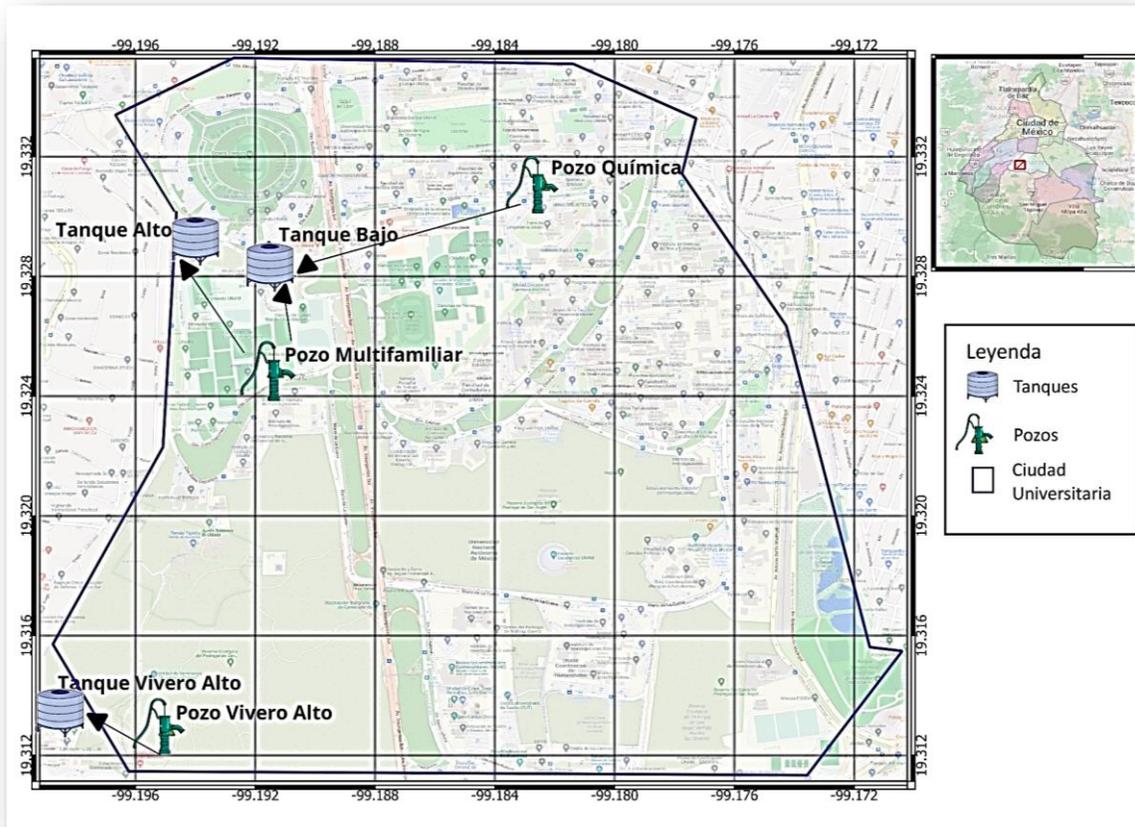


Figura 1. Ubicación de fuentes de abastecimiento en Ciudad Universitaria.

## 2.1.1 Pozos de extracción

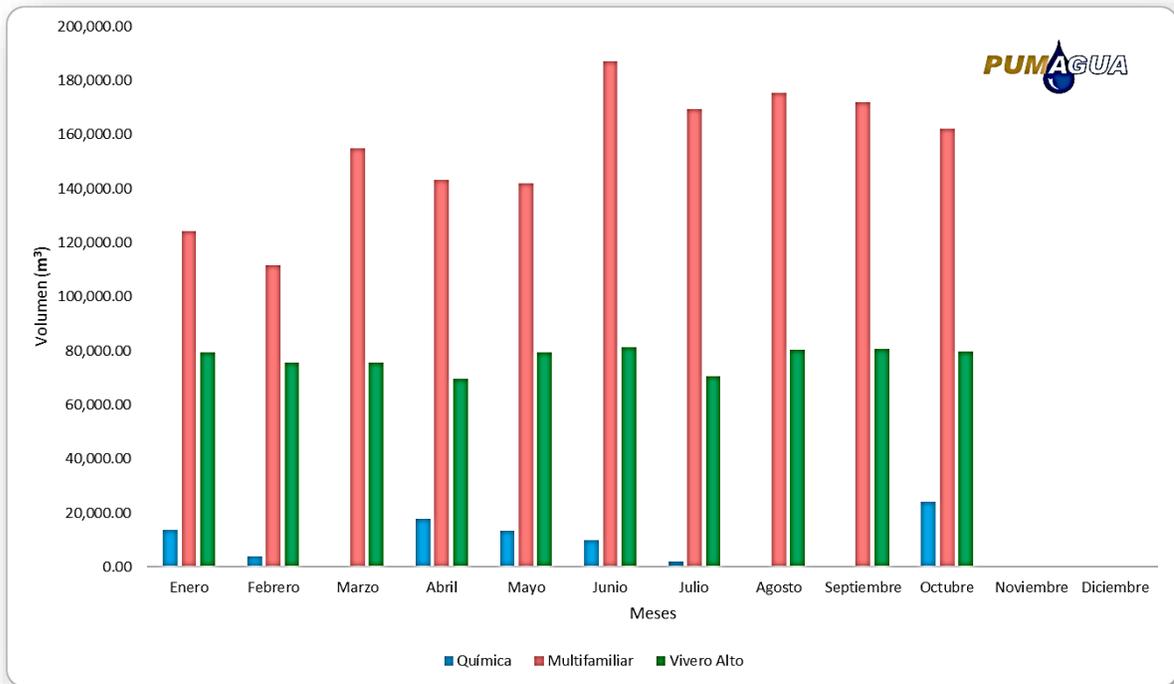
### 2.1.1.1 Balance hidráulico

Durante el año 2023, el equipo de **PUMAGUA** ha realizado un seguimiento continuo del volumen de extracción de agua de los tres pozos que abastecen a Ciudad Universitaria. Se llevan a cabo visitas mensuales al Pozo de Vivero Alto para recopilar información del medidor. Mientras que los datos de extracción del Pozo del Multifamiliar y el Pozo de Química se solicitan a la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) debido a que los medidores instalados en ambos pozos están fuera de servicio. A continuación, se presentan los datos recopilados sobre la extracción de los pozos en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de extracción de pozos en 2023 (m<sup>3</sup>).

Mes	Química (m <sup>3</sup> )	Multifamiliar (m <sup>3</sup> )	Vivero Alto (m <sup>3</sup> )	Total mensual
Enero	13,711.00	124,178.90	79,509.00	217,398.90
Febrero	4,052.56	111,555.40	75,573.00	191,180.96
Marzo	0.00	155,059.70	75,590.00	230,649.70
Abril	17,804.18	143,155.90	69,583.00	230,543.08
Mayo	13,540.80	142,060.10	79,296.00	234,896.90
Junio	9,859.50	187,209.70	81,391.00	278,460.20
Julio	1,915.80	169,489.40	70,481.00	241,886.20
Agosto	0.00	175,522.00	80,507.00	256,029.00
Septiembre	0.00	171,868.00	80,572.00	252,440.00
Octubre	24,038.91	162,284.00	79,588.00	265,910.91
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL ANUAL	84,922.75	1,542,383.10	772,090.00	2,399,395.85
Porcentaje de extracción	3.54 %	64.28 %	32.18 %	100 %

Según se muestra en la Figura 2, el pozo del Multifamiliar es la principal fuente de abastecimiento de Ciudad Universitaria, contribuyendo con más del 60% del volumen total. El pozo de Vivero Alto representa alrededor del 30%, mientras que el pozo de Química aporta aproximadamente un 3%. En conjunto, la extracción total de los tres pozos alcanza los 2,399,395.85 metros cúbicos al año, equivalente a la capacidad de 2,181 tinacos anuales. Esta cantidad de agua tiene la capacidad de proveer servicio de abastecimiento a 8,212 familias durante un año, considerando una familia de 4 personas con un consumo de 200 litros por habitante al día.



*Figura 2. Registro de extracción mensual de pozos 2023.*

En las reuniones más recientes del mes de noviembre de 2023 con el equipo de la DGOC se ha detectado una discrepancia en los datos obtenidos de los medidores de los pozos Vivero Alto y Química. Tras un exhaustivo análisis, se ha evidenciado un margen de error entre el 10% y el 20% en las lecturas de ambos pozos. Esta discrepancia se ha hecho evidente al registrar un consumo de agua que excede la capacidad de bombeo establecida en las especificaciones técnicas de los pozos.

Para abordar esta situación, se ha procedido a reemplazar los medidores antiguos por unidades nuevas a durante diciembre de 2023. Este procedimiento nos permitirá verificar con precisión la magnitud del error mediante los registros actualizados.

Con el objetivo de investigar una posible falla en los macromedidores anteriores, se ha llevado a cabo un análisis detallado de los datos recopilados en años anteriores. Los datos están detallados en la Tabla 2, con el propósito de identificar el momento en el que pudo haber ocurrido la desviación en las mediciones.

Tabla 2. Datos del Pozo de Vivero Alto.

	2021		2022		2023	
	Q max (l/s)	Q med (l/s)	Q max (l/s)	Q med (l/s)	Q max (l/s)	Q med (l/s)
Enero	41.94	27.13	44.44	26.40	50.83	29.69
Febrero	41.94	28.57	44.17	28.16	51.11	31.24
Marzo	41.94	30.70	43.33	30.27	51.11	28.96
Abril	41.94	32.84	43.33	29.91	50.83	26.85
Mayo	41.67	28.35	43.06	30.57	50.83	29.61
Junio	41.39	27.68	43.06	26.94	50.83	31.40
Julio	41.39	26.35	42.78	24.97	50.56	26.31
Agosto	41.39	25.10	44.17	26.24	50.56	30.06
Septiembre	44.72	28.30	43.61	25.62	50.56	31.08
Octubre	44.44	27.75	43.06	24.89	50.28	29.71
Noviembre	43.61	24.22	43.06	38.89	0.00	0.00
Diciembre	43.89	25.85	43.33	28.78	0.00	0.00
Promedio	<b>42.52</b>	<b>27.74</b>	<b>43.45</b>	<b>28.47</b>	<b>50.75</b>	<b>29.49</b>

Durante el período que va desde el año 2022 hasta el año 2023, se evidencia un significativo incremento en el caudal extraído por el Pozo Vivero Alto a partir del mes de enero. Este aumento contrasta con la información técnica disponible del pozo, Figura 3, que establece su capacidad máxima de extracción en 45 litros por segundo, tal como se detalla en la ficha técnica adjunta y se refleja en las Figuras 4 y 5 correspondientes a los volúmenes de extracción.

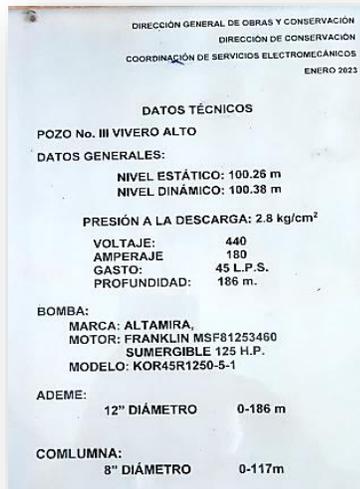


Figura 3. Ficha técnica del Pozo de Vivero Alto.

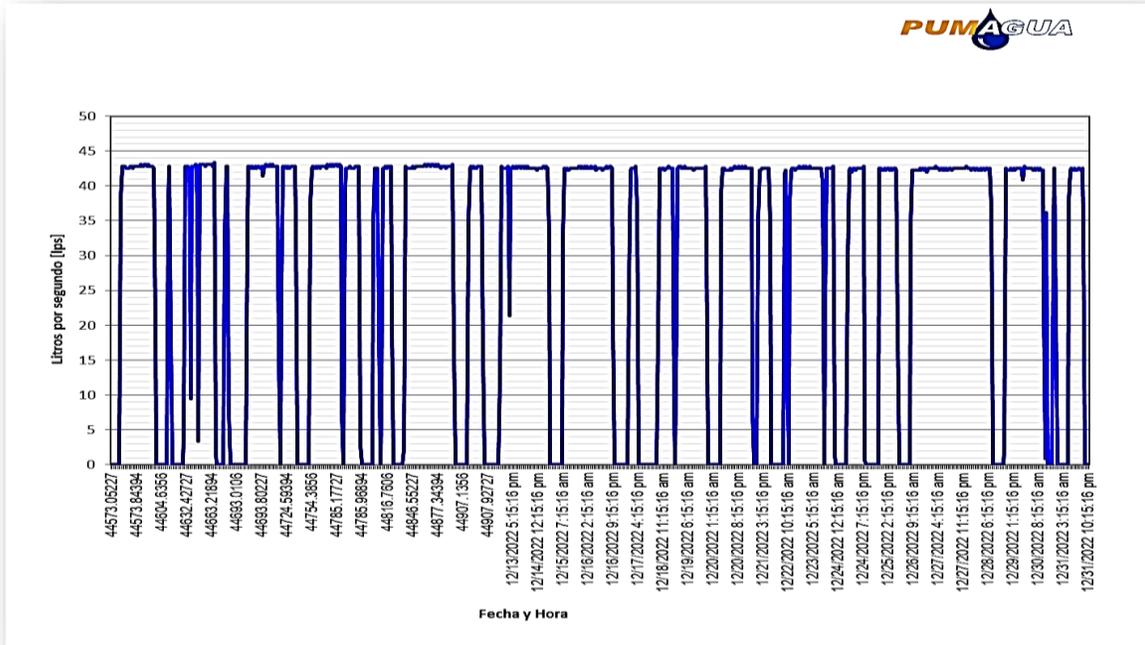


Figura 4. Gráfica de extracción del Pozo Vivero Alto de enero 2022.

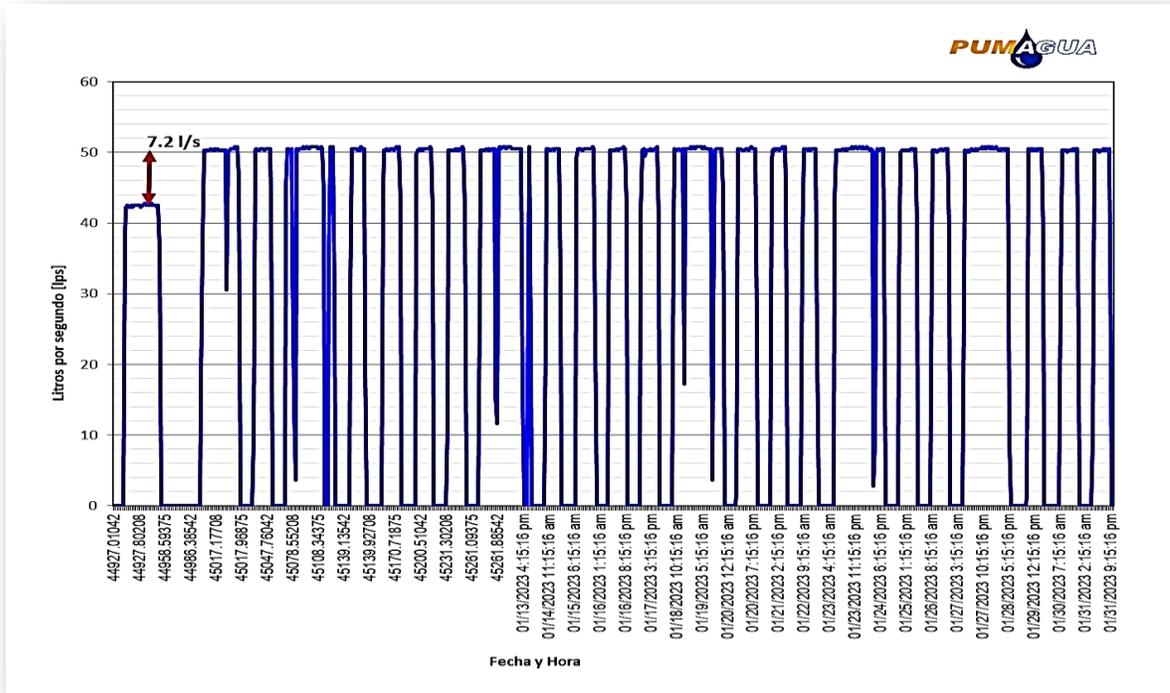


Figura 5. Gráfica de extracción del Pozo Vivero Alto de enero 2023

En la Figura 5 correspondiente a enero de 2023, se aprecia un aumento significativo en el volumen de extracción, aproximadamente de 7.2 l/s, alcanzando un gasto de 50 l/s. Este valor supera los niveles de extracción previstos en la ficha técnica de la bomba. Al analizar los datos de todo el año 2023 y contrastarlos con los del año anterior (2022), se calculó la discrepancia entre los datos, obteniendo así el error promedio, como se muestra en la Tabla 3.

*Tabla 3. Porcentaje de error de las mediciones del pozo Vivero Alto.*

	2022	2023	Diferencia (l/s)	Error (%)
	Q max (l/s)	Q max (l/s)		
Enero	44.44	50.83	6.39	14.38%
Febrero	44.17	51.11	6.94	15.72%
Marzo	43.33	51.11	7.78	17.95%
Abril	43.33	50.83	7.50	17.31%
Mayo	43.06	50.83	7.78	18.06%
Junio	43.06	50.83	7.78	18.06%
Julio	42.78	50.56	7.78	18.18%
Agosto	44.17	50.56	6.39	14.47%
Septiembre	43.61	50.56	6.94	15.92%
Octubre	43.06	50.28	7.22	16.77%
Promedio	<b>43.50</b>	<b>50.75</b>	<b>7.25</b>	<b>16.67%</b>

Claramente se observa un error promedio del 16.67 % en los datos de extracción. Considerando este margen de error, se propone ajustar los volúmenes de extracción del pozo del Vivero Alto (Tabla 4).

Tabla 4. Volúmenes ajustados del pozo Vivero Alto

Mes	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Ajustado (m <sup>3</sup> )
Enero	79,509.00	68,148.62
Febrero	75,573.00	64,775.01
Marzo	75,590.00	64,789.58
Abril	69,583.00	59,640.87
Mayo	79,296.00	67,966.06
Junio	81,391.00	69,761.72
Julio	70,481.00	60,410.56
Agosto	80,507.00	69,004.03
Septiembre	80,572.00	69,059.74
Octubre	79,588.00	68,216.34
Noviembre	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00
	<b>772,090.00</b>	<b>661,772.52</b>

Desafortunadamente, no se dispone de registros mensuales detallados para los Pozos de Química y Multifamiliar, a diferencia del pozo de Vivero Alto. En esos casos, solo se proporcionaron los volúmenes totales mensuales, lo que imposibilita un análisis detallado del comportamiento actual de la extracción y la comparación. Por lo tanto, tomando como referencia el valor ajustado del pozo de Vivero Alto (ver Tabla 5), obtenemos la siguiente información:

Tabla 5. Volumen de extracción de pozos ajustado

Mes	Química (m <sup>3</sup> )	Multifamiliar (m <sup>3</sup> )	Vivero Alto (m <sup>3</sup> )	Total mensual (m <sup>3</sup> )
Enero	13,711.00	124,178.90	68,148.62	206,038.52
Febrero	4,052.56	111,555.40	64,775.01	180,382.97
Marzo	0.00	155,059.70	64,789.58	219,849.28
Abril	17,804.18	143,155.90	59,640.87	220,600.95
Mayo	13,540.80	142,060.10	67,966.06	223,566.96
Junio	9,859.50	187,209.70	69,761.72	266,830.92
Julio	1,915.80	169,489.40	60,410.56	231,815.76
Agosto	0.00	175,522.00	69,004.03	244,526.03
Septiembre	0.00	171,868.00	69,059.74	240,927.74
Octubre	24,038.91	162,284.00	68,216.34	254,539.25
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
			<b>TOTAL</b>	<b>2,289,078.37</b>

En la Tabla 6, se observa que los porcentajes de la micromedición y el volumen destinado a fugas, riego y dependencias sin micromedición se ven afectados por el ajuste del volumen. Estos valores podrían estar influenciados por posibles errores en la medición macro de los pozos de Química y Multifamiliar. Una vez que los nuevos medidores macro estén operativos y se compartan sus datos con **PUMAGUA**, será posible realizar un análisis comparativo con los datos históricos. Esto permitirá llegar a conclusiones acerca de posibles discrepancias en las mediciones de los antiguos medidores macro.

*Tabla 6. Volúmenes de extracción de pozos ajustado.*

Balance Hidráulico		
	Volumen (m <sup>3</sup> )	%
Total de micromedición	377,607.22	16.50
Total en Fugas, riego y dependencias sin micromedición	1,911,471.15	83.50
Extracción de Pozos	2,289,078.37	100.00

#### *2.1.1.2 Calidad del agua*

Durante el periodo de enero a diciembre de 2023, se llevó a cabo un monitoreo de los tres pozos que abastecen de agua a la comunidad universitaria. Los pozos en cuestión son Multifamiliar, Vivero Alto y Química, y mensualmente se procedió al análisis del agua proveniente de estos sitios. Para la recolección de muestras, se extrajeron 250 mL de agua directamente de las llaves instaladas en los pozos. Las llaves se desinfectaron previamente con etanol al 70% y se permitió que el agua fluyera durante tres minutos antes de su recolección para evitar cualquier tipo de contaminación externa en las muestras. Estas muestras fueron almacenadas en botes de polipropileno estériles y conservadas en hieleras hasta su procesamiento en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad del Instituto de Ecología.

En el lugar de muestreo, se realizaron mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) utilizando electrodos portátiles (HANNA HI 98311 y HI 98130). En el laboratorio, se llevó a cabo la determinación de la concentración de nitratos y sulfatos empleando los reactivos NitraVer 5 y SulfaVer 4 de HACH respectivamente. Estas mediciones se realizaron con un espectrofotómetro (HACH DR 1900). Además, se aplicó el procedimiento de filtración a través de membrana para la detección de bacterias indicadoras de contaminación fecal (APHA, 2005), específicamente coliformes fecales y *Escherichia coli*. Las muestras se sometieron a incubación a temperaturas de 37°C, excepto en el caso de los coliformes fecales que se incubaron a 44.5°C. Después de 24 horas, se procedió a contar el número de colonias resultantes del proceso de filtración de la muestra (ver Tabla 7). La mayoría de estos parámetros se encuentran contemplados en la NOM-127-SSA1-2021, "Agua para uso

y consumo humano. Límites permisibles para la calidad del agua”, y fueron comparados con los estándares establecidos por la misma normativa.

*Tabla 7. Características morfológicas de bacterias indicadoras de contaminación fecal.*

Indicador bacteriano	Medio de cultivo	Morfología de colonias
Coliformes fecales	m-FC	Azul
<i>E. coli</i>	CHROMagar <i>E. coli</i>	Verde

#### 2.1.1.2.1 Parámetros fisicoquímicos

Se monitorearon los parámetros conforme a lo establecido en la NOM-127-SSA1-2021, “Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles para la calidad del agua”, y se constató que se mantuvieron dentro de los límites adecuados. Durante el período de observación, la temperatura del agua varió entre 16 y 23.3 °C, el pH se situó entre 6.22 y 8.49, la conductividad eléctrica osciló entre 351 y 531  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y los sólidos disueltos totales estuvieron en el rango de 172 a 267 mg/L. En cuanto a los niveles de nitratos y sulfatos, se registraron valores entre 1.9 y 7.25 mg/L y entre 10 y 37.5 mg/L, respectivamente.

Se observó una variación en la concentración de nitratos y sulfatos entre los diferentes pozos. El pozo de Química mostró la menor concentración de ambos compuestos, seguido por los pozos Multifamiliar y Vivero Alto (Figura 6).

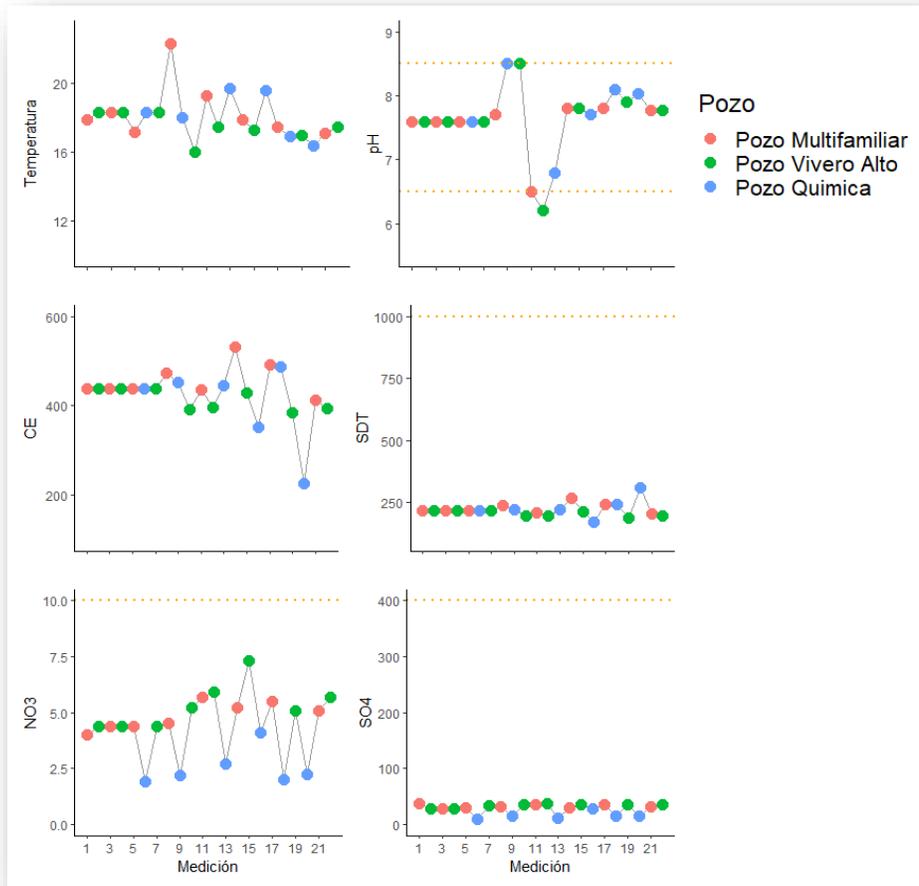


Figura 6. Caracterización fisicoquímica del agua subterránea de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.

### 2.1.1.2.2 Parámetros microbiológicos

A lo largo del año, se llevaron a cabo ocho inspecciones en los pozos de extracción, en líneas generales, se identificó la presencia de coliformes en los pozos Multifamiliar y Vivero Alto. Además, en todos los pozos se observó el desarrollo de otras bacterias con morfología amarilla (Tabla 8). Aunque las instalaciones de los pozos de extracción están aisladas, es posible que las bacterias se propaguen en cualquier entorno y se descarta la posibilidad de contaminación cruzada gracias a las medidas adecuadas tomadas durante la recolección para evitar transportar microorganismos. Del mismo modo, en el procesamiento de las muestras, se siguen procedimientos bajo condiciones estériles para garantizar un manejo adecuado.

Tabla 8. Frecuencia de muestras positivas a contaminación fecal.

Pozo	Frecuencia			
	Positivo a Coliformes Totales	Positivo a Coliformes Fecales	Positivo a <i>E. coli</i>	A otras bacterias
Multifamiliar	0	2	0	6
Vivero Alto	1	0	0	5
Química	0	0	0	4

## 2.1.2 Tanques de almacenamiento

Se recolectaron muestras y se determinaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de manera similar a como se hizo con los pozos. Adicionalmente y, dado que el agua en los tanques ya está desinfectada, se incluyó la medición de la concentración de cloro residual libre.

### 2.1.2.1 Parámetros fisicoquímicos

Los valores registrados para los parámetros monitoreados se mantienen dentro de los límites establecidos por la Norma 127. Durante el período analizado, la temperatura del agua varió entre 16 y 21.2 °C, el pH se situó en un rango de 6.48 a 8.68, la conductividad osciló entre 346 y 546  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y los sólidos disueltos totales (SDT) se mantuvieron entre 147 y 232 mg/L (véase la Figura 7). Además, los niveles de nitratos se encontraron en el intervalo de 2.4 a 7, mientras que los sulfatos variaron entre 13.5 y 36.5 mg/L, respectivamente.

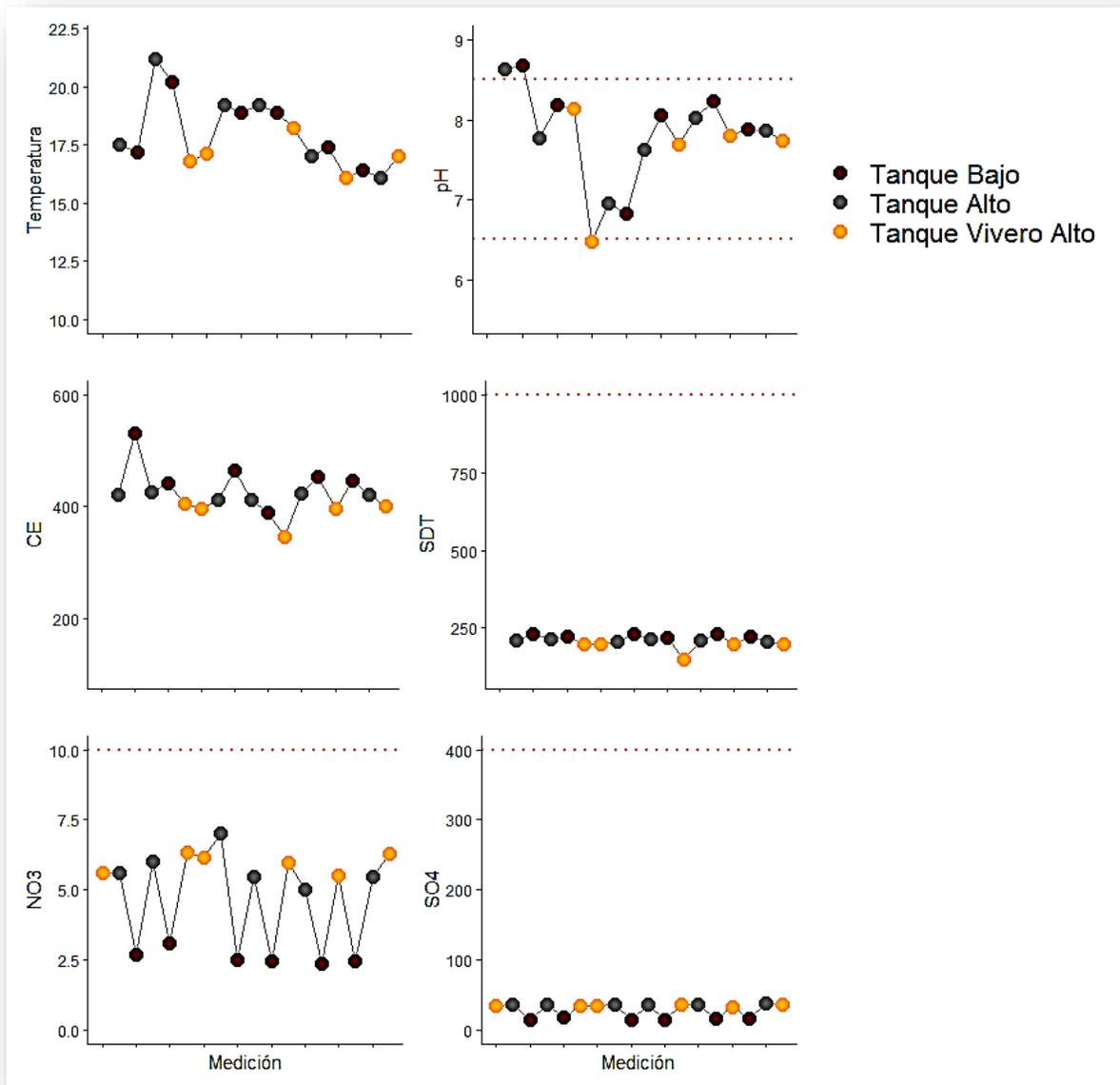


Figura 7. Caracterización fisicoquímica del agua en los tanques elevados de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.

La cloración en los tanques resulta efectiva para eliminar las bacterias detectadas en los pozos. En los tanques de almacenamiento, se mantiene un nivel de cloro de entre 0.2 y 1.5 mg/L (Figura 8), y no se ha observado crecimiento bacteriano, cumpliendo así con lo establecido por la NOM-127-SSA1-2021 (Figura 9). Se registraron dos eventos de agotamiento de hipoclorito de sodio en el Tanque Bajo; sin embargo, el personal correspondiente reabasteció el sistema con el desinfectante el mismo día.

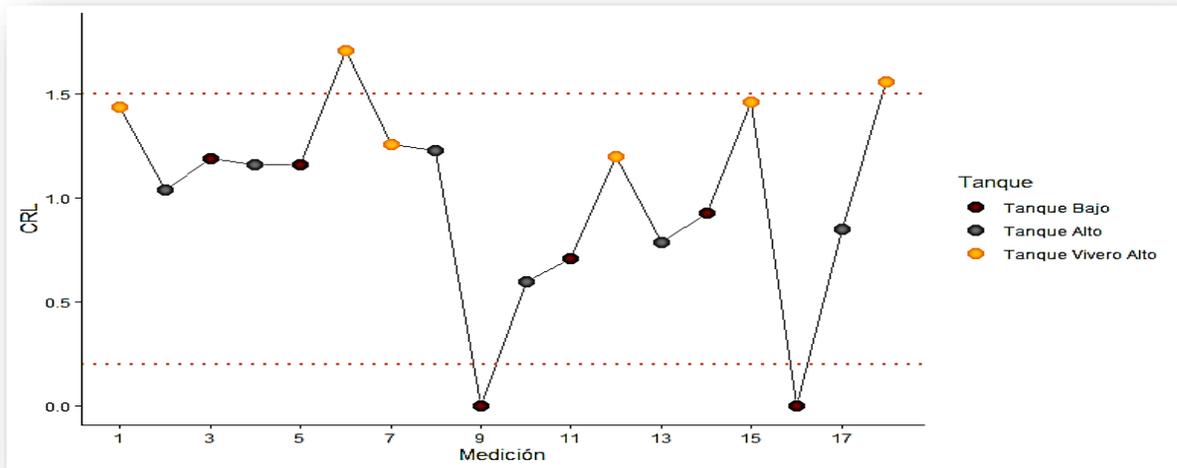


Figura 8. Concentración de cloro residual libre en los tanques de almacenamiento. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.

### 2.1.2.2 Parámetros microbiológicos

La ausencia de indicadores microbiológicos sugiere una adecuada desinfección. En la Figura 9, se aprecian dos medios de cultivo sin evidencia de crecimiento: el medio azul, empleado para la detección de bacterias coliformes fecales, y el medio transparente, destinado a la identificación de *E. coli*.

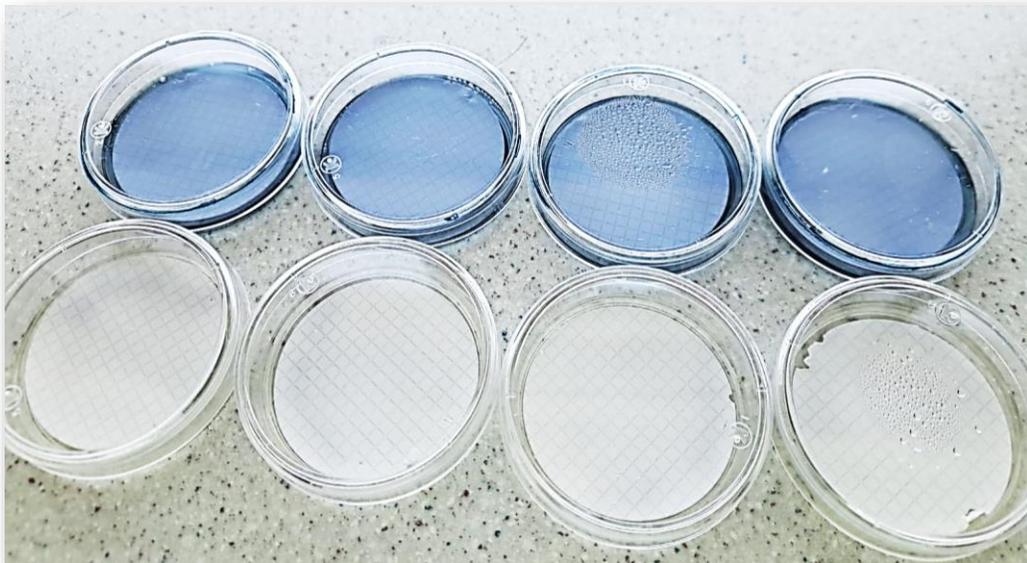


Figura 9. Medios de cultivo sin crecimiento bacteriano.

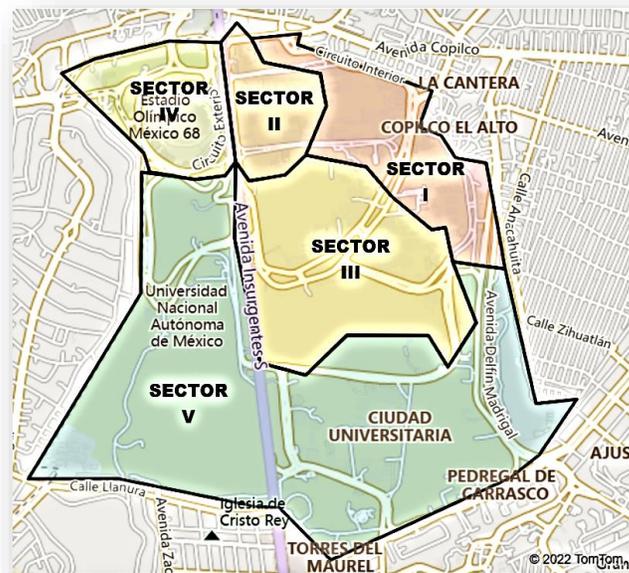
## 2.2 Sectorización

Tal como se detalló previamente, el suministro de agua en Ciudad Universitaria se lleva a cabo mediante un sistema de bombeo que extrae agua de tres pozos hacia tres tanques ubicados en zonas elevadas dentro de CU. Desde estos tanques, el agua se distribuye por gravedad hacia todas las facultades, institutos y otras dependencias. El suministro de agua abarca cinco sectores distintos, siendo los Tanques Bajo y Alto responsables de alimentar a cuatro de estos sectores, mientras que el Vivero Alto suministra al sector V. Para una lista detallada de las dependencias correspondientes a cada sector, ver el Anexo 1.

### 2.2.1 Balance hidráulico

Durante el segundo semestre de este año, se llevó a cabo una inspección exhaustiva de todas las válvulas en los cruceros que delimitan las fronteras de los cinco sectores hidráulicos en Ciudad Universitaria. Se identificó que dichas válvulas no estaban posicionadas correctamente para asegurar la estanqueidad de los sectores. Como resultado, se determinó que la sectorización no está actualmente operativa.

Tras esta revisión y los hallazgos, se comunicó esta situación al personal de la Dirección de Obras. Posteriormente, se llevaron a cabo varias reuniones de trabajo para abordar el problema. Finalmente, se acordó reactivar la sectorización una vez se realice el cambio de los macromedidores, previsto para finales de este año. La distribución de los sectores en Ciudad Universitaria se muestra en la Figura 10. Cabe señalar que a inicio del año 2024 aún persisten las válvulas abiertas, por lo que no se tiene control de los sectores.



*Figura 10. Sectores en los que se divide Ciudad Universitaria*

Durante la inspección de los sectores se identificó que de los cinco macromedidores hidráulicos instalados, solo uno se encuentra en funcionamiento. El equipo de **PUMAGUA** tiene la responsabilidad de recopilar datos de este único macromedidor de manera semanal. Este dispositivo originalmente está diseñado para medir el flujo de agua hacia los sectores I, II y III. No obstante, para obtener mediciones precisas del flujo específico de cada sector, es necesario realizar mediciones puntuales utilizando un medidor ultrasónico portátil. Esta tarea conlleva el cierre de las válvulas que regulan el flujo hacia cada sector y debe llevarse a cabo en colaboración con el personal de la DGOC. A continuación, se presenta la información recopilada del macromedidor supervisado por **PUMAGUA** (Tabla 9).

*Tabla 9. Registros del macromedidor de los bomberos que mide los sectores I, II Y III*

Mes	2023	
	Sector 1,2,3 (m3)	Q medio mensual (l/s)
Enero	147,602.00	243.36
Febrero	148,637.00	61.44
Marzo	166,079.00	63.75
Abril	165,074.00	63.69
Mayo	162,832.00	60.79
Junio	146,566.00	56.55
Julio	162,203.00	60.56
Agosto	177,696.00	66.34
Septiembre	175,753.00	67.81
Octubre	127,263.00	47.51
Noviembre	0.00	0.00
Diciembre	0.0	0.0
Total	1,579,705.00	791.79

Es importante tener en cuenta que el volumen total identificado en los sectores I, II y III podría no corresponder exclusivamente a estos sectores. Se ha observado que las fronteras entre ellos no son completamente herméticas, lo que sugiere la posibilidad de una mezcla de agua entre estos sectores. En las Figuras 11 y 12 se detallan la temporalidad de los caudales.

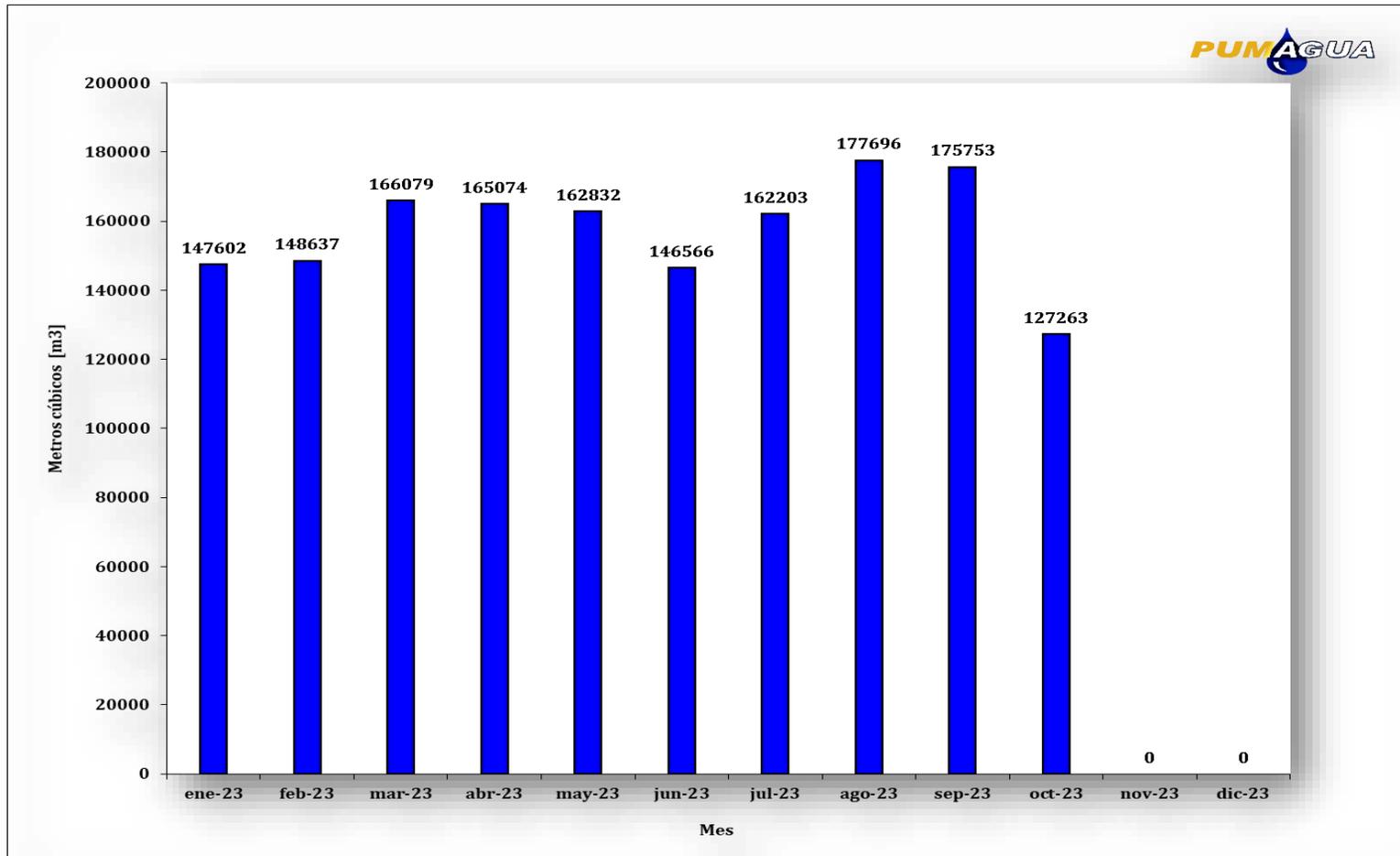


Figura 11. Registros del macromedidor de la Estación de los bomberos del consumo de agua de los sectores I, II y III

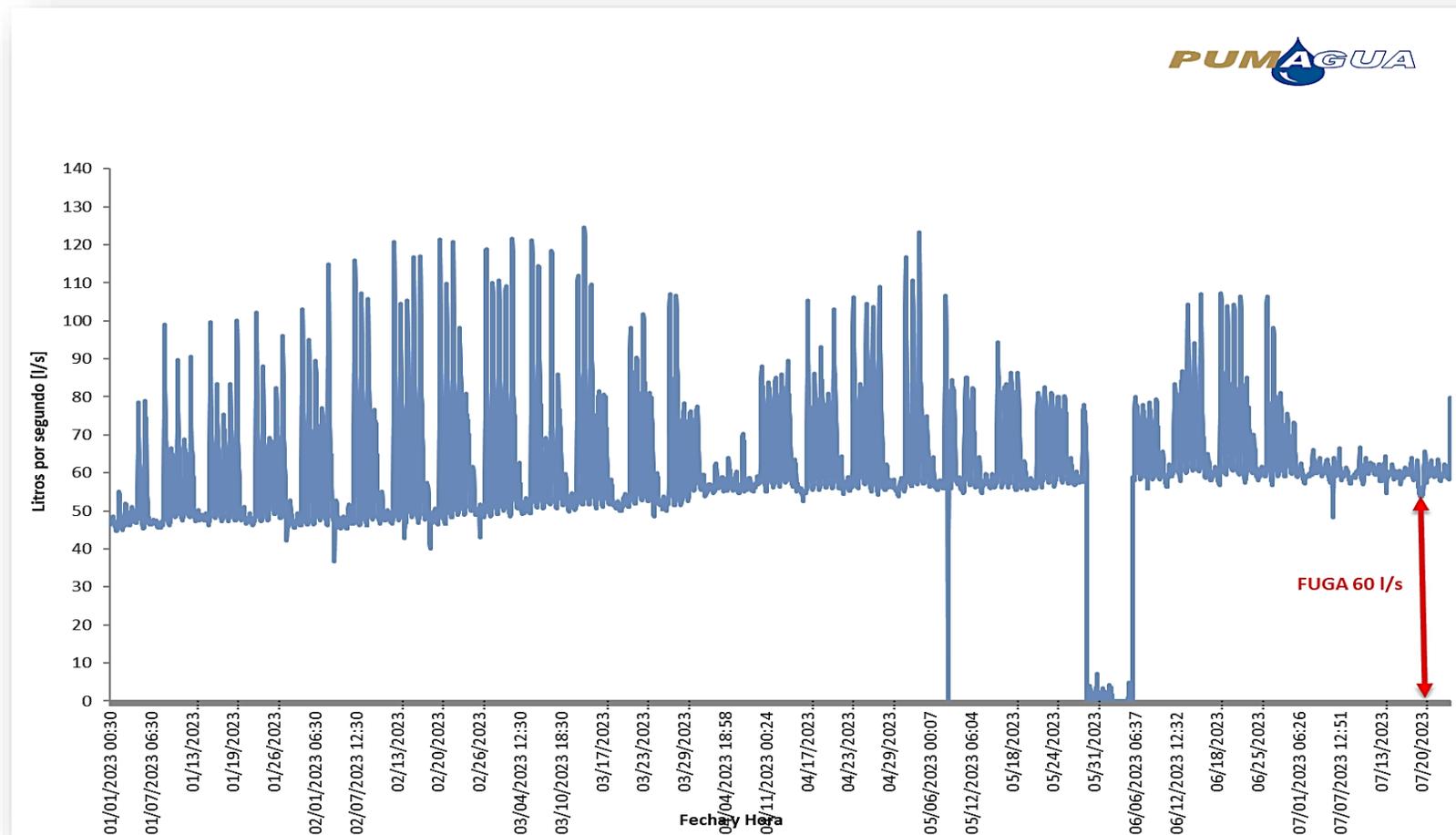


Figura 12. Suministro Sector I, II y III

Se registra una fuga actual de 60 litros por segundo, según los datos disponibles, como se muestra en la Figura 12.

## 2.2.2 Fugas en la red de distribución

Al analizar los volúmenes de agua extraídos de los tres pozos que abastecen Ciudad Universitaria y los volúmenes totales de las dependencias equipadas con micromedidores, se identifica un volumen de agua no medido. Esta cantidad puede atribuirse a fugas, riego y a las dependencias que carecen de micromedición.

Lamentablemente, no contamos con información sobre el consumo de agua para riego. Respecto a las dependencias sin micromedidores, se requiere colaboración con los directores y encargados para incentivar la instalación de medidores en sus instalaciones y así tener un registro más preciso de sus consumos.

En lo que respecta a las fugas en la red de distribución, se llevará a cabo una campaña de búsqueda durante la temporada vacacional, esta actividad está en función del tiempo que tenga la DGOC. Esta acción se realizará de manera cuidadosa para minimizar el impacto en los usuarios. Para detectar y abordar las fugas, se emplearán los nuevos macromedidores junto con mediciones puntuales utilizando un medidor ultrasónico portátil (ver Tabla 10). Se planifica realizar cierres selectivos de válvulas y aislar las áreas con las fugas más significativas. El objetivo es identificar y corregir estas pérdidas en la red de distribución para optimizar el suministro de agua sin causar mayores inconvenientes a los usuarios.

*Tabla 10. Balance Hidráulico con los volúmenes de extracción y micromedición*

	Volumen (m <sup>3</sup> )	%
Total de micro medición	377,607.22	15.74
Total de fugas, riego y dependencias sin micro medición	2,021,788.63	84.26
Volumen total extraído de pozos	2,399,395.85	100.00

Es evidente que la micromedición representa un porcentaje mínimo en comparación con el volumen extraído por los pozos. Por tanto, resulta crucial implementar una metodología que permita conocer con precisión la cantidad de agua utilizada para el riego. Esto implica llevar a cabo una campaña de detección de fugas para estimar el volumen de pérdida en la red, promover la instalación de micromedidores por parte de las entidades involucradas y facilitar el acceso a información actualizada sobre el volumen de agua suministrado al gobierno de la Ciudad de México.

La medición del volumen total de agua consumida en las instalaciones de Ciudad Universitaria se realiza mediante medidores proporcionados por PUMAGUA, los cuales están instalados en varios edificios. La información detallada sobre el caudal de consumo de cada uno de estos medidores se encuentra en el punto 2.3. De este modo, se obtiene un valor total de micro medición que asciende a 377,607.22 metros cúbicos.

## 2.2.3 Calidad de agua

### 2.2.3.1 Mediciones puntuales de calidad del agua en la red hidráulica

Durante el segundo semestre del año, se seleccionaron 25 grifos distribuidos en los cinco sectores del campus para garantizar que el agua que circula en la red contenga la cantidad adecuada de cloro residual para abastecer a los diferentes edificios. Estos grifos están mayormente ubicados a nivel del suelo y en diferentes áreas del campus (consultar Anexo3; Figura 13). Se llevaron a cabo mediciones quincenales del cloro residual libre en cada uno de estos puntos. En los casos en los que no se detectó cloro residual libre en la red de agua, se informó a la Dirección General de Obras y Conservación para que tomaran las medidas necesarias y restablecieran el proceso de desinfección. A lo largo del año, se identificaron tres eventos en los que la cloración en el pozo Multifamiliar presentó fallas; sin embargo, la DGOC intervino rápidamente para restablecer el proceso de cloración.

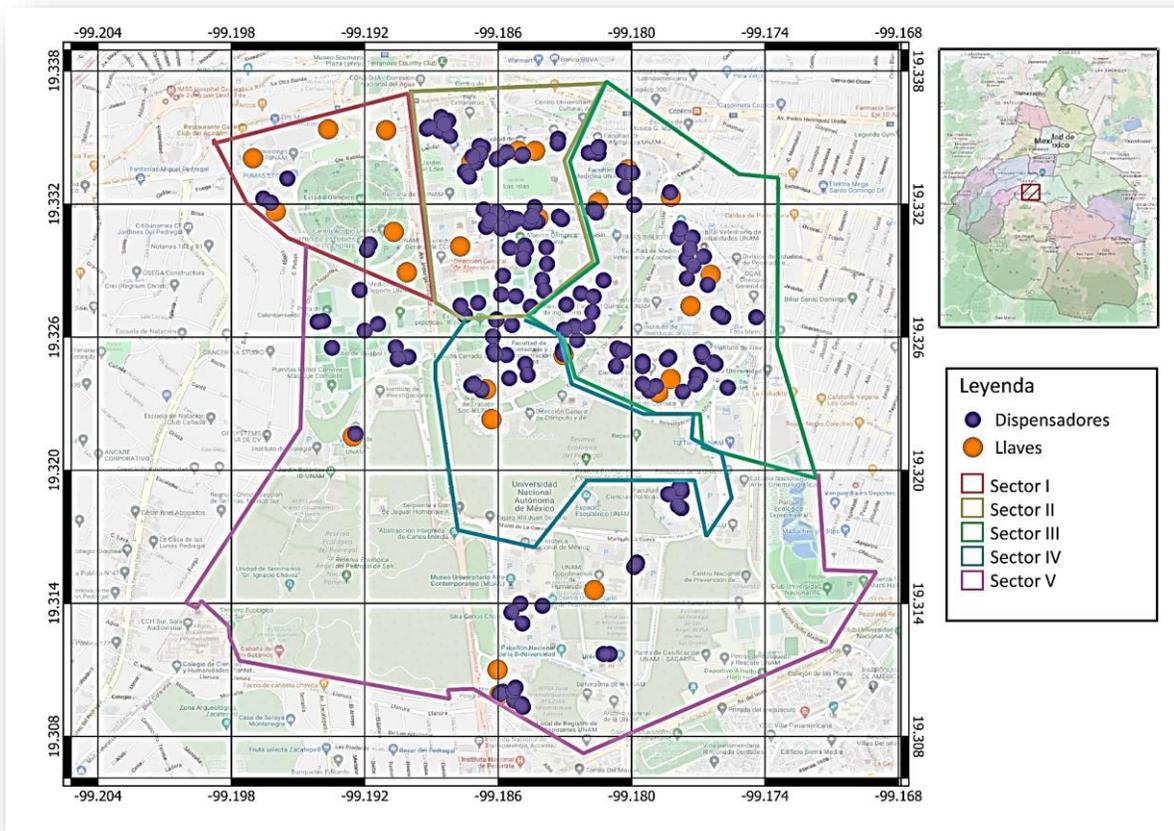
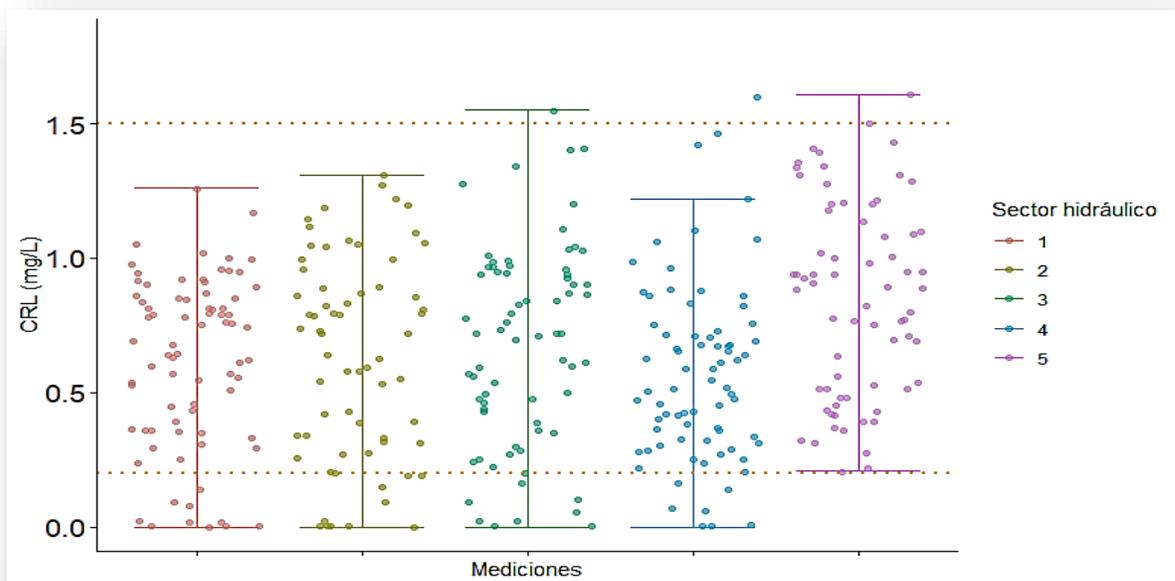


Figura 13. Ubicación de llaves en la red hidráulica y dispensadores para agua de consumo en Ciudad Universitaria.

El nivel de cloro residual se mantiene constante al transitar por la red hidráulica, superando consistentemente el límite mínimo permisible de 0.2 mg/L establecido por la NOM-127-SSA1-2021. La Figura 14 ilustra las variaciones de cloro en distintos sectores, destacando el sector V por mantener la concentración más elevada. Cada punto en el gráfico representa una medición a lo largo del año, mientras que las líneas horizontales representan los valores mínimos y máximos registrados.

Además, se observan variaciones en la concentración de cloro residual en distintas dependencias, como se muestra en la Figura 15. En resumen, los niveles de cloro son adecuados para garantizar el suministro de agua segura a la población de Ciudad Universitaria.



*Figura 14. Concentración de cloro residual libre en cada uno de los sectores del campus de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.*

*Mediciones totales al 15 de diciembre de 2023: 385.*

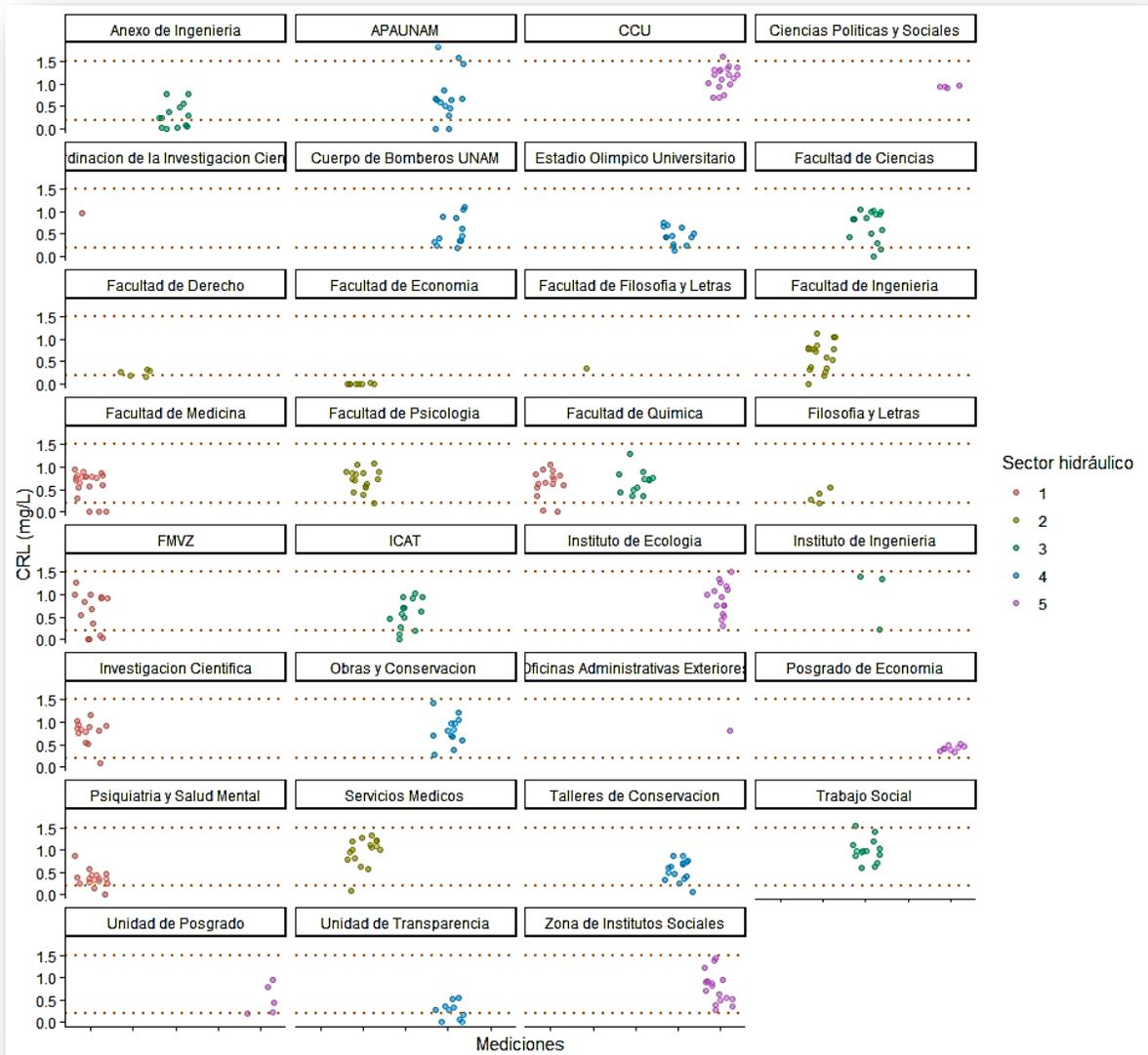


Figura 15. Concentración de cloro residual libre en diferentes dependencias del campus de Ciudad Universitaria. Las líneas punteadas indican los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-2021, cada punto representa una medición.  
 Mediciones totales al 15 de diciembre de 2023: 385.

### 2.2.3.2 Medición en tiempo real

En el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería, se contaba con sensores que cada cinco minutos recolectaban mediciones de la concentración del cloro residual libre, pH, temperatura, sólidos disueltos totales y turbidez del agua proveniente del Pozo Multifamiliar. Sin embargo, estos equipos han alcanzado el final de su vida útil, proporcionando mediciones precisas hasta principios de 2023. Respecto al cloro residual libre, las mediciones disponibles abarcan hasta finales de agosto (ver Figura 16). Durante el segundo semestre, se registraron tres eventos en los que la dosificación de cloro se interrumpió debido a fallas en el Pozo Multifamiliar. Afortunadamente, la concentración de cloro en la red se restableció el mismo día gracias a las acciones tomadas por la Dirección General de Obras y Conservación.

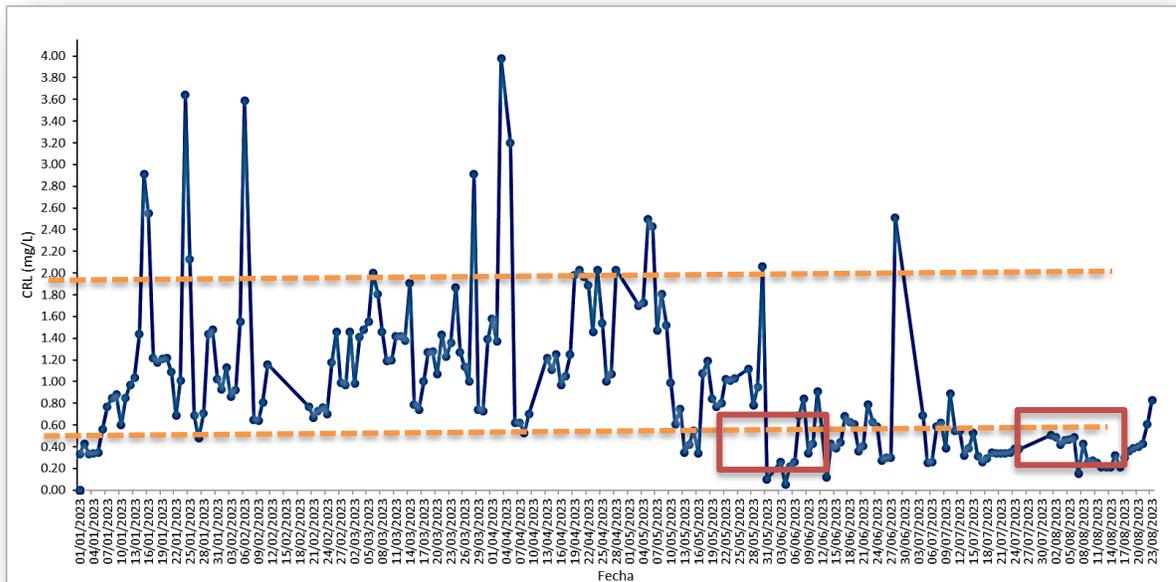


Figura 16. Registro de la concentración de cloro residual en tiempo real desde enero hasta agosto de 2023. Las líneas punteadas representan los límites permitidos según la NOM-127-SSA1-2021, mientras que cada punto refleja el promedio diario de las mediciones realizadas. Los recuadros resaltados en rojo indican los momentos en los que la concentración de cloro residual ha disminuido por debajo de los niveles aceptables.

## 2.3 Suministro en instituciones

### 2.3.1 Micromedición

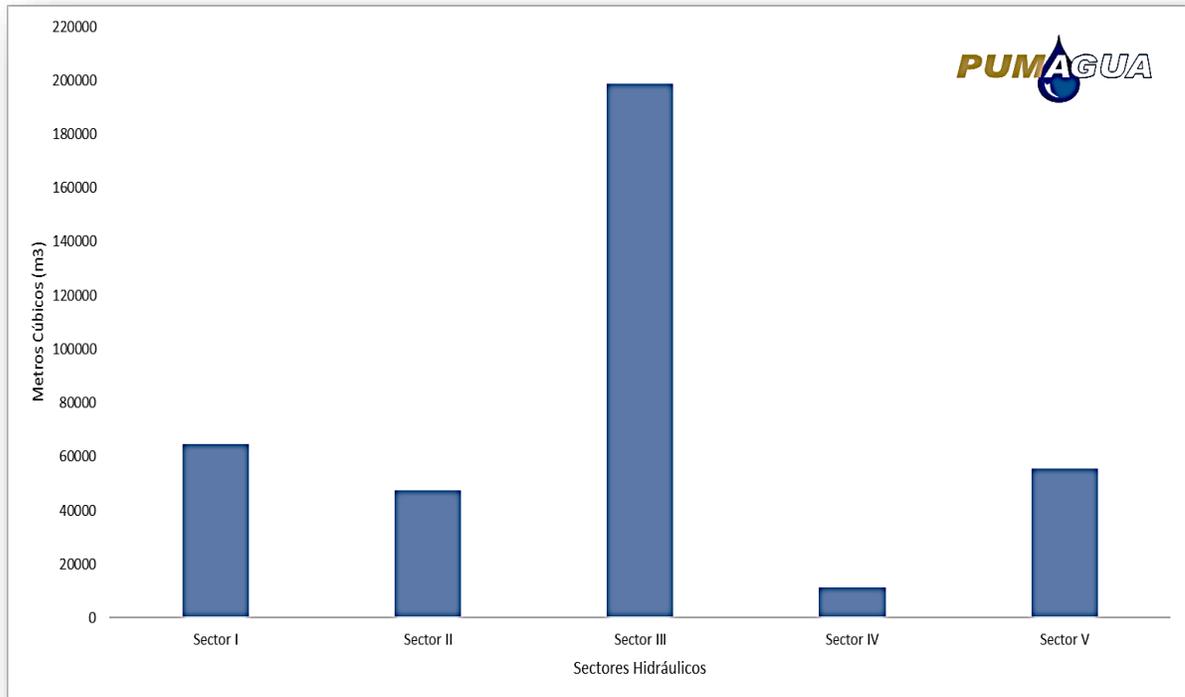
Actualmente, se supervisan 76 dependencias mediante 147 micromedidores operativos, distribuidos en los cinco sectores hidráulicos. La recopilación de datos tiene como finalidad comprender el patrón de consumo de agua en cada dependencia y detectar posibles fugas dentro de sus instalaciones.

#### 2.3.1.1 Consumos

Los registros de consumo de cada área se actualizan mensualmente mediante la visita a las locaciones donde se ubican los medidores, procediendo a la descarga manual de la información. Los datos recolectados se presentan en la Tabla 11 y se ilustran gráficamente en la Figura 17.

*Tabla 11. Consumos anuales de los sectores hidráulicos de Ciudad Universitaria*

Sector	Consumo (m <sup>3</sup> )
Sector I	64,657.67
Sector II	47,352.27
Sector III	198,893.86
Sector IV	11,313.71
Sector V	55,389.71
Total	377,607.22



*Figura 17. Consumo de agua por Sectores Hidráulicos*

### 2.3.2 Fugas en edificios

Al analizar la información de los micromedidores, se identifican posibles fugas dentro de los edificios de nuestras dependencias. Estas fugas se clasifican según su magnitud para notificarlas y alertar a la Dirección de Obras, lo que permite un seguimiento adecuado y la programación de inspecciones para su pronta resolución. En la actualidad, varias dependencias presentan fugas que **PUMAGUA** supervisa mensualmente, aguardando la intervención del personal de la Dirección de Obras para su localización y reparación. Las fugas en monitoreo incluyen una lista detallada en el Anexo 5, y se estima una pérdida de caudal aproximada de 11.87 litros por segundo

### 2.3.3 Calidad de agua en dispensadores

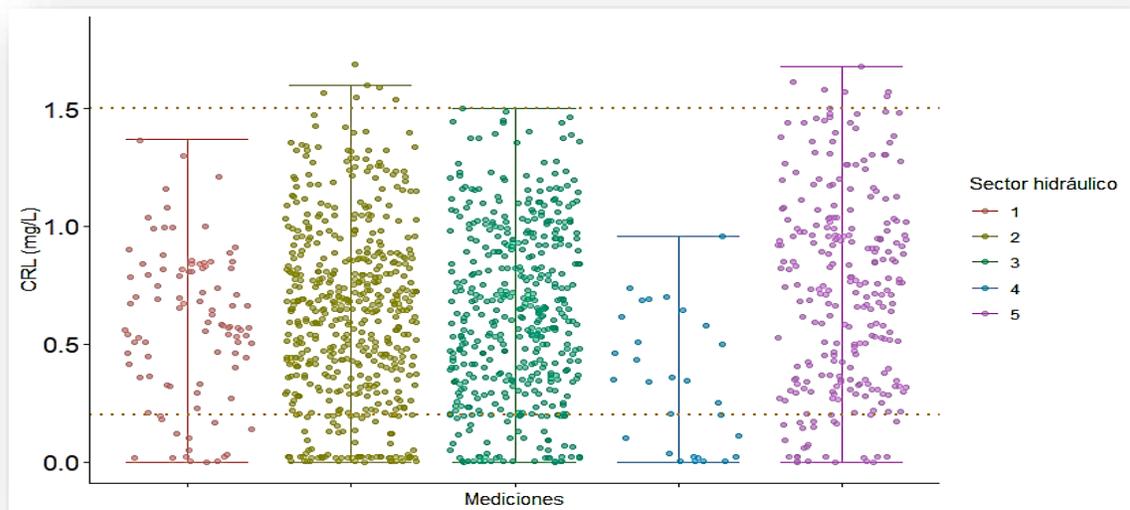
En el campus, se encuentran distribuidos aproximadamente 214 dispositivos que suministran agua segura, distribuidos en 27 dependencias. Además de estos, en cada dependencia se instalan dispensadores de agua fría y caliente, éstos no son monitoreados por PUMAGUA. El enfoque del programa se centra en los dispositivos conectados a la red hidráulica (ver Anexo 4). Específicamente, los dispensadores que suministran agua clorada se analizan cada quince días. Sin embargo, una vez por semestre se realiza un análisis microbiológico en los dispensadores que cuentan con filtros. Se ha identificado un total de 84 dispositivos de este tipo, lo que equivale al 39% del total de dispensadores sometidos a monitoreo.

#### 2.3.3.1 Cloro residual libre

El cloro residual se mantiene estable a lo largo de la red hidráulica, manteniendo concentraciones que superan el límite mínimo permisible de 0.2 mg/L establecido en la normativa NOM-127-SSA1-2021. Se observan variaciones en las concentraciones de cloro en distintos sectores, destacando el sector V por presentar la concentración más elevada (Figura 18). En cada una de las dependencias donde se realizan mediciones, la concentración de cloro residual es adecuada (Figura 19).

En situaciones en las que se ha registrado cloro por debajo de la normativa oficial, se procede a tomar muestras para análisis microbiológico. Ninguna de estas muestras analizadas en laboratorio ha evidenciado contaminación fecal, confirmando así la seguridad del agua en estos casos.

Se mantiene una vigilancia constante para garantizar que los niveles de cloro residual sean efectivos para la desinfección sin comprometer la calidad del agua.



*Figura 18. Análisis de la concentración de cloro residual libre en los dispensadores de Ciudad Universitaria, categorizados por sus ubicaciones sectoriales. Se presentan líneas punteadas representando los límites permisibles según la NOM-127-SSA1-2021. Cada punto en el gráfico simboliza una medición individual. Hasta el 15 de diciembre de 2023, se han realizado un total de 1765 mediciones.*

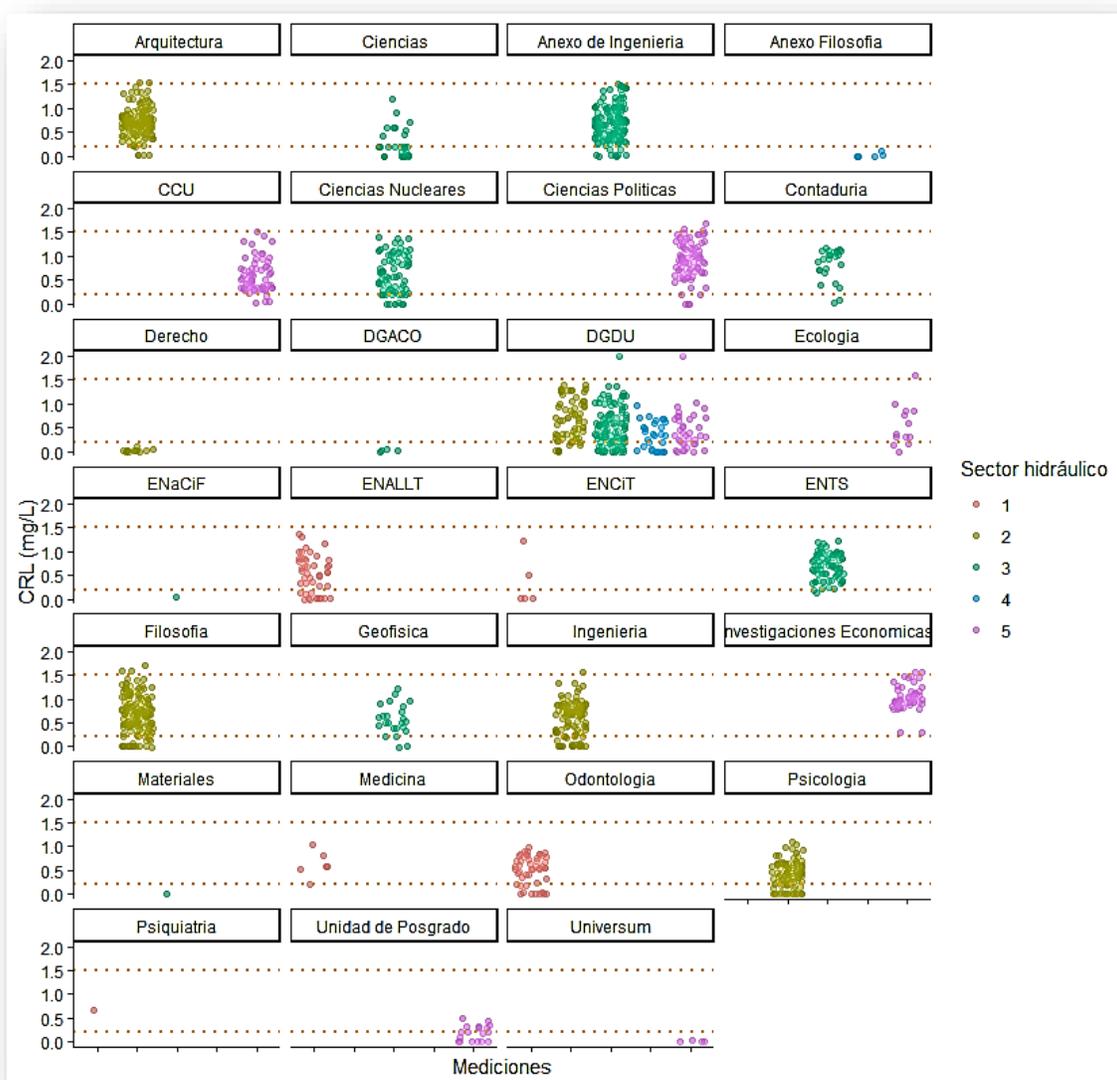


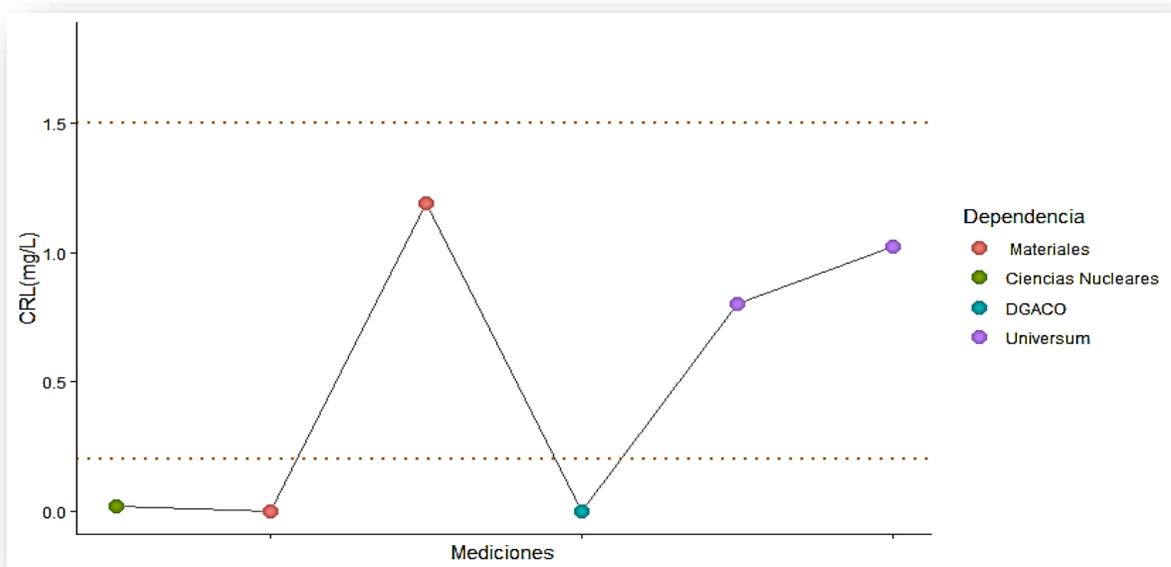
Figura 19. Se presenta la concentración de cloro residual libre en los dispensadores de Ciudad Universitaria, organizados por dependencia. Las líneas punteadas reflejan los límites permitidos según la normativa NOM-127-SSA1-2021. Cada punto en el gráfico representa una medición individual. Hasta el 15 de diciembre de 2023 se han realizado un total de 1765 mediciones.

## 2.4 Calidad de agua en cisternas de almacenamiento

En el segundo semestre del año, el equipo de PUMAGUA llevó a cabo la inspección sanitaria de siete cisternas utilizadas para almacenar agua potable. El suministro de agua desde estos tanques elevados se distribuye a distintas dependencias, y el manejo varía en cada una de ellas.

En algunos casos, el agua se almacena en cisternas antes de ser distribuida por los diferentes edificios. Inicialmente, el agua de estas cisternas está clorada, pero en función de las condiciones específicas de cada una, el cloro puede mantenerse o agotarse. Durante las visitas a las cisternas, se observaron ambos escenarios: la presencia de cloro en el 50% de las muestras analizadas y su ausencia en el 50% restante.

Además, en las cisternas donde se agotó el cloro, se identificó crecimiento bacteriano. Aunque este crecimiento no se corresponde con las morfologías típicas descritas en la Tabla 7, su presencia puede explicarse por la falta de un agente desinfectante en el agua, como se ilustra en la Figura 20.



*Figura 20. Cloro residual libre en cisternas de siete dependencias en Ciudad Universitaria. Cada punto en el gráfico representa una medición, con líneas punteadas que señalan los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-2021.*

## 2.5 Peticiones particulares de dependencias

### 2.5.1 Calidad del agua

Durante el segundo semestre, varias dependencias han solicitado los servicios de PUMAGUA para evaluar la calidad del agua en los dispensadores internos o en las cisternas. En general, se ha determinado que la calidad del agua dentro de las dependencias es

adecuada, ya que los dispensadores cuentan con sistemas de purificación diferentes al proceso de cloración.

En algunos casos, PUMAGUA ha sugerido a las dependencias desconectar los dispensadores de las cisternas o eliminar los sistemas de filtración para conectar los dispositivos directamente a la red hidráulica, considerando que el agua en Ciudad Universitaria es segura. En situaciones específicas, se recomienda dar mantenimiento a los filtros cada seis meses. Cada dependencia es responsable de atender estas recomendaciones. Se detallan las solicitudes atendidas y los resultados obtenidos en el Anexo 6, mientras que los resultados de las evaluaciones de las cisternas se presentan en la sección anterior.

#### [Instituto de Ingeniería](#)

En el marco del plan de vigilancia del Instituto de Ingeniería sobre el suministro de agua, PUMAGUA realizó tres rondas de muestreo específicamente en las llaves de las cocinas ubicadas en diversos edificios dentro de las instalaciones del Instituto. Cada una de estas campañas tiene como objetivo principal medir la concentración de cloro residual libre en el agua, con el fin de asegurar su idoneidad y seguridad para uso y consumo humano.

#### [Instituto de Investigaciones Filológicas](#)

En el Instituto de Investigaciones Filológicas, se dispone de 15 despachadores de agua fría y caliente con sistemas de filtros distribuidos en los tres niveles del Edificio Principal. Se ha solicitado a PUMAGUA realizar un análisis microbiológico del agua de cada uno de estos despachadores. No obstante, hasta el momento, solo se llevó a cabo la inspección del agua de tres dispensadores, uno por cada nivel.

#### [Instituto de Física](#)

Este instituto dispone de 12 dispensadores con filtro dentro de sus instalaciones. A solicitud de la dependencia, PUMAGUA llevó a cabo un análisis microbiológico en siete de estos dispensadores, uno ubicado en cada uno de los siete edificios distintos.

#### [Instituto de Investigaciones en Materiales](#)

A principios del segundo semestre, el personal de este Instituto solicitó a PUMAGUA la inspección de las dos cisternas y del dispensador ubicado en el edificio principal. Es importante destacar que los dispensadores de agua de esta institución no están equipados con filtros, sin embargo, se encuentran conectados a las mencionadas cisternas. En consecuencia, la calidad del agua dispensada depende del nivel de cloro residual presente en dichas cisternas.

### Dirección General de Atención a la Comunidad (DGACO)

La Dirección General de Atención a la Comunidad (DGACO) es responsable de supervisar el sistema de captación de agua de lluvia conocido como "Jugo de Nube". Este sistema cuenta con una cisterna inicial para el almacenamiento del agua captada, donde se lleva a cabo un proceso de cloración; luego, el agua se transfiere a una segunda cisterna y posteriormente pasa un con conjunto de filtros. Finalmente, el agua tratada se distribuye a la población a través de dos dispensadores.

A lo largo del año se han llevado a cabo cuatro visitas de inspección tanto a los dispensadores como a las cisternas para garantizar su funcionamiento y calidad del agua suministrada.

### Museo de las Ciencias Universum

El equipo de Universum ha solicitado a PUMAGUA la inspección de sus dos cisternas de almacenamiento. Durante la visita, el equipo de Calidad del Agua recogió muestras de agua de dos de los diez dispensadores con filtro ubicados dentro del museo, así como de los dos dispensadores externos que están conectados a las cisternas.

### Coordinación Universitaria de la Sustentabilidad

A finales de noviembre, la COUS coordinó la implementación de dispensadores conectados al sistema hidráulico en el campus Central. Se ha pedido a PUMAGUA que realice mediciones del nivel de cloro residual.

## **2.5.2 Balance hidráulico**

### Apoyo a tesista y Dirección General de Obras y Conservación

A partir de septiembre, se llevaron a cabo reuniones entre la tesista Karen Joseline González Lugo y el equipo de la Dirección General de Obras con el fin de planificar los trabajos necesarios para la realización de su tesis. Durante las primeras reuniones, se seleccionó un lugar dentro de Ciudad Universitaria (CU) para llevar a cabo las pruebas de medición de caudal, decidiéndose que el circuito Mario de la Cueva, renovado en el presente año, cumplía con las condiciones requeridas para realizarlas adecuadamente.

Posteriormente, se organizaron más reuniones para revisar los equipos disponibles y la logística necesaria para llevar a cabo las pruebas. Se acordó que la tesista colaboraría en la elaboración del programa de trabajo para definir la fecha precisa en la que se llevarán a cabo las pruebas.

### Instituto de Ecología

Se detectó una posible fuga en el Instituto de Ecología a través de los registros de los micromedidores. Tras notificar a la dependencia correspondiente, se solicitó la colaboración de PUMAGUA y del equipo de la Dirección de Obras para investigar el problema. Tras una inspección visual inicial, no se encontró evidencia de una fuga en las instalaciones del instituto, aunque se consideró la posibilidad de un goteo más sutil debido a la magnitud del problema detectado.

En acuerdo con las autoridades de la institución, se acordó llevar a cabo una revisión exhaustiva de todas las instalaciones internas. El objetivo es identificar cualquier dispositivo o elemento que pudiera ser el origen de la fuga detectada, asegurando así una búsqueda minuciosa para resolver el problema.

### Facultad de Medicina

En septiembre, el equipo de la Dirección de Obras solicitó la asistencia de **PUMAGUA** para recolectar los datos de los micromedidores de la Facultad de Medicina, debido a problemas de suministro en la zona.

En noviembre, con el objetivo de recopilar datos para el concurso interfacultades "Reto por el Agua", se requirió a **PUMAGUA** la información sobre el consumo de agua en dicha dependencia. Por consiguiente, el personal de PUMAGUA procedió a descargar los datos de todos los micromedidores instalados en la facultad.

### Instituto de Ingeniería UNAM

Durante el mes de noviembre, se solicitó a **PUMAGUA** la recopilación de los datos de consumo de agua de los edificios pertenecientes al Instituto de Ingeniería. Este requerimiento se realizó con el fin de proporcionar la información necesaria para participar en el concurso "Reto por el Agua". Como resultado, el personal procedió a descargar los datos de todos los micromedidores instalados en el Instituto.

### DGACO

El personal de la DGACO solicitó en octubre la asesoría de **PUMAGUA** para instalar micromedidores y medir el consumo en sus instalaciones. El 27 de septiembre, se hizo un recorrido con los encargados de mantenimiento para localizar las tuberías de suministro de agua al edificio, pero desconocían esa información. Posteriormente, el 23 de octubre, se llevó a cabo otro recorrido con el personal de obras, quienes identificaron las entradas de agua del edificio. Esta información se comunicó al personal de la DGACO. Sin embargo, debido al cierre administrativo, no podrían incluir la adquisición de los micromedidores este año, por lo que los trabajos quedaron pendientes.

### Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Se detectó una fuga sustancial de 0.85 litros por segundo a través de los registros de los micromedidores en el Instituto de Ciencias del Mar. La dependencia y el personal de la Dirección de Obras fueron notificados de inmediato para llevar a cabo una inspección el 23 de octubre. Durante esta revisión, se ejecutaron cierres selectivos de válvulas internas para aislar áreas específicas y determinar el origen de la fuga. Tras la finalización de estos cierres, se llegó a la conclusión preliminar de que la fuga probablemente está ubicada en la sección subterránea de la tubería, antes de su entrada al edificio. Se acordó mantener un monitoreo constante de los registros y el personal de la Dirección de Obras se comprometió a llevar a cabo una segunda visita para una inspección más detallada de las instalaciones.

### Coordinación de Humanidades

Por solicitud de las autoridades de la Coordinación de Humanidades, el equipo de **PUMAGUA** acudió el 23 de octubre a sus instalaciones para llevar a cabo una inspección. Se tenía conocimiento de una fuga estimada en 0.14 litros por segundo dentro del edificio. Durante la visita, se mapearon las rutas de las tuberías en el complejo y se localizaron las válvulas para futuros cierres si fuera necesario. Tras el recorrido, se acordó con el personal de obras regresar con el equipamiento necesario para identificar la fuga que está siendo registrada por el micromedidor.

### Tienda UNAM

Se identificó una fuga aproximada de 2.5 litros por segundo en Tienda UNAM a partir de los registros de los micromedidores. Esta situación fue notificada a la dependencia correspondiente y al personal de la Dirección de Obras. El 24 de octubre se llevó a cabo una inspección con el objetivo de localizar la fuga. Se realizaron sondeos utilizando geófonos y correladores, pero no se obtuvo una lectura clara sobre la ubicación precisa de la fuga. Como resultado, se acordaron más recorridos para lograr su identificación.

Durante la semana del 27 de noviembre al 3 de diciembre, se llevaron a cabo trabajos para reemplazar un tramo de tubería de aproximadamente 30 metros. Esta intervención provocó una reducción en la fuga, inicialmente de 0.8 litros por segundo, que había aumentado a 3.0 litros por segundo, logrando reducirla a 2.2 litros por segundo.

### Filmoteca

Se detectó una fuga de aproximadamente 2.5 litros por segundo en Filmoteca a través de los registros de los micromedidores. Se notificó de inmediato a la dependencia y al personal de la Dirección de Obras correspondiente. En respuesta, el 16 de octubre se llevó a cabo un recorrido para identificar el origen de la fuga.

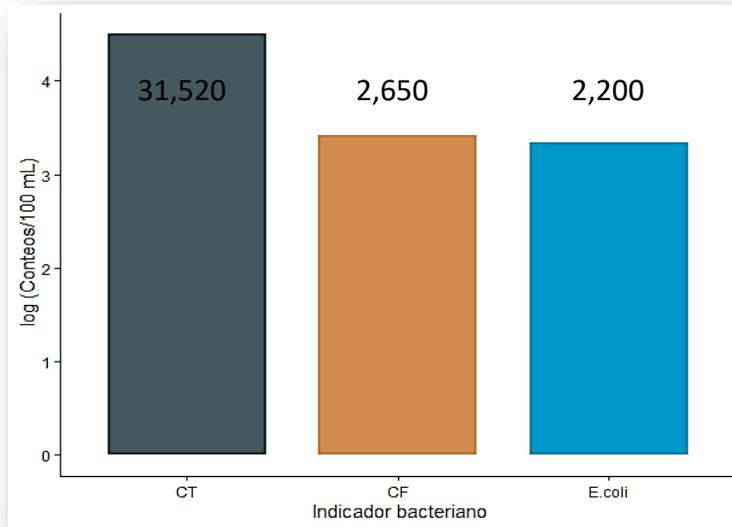
Durante la inspección de las instalaciones de la dependencia, se encontró al personal de obras reparando el flotador de la cisterna del edificio. Se nos informó que esta reparación llevaba varias semanas en curso y que posiblemente era la causa de la fuga registrada. En consecuencia, se acordó esperar a que la reparación finalizara y se acordó que el equipo de **PUMAGUA** revisaría los datos del micromedidor en los próximos días para confirmar si la fuga estaba relacionada con la falla en el flotador de la cisterna. En noviembre, el personal de **PUMAGUA** regresó para recopilar información del micromedidor y se confirmó que una vez que se reparó el flotador, la fuga desapareció por completo.

## 2.6 Reúso del agua

El agua utilizada se convierte en agua residual y se dirige al drenaje. Una parte de esta agua se somete a tratamiento en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Cerro del Agua y se reutiliza para regar áreas verdes, como los pastos situados en las Islas dentro del campus Central. Recientemente, en junio de este año, se llevó a cabo un análisis microbiológico del agua empleada en el riego de estos pastos, la cual proviene de la PTAR de Cerro del Agua, localizada en el mismo campus.

Para realizar este análisis, se tomó una muestra de uno de los aspersores en funcionamiento y se trasladó al Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) para la detección de indicadores bacterianos. Los resultados del análisis microbiológico se compararon con los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilizan en servicios al público, establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997.

De los indicadores detectados, el único que está contemplado en la normativa son los coliformes fecales, los cuales superan los niveles permitidos (240 y 1000 conteos/100 mL para contacto directo e indirecto, respectivamente). Estos resultados indican una alta carga bacteriana de contaminación fecal, lo cual podría representar un riesgo para la comunidad que utiliza el pasto regado con esta agua para actividades recreativas (ver Figura 21).



*Figura 21. Concentración bacteriana en agua para riego de áreas verdes.*

## 2.7 Colaboraciones

A lo largo de su historia, **PUMAGUA** ha colaborado estrechamente con el Laboratorio Nacional en Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) para el procesamiento de muestras de agua. Además, ha establecido colaboraciones con varias áreas dentro del Instituto de Ingeniería con el objetivo de desarrollar una nueva plataforma y sistema de telemetría, ya que el sistema actual está quedando obsoleto y fuera de servicio. En particular, ha trabajado de manera significativa con el área de Telecomunicaciones, perteneciente al departamento de Electromecánica del Instituto de Ingeniería. El Dr. Daniel Enrique Ceballos Herrera ha liderado este proyecto, logrando avances significativos con el apoyo de estudiantes de diferentes niveles académicos.

Este proyecto no solo ha tenido impacto en la mejora de los sistemas de monitoreo de **PUMAGUA**, sino que también ha servido como una oportunidad para la participación en diversas competencias estudiantiles. Estas competencias se han centrado en la ingeniería y la innovación, y han proporcionado un espacio para que los estudiantes apliquen sus conocimientos en entornos desafiantes. Las competencias donde se concursó son las siguientes:



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



**TÍTULO**

**Prototipo de una red de interconexión inalámbrica de sensores basada en la tecnología LoRa (Long Range) de bajo consumo energético, controlado desde una aplicación celular, y con inteligencia artificial para interpretar los datos en tiempo real.**

**Casos de uso: Monitoreo de ductos de agua y sismología.**

**Nombre del líder del Equipo: María Fernanda Maldonado Vázquez**

**Nombre del Asesor académico: Dr. Daniel Enrique Ceballos Herrera**

**Información de los miembros del equipo:**

Nombre	Institución	Carrera	Semestre	Nivel	Correo electrónico	Cel.
Mariana Coronado Herrera	IINGEN Subdirección Electromecánica (Registrada en el SICOE)	Robótica Industrial (aún no ha egresado)	Noveno	Servicio Social	marianaherrera28122@gmail.com	55737 28820
Arturo Garibaldi Montes	IINGEN Subdirección de Hidráulica y Ambiental (Registrado en el SICOE)	Ingeniería Civil (Egreso en 2022)	Segundo	Especialidad en Hidráulica	arturogaribaldim28@gmail.com	55270 88573
Jesús Iván Coss Calderón	IINGEN Subdirección de Estructuras y Geotécnia (Registrado en el SICOE)	Ingeniería Geofísica (Egreso en 2018)	Cuarto	Maestría en Ciencias Matemáticas	mat_ing_coss@ciencias.unam.mx	56309 78707
María Fernanda Maldonado Vázquez (Líder)	Facultad de Ingeniería: División Ingeniería Eléctrica	Eléctrica y Electrónica (aún no ha egresado)	Noveno	Servicio Social	fernandamaldonadov@comunidad.unam.mx	55619 71727
Emmanuel Estrada De Artola	Facultad de Ingeniería:	Aeroespacial (aún no ha egresado)	Séptimo	Servicio Social	emm.eda10@gmail.com	55344 78259

Figura 22. Convocatoria de Olimpiada Estudiantil



**TÍTULO**

**Prototipo de una red de interconexión inalámbrica de sensores de flujo y calidad de agua basada en la tecnología LoRa (Long Range) de bajo consumo energético, controlado desde una aplicación celular, y con inteligencia artificial para interpretar los datos en tiempo real.**

**Eje temático: Ciudades Inteligentes y Sustentables**

**Subtema: Sistemas innovadores y sustentables para asegurar la conectividad y operación de los servicios eléctricos, hidráulicos, energéticos y de telecomunicaciones.**

**Información de los miembros del equipo:**

Nombre	Institución	Carrera	Semestre	Nivel	Correo electrónico	Celular
María Fernanda Maldonado Vázquez	Facultad de Ingeniería: División Ingeniería Eléctrica	Eléctrica y Electrónica	Noveno	Servicio Social	fernandamaldonadov@comunidad.unam.mx	5561971727
Ángel Barrios Gutiérrez	Facultad de Ingeniería: División Ingeniería Eléctrica	Licenciatura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Noveno	Servicio Social	angel.barrios.gutierrez@gmail.com	5522789032
José Antonio Romero Gil	Instituto de Ingeniería de la UNAM Subdirección de Hidráulica y Ambiental	Posgrado en Ingeniería Civil	Tercer	Doctorado en Ingeniería Civil	joseantonio.rog@gmail.com	2227822364

**Descripción de la Propuesta**

Se plantea el desarrollo de una innovadora plataforma de comunicación inalámbrica basada en la tecnología LoRa (Long Range), caracterizada por su bajo costo y eficiencia energética. Esta plataforma tiene como objetivo interconectar una red de 100 a 200 sensores utilizados en el monitoreo del flujo y la calidad del agua en los ductos hidráulicos de la Ciudad Universitaria de la UNAM. Estos sensores son instalados y gestionados por el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM (PUMAGUA).

Es relevante destacar que esta plataforma de comunicación no se limita solo a esta aplicación específica, ya que puede ser utilizada para interconectar múltiples sensores en diversos contextos. Además, se añaden características adicionales, como la capacidad de almacenar los datos en un servidor en la nube y acceder a la información en tiempo real a través de una aplicación móvil. Esto permitiría supervisar la integridad de los ductos frente a posibles fugas causadas por desastres naturales, como sismos, y proporcionar información sobre su estado y condición de manera

Figura 23. Convocatoria de INNOVA UNA

## 2.8 Formación de recursos humanos

Durante el primer semestre de este año, ocho estudiantes se unieron como prestadores de servicio social en **PUMAGUA**. En el segundo semestre, actualmente hay cinco servicios sociales activos, y se espera que finalicen su período en marzo de 2024. Los participantes del programa en 2023 proceden de las licenciaturas de Ingeniería Ambiental y Civil de la Facultad de Ingeniería, así como de la licenciatura de Biología de la Facultad de Ciencias, todas ellas impartidas en Ciudad Universitaria. Además, también contamos con prestadores de servicio social de la licenciatura en Biología de otras instituciones educativas como la UAM Unidad Iztapalapa y Xochimilco. En el Anexo 7 se detalla la lista de los estudiantes que forman parte de este programa.

## 3. PLAN DE TRABAJO PARA 2024

### 3.1 Balance Hidráulico

#### 3.1.1 Pozos

##### 3.1.1.1 Campaña de macromedición

La Dirección de Obras y Conservación ha implementado nuevos macromedidores en dos de los tres pozos que abastecen Ciudad Universitaria. Estos dispositivos contarán con monitoreo remoto a través de la plataforma facilitada por Badger Meter. El acceso a esta plataforma será compartido con **PUMAGUA** para asegurar un registro centralizado de la información.

Para el próximo año, la Dirección de Obras tiene planes de renovar el macromedidor del pozo del Multifamiliar, completando así la actualización de los tres pozos.

Como parte de un proyecto más amplio, se contempla la instalación de un nuevo sistema de Monitoreo. Este proyecto implica cambiar los dispositivos tanto en los macromedidores como en los micromedidores para habilitar el uso de la tecnología LoRa (Long Range). Este avance permitirá establecer un sistema de telemetría más eficiente. Además, se está trabajando en el desarrollo de una nueva plataforma que reemplace al Observatorio del Agua. Este nuevo sistema se adaptará para incluir los datos provenientes de los nuevos macromedidores recientemente instalados.

#### 3.1.2 Tanques

##### 3.1.2.1 Medición de Niveles

En Ciudad Universitaria, existen tres tanques principales: el Tanque del Vivero Alto, Tanque Alto y Tanque Bajo. Lamentablemente, actualmente carecen de instrumentación para medir niveles y caudales. A pesar de discutir en varias reuniones con la Dirección de Obras la importancia de instrumentar estos tanques, el enfoque ha sido pospuesto en favor de los macromedidores y el control de presiones. Es crucial que **PUMAGUA** priorice la instalación de sensores de nivel en estos tanques. Estos sensores son fundamentales para una gestión eficiente en la extracción de agua de los pozos, el uso óptimo de las bombas y el ahorro energético, además de su impacto en las presiones en la red.

### 3.1.3 Sectores

#### 3.1.3.1 Campaña de macromedición

La Dirección de Obras y Conservación de la UNAM ha iniciado la implementación del cambio de los macromedidores en los Pozos y entradas del Sector de Ciudad Universitaria. Hasta el momento, se ha completado el cambio del macromedidor del Sector I. El plan contempla realizar el cambio de los demás a lo largo del año en curso y al inicio del siguiente, sujeto a los tiempos de entrega de los equipos.

La información proveniente de estos macromedidores estará disponible a través de una aplicación y una plataforma proporcionada por Badger Meter. El acceso a esta plataforma será compartido con **PUMAGUA** para facilitar la revisión de la información. Una vez que los nuevos macromedidores estén operativos, se pretende realizar un monitoreo diario de las entradas de los sectores. Esto permitirá lograr varios objetivos:

- Analizar el comportamiento y distribución de los consumos de agua por sector.
- Identificar posibles problemas de hermeticidad en los sectores.
- Supervisar y detectar fugas en la red de distribución.
- Proporcionar soporte para campañas de detección de fugas.
- Mantener un balance hidráulico constante.

#### 3.1.3.2 Campaña de presiones

En Ciudad Universitaria, se disponía de 45 puntos de presión equipados con manómetros instalados para su monitoreo mensual. Se ha mantenido una actualización constante de su estatus, tal como se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. Relación de manómetros

Manómetros			
Funcionando	Descompuesto	Retirado	Sin acceso
21	17	5	2

A pesar de que más del 50% de los manómetros existentes se encuentran fuera de servicio, el número actual de puntos de presión por sector para monitoreo sigue siendo aceptable. Es crucial resaltar la importancia de estos puntos de presión, ya que nos permiten detectar la presencia de fugas cercanas, verificar el correcto funcionamiento de la sectorización, inferir si alguna válvula ha sido manipulada (abierta o cerrada), entre otras aplicaciones relevantes.

Además de continuar con el monitoreo visual de los manómetros en funcionamiento, se ha propuesto utilizar preparaciones para instalar sensores de presión conectados de manera remota al nuevo sistema de telemetría previsto para el año 2024. Esta integración se llevará a cabo mediante la tecnología LoRa (Long Range) y una nueva plataforma, lo que supondrá un avance significativo en el sistema de monitoreo y control.

### *3.1.3.3 Campaña de fugas*

#### *3.1.3.3.1 Fugas en la red de distribución*

El proceso de ubicación de fugas en la red de distribución requerirá una estrecha colaboración con el personal de la Dirección de Obras y Conservación. Para detectar fugas, será necesario realizar cierres de válvulas para aislar áreas específicas, utilizando herramientas como geófonos, correladores y medidores ultrasónicos portátiles. Además, se empleará la información de los nuevos macromedidores en cada sector para rastrear y reparar las fugas identificadas. La existencia de puntos de presión cercanos a la zona de estudio podría también facilitar la localización de estas fugas.

En la actualidad, no disponemos de un registro preciso del volumen de fugas en Ciudad Universitaria, ya que no contamos con macromedidores en todos los sectores y algunas dependencias carecen de micromedidores. Por tanto, se ha propuesto llevar a cabo mediciones en los sectores durante el próximo periodo vacacional de diciembre de 2023. Esta acción nos permitirá recopilar datos para realizar un balance hidráulico y estimar el volumen global de fugas. Con estos datos, podremos establecer una meta de reducción para el próximo año. Además, se considera que la implementación del nuevo sistema de Telemetría mejorará significativamente la eficiencia y la rapidez de los trabajos de localización de fugas en el futuro.

## **3.1.4 Instituciones**

### *3.1.4.1 Campaña de micromedición*

Se prevé continuar con el monitoreo de los micromedidores ubicados en las distintas dependencias de Ciudad Universitaria, tal como se lleva a cabo actualmente mediante visitas in situ para descargar la información de manera manual. Se proyecta que, con la implementación del nuevo sistema de telemetría basado en la tecnología LoRa (Long Range) el próximo año, se obtendrán las siguientes ventajas:

- Lecturas instantáneas de cualquier micromedidor en tiempo real.
- Reducción del personal dedicado a la recolección manual de datos.
- Optimización del tiempo del personal, permitiendo su dedicación a otras tareas.
- Detección temprana de fugas en el interior de los edificios.

Estas mejoras permitirán una gestión más eficiente y precisa del consumo de recursos, así como una respuesta más ágil ante posibles problemas de fugas o desperdicio de agua en las instalaciones universitarias.

#### *3.1.4.2 Compra e instalación de micromedidores*

Se dispone de 76 dependencias equipadas con micromedidores, pero se reconoce que varias dependencias aún no están siendo monitoreadas. Esto se debe a la falta de micromedidores en algunas dependencias o a problemas como averías, robos o vandalismo que han afectado el funcionamiento de los micromedidores existentes.

Se ha llevado a cabo una proyección que considera las nuevas construcciones en las dependencias para estimar la cantidad adicional de micromedidores necesarios. El objetivo es cubrir la totalidad de dependencias existentes en Ciudad Universitaria y garantizar su monitoreo efectivo (ver Tabla 13).

*Tabla 13. Relación de micromedidores*

Medidores registrados	Funcionando	Dañado / retirado	Medidores proyectados	Medidores faltantes
193	147	46	253	106

Según la Tabla 13, existe un déficit de 106 micromedidores para alcanzar la cobertura proyectada de monitoreo. En consecuencia, se llevará a cabo una comunicación con las dependencias correspondientes para fomentar la adquisición y colocación de estos micromedidores. En caso necesario, se actuará como intermediario con la Dirección de Obras y Conservación para facilitar la instalación.

#### *3.1.4.3 Campaña de fugas*

Con el propósito de abordar las fugas dentro de los edificios de manera más efectiva, se implementará un sistema de semáforo de fugas. Este sistema se basará en el monitoreo mensual de los micromedidores para detectar y priorizar las fugas según su magnitud. Una vez identificadas, se notificará a la dependencia correspondiente sobre la fuga detectada.

Además, se coordinará con el personal de la Dirección de Obras y PUMAGUA para localizar y reparar las fugas prioritarias de manera ágil. Aquellas fugas detectadas que sean menores y no requieran atención inmediata serán monitoreadas para evaluar su comportamiento. Se propondrán medidas a las dependencias involucradas y se considerará una inspección rápida si fuera necesario.

Actualmente, **PUMAGUA** carece de los equipos necesarios para la detección de fugas, lo que nos obliga a depender del tiempo, equipos y personal disponible de la Dirección de Obras y Conservación. Sin embargo, con los recursos tecnológicos adecuados, **PUMAGUA** podría encargarse mensualmente de la detección de fugas en los edificios monitoreados.

En la actualidad, el volumen total de fugas en los edificios monitoreados asciende a 11.87 litros por segundo. Nuestra meta para el año 2024 es reducir este volumen al 50%. Una parte fundamental de este objetivo se lograría mediante la implementación del nuevo sistema de Telemetría.

### **3.1.5 Programa de cambio de muebles de baño**

Se planea seguir con la organización de talleres enfocados en el mantenimiento de muebles que promueven el ahorro de agua, además de impulsar la transición hacia muebles de última generación, como inodoros, mingitorios y grifería, que fomenten la eficiencia hídrica.

Se tiene la intención de llevar a cabo un evento en el que se invitará a todas las dependencias de Ciudad Universitaria para presentarles las opciones más modernas en cuanto a muebles que ayudan a ahorrar agua. El propósito es persuadirlos a considerar la adquisición de estos muebles para sus respectivas áreas. A continuación, se detalla la propuesta de calendario para los talleres de mantenimiento de muebles de baño ahorradores de agua (Tabla 14).

Tabla 14. Calendario propuesto de Talleres de muebles ahorradores de agua

Fechas de Talleres de mantenimiento de muebles de baños ahorradores de agua			
N°	Fecha Propuesta	Sede	Temas
1	Semana del 12 al 16 febrero 2024	Instituto de Ingeniería	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras
2	Semana del 11 al 15 marzo 2024	Facultad de Arquitectura	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras
3	Semana del 15 al 19 abril 2024	Facultad de Ciencias	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras
4	Semana del 20 al 24 mayo 2024	Coordinación de Humanidades	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras
5	Semana del 23 al 27 septiembre 2024	DGAPA UNAM / DGACO	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras
6	Semana del 14 al 18 noviembre 2024	Instituto de Geofísica	Flujómetros
			Grifería
			Mingitorios
			W.C
			Regaderas
			Coladeras

## 3.2 Calidad del agua

### 3.2.1 Rehabilitación del sistema en tiempo real

En cinco ubicaciones estratégicas, distribuidas equitativamente en cada sector, se implementarán sensores de monitoreo de cloro residual en la red de suministro de agua potable. Este plan tiene como objetivo obtener mediciones representativas a nivel espacial en todo el campus. La información recopilada será enviada a una plataforma que posibilitará el acceso a datos en tiempo real de cada sector, minimizando así la necesidad de muestreos puntuales y optimizando los esfuerzos de monitoreo.

### 3.2.2 Pruebas de laboratorio certificadas

Se llevarán a cabo análisis de calidad del agua en un laboratorio certificado con el fin de obtener resultados verificados. Se seleccionarán puntos clave de suministro y almacenamiento de agua en el campus para evaluar el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-2021, una norma actualizada en 2021. Se sugiere medir una gama específica de parámetros, omitiendo compuestos relacionados con la desinfección por ozono y concentrarse en productos secundarios de coloración, como los trihalometanos. Estos análisis se realizarán anualmente para mantener un monitoreo regular y garantizar la calidad del agua.

### 3.2.3 Plantas de Tratamiento de Agua Residual

En Ciudad Universitaria, diversas plantas de tratamiento de aguas residuales cumplen funciones clave. Durante la temporada seca, la PTAR de Cerro del Agua opera de manera constante, mientras que, en la temporada de lluvias, cesa sus operaciones y el riego se interrumpe. Durante este último período, el agua tratada se almacena en cisternas para su posterior distribución en áreas de riego. **PUMAGUA** tiene como objetivo monitorear mensualmente la calidad del agua tratada en las plantas, así como en las cisternas y aspersores, con el propósito de evaluar el funcionamiento integral del sistema. La rehabilitación de los procesos de tratamiento está bajo la responsabilidad de la DGOC.

### 3.2.4 Rehabilitación de plataforma digital

**PUMAGUA** solía tener una plataforma para que los usuarios consultaran datos sobre la calidad del agua, pero esta información está desactualizada. Para este nuevo periodo, buscamos desarrollar una plataforma simple que permita la carga en tiempo real de las mediciones, facilitando su acceso al público para su conocimiento y uso.

### 3.3 Manejo eficiente del agua

Como parte de un enfoque más integral y colaborativo, se establecerá una red de cooperación entre diversas áreas de la Universidad, con especial énfasis en la colaboración entre la Facultad de Arquitectura del Paisaje y la Unidad de Recursos Hídricos y Preservación Ambiental (REPSA). El propósito principal será desarrollar estrategias orientadas a incrementar la presencia de especies nativas en el campus y reducir el consumo de agua necesario para el riego.

Esta colaboración dará lugar a la creación de iniciativas concretas, como la implementación de talleres destinados a la adopción de métodos de riego más eficientes, el aumento en el uso de agua tratada para el riego y la implementación de prácticas más eficaces en la gestión de espacios verdes.

### 3.4 Reuniones ejecutivas con las dependencias

Con el objetivo de fortalecer el Programa, durante el primer bimestre del año se tiene previsto contactar a los directores y secretarios administrativos de las distintas dependencias. El propósito es informarles acerca del seguimiento detallado que **PUMAGUA** ha llevado a cabo en el campus en términos de cantidad y calidad del agua. Asimismo, se pretende establecer una colaboración más efectiva con su personal, con el fin de asegurar de manera conjunta un uso eficiente del recurso hídrico.

### 3.5 Coloquio de agua con PUMAGUA, academia y particulares

Se está llevando a cabo la planificación de un evento de gran relevancia en el cual se pretende convocar a diversas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y a asociaciones civiles con experiencia y conocimiento en el ámbito del cuidado y manejo del agua. El propósito principal de este encuentro es brindar un espacio idóneo para la exposición y discusión de ideas, estrategias y problemáticas relacionadas con la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico. Se espera que esta iniciativa permita generar un intercambio fructífero de perspectivas, conocimientos especializados y soluciones innovadoras, con el objetivo de contribuir al diseño de políticas y acciones concretas que promuevan la preservación y uso responsable del agua en nuestra sociedad.

### 3.6 Campus externos

Se pretende restablecer el rol de **PUMAGUA** en los campus periféricos de la UNAM, abarcando las Facultades de Estudios Superiores, Escuelas Nacionales de Estudios Superiores, Institutos y Unidades externas.

## 4. PRESUPUESTO 2024

### 4.1 Balance hidráulico

Para el año 2024, se han planificado una serie de actividades tanto en Ciudad Universitaria como en los campus externos. Se han asignado recursos presupuestarios para alcanzar exitosamente las metas propuestas.

#### 4.1.1 Equipo de Medición

##### 4.1.1.1 Medición Portátil

Para llevar a cabo la medición de caudales en las tuberías, se requiere un medidor ultrasónico portátil. **PUMAGUA** previamente disponía de un equipo de la marca General Electric, específicamente el Modelo PT878, cuyo valor actual es de \$320,000.00.



Figura 24. Medidor Ultrasónico Portátil

#### 4.1.1.2 Detección de Fugas

Para llevar a cabo la detección de fugas se emplean diversos equipos, entre los cuales se incluyen el Geófono, cuyo valor actual es de \$220,000.00, y los correladores, que tienen un precio de \$300,000.00.



Figura 25. Geófono



Figura 26. Correladores

#### 4.1.1.3 Micromedición

Según las proyecciones, se requieren 253 micromedidores operativos para lograr un monitoreo óptimo de Ciudad Universitaria. En la actualidad, solo hay 147 micromedidores en funcionamiento, lo que implica la necesidad de adquirir 106 nuevos medidores. Además de estos, se hace necesario obtener un nuevo dispositivo portátil Trimble Ranger para garantizar la descarga mensual de información de los medidores. Para los 106 micromedidores se requiere un presupuesto de \$742,000.00 y un Handheld Ranger con un costo de \$250,000.00.



*Figura 27. Micromedidores y Ranger*

## 4.2 Calidad del agua

El ejercicio del próximo año demanda un monitoreo continuo en tiempo real y evaluaciones puntuales a lo largo del sistema. Para llevar a cabo estas tareas, se necesitará instalar equipos, utilizar reactivos y realizar análisis en laboratorio.

Se requiere de realizar los análisis certificados en puntos estratégicos de la red hidráulica constituya una validación del monitoreo llevado a cabo por **PUMAGUA**, asegurando su conformidad con los estándares nacionales.

## 4.3 Becarios

Actualmente, el equipo que lleva a cabo las labores diarias en está compuesto por estudiantes en servicio social. A medida que estos estudiantes concluyan su período de servicio a finales de este año, sería recomendable otorgar dos becas para retener a dos miembros experimentados del equipo actual. Estos individuos ya han adquirido la experiencia necesaria durante este semestre y podrían continuar con las tareas diarias sin requerir supervisión adicional. Esta decisión ayudaría a evitar invertir tiempo y esfuerzos el próximo año en capacitar a nuevos integrantes que ingresen para realizar el servicio social. Es importante considerar que los estudiantes actuales podrían recibir becas de nivel L1, dado su estatus estudiantil.

Además, para los próximos proyectos planteados para **PUMAGUA**, se requiere personal con conocimientos hidráulicos más avanzados y especializados. En este sentido, se busca un especialista que podría recibir una beca de nivel E o un estudiante de maestría que sería beneficiario de una beca de nivel M. Ambos candidatos tendrían la oportunidad de desarrollar temas de tesis relacionados con los trabajos de PUMAGUA.

## 4.4 Tablas con costos para realizar las actividades de PUMAGUA para este año 2024

### 4.4.1 Balance Hidráulico Tablas con montos

*Tabla 15. Costo de micromedidores y para descarga de datos*

Equipo	Cantidad	Precio	Total
Micromedidor	106	\$7,000.00	\$742,000.00
Handheld Ranger	1	\$250,000.00	\$250,000.00

Tabla 16. Costo de equipos para búsqueda de fugas

Equipo	Cantidad	Precio	Total
Medidor de Flujo Ultrasónico Portátil	1	\$320,000.00	\$320,000.00
Geófono	1	\$220,000.00	\$220,000.00
Correladores	1	\$300,000.00	\$300,000.00

Tabla 17. Presupuesto Balance equipo 2024.

Descripción	Cantidad	Monto (MXN)
Medidor de Flujo Ultrasónico Portátil	1	\$320,000.00
Geófono	1	\$220,000.00
Correladores	1	\$300,000.00
Micromedidor	106	\$742,000.00
Handheld Ranger	1	\$250,000.00
Plataforma	Módulo de balance	\$300,000.00
<b>Total</b>		<b>\$2,132,000.00</b>

#### 4.4.2 Calidad del Agua Tablas con montos

Tabla 18. Presupuesto Monitoreo en tiempo real de Calidad del agua.

Descripción	Cantidad	Precio unitario + IVA (MXN)	Importe (MXN)	Justificación
9184 sensor de cloro libre amperométrico	5	\$148,587.03	\$742,935.15	Se requiere la instalación y operación de al menos cinco sensores colocados en cada sector.
Controlador universal SC200	5	\$86,419.44	\$432,097.20	Se requiere en la instalación y operación.
Caja de 4 membranas para 9184 CHLOROMAT	5	\$18,327.42	\$91,637.10	Insumos para el mantenimiento de los sensores.
Solución electrolítica de llenado 9184/9184sc, 100 ml	5	\$7,058.48	\$35,292.40	Insumos necesarios para el mantenimiento de los sensores.
Unidades UPS	5	\$5,552.00	\$27,760.00	Protección contra problemas eléctricos y cortes de corriente.
Puesta en marcha del equipo	5	\$34,800.00	\$174,000.00	Instalación de hardware y software.
<b>Total</b>			<b>\$1,503,721.85</b>	

*Tabla 19. Presupuesto para las mediciones puntuales en la red hidráulica y en dispensadores en tiempo real de Calidad del agua.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario + IVA (MXN)</b>	<b>Importe (MXN)</b>	<b>Justificación</b>
Colorímetro de bolsillo	2	\$2,307.11	\$4,614.22	Equipo necesario para medir cloro en campo.
Reactivo para CRL pq/300	14	\$2,432.73	\$34,058.22	Reactivo que se agrega a la muestra para determinar cloro residual.
Celdas de repuesto pq/4	2	\$822.33	\$1,644.66	Reemplazo en caso de que las celdas que trae el equipo se rompan.
Papel para limpieza de celdas, caja con 15 pq	1	\$2719.75	\$2719.75	Necesarias para tener lecturas confiables.
<b>Total</b>			<b>\$43,036.85</b>	

Tabla 20. Presupuesto para el análisis microbiológico de dispensadores con filtro para la Calidad del agua.

Descripción	Cantidad	Precio unitario + IVA (MXN)	Importe (MXN)	Justificación
Medio de cultivo <i>E. coli</i>	1	\$20,662.33	\$20,662.33	Se requiere para el análisis microbiológico de las muestras de agua de pozos y tanques
Soporte con vaso para filtración	1	\$18,942.80	\$18,942.80	Se requiere para la filtración de las muestras.
Membrana para filtración pq/200	2	\$6,105.49	\$12,210.98	A través de ellas se pasan las muestras de agua.
Caja petri con 400	1	\$1,253.96	\$1,253.96	Contienen medios de cultivo y encima se colocan las membranas, las bacterias de la muestra se podrán observar sobre las membranas.
Cinta testigo	1	\$186.99	\$186.99	Se usa para verificar que los materiales utilizados en el análisis microbiológico están estériles.
<b>Total</b>			<b>\$53,257.06</b>	

Tabla 21. Presupuesto para el monitoreo de fuentes de abastecimiento para la Calidad del agua.

Descripción	Cantidad	Precio unitario + IVA (MXN)	Importe (MXN)	Justificación
Reactivo para CRL pq/300	1	\$2,432.73	\$2,432.73	En los tanques de abastecimiento se verifica la concentración de cloro residual
Medio de cultivo <i>E. coli</i>	1	\$20,662.33	\$20,662.33	Se requiere para el análisis microbiológico de las muestras de agua de pozos y tanques
Soporte con vaso para filtración	1	\$18,942.80	\$18,942.80	Se requiere para la filtración de las muestras.
Membrana para filtración pq/200	2	\$6,105.49	\$12,210.98	A través de ellas se pasan las muestras de agua.
Caja petri con 400	1	\$1,253.96	\$1,253.96	Contienen medios de cultivo y encima se colocan las membranas, las bacterias de la muestra se podrán observar sobre las membranas.
Cinta testigo	1	\$186.99	\$186.99	Se usa para verificar que los materiales utilizados en el análisis microbiológico están estériles.
<b>Total</b>			<b>\$55,689.79</b>	

Tabla 22. Presupuesto para el monitoreo de cisternas de almacenamiento para la Calidad del agua.

Descripción	Cantidad	Precio unitario + IVA (MXN)	Importe (MXN)	Justificación
Reactivo para CRL pq/300	1	\$2,432.73	\$2,432.73	En las cisternas de almacenamiento se verifica la concentración de cloro residual
Caja petri con 400	1	\$1,253.96	\$1,253.96	Se realizan análisis microbiológicos
Membrana para filtración pq/200	1	\$6,105.49	\$6,105.49	Se realizan análisis microbiológicos
<b>Total</b>			<b>\$9,792.18</b>	

Tabla 23. Presupuesto para las pruebas de laboratorio certificadas para la Calidad del agua.

Descripción	Cantidad	Precio unitario + IVA (MXN)	Importe (MXN)	Justificación
NOM-127-SSA1-2021	5	\$49,450.00	\$247,250.00	Actualizar la normativa sería fundamental para obtener un análisis exhaustivo de la calidad del agua, garantizando así la preservación de la salud de los estudiantes universitarios.
NOM-127-SSA1-2000	5	\$16,779.40	\$83,897.00	Realizar una selección de parámetros es una opción válida para llevar a cabo un análisis certificado. Se considera fundamental incluir la evaluación de trihalometanos, que son productos secundarios generados durante el proceso de desinfección con cloro.

Tabla 24. Presupuesto Calidad del agua en equipo y reactivos 2024.

Descripción	Muestras/año	Monto (MXN)
Monitoreo en tiempo real	5 sensores	\$1,503,721.85
Monitoreo puntual en llaves y dispensadores	4200 mediciones	\$43,036.85
Análisis microbiológico de dispensadores con filtro	180 mediciones	\$53,257.06
Monitoreo de fuentes de abastecimiento	72 mediciones	\$55,689.79
Monitoreo de cisternas de almacenamiento	120 mediciones	\$9,792.18
NOM 127 2021	5 pruebas	\$247,250.00
NOM 127 2000	5 pruebas	\$83,897.00
Plataforma	Módulo de calidad	\$300,000
<b>Total</b>		<b>\$2,296,644.73</b>

#### 4.4.3 Becarios Tablas con montos

Tabla 25. Montos de becas para Balance Hidráulico

Nivel beca	Cantidad becarios	Sueldo (\$)	Sueldo x becarios	Periodo (meses)	Total (\$)
L1	2	\$5,440.65	\$10,881.30	12	\$130,575.60
E	1	\$14,507.25	\$14,507.25	12	\$174,087.00
M	1	\$16,320.80	\$16,320.80	12	\$195,849.60
<b>Total</b>					<b>\$500,512.20</b>

Tabla 26. Montos de becas para Calidad del Agua

Nivel beca	Cantidad becarios	Sueldo (\$)	Sueldo x becarios	Periodo (meses)	Total (\$)
L2 (créditos finalizados)	1	\$7,253.05	\$7,253.05	12	\$87,036.60
PL (post licenciatura)	1	\$10,880.15	\$10,880.15	12	\$130,561.80
M (maestría)	1	\$16,320.80	\$16,320.80	12	\$195,849.60
<b>Total</b>					<b>\$413,448.00</b>

#### 4.4.4 Sueldos de los honorarios para responsables de PUMAGUA

Tabla 27. Sueldos de coordinadores

Contrato Honorarios	Sueldo mensual (\$)	IVA	TOTAL	MESES	Total (\$)
Coordinador de Balance	\$22,000.00	\$3,520.00	\$25,520.00	12	\$306,240.00
Coordinador de Calidad del Agua	\$23,000.00	\$3,680.00	\$26,680.00	12	\$346,840.00
Coordinador Ejecutivo	\$45,000.00	\$7,200.00	\$52,200.00	12	\$730,800.00
<b>Total</b>					<b>\$1,383,880.00</b>

#### 4.4.5 Total presupuesto PUMAGUA 2024

Tabla 28. Presupuesto PUMAGUA 2024

Descripción	Total (\$)
Balance	\$2,132,000.00
Calidad del Agua	\$2,296,644.73
Becarios	\$913,960.20
Sueldos	\$1,383,880.00
<b>Total</b>	<b>\$6,726,484.93</b>

## 5. CRONOGRAMA 2024

El cronograma presentado a continuación sintetiza el ejercicio de PUMAGUA en 2024.

Tabla 29. Cronograma anual de trabajo.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Reuniones con dependencias												
Talleres de muebles ahorradores												
Coloquio de agua												
Programa de xerojardinería												
Atención a campus externos												
Rehabilitación de plataforma												
Rehabilitación del sistema en tiempo real												
Monitoreo de calidad del agua (fuentes de abastecimiento, llaves y dispensadores)												
Monitoreo de calidad del agua en cisternas de agua potable.												
Monitoreo de calidad del agua en PTAR y cisternas de agua tratada.												
Balance hidráulico												

## 6. RESUMEN

Se llevaron a cabo múltiples descargas de mediciones tanto en la macromedición como en la micromedición durante el año 2023. Se efectuaron un total de 153 descargas mensuales de los micromedidores instalados en las dependencias, sumando así 1836 descargas a lo largo del año. Asimismo, se realizaron 92 descargas de los macromedidores, alcanzando un total de 1928 descargas en el mismo período.

Respecto a la extracción de agua en los tres pozos de Ciudad Universitaria (CU), según lo mencionado anteriormente, se presenta en la tabla los volúmenes anuales correspondientes a cada uno de ellos.

<b>REGISTRO DE EXTRACCIÓN DE POZOS EN 2023 (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>POZOS</b>	<b>Total m<sup>3</sup></b>
POZO VIVERO ALTO	84,922.75
POZO MULTIFAMILIAR	1,542,383.10
POZO QUÍMICA	772,090.00
<b>TOTAL</b>	<b>2,399,395.85</b>

Con base en los medidores instalados en varios edificios del campus de Ciudad Universitaria y distribuidos en cada sector, es posible obtener información sobre el consumo de agua por área específica. En la tabla siguiente se muestran dichos consumos.

<b>CONSUMO DE AGUA EN LOS SECTORES 2023</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>Total anual m<sup>3</sup></b>
SECTOR I	64,657.67
SECTOR II	47,352.27
SECTOR III	198,893.86
SECTOR IV	11,313.71
SECTOR V	55,389.71
<b>TOTAL</b>	<b>377,607.22</b>

Según la información proporcionada, la extracción anual de agua de los pozos asciende a un volumen de 2,399,395.85 m<sup>3</sup>. No obstante, el consumo anual dentro de los edificios de 72 dependencias en Ciudad Universitaria se limita a 377,607.22 m<sup>3</sup>, lo que equivale al 15.74% del total extraído. Es relevante destacar que actualmente hay en funcionamiento 146 medidores, pero se reconoce la necesidad de instalar más de 100 medidores adicionales para reemplazar aquellos que se han deteriorado o han sido vandalizados.

El restante 84.26% del agua extraída de los pozos se presume que podría estar siendo consumido dentro de estos 100 medidores faltantes, así como en otros edificios no contemplados en el programa actual. Además, parte de este volumen se destina al riego de áreas verdes y, lamentablemente, un considerable porcentaje se pierde debido a fugas en la red de agua potable. Como se evidencia en la tabla adjunta, el caudal por fugas en el interior de los edificios es insignificante en comparación con el volumen total extraído de los pozos. No obstante, resulta crucial abordar la reparación de estas fugas en las dependencias, con el objetivo de recuperar estos caudales perdidos.

En resumen, se recomienda no solo la instalación de más medidores para una medición precisa del consumo, sino también la identificación y reparación eficiente de las fugas en la red, así como la incorporación de nuevos edificios en el programa para obtener una visión más completa y precisa del uso del agua en la zona.

<b>TOTAL EN LOS SECTORES CON FUGA DETECTADAS EN LA MEDICIÓN DE LOS MICROMEDIDORES</b>	
<b>Sector</b>	<b>Fugas [m3/d]</b>
SECTOR I	136.68
SECTOR II	70.50
SECTOR III	694.48
SECTOR IV	6.91
SECTOR V	116.55
<b>TOTAL</b>	<b>1,025.13</b>

En cuanto a la Calidad del Agua, se lleva a cabo un monitoreo diario tanto en la red del agua como en los dispensadores. Lo que llevó a realizar visitas mensuales a las fuentes de abastecimiento. Durante este proceso, se efectuaron 385 mediciones de calidad del agua directamente en la red hidráulica y se llevaron a cabo 1765 mediciones en dispensadores de agua para consumo.

En la tabla siguiente se presentan el número de dispensadores de agua que hay por sector, incluyendo los que cuentan con filtros.

<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN LOS SECTORES</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>DISPENSADORES</b>
SECTOR I	29
SECTOR II	56
SECTOR III	73
SECTOR IV	6
SECTOR V	38
<b>TOTAL</b>	<b>202</b>

Además de los dispensadores, se monitorea la calidad del agua en llaves conectadas directamente a la red de agua potable. La siguiente tabla muestra la cantidad de puntos por sector.

<b>TOTAL DE PUNTOS DE LA RED MONITOREADAS QUINCENALMENTE</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>LLAVES</b>
SECTOR I	5
SECTOR II	5
SECTOR III	5
SECTOR IV	5
SECTOR V	5
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>

Es importante destacar que, a lo largo del año, la calidad del agua en la red de suministro de agua potable ha cumplido consistentemente con los estándares establecidos por la NOM-127-SSA1-2021. Esto asegura que el agua proveniente directamente de la tubería y dispensada en los puntos de suministro cumple con los requisitos de calidad. Es relevante señalar que los dispensadores que están conectados a cisternas o que cuentan con sistemas de filtración no necesariamente garantizan la entrega de agua de calidad. El programa PUMAGUA no asume responsabilidad por la garantía de estos equipos, ya que siempre ha promovido la conexión directa a la red de agua potable.

## **7. PERSPECTIVAS PARA 2024**

PUMAGUA se encuentra comprometido en consolidarse como un ente reconocido de vigilancia y seguimiento en la comunidad universitaria. En este sentido, ha establecido una colaboración estratégica con la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) y otras entidades afines de la UNAM. Esta alianza tiene como objetivo la implementación de un programa multidisciplinario innovador que impactará tanto a nivel local como en los diversos campus externos.

La esencia de este ambicioso proyecto radica en la introducción de un sistema de medición en tiempo real, respaldado por el desarrollo de una plataforma de acceso público de última generación. Estos avances tecnológicos permitirán la recopilación automatizada de información crucial, que, al combinarse con datos históricos, se convertirá en un recurso invaluable.

La divulgación de esta información va más allá de su mera difusión; se erige como un pilar fundamental para la producción científica y la formación de talento humano. La capacidad de acceder a datos en tiempo real y combinarlos con registros previos abre un abanico de posibilidades para la investigación, permitiendo a estudiantes y profesionales contribuir significativamente al conocimiento y desarrollo en diversas áreas.

En resumen, la orientación de PUMAGUA hacia la innovación tecnológica, la colaboración estratégica y la difusión efectiva de datos representa un hito significativo en la evolución del monitoreo y la vigilancia en entornos universitarios. Este proyecto no solo marcará un antes y un después en la recopilación y utilización de la información, sino que también consolidará a la institución como un referente en la aplicación de tecnologías vanguardistas para el beneficio común y el progreso científico.

Para alcanzar estos objetivos, es esencial contar con tecnología de punta que proporcione información segura y en tiempo real para monitorear la red y responder según las necesidades de los universitarios y la toma de decisiones.

Se requiere la instalación de macro medidores en los pozos de extracción y en cada sector, utilizando tecnología que envíe información en tiempo real a PUMAGUA. Asimismo, la micro medición debe contar con tecnología más avanzada y confiable, enviando información en tiempo real a la misma entidad. Además de la macro y micro medición, se necesitan otros elementos en la red de agua potable para hacer más eficiente el monitoreo y la toma de decisiones, como válvulas reguladoras de presión y transductores de presión de última generación.

En el caso de la reparación de fugas, se precisan equipos como medidores portátiles, correladores y detectores de fugas y tubos. Las plantas de tratamiento de agua residual en el campus deben funcionar adecuadamente para permitir el intercambio de caudales de

agua potable por volúmenes de agua tratada. Según los datos obtenidos, el consumo de agua potable para riego es considerable, por lo que también es necesario expandir la red de riego con agua residual.

En cuanto a la calidad del agua, se necesita equipo de punta para monitorearla en tiempo real, instalando dispositivos directamente en la red que midan parámetros como cloro, nitratos y pH, garantizando el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-2021. Cuidar la calidad del agua que sale de las plantas de tratamiento de agua residual es crucial, siguiendo la NOM-003-SEMARNAT-1997 para regar los jardines del campus.

Con estos equipos instalados, se obtendrán datos en tiempo real que proporcionarán información a diferentes niveles para la toma de decisiones. Esto permitirá informar a la comunidad universitaria sobre dónde pueden y no pueden consumir agua, así como la calidad de agua utilizada para riego en los espacios donde se congregan, demostrando cómo la UNAM hace un uso eficiente del agua en el campus.

De manera similar a Ciudad Universitaria, es necesario implementar este programa de PUMAGUA en los diversos campus de la UNAM en la República Mexicana. De esta manera, la UNAM contribuirá con su compromiso con la comunidad universitaria y la población mexicana en el uso, manejo y reúso eficiente del agua, demostrando conciencia del recurso.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Consumo de agua promedio mensual en m<sup>3</sup> en las dependencias por sectores.

Sector I	
Dependencia	Total anual 2023, m <sup>3</sup>
Dirección de Publicaciones y Fomento Editorial	124.47
Facultad de Derecho. (2 medidores fuera de servicio)	93.10
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. (1 medidor fuera de servicio)	239.94
Escuela Nacional de Lenguas, Lingüística y Traducción	295.54
Instituto de Ingeniería.	481.42
Instituto de Química. (2 medidores fuera de servicio)	585.62
Instituto de Geología.	656.07
Centro de Ciencias de la Atmósfera (1 medidor fuera de servicio)	702.79
Instituto de Geofísica.	720.12
Facultad de Economía. (1 medidor fuera de servicio)	755.59
Dirección General de Administración Escolar.	1,097.07
Coordinación de Humanidades	1,926.01
Instituto de Fisiología Celular. (1 medidor fuera de servicio)	2,275.09
Facultad de Química. (1 medidor fuera de servicio)	3,896.49
Instituto de Investigaciones Biomédicas.	4,234.29
Dirección General de Prevención y Protección Civil.	4,416.66

<b>Sector I</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.	7,964.18
Facultad de Odontología. (2 medidores fuera de servicio)	12,704.57
Facultad de Medicina. (2 medidores fuera de servicio)	15,145.96
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. (6 medidores descompuestos)	6,420.32
<b>TOTAL SECTOR 1</b>	<b>64,657.67</b>

<b>Sector II</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Facultad de Derecho.	29.35
Facultad de Ingeniería. (Solo edificio poniente)	430.90
Facultad de Arquitectura. (3 medidores fuera de servicio)	752.71
Coordinación de Consejos Académicos de Área.	1,086.33
Rectoría	2,399.42
Dirección General de Personal	2,481.22
Facultad de Filosofía y Letras.	4,084.79
Dirección General Del Deporte Universitario (2 medidores fuera de servicio)	4,118.90
Dirección General de Bibliotecas.	4,362.11
Facultad de Psicología. (3 medidores fuera de servicio)	4,446.91
Centro de Enseñanzas para Extranjeros	5,496.48

<b>Sector II</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Dirección General de Orientación y Atención Educativa.	17,663.15
<b>TOTAL SECTOR 2</b>	<b>47,352.27</b>
<b>Sector III</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Facultad de Contaduría y Administración	4.35
Instituto de Matemáticas	364.34
Dirección General de Bibliotecas.	550.73
Programas Universitarios	611.05
Restaurante Azul y Oro, Torre de Ingeniería (Fuera de servicio)	660.67
Instituto de Astronomía.	784.98
Coordinación de la Investigación Científica.	896.87
Dirección General del Deporte Universitario.	1,393.12
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación.	1,561.64
Instituto de Ciencias Nucleares (2 medidores fuera de servicio)	2,998.20
Torre de Ingeniería	3,001.47
Instituto de Investigaciones en Materiales (1 medidor fuera de servicio)	5,530.07
Dirección General de Actividades Cinematográficas	8,731.21

Instituto de Física (1 medidor fuera de servicio)	7,751.69
<b>Sector III</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Instituto de Ingeniería. (3 medidores fuera de servicio)	12,580.90
Facultad de Química.	12,835.29
Escuela Nacional de Trabajo Social	13,819.30
Facultad de Ingeniería.	26,004.77
Facultad de Ciencias. (1 medidor fuera de servicio)	36,033.71
Dirección General de Servicios Administrativos.	62,779.50
<b>TOTAL SECTOR 3</b>	<b>198,893.86</b>

<b>Sector IV</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Asociación Autónoma del Personal Académico UNAM.	53.05
Proyecto de Media Tensión.	75.19
Unión de Universidades de América Latina	172.88
Dirección General del Deporte Universitario. (2 medidores fuera de servicio)	1,029.38
Dirección General de Relaciones Laborales	3,190.39
Talleres de Conservación	6,792.82
<b>TOTAL SECTOR 4</b>	<b>11,313.71</b>

<b>Sector V</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación.	81.88
Unidad de Seminarios "Ignacio Chávez"	216.48
Jardín Botánico, Exterior	299.42
Instituto de Investigaciones Jurídicas. (1 medidor fuera de servicio)	359.66
Dirección General de Planeación y Presupuesto.	443.43
Dirección de teatro y danza	446.35
Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación	463.73
Centro universitario de Teatro.	532.79
Dirección de Publicaciones y Fomento Editorial.	943.71
Dirección General de Administración Escolar. (1 medidor fuera de servicio)	1,187.08
Instituto de Biología	2,366.92
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. (1 medidor fuera de servicio)	2,418.00
Instituto de Ecología	3,155.75
Instituto de Ingeniería.	149.71
Dirección General de Prevención y Protección Civil. (1 medidor fuera de servicio)	4,768.86
Instituto de Investigaciones	5,303.63

Coordinación de humanidades	11,128.30
<b>Sector V</b>	
<b>Dependencia</b>	<b>Total anual 2023, m<sup>3</sup></b>
Instituto de Investigaciones Biomédicas.	18,117.97
<b>TOTAL SECTOR 5</b>	<b>55,389.71</b>

<b>CONSUMO DE AGUA EN LOS SECTORES 2023</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>Total anual m<sup>3</sup></b>
SECTOR I	64,657.67
SECTOR II	47,352.27
SECTOR III	198,893.86
SECTOR IV	11,313.71
SECTOR V	55,389.71
<b>TOTAL</b>	<b>377,607.22</b>

Nota: con el consumo en los cinco sectores al año se podrían dotar de agua a 15,733 familias.

Anexo 2. Consumo de agua promedio mensual en m<sup>3</sup> que se extrae de los pozos.

<b>REGISTRO DE EXTRACCIÓN DE POZOS EN 2023 (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>POZOS</b>	<b>Total m<sup>3</sup></b>
POZO VIVERO ALTO	84,922.75
POZO MULTIFAMILIAR	1,542,383.10
POZO QUÍMICA	772,090.00

<b>TOTAL</b>	<b>2,399,395.85</b>
--------------	---------------------

Anexo 3. Llaves de la red monitoreadas quincenalmente.

<b>Sector</b>	<b>Punto</b>	<b>Lugar de monitoreo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
1	1	Psiquiatría y Salud Mental	19.332	-99.178
	2	Facultad de Medicina	19.334	-99.180
	3	Facultad de Veterinaria	19.329	-99.177
	4	Investigación Científica	19.327	-99.177
	5	Facultad de Química	19.324	-99.178
2	6	Facultad de Ingeniería	19.331	-99.184
	7	Facultad de Psicología	19.336	-99.189
	8	Servicios Médicos	19.330	-99.188
	9	Facultad de Derecho	19.334	-99.185
	10	Facultad de Filosofía	19.334	-99.187
3	11	Trabajo Social	19.324	-99.187
	12	ICAT	19.322	-99.186
	13	Anexo de Ingeniería	19.325	-99.183
	14	Facultad de Ciencias	19.324	-99.179
	15	Facultad de Química Conjunto D	19.324	-99.178
4	16	Bomberos	19.335	-99.194
	17	DGOC	19.334	-99.197
	18	APAUNAM	19.334	-99.197
	19	Estadio Olímpico	19.331	-99.191
	20	Talleres de Conservación	19.335	-99.191
5	21	Instituto de Ecología	19.322	-99.193
	22	Posgrado de Economía	19.311	-99.186
	23	Zona de Institutos Sociales	19.315	-99.182
	24	Sala Nezahualcóyotl	19.312	-99.184
	25	Unidad de Posgrado	19.310	-99.186

<b>TOTAL DE PUNTOS DE LA RED MONITOREADAS QUINCENALMENTE</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>LLAVES</b>
SECTOR I	5
SECTOR II	5
SECTOR III	5
SECTOR IV	5
SECTOR V	5
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>

#### Anexo 4. Dispensadores de agua monitoreados quincenalmente

<b>Sector Hidráulico</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Sitio de Monitoreo</b>
I	Dispensador Escuela Nacional de Lenguas, Lingüística y traducción (ENALLT)	Dispensador ENALLT Edificio A
I	Dispensador Escuela Nacional de Lenguas, Lingüística y traducción (ENALLT)	Dispensador ENALLT Edificio B
I	Facultad de Odontología	Rellenador Odontología Biblioteca
I	Facultad de Odontología	Rellenador Odontología Jardín
I	Facultad de Odontología	Rellenador Edificio Principal (Planta Baja)
I	Facultad de Odontología	Rellenador Edificio Principal (Nivel 1)
I	Facultad de Odontología	Rellenador Edificio Principal (Nivel 2)
I	Facultad de Odontología	Rellenador Edificio Principal (Nivel 3)
	<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN EL SECTOR I</b>	<b>6</b>

<b>Sector Hidráulico</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Sitio de Monitoreo</b>
II	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Alberca Olímpica, cancha de voleibol de playa

II	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Alberca Olímpica, rampa
II	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Alberca Olímpica, debajo de gradas
II	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Alberca Olímpica, entrada caseta vigilancia
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Luis Barragán
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Carlos Lazo
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Carlos Leduc
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Domingo García Ramos-José Villagrán
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Hécatl 21-Juan O'Gorman
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller José Revueltas-Max Cetto
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Juan Antonio García Gayou-Ramón Marcos Noriega
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Uno y Tres
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Hannes Meyer
II	Facultad de Arquitectura	Dispensador Facultad de Arquitectura, Taller Jorge González Reyna
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, 1° Piso
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, 1° Piso, Aula-114
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, 2° Piso
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, 2° Piso, Aula-208
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, 3° Piso
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, Bici Parquadero
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, Teatro, 1° Piso
II	Facultad de Filosofía y Letras	Dispensador Facultad de Filosofía y Letras, Jardín Rosario Castellanos, Busto
II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Biblioteca "Antonio Dovalí Jaime"
II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Sala de Exámenes Profesionales A
II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Ed. B Puente Coordinación de servicios

II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Puente entre Edificio B y C
II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Ed. C 2° Piso
II	Facultad de Ingeniería	Dispensador Facultad de Ingeniería, Jardín Central del Conjunto Norte
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Gimnasio al aire Libre/Centro de Servicios Psicológicos
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Edificio A (Oficina Sindical)
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Edificio C (Lado derecho)
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Edificio E (Explanada)
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Zona Deportiva
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Biblioteca "Dra. Graciela Rodríguez"
II	Facultad de Psicología	Bebedero Facultad de Psicología, Cafetería
<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN EL SECTOR II</b>		<b>35</b>

<b>Sector Hidráulico</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Sitio de Monitoreo</b>
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edif. M Auditorio Sotero Prieto
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio H
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio Q
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio R
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio T
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio W
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Edificio O
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, Entrada Camino Verde
III	Anexo de Ingeniería	Dispensador Anexo de Ingeniería, entre Edificio y J (lado izquierdo de la Biblioteca)
III	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Coordinación Fútbol Americano, acceso al gimnasio
III	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Coordinación Fútbol Americano enfrente del arracadero
III	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Campo FBA infantil

III	Escuela Nacional de Trabajo Social (ENTS)	Bebedero ENTS Edificio A (Auditorio)
III	Escuela Nacional de Trabajo Social (ENTS)	Bebedero ENTS Edificio A (Estacionamiento)
III	Escuela Nacional de Trabajo Social (ENTS)	Bebedero ENTS Servicios Bibliotecarios
III	Escuela Nacional de Trabajo Social (ENTS)	Bebedero ENTS Edificio B (Aula 05)
III	Facultad de Contaduría y Administración	Dispensador Facultad de Contaduría y Administración, Cafetería
III	Facultad de Contaduría y Administración	Dispensador Facultad de Contaduría y Administración, Centro de Idiomas
III	Facultad de Contaduría y Administración	Dispensador Facultad de Contaduría y Administración, Edificio A (escaleras)
III	Instituto de Ciencias Nucleares	Bebedero Instituto de Ciencias Nucleares, Edificio C, 1° Piso
III	Instituto de Ciencias Nucleares	Bebedero Instituto de Ciencias Nucleares, Edificio C, 2° Piso
III	Instituto de Ciencias Nucleares	Bebedero Instituto de Ciencias Nucleares, Edificio C, 3° Piso
III	Instituto de Ciencias Nucleares	Bebedero Instituto de Ciencias Nucleares, Edificio F, 2° Piso
III	Instituto de Ciencias Nucleares	Bebedero Instituto de Ciencias Nucleares, Edificio F, 3° Piso
III	Instituto de Geofísica	Dispensador Geofísica Acceso Auditorio
III	Instituto de Geofísica	Dispensador Geofísica Acceso Biciparqueo
<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN EL SECTOR III</b>		<b>26</b>

Sector Hidráulico	Dependencia	Sitio de Monitoreo
IV	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Ex Reposo de Atletas, escaleras
IV	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador CECESD, acceso principal
IV	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Medicina del deporte, escaleras
IV	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador DGDU, acceso principal
<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN EL SECTOR IV</b>		<b>4</b>

Sector Hidráulico	Dependencia	Sitio de Monitoreo
-------------------	-------------	--------------------

V	Centro Cultural Universitario (CCU)	Dispensador Sala Nezahualcóyotl
V	Centro Cultural Universitario (CCU)	Dispensador Taller de Danza
V	Centro Cultural Universitario (CCU)	Dispensador Unidad de Cines
V	Centro Cultural Universitario (CCU)	Dispensador Centro Universitario de Teatro
V	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Gimnasio-halterofilia
V	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador al lado de Campo 3
V	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Campo de Beisbol, Gradas lado Izquierdo
V	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Campo de Beisbol, Gradas lado Derecho
V	Dirección General de Deporte Universitario (DGDU)	Dispensador Campo de Beisbol, Principal
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Cafetería Edificio E
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Explanada alta Entre edificio B y E
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Cafetería A
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Cafetería B
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Alimentos -Mesas de ajedrez
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Alimentos -Mesas de ajedrez 2
V	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Dispensador Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Alimentos Escaleras
V	Instituto de Ecología	Dispensador Instituto de Ecología
V	Instituto de Investigaciones Económicas	Dispensador Instituto de Investigaciones Económicas Planta Baja
V	Instituto de Investigaciones Económicas	Dispensador Instituto de Investigaciones Económicas Primer Piso
V	Instituto de Investigaciones Económicas	Dispensador Instituto de Investigaciones Económicas Segundo Piso
V	Unidad de Posgrado	Dispensador Unidad de posgrado, Edificio GH, planta baja
V	Unidad de Posgrado	Dispensador Unidad de posgrado, Explanada
<b>TOTAL DE DISPENSADORES EN EL SECTOR V</b>		<b>22</b>

<b>TOTAL EN LOS SECTORES</b>	
<b>SECTOR</b>	<b>DISPENSADORES SIN FILTRO</b>
SECTOR I	6
SECTOR II	35
SECTOR III	26
SECTOR IV	4
SECTOR V	22
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>

Anexo 5. Dependencias con fuga detectadas en la medición de los micromedidores.

<b>Sector</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Edificio</b>	<b>Fugas [lps]</b>	<b>Fugas [lt/d]</b>	<b>Fugas [m3/d]</b>
I	Facultad de Odontología.	Posgrado de Odontología. Poniente	0.002	172.8	0.1728
I	Facultad de Economía.	Edificio B	0.005	432	0.432
I	Facultad de Medicina.	Psiquiatría y Salud Mental	0.025	2,160	2.16
I	Instituto de Investigaciones Biomédicas.	Edificio A. Sede central	0.03	2,592	2.592
I	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.	Edificio 3. Laboratorios	0.1	8,640	8.64
I	Dirección General de Prevención y Protección Civil.	Base 1	0.13	11,232	11.232
I	Dirección General de Prevención y Protección Civil.	Base de Operaciones	0.22	19,008	19.008

I	Facultad de Odontología.	Posgrado de Odontología. Oriente	0.22	19,008	19.008
I	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.	Oriente	0.85	73,440	73.44
<b>TOTAL</b>			<b>1.582</b>	<b>136,684.8</b>	<b>136.68</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en suma una fuga con un caudal de 1.58 litros por segundo, equivalente a 136.68 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 124 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 201 familias en un solo día.

Sector	Dependencia	Edificio	Fugas [lps]	Fugas [lt/d]	Fugas [m3/d]
II	Coordinación de Consejos Académicos de Área.	CAyDGP	0.002	172.8	0.1728
II	Facultad de Psicología.	Posgrado Cisterna	0.044	3801.6	3.8016
II	Dirección General de Bibliotecas.	Biblioteca Central	0.03	2592	2.592
II	Facultad de Filosofía y Letras.	Cisterna	0.03	2592	2.592
II	Centro de Enseñanzas para Extranjeros		0.1	8640	8.64
II	Dirección General de Orientación y Atención Educativa.	DGOAE	0.61	52704	52.704
<b>TOTAL</b>			<b>0.816</b>	<b>70,502.4</b>	<b>70.50</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en suma una fuga con un caudal de 0.82 litros por segundo, equivalente a 70.50 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 64 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 103 familias en un solo día.

Sector	Dependencia	Edificio	Fugas [lps]	Fugas [lt/d]	Fugas [m3/d]
III	Facultad de Química.	Conjunto D	0.001	86.4	0.0864
III	Facultad de Ciencias.	Talleres	0.03	2592	2.592
III	Instituto de Investigaciones en Materiales	2	0.072	6220.8	6.2208
III	Instituto de Física	Principal Oriente	0.1	8640	8.64
III	Facultad de Química.	Conjunto E	0.105	9072	9.072
III	Facultad de Ingeniería.	Anexo. Ing. Mecánica	0.27	23328	23.328
Sector	Dependencia	Edificio	Fugas [lps]	Fugas [lt/d]	Fugas [m3/d]
III	Instituto de Ingeniería.	Edificio 11. Modelos Hidráulicos	0.33	28512	28.512
III	Facultad de Ciencias.	Módulos de Sanitarios A-B	0.38	32832	32.832
III	Escuela Nacional de Trabajo Social		0.4	34560	34.56
III	Facultad de Ciencias.	Tlahuizcalpan	0.85	73440	73.44
III	Dirección General de Actividades Cinematográficas.	Filmoteca	2.5	216000	216
III	Dirección General de Servicios Administrativos.	Tienda UNAM	3	259200	259.2
<b>TOTAL</b>			<b>8.038</b>	<b>694,483.2</b>	<b>694.48</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en suma una fuga con un caudal de 8.04 litros por segundo, equivalente a 694.48 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 631 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 1,021 familias en un solo día.

Sector	Dependencia	Edificio	Fugas [lps]	Fugas [lt/d]	Fugas [m3/d]
IV	Dirección General de Relaciones Laborales	Después del Estadio	0.08	6,912	6.91
<b>TOTAL</b>			<b>0.08</b>	<b>6,912</b>	<b>6.91</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en suma una fuga con un caudal de 0.08 litros por segundo, equivalente a 6.91 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 6 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 10 familias en un solo día.

Sector	Dependencia	Edificio	Fugas [lps]	Fugas [lt/d]	Fugas [m3/d]
V	Instituto de Investigaciones	Filológicas	0.002	172.8	0.1728
V	Jardín Botánico. Exterior		0.01	864	0.864
V	Instituto de Ecología		0.05	4,320	4.32
V	Dirección de teatro y danza	Estacionamiento	0.12	10,368	10.368
V	Instituto de Investigaciones	Sociales	0.019	16,41.6	1.6416
V	Dirección General de Administración Escolar.	Diseño de Proyectos	0.027	2,332.8	2.3328
V	Instituto de Biología		0.03	2,592	2.592
V	Dirección General de Prevención y Protección Civil.	Taller Mecánico	0.111	9,590.4	9.5904
V	Coordinación de humanidades		0.48	41,472	41.472
V	Instituto de Investigaciones Biomédicas.	Sede nueva	0.5	43,200	43.2
<b>TOTAL</b>			<b>1.349</b>	<b>116,553.6</b>	<b>116.55</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en suma una fuga con un caudal de 1.35 litros por segundo, equivalente a 116.55 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 105 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 171 familias en un solo día.

<b>TOTAL EN LOS SECTORES CON FUGA DETECTADAS EN LA MEDICIÓN DE LOS MICROMEDIDORES</b>			
<b>Sector</b>	<b>Fugas [lps]</b>	<b>Fugas [lt/d]</b>	<b>Fugas [m3/d]</b>
SECTOR I	<b>1.582</b>	<b>136,684.8</b>	<b>136.68</b>
SECTOR II	<b>0.816</b>	<b>70,502.4</b>	<b>70.50</b>
SECTOR III	<b>8.038</b>	<b>694,483.2</b>	<b>694.48</b>
SECTOR IV	<b>0.08</b>	<b>6,912.0</b>	<b>6.91</b>
SECTOR V	<b>1.349</b>	<b>116,553.6</b>	<b>116.55</b>
<b>TOTAL</b>	<b>11.87</b>	<b>1,025,136.00</b>	<b>1,025.13</b>

De acuerdo con los registros, se ha detectado en total en los cinco sectores como fugas un caudal de 11.87 litros por segundo, equivalente a 1,025.13 metros cúbicos diarios; lo que se traduce en 931 tinacos diarios. Esta cantidad de agua podría abastecer a 1,507 familias en un solo día.

## Anexo 6. Resultados de solicitudes particulares.

### Anexo 6.1. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Ingeniería.

Sitio	CRL (mg/L) Junio	CRL (mg/L) Agosto	CRL (mg/L) Septiembre	Indicadores bacterianos
Tarja Edificio 1 Planta Baja a	0.73	0.32	-	Ausencia
Tarja Edificio 1 Planta Baja b	0.85	0.34	0.93	Ausencia
Tarja Edificio 1 Primer Piso a	1.06	0.55	-	Ausencia
Tarja Edificio 1 Primer Piso b	0.84	0.94	0.69	Ausencia
Tarja Edificio 2	0.74	0.2	0.43	Ausencia
Tarja Edificio 4	0.7	0.39	-	Ausencia
Tarja Edificio 5	0.61	0.49	0.36	Ausencia
Tarja Edificio 5B	1.28	1.2	-	Ausencia
Filtro Edificio 5B	0.75	1.48	0.33	Ausencia
Tarja Edificio 6	1.22	<b>0.31</b>	0.6	Ausencia
Filtro Edificio 6	1.66	Filtro sin llave	-	Ausencia
Tarja Edificio 8	0.98	1.14	0.59	Ausencia
Tarja Edificio 12	0.46	<b>0.68</b>	-	Ausencia
Filtro Edificio 12	0.43	Retiraron el filtro	-	Ausencia
Tarja Edificio 17 Nivel Uno	<b>1.61</b>	-	-	
Tarja Edificio 17 Nivel Dos Lado Derecho	<b>0.38</b>	<b>0</b>	-	Ausencia
Tarja Edificio 17 Nivel Dos Lado Izquierdo	<b>1.44</b>	<b>1.05</b>	-	Ausencia
Tarja Edificio 17 Tercer Nivel Lado Derecho	<b>0.65</b>	<b>0.15</b>	-	Ausencia
Tarja Edificio 17 Tercer Nivel Lado Izquierdo	<b>0.32</b>	<b>0.82</b>	-	Ausencia
Tarja Edificio 18	0.40	<b>0.2</b>	-	Ausencia

Sitio	CRL (mg/L) Junio	CRL (mg/L) Agosto	CRL (mg/L) Septiembre	Indicadores bacterianos
Filtro Edificio 18	0.43	0.07	-	Ausencia

Anexo 6.2. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Investigaciones Filológicas.

Sitio	Bacterias coliformes	<i>Escherichia coli</i>
Dispensador Planta Baja	Ausencia	Ausencia
Dispensador Primer piso (Estudios mayas)	Ausencia	Ausencia
Dispensador Segundo piso (Lingüística Hispánica)	Ausencia	Ausencia

Anexo 6.3. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Física.

Sitio	Bacterias coliformes	<i>Escherichia coli</i>
Rellenador Instituto Física Biblioteca Planta Baja A	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física Edif. Colisur PB	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física Edif. Marcos Moshinsky 2° piso	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física Taller	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física, Edif. Acelerador 5.5	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física, Edif. Acelerador de electrones	Ausencia	Ausencia
Rellenador Instituto Física, Edif. LEMA PB	Ausencia	Ausencia

*Anexo 6.4. Resultados del monitoreo de agua en el Instituto de Investigaciones en Materiales.*

Sitio	Cloro residual libre (mg/L)	Bacterias coliformes	<i>Escherichia coli</i>
Cisterna Laminadora	0	Ausencia	Ausencia
Cisterna Edificio C	1.19	Ausencia	Ausencia
Dispensador	0	Ausencia	Ausencia

*Anexo 6.5. Resultados del monitoreo de agua en el sistema de captación Jugo de Nube-DGACO.*

Dispensador	Cloro residual libre (mg/L)	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Observaciones
Jugo de Nube interno	0	Ausencia	Ausencia	Crecimiento de bacterias no identificadas
Jugo de Nube externo	0	Ausencia	Ausencia	Ninguna
Cisterna Jugo de Nube	0	Ausencia	Ausencia	Crecimiento de bacterias no identificadas

*Anexo 6.6. Resultados del monitoreo de agua en Universum.*

Parámetro	Cisterna Universum	Cisterna Casita de las Ciencias	Dispensador Taquillas	Dispensador Casita de las Ciencias	Límites permisibles
Temperatura (°C)	18.6	17.3	-	-	-
pH	8.26	8.1	-	-	6.5-8.5
Conductividad eléctrica (µS)	390	395	-	-	1000 µS
SDT (mg/L)	196	199	-	-	1000 mg/L
CRL (mg/L)	0.8	1.02	0	0	0.2-1.5 mg/L

Indicadores bacterianos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
-------------------------	----------	----------	----------	----------	----------

*Anexo 6.7. Resultados del monitoreo de agua en dispensadores de la COUS.*

Sitio	CRL (mg/L)
Dispensador CIDI-COUS	0
Dispensador Biblioteca Central-COUS	0
Dispensador Facultad de Ingeniería, COUS	0.56

## Anexo 7. Servidores sociales.

	<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Estatus</b>	<b>Área</b>
1	Guido López Lorenzo	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Balance Hidráulico
2	García Martínez Misael	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Balance Hidráulico
3	Baca Chavarría Ulises	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Balance Hidráulico
4	Garibaldi Montes Arturo	Becario	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Balance Hidráulico
5	Francisco Salazar Ramírez	Servicio social	Facultad de Ingeniería	En curso	Balance Hidráulico
6	Daniel Granados Merchant	Servicio social	Facultad de Ingeniería	En curso	Balance Hidráulico
7	Beatriz Velázquez Dávila	Servicio social	Facultad de Ingeniería	En curso	Balance Hidráulico
8	Vania García Gutiérrez	Servicio social	UAM Iztapalapa	Finalizado	Calidad del Agua
9	Carla Daniela Sandoval García	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Calidad del Agua
10	Torres Ramírez Christian	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Calidad del Agua
11	Villaseñor Brito Noely	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Calidad del Agua
12	Vázquez Pérez Ana Valeria	Servicio social	Facultad de Ingeniería	Finalizado	Calidad del Agua
13	Luis Manuel Monroy Arenas	Servicio social	UAM Xochimilco	En curso	Calidad del Agua
14	Andrea Paola Ángeles Vázquez	Servicio social	Facultad de Ciencias	En curso	Calidad del Agua

## Anexo 8. Micromedidores por sector.

<b>Sector I</b>			
Dependencia	N° Micromedidores	Funcionando	%
Centro de Ciencias de la Atmósfera.	3	2	66.67%
Centro de Enseñanzas de Lenguas Extranjeras	1	1	100.00%
Coordinación de Estudios de Posgrado.	1	0	0.00%
Coordinación de Humanidades.	1	1	100.00%
Dirección de Publicaciones y Fomento Editorial.	1	1	100.00%
Dirección de Publicaciones y Fomento Editorial.	1	1	100.00%
Dirección General de Obras y Conservación.	1	0	0.00%
Dirección General de Prevención y Protección Civil.	2	2	100.00%
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación.	1	0	0.00%
Facultad de Derecho.	2	1	50.00%
Facultad de Economía.	3	2	66.67%
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.	14	8	57.14%
Facultad de Medicina.	8	6	75.00%
Facultad de Odontología.	6	4	66.67%
Facultad de Química.	4	4	100.00%
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.	2	2	100.00%
Instituto de Fisiología Celular.	4	3	75.00%
Instituto de Geofísica.	3	3	100.00%
Instituto de Geología.	2	2	100.00%
Instituto de Ingeniería.	3	3	100.00%
Instituto de Investigaciones Biomédicas.	3	3	100.00%
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas.	2	1	50.00%
Instituto de Química.	3	2	66.67%
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>52</b>	<b>73.24%</b>

<b>Sector II</b>			
Dependencia	N° Micromedidores	Funcionando	%
Centro de Enseñanzas para Extranjeros	1	1	100.00%
Coordinación de Consejos Académicos de Área.	1	1	100.00%
Dirección General de Bibliotecas.	1	1	100.00%
Dirección General de Orientación y Atención Educativa.	1	1	100.00%
Dirección General de Personal	1	1	100.00%
Dirección General Del Deporte Universitario.	3	1	33.33%
Facultad de Arquitectura.	6	3	50.00%
Facultad de Derecho.	1	1	100.00%
Facultad de Filosofía y Letras.	3	3	100.00%

Facultad de Ingeniería.	1	1	100.00%
Facultad de Medicina.	1	1	100.00%
Facultad de Psicología.	6	4	66.67%
Rectoría	1	1	100.00%
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>74.07%</b>

<b>Sector III</b>			
Dependencia	N° Micromedidores	Funcionando	%
Coordinación de la Investigación Científica.	1	1	100.00%
Dirección General de Actividades Cinematográficas.	1	1	100.00%
Dirección General de Bibliotecas.	1	1	100.00%
Dirección General de Servicios Administrativos.	1	1	100.00%
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación.	1	1	100.00%
Dirección General del Deporte Universitario.	3	3	100.00%
Escuela Nacional de Trabajo Social	1	1	100.00%
Facultad de Ciencias.	8	7	87.50%
Facultad de Contaduría y Administración.	1	1	100.00%
Facultad de Ingeniería.	4	4	100.00%
Facultad de Química.	2	2	100.00%
Instituto de Astronomía.	2	2	100.00%
Instituto de Ciencias Nucleares.	4	2	50.00%
Instituto de Física	6	5	83.33%
Instituto de Ingeniería.	7	5	71.43%
Instituto de Investigaciones Antropológicas	1	0	0.00%
Instituto de Investigaciones en Materiales	3	2	66.67%
Instituto de Matemáticas	1	1	100.00%
Programas Universitarios	2	2	100.00%
Restaurante Azul y Oro, Torre de Ingeniería	1	0	0.00%
Torre de Ingeniería	1	1	100.00%
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>82.69%</b>

<b>Sector IV</b>			
Dependencia	N° Micromedidores	Funcionando	%
Asociación Autónoma del Personal Académico UNAM.	1	1	100.00%
Dirección General de Relaciones Laborales	1	1	100.00%
Dirección General del Deporte Universitario.	2	0	0.00%
Dirección General del Deporte Universitario. DGADYR (CECESD)	1	1	100.00%
Dirección General del Deporte Universitario. DGADYR (Centro de Boxeo)	1	1	100.00%

Proyecto de Media Tensión.	1	1	100.00%
Talleres de Conservación	1	1	100.00%
Unión de Universidades de América Latina	1	1	100.00%
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>77.78%</b>

<b>Sector V</b>			
<b>Dependencia</b>	<b>N° Micromedidores</b>	<b>Funcionando</b>	<b>%</b>
Centro Universitario de Teatro.	2	2	100.00%
Coordinación de humanidades	1	1	100.00%
Dirección de teatro y danza	1	1	100.00%
Dirección de Publicaciones y Fomento Editorial.	1	1	100.00%
Dirección General de Administración Escolar.	2	1	50.00%
Dirección General de Divulgación de la Ciencia.	1	0	0.00%
Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios.	1	0	0.00%
Dirección General de Planeación y Presupuesto.	1	1	100.00%
Dirección General de Prevención y Protección Civil.	2	1	50.00%
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación.	1	1	100.00%
Dirección General del Deporte Universitario.	1	0	0.00%
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.	5	4	80.00%
Instituto de Biología	1	1	100.00%
Instituto de Ecología	1	1	100.00%
Instituto de Ingeniería.	1	1	100.00%
Instituto de Investigaciones	5	5	100.00%
Instituto de Investigaciones Biomédicas.	1	1	100.00%
Instituto de Investigaciones Jurídicas.	2	1	50.00%
Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación	1	1	100.00%
Jardín Botánico, Exterior	1	1	100.00%
Museo Universitario de Arte Contemporáneo	1	0	0.00%
Unidad de Seminarios "Ignacio Chávez"	1	1	100.00%
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>76.47%</b>

## **9. BIBIOGRAFÍA**

APHA-AWWA & WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edn. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC, pp. 9–63.

NOM-003-SEMARNAT-1997. Norma Oficial que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. Diario Oficial de la Federación.

NOM-127- SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Diario Oficial de la Federación.