



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA.

**“DIAGNÓSTICO Y SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DE CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA
UNAM. PUMAGUA”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA
JOSÉ DANIEL ROCHA GUZMÁN**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. FERNANDO J. GONZÁLEZ VILLARREAL**



21 DE ABRIL DE 2010



I. Antecedentes y Metas.

- IV Foro Mundial del Agua: Idea de celebrar un encuentro Universitario.
- Primer Encuentro Universitario del Agua: Programa específico de uso eficiente del agua para la UNAM.
- En 2007, el Consejo Universitario: medidas concretas para el uso eficiente del agua.

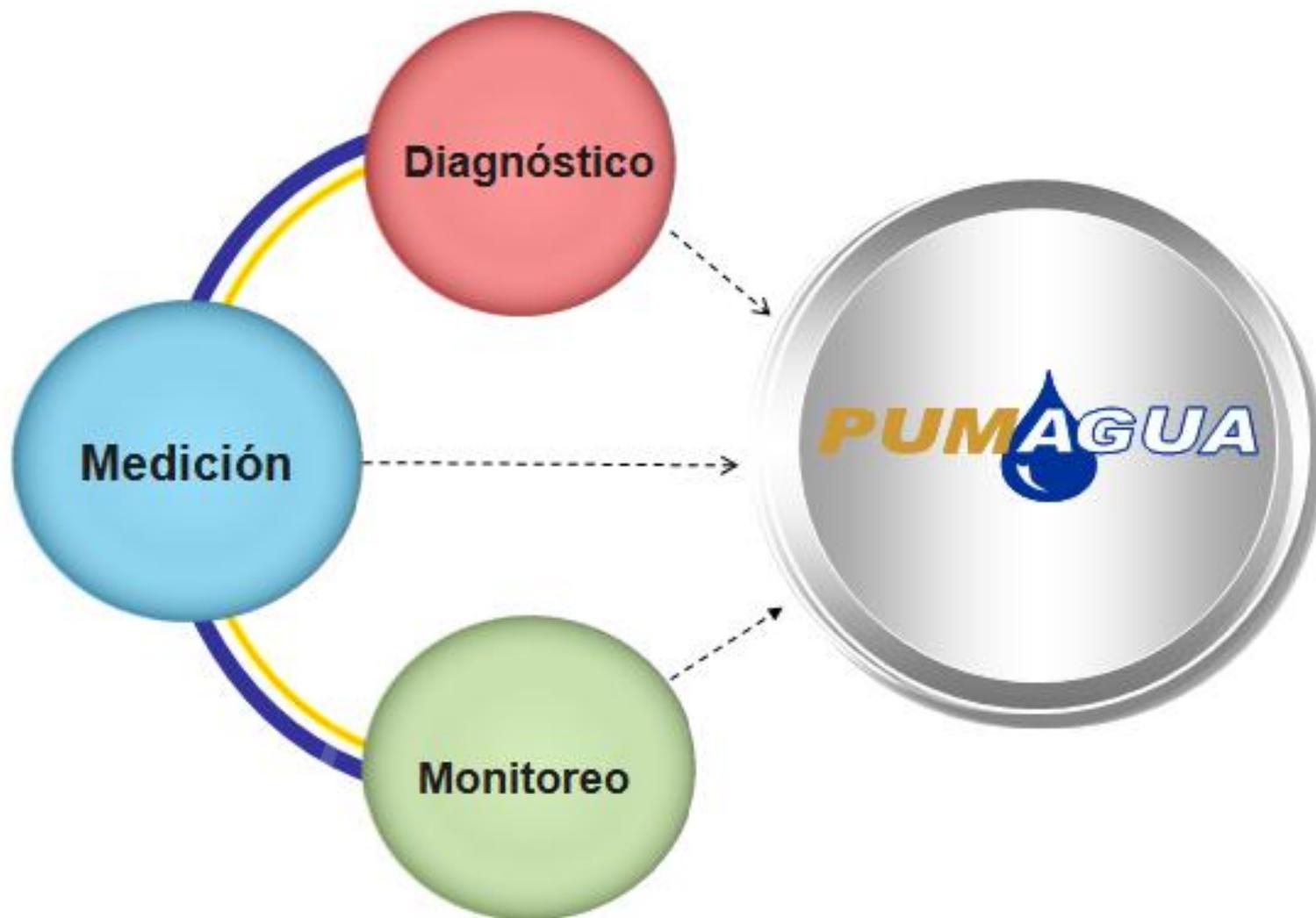


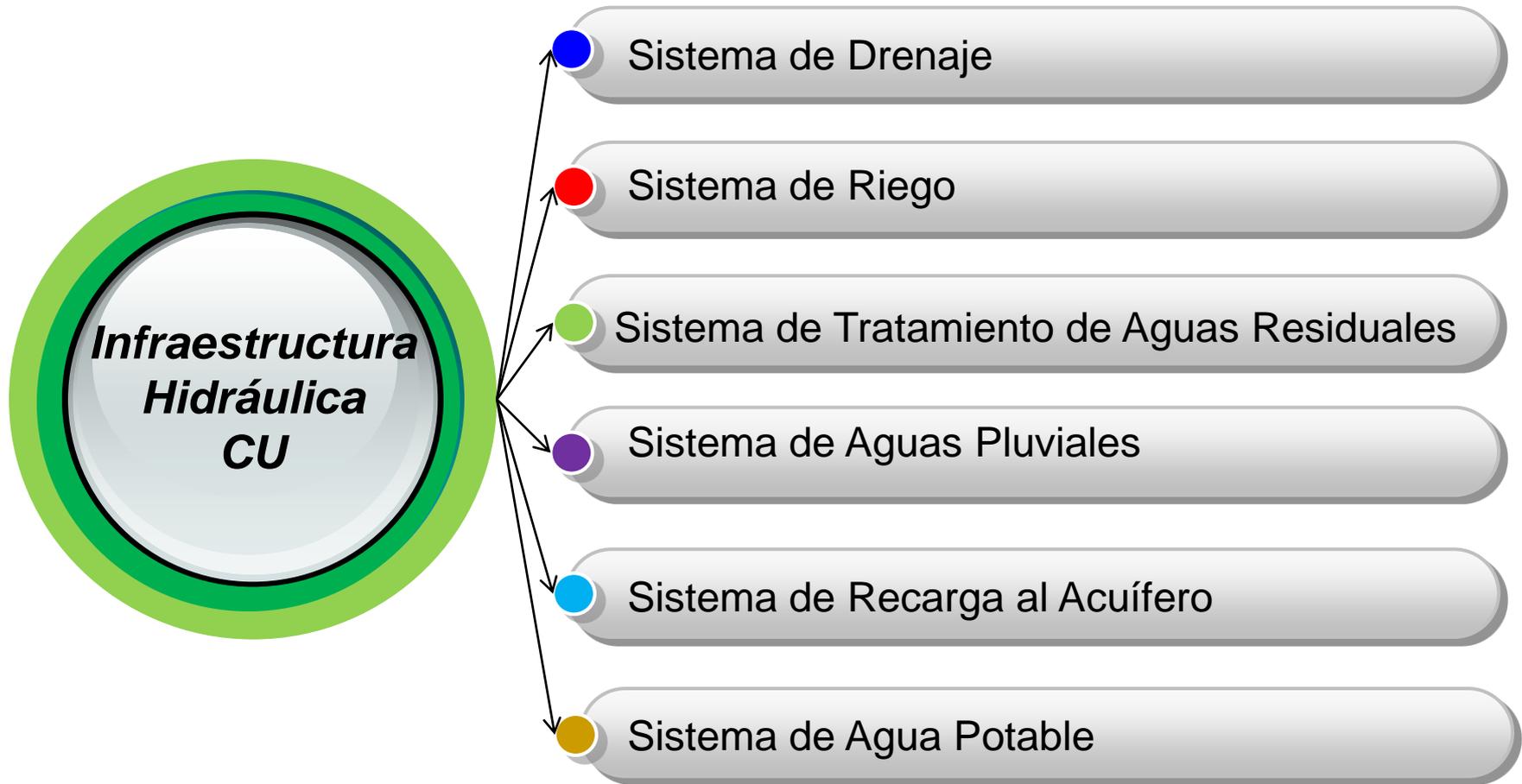
Metas PUMAGUA...



En 2008, se puso en marcha el ***“Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM” (PUMAGUA)***.







Sistema de Drenaje

40 Km de red de drenaje
400 Pozos de visita
18 Fosas de descarga a grietas.

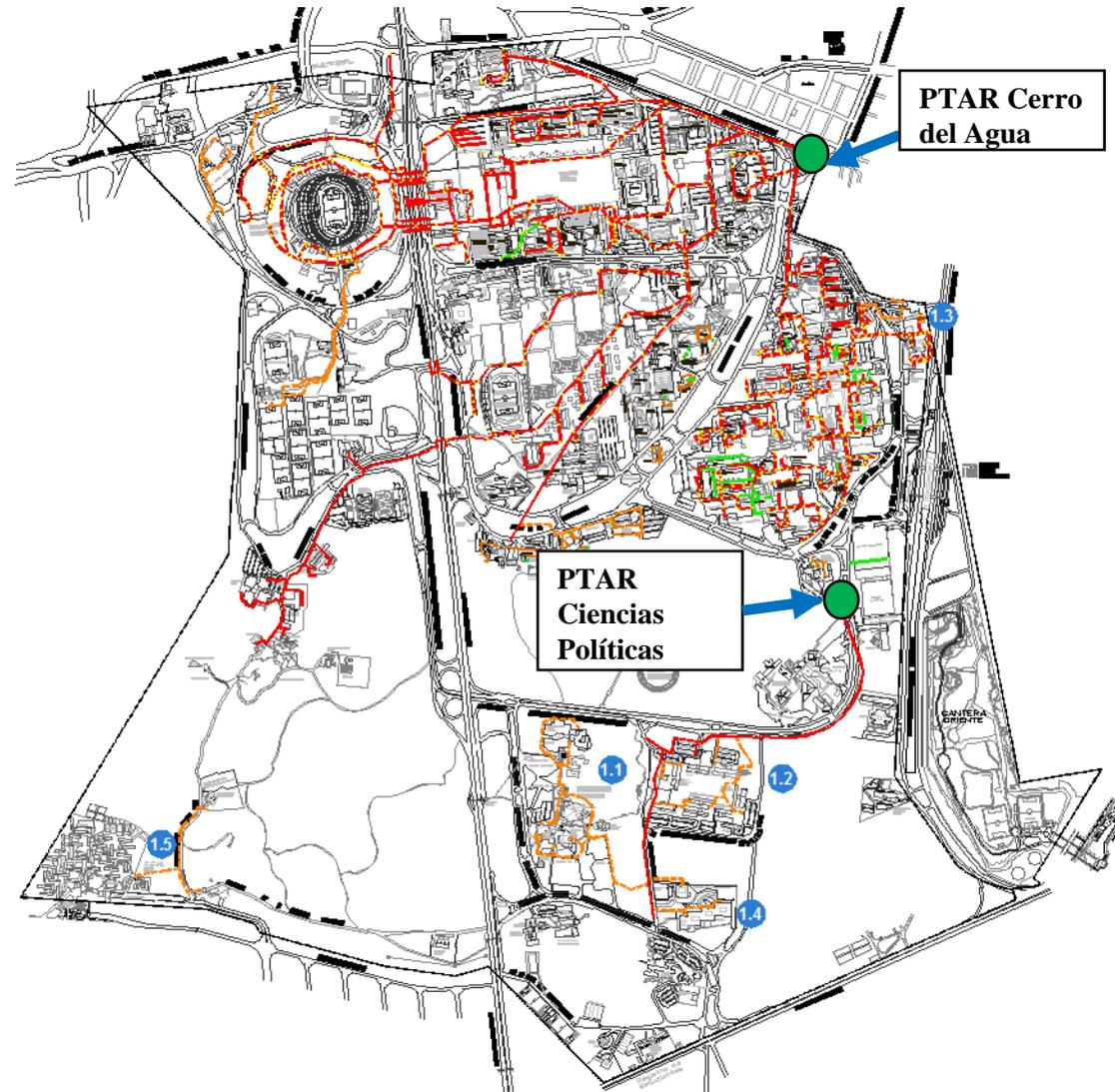
Dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:

PTAR. Cerro del Agua.

Se estiman que llegan **80 l/s**
Capacidad de Diseño: **40 l/s**
Capacidad actual: **18 l/s**

PTAR. Ciencias Políticas.

Capacidad de Diseño: **7 l/s**
Capacidad actual: hasta **0.8 l/s**

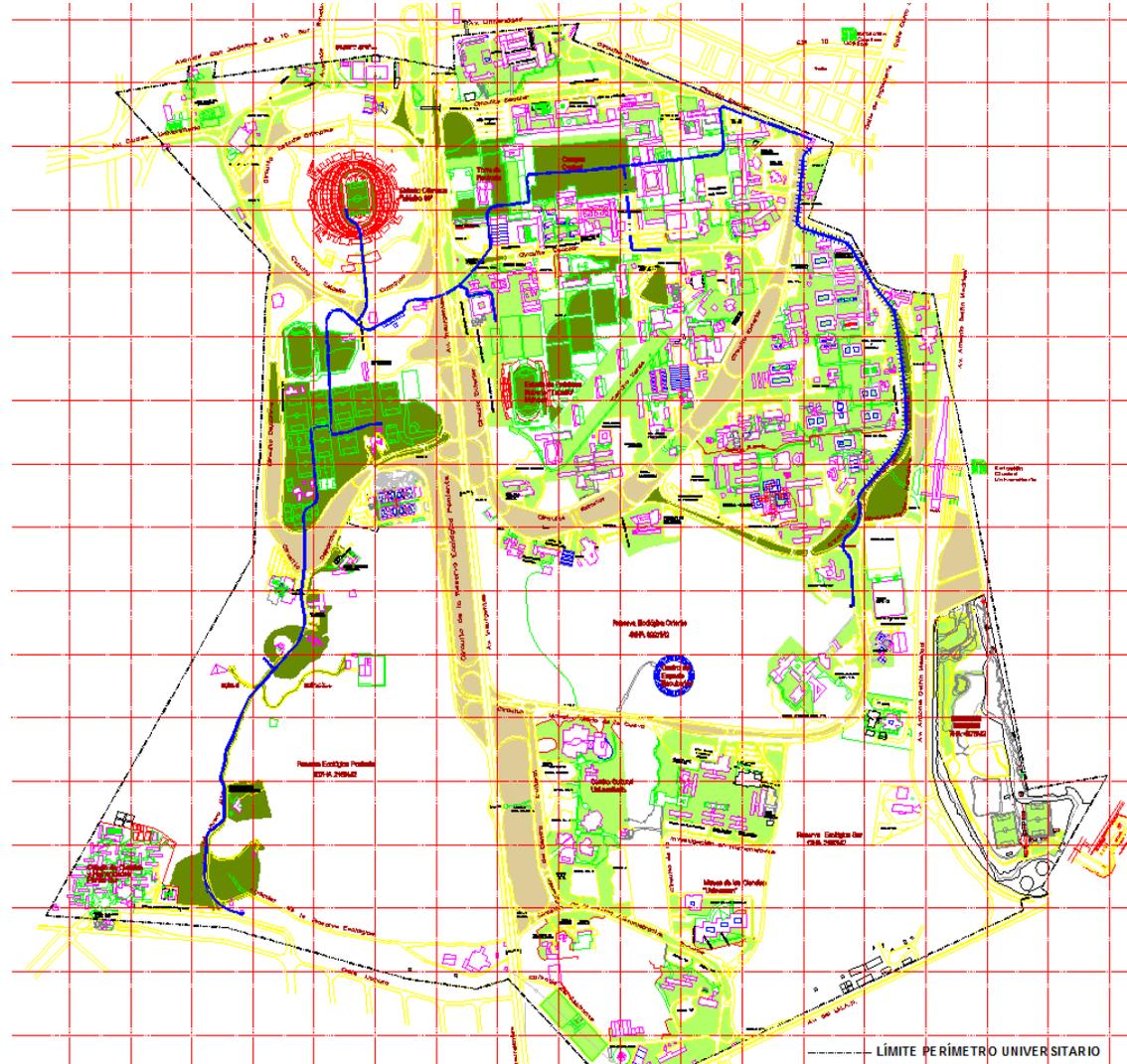


Diagnóstico. Drenaje, Riego y Tratamiento de Aguas

Ciudad Universitaria: 740 Ha

	Áreas Verdes sin riego	
	Áreas verdes con riego de agua potable	104.91 Ha
	Áreas Verdes con riego de agua tratada	49.23 Ha
<hr/>		
TOTAL		154.14 Ha

- 16 Pozos de Absorción.
- Lavaderos sobre vialidades



Red de riego y áreas verdes regadas con agua tratada y agua potable

El sistema de Agua Potable Integra a los siguientes elementos:

A) - Tres Pozos profundos

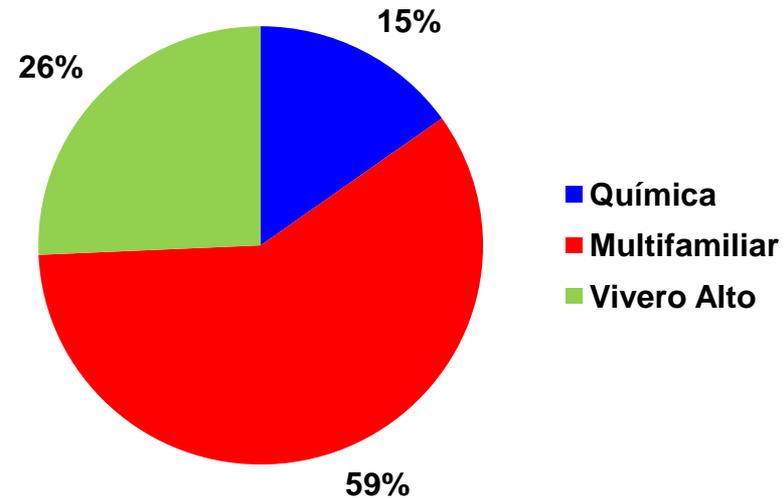
- Pozo I. Química. **31 l/s**. 125 HP. 132 m
- Pozo II. Multifamiliar. **91 l/s**. 250 HP. 193 m
- Pozo III. Vivero Alto. **48 l/s**. 250 HP. 157 m

En promedio, se extraen **100 l/s** (8640 m³ por día) y máximo **170 l/s** (14688 m³ por día). Anualmente se extrae, en promedio: **2,783, 185.4 m³**

B) - Tres Tanques de Regulación.

- Tanque Bajo. 2000 m³ de capacidad.
- Tanque Alto. 4000 m³ de capacidad.
- Tanque de Vivero Alto. 6000 m³ de capacidad.

Extracción de agua de Pozos



Pozo III



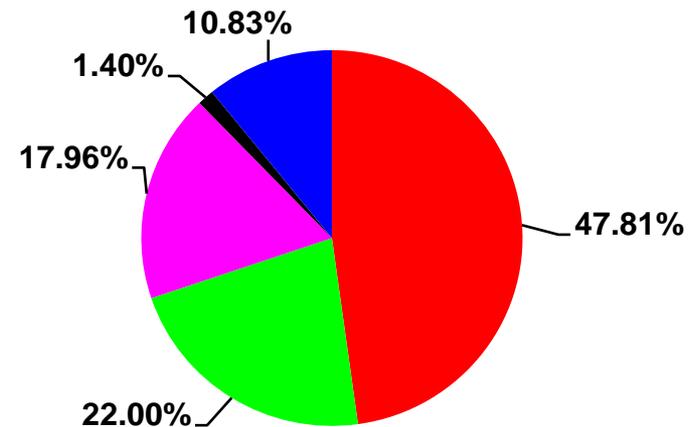
Tanque Vivero Alto

C) – 54 Km de Red de Distribución de Agua



Diámetros de 4 a 20 pulgadas

Materiales de la Red de Distribución



■ Acero ■ Asbesto ■ Fierro Fundido ■ PEAD ■ PVC

Distribución mixta

Red de tipo combinada

300 Tomas de Agua Potable.

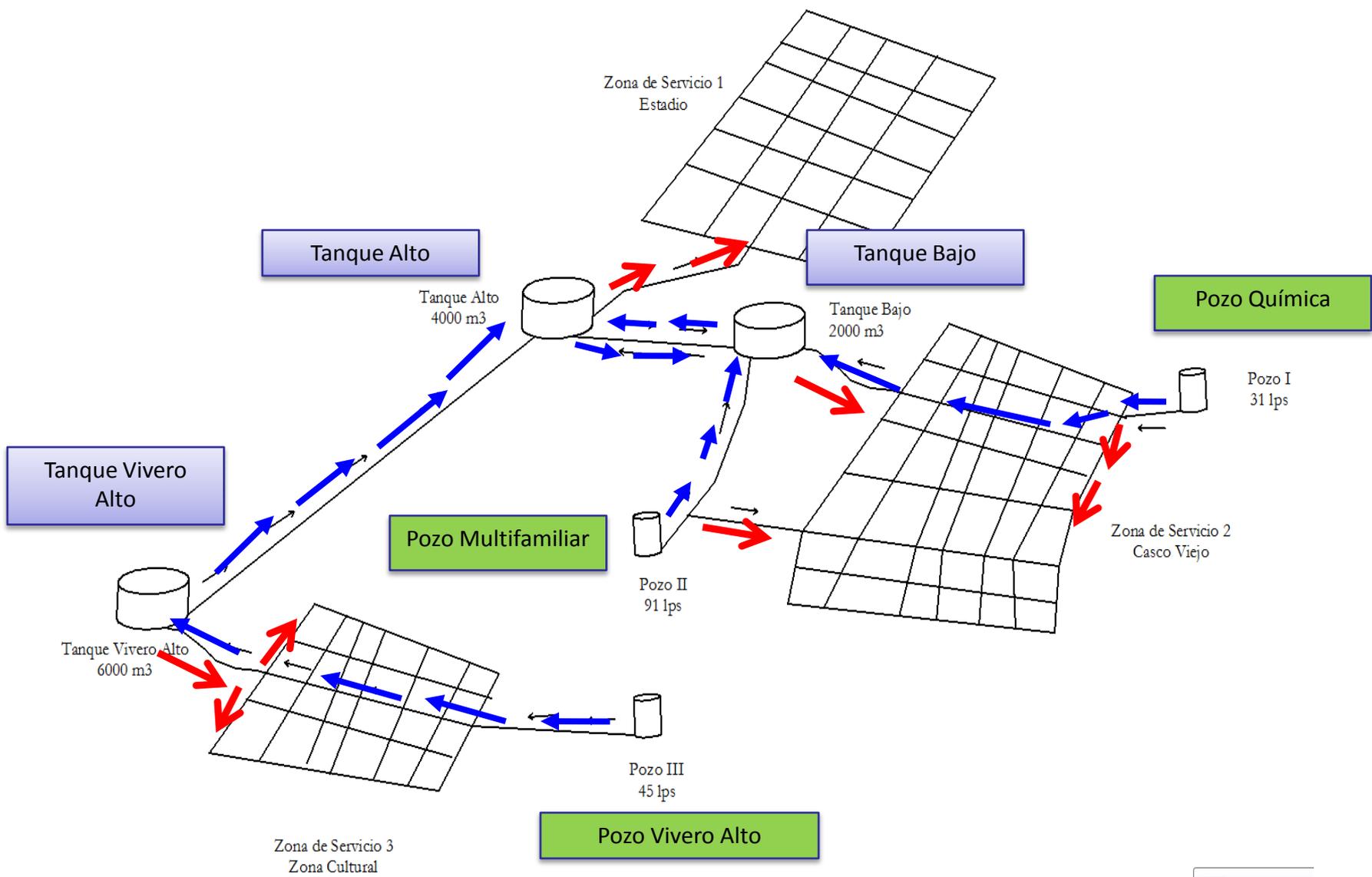
300 Cruceros

800 Válvulas.

45 Manómetros

35 Medidores de agua de los que sólo **3** Funcionan.

Funcionamiento del sistema. Esquema general

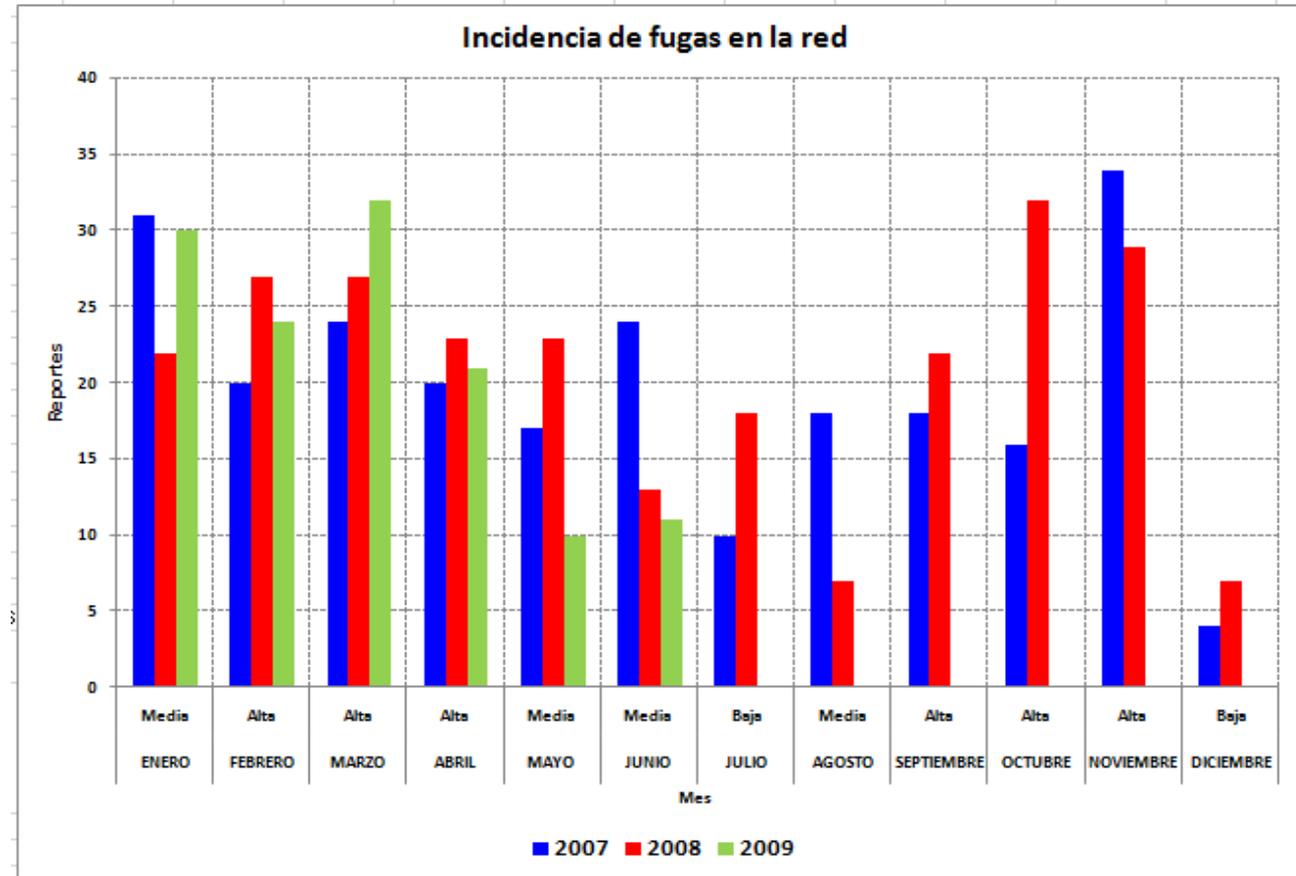


Fugas de agua

Reportes:

2007: 236 reportes.
2008: 250 reportes
2009: 128 reportes
hasta Junio

41 % de las fugas se presentan en **Acero Galvanizado**



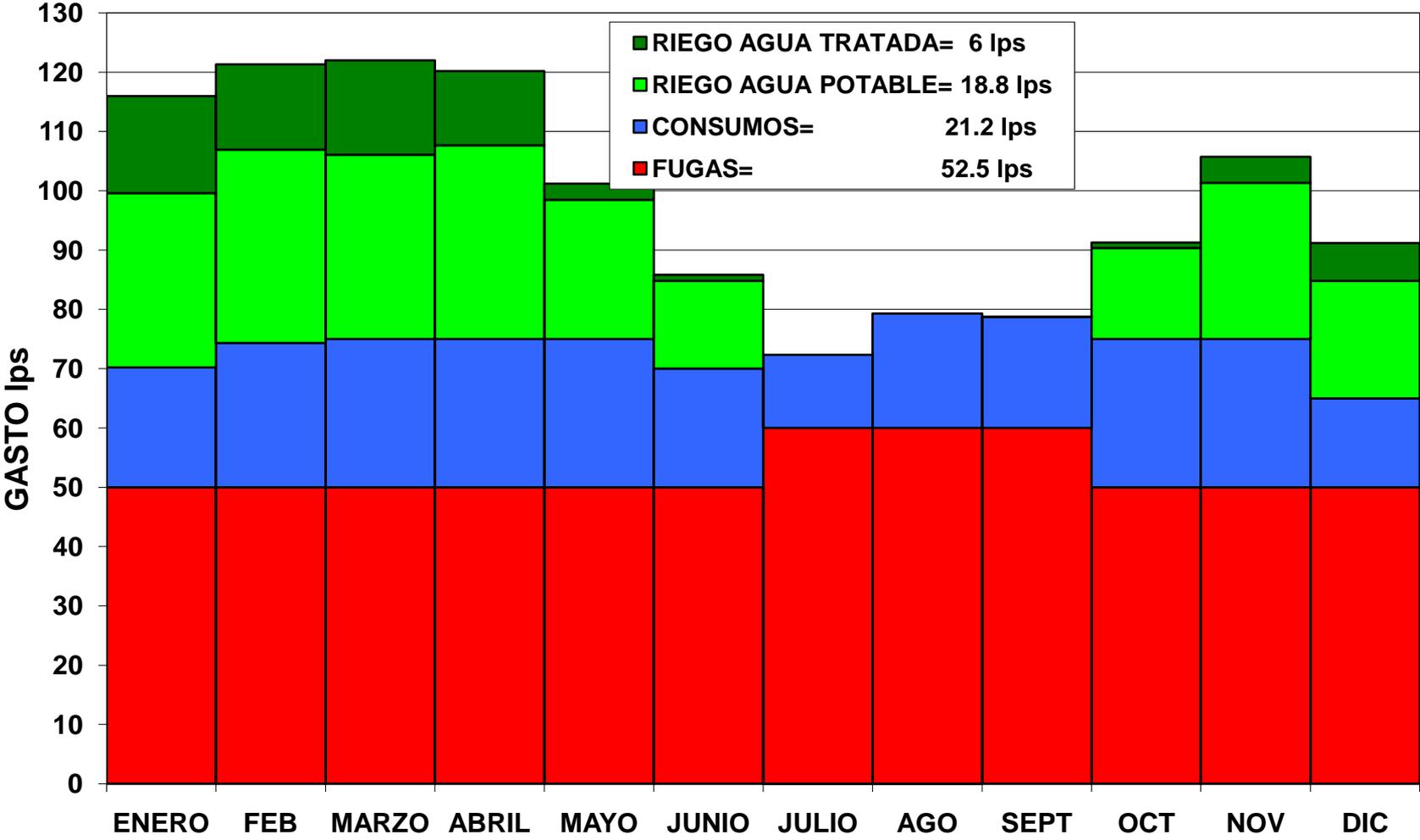
Principales causas de fugas:

- **Variación de presiones.**
- **Calidad de los materiales**
- **Excedencia de la vida útil de los materiales**

Diagnóstico. Balance Hidráulico

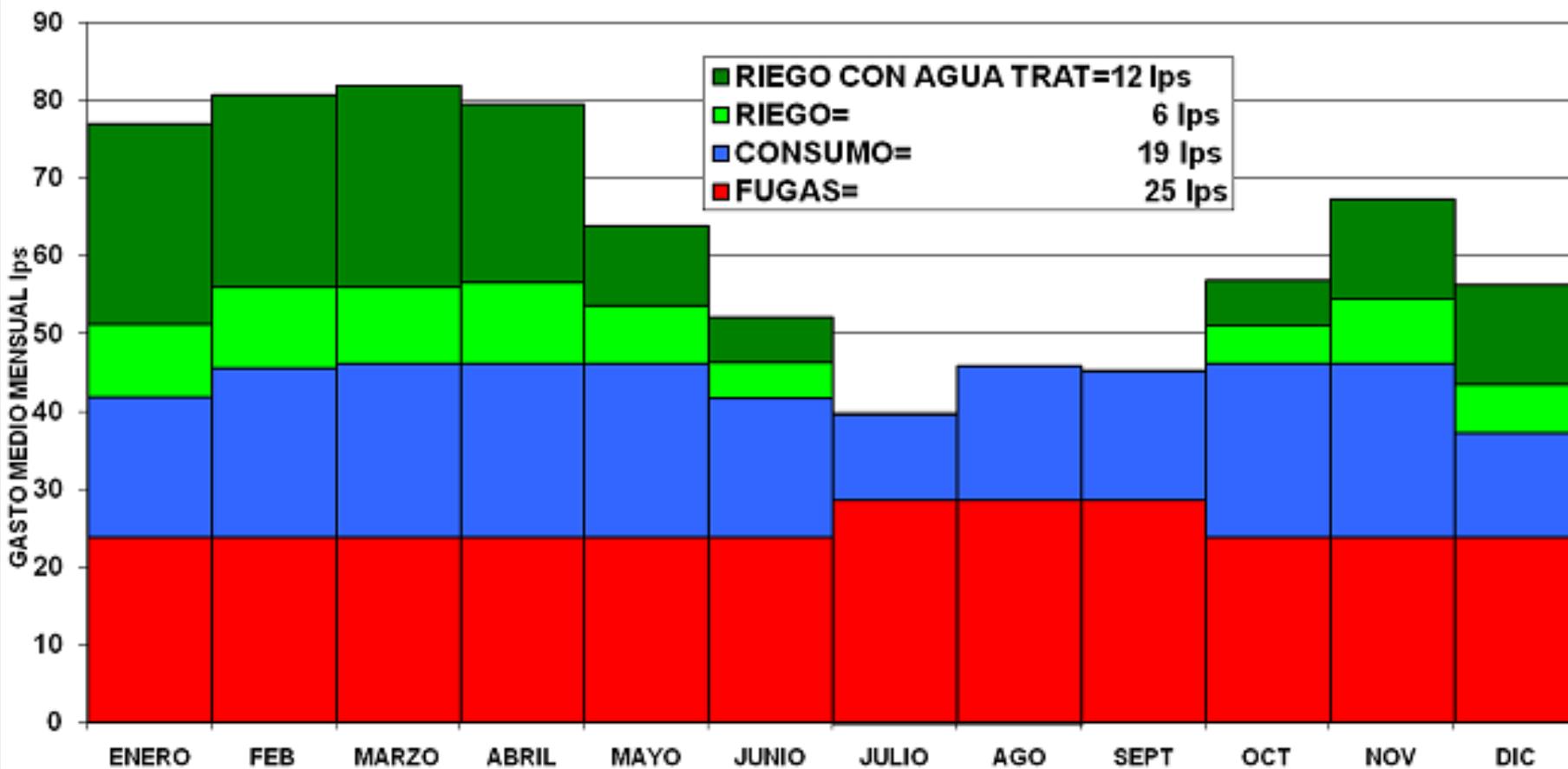


"ESTIMACIÓN" DEL BALANCE 2008



Diagnóstico. Balance Hidráulico

METAS A TRES AÑOS



Estrategias de recuperación de caudales



- **Sectorización** y control de presiones.
- **Instrumentar** programas de detección, localización y reparación de fugas.
- **Montar** un Sistema Integral de Medición y monitoreo: Macro y micro medición
- **Instrumentar** programas de uso eficiente de agua en las entidades universitarias.
- **Intercambiar** agua potable por agua tratada
- **Hacer** uso de la vegetación de la REPSA.
- **Llevar** a cabo un programa de comunicación y Participación

Objetivo

- **Ejercer** un mayor **control operativo** de la **presión, la cantidad de agua, detección de fugas, así como la calidad del agua.**
- **Disminuir pérdidas de agua en la red.**

Metodología

Etapa I. Diagnóstico del sistema.

Etapa II. Elaboración de un **modelo de simulación** hidráulica de la red

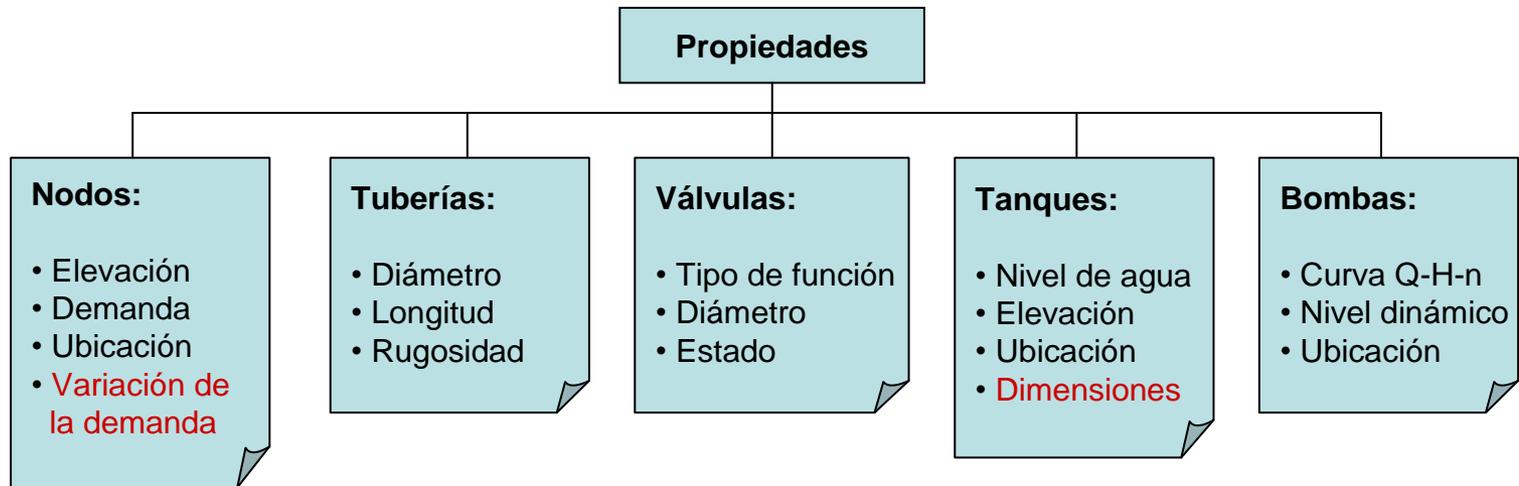
Etapa III. Análisis y diseño de sectores.

Etapa IV. Ejecución en campo del proyecto de sectorización.

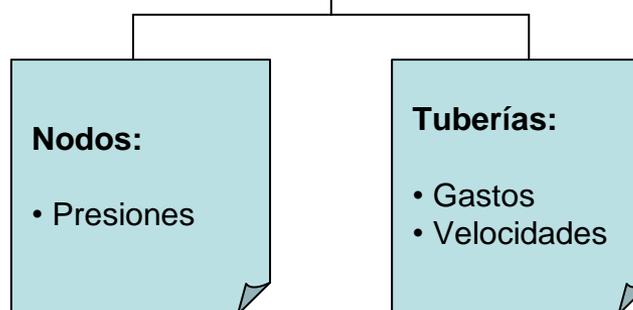
1.- Diagnóstico del sistema

2.- Elaboración de un modelo de simulación hidráulica de la red (Modelación Dinámica, flujo no permanente o periodo extendido)

Modelo de periodos extendidos



Resultados para cada hora del día



$$\sum_{j=1}^m Q_{ij} + q_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Ecuación de continuidad

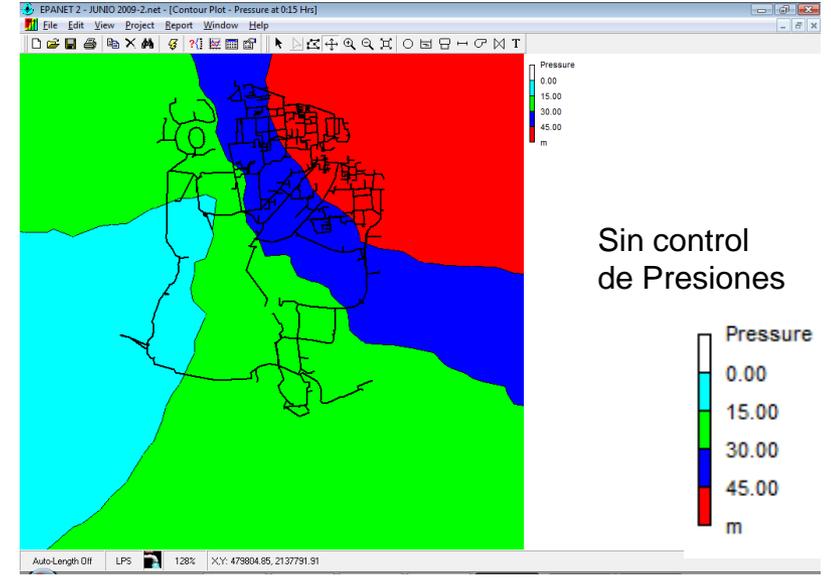
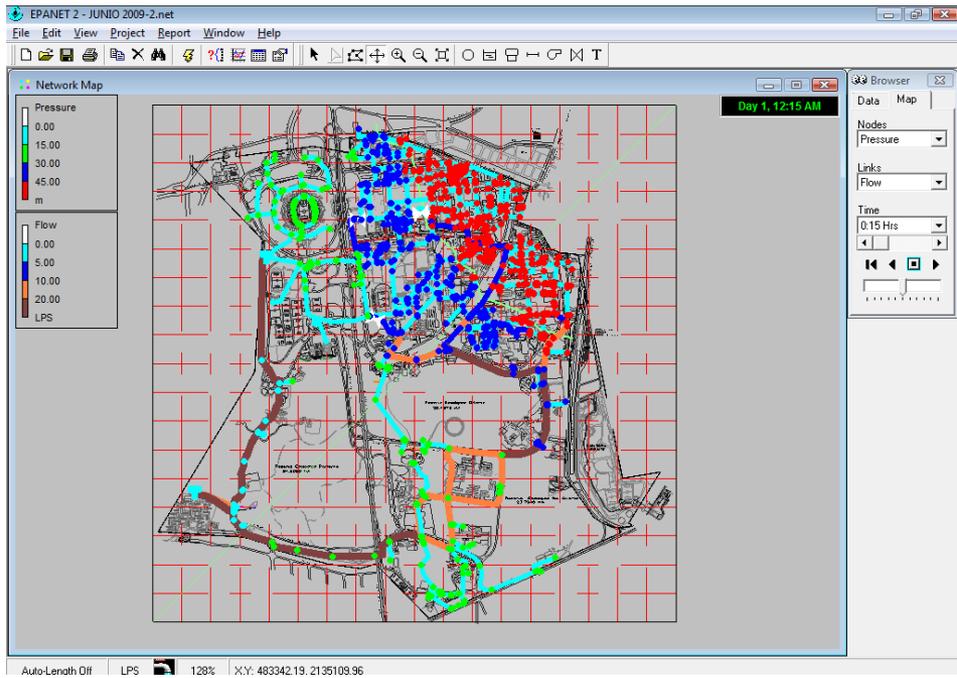
$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Pérdidas por fricción

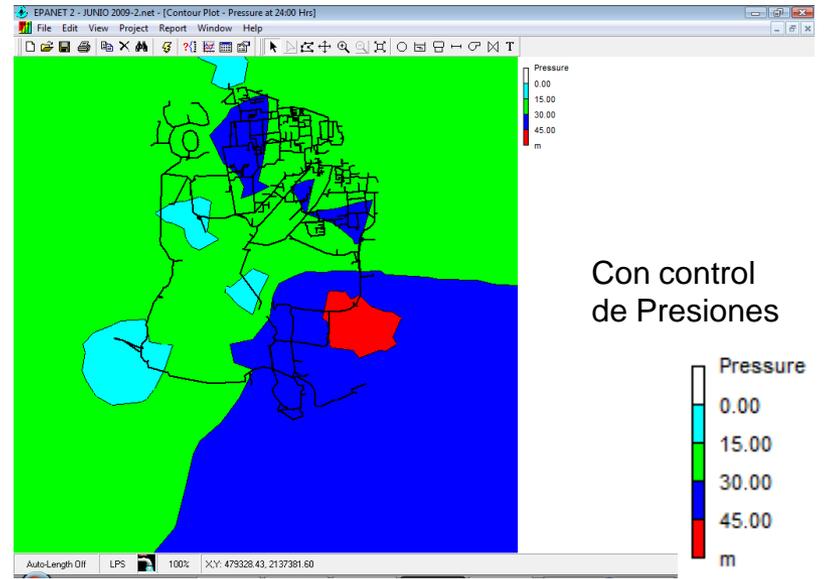
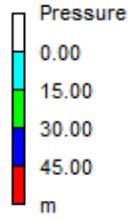
Sectorización del Sistema de Agua Potable



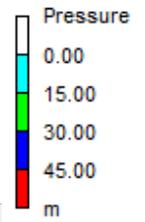
3.- Análisis y diseño de sectores



Sin control de Presiones

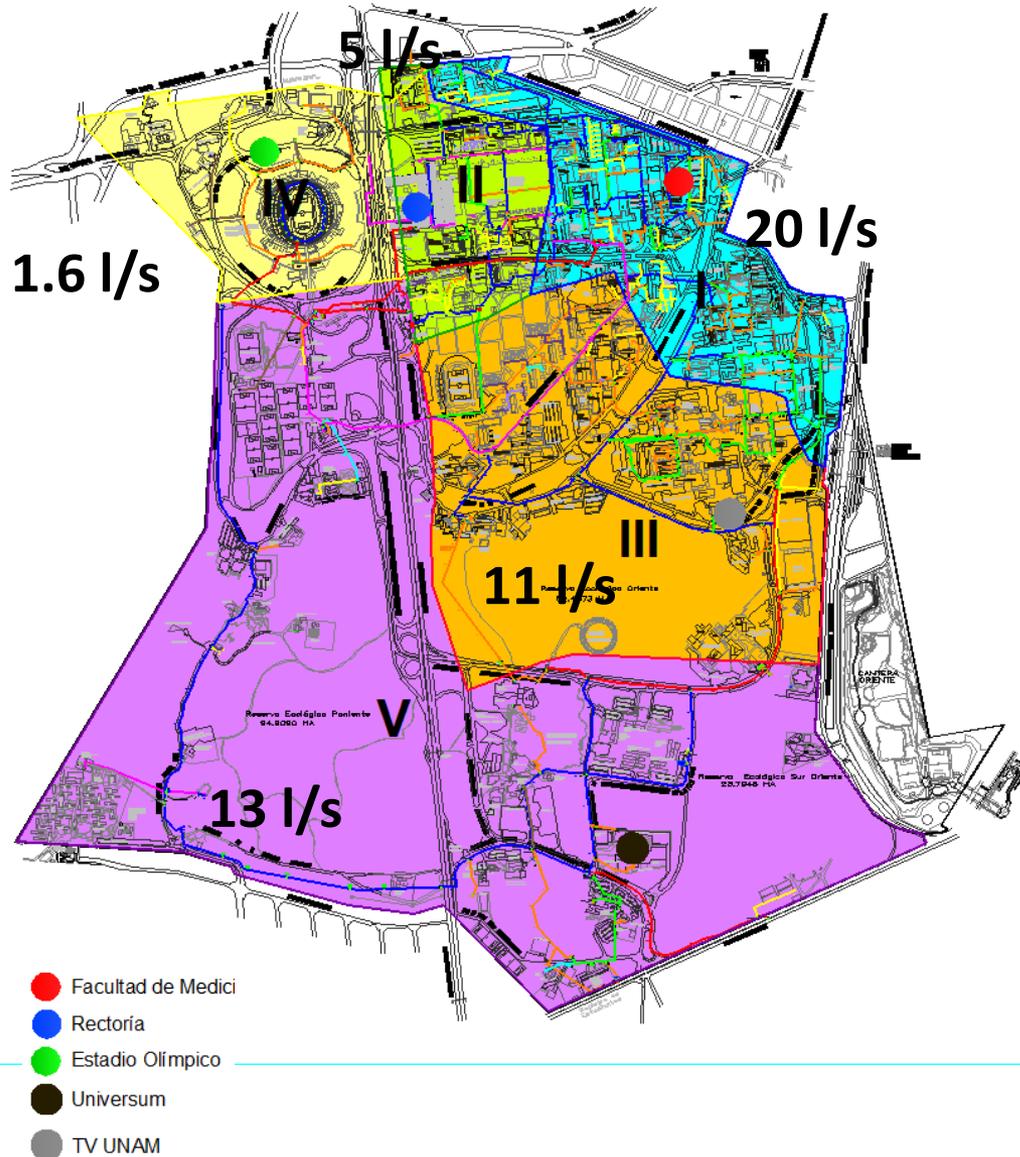


Con control de Presiones



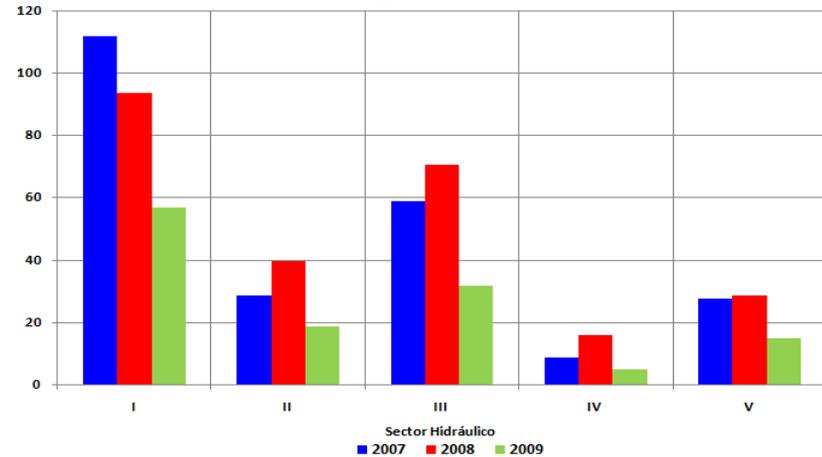
Modelación matemática:

- ✓ **Cinco** Sectores Hidráulicos (SH).
- ✓ **Dos** Sectores Hidráulicos con Control de Presiones



Reportes de Fugas

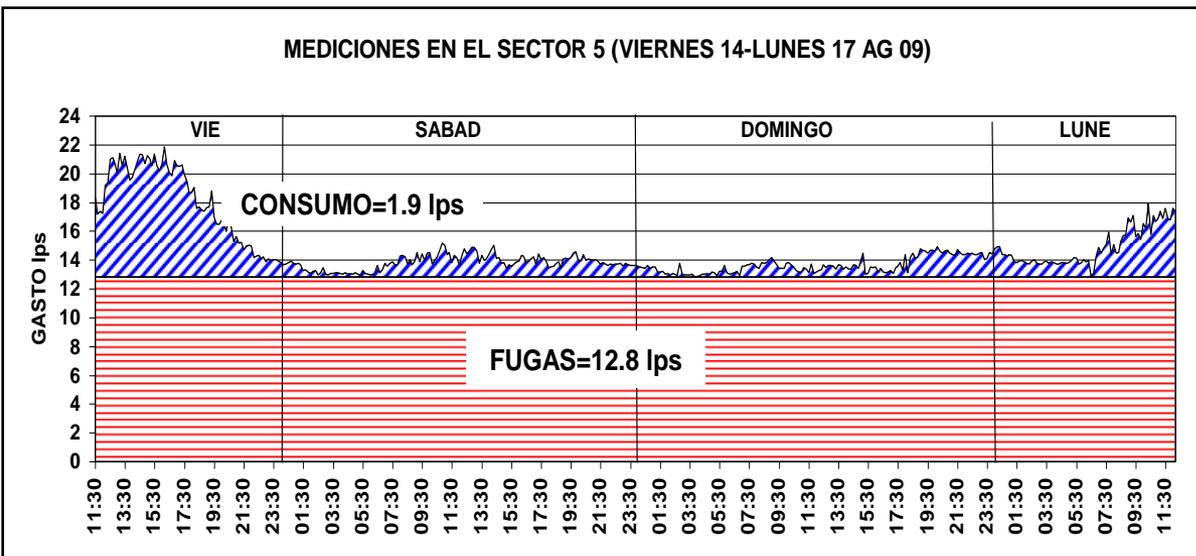
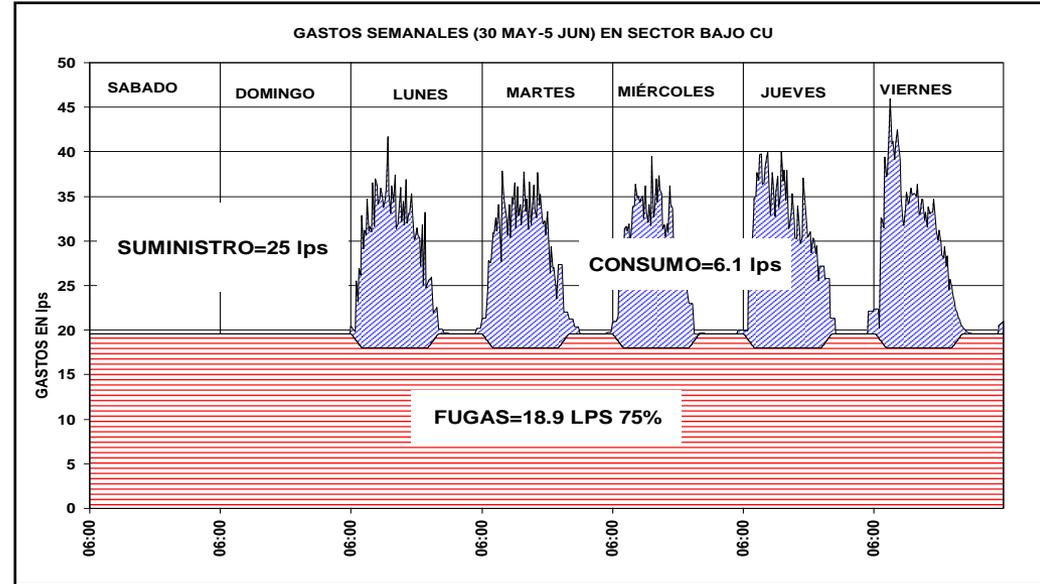
Incidencia de Fugas por sector hidráulico



4.- Ejecución en campo



Medición de Pérdidas en la red y Relación Gasto - Fugas



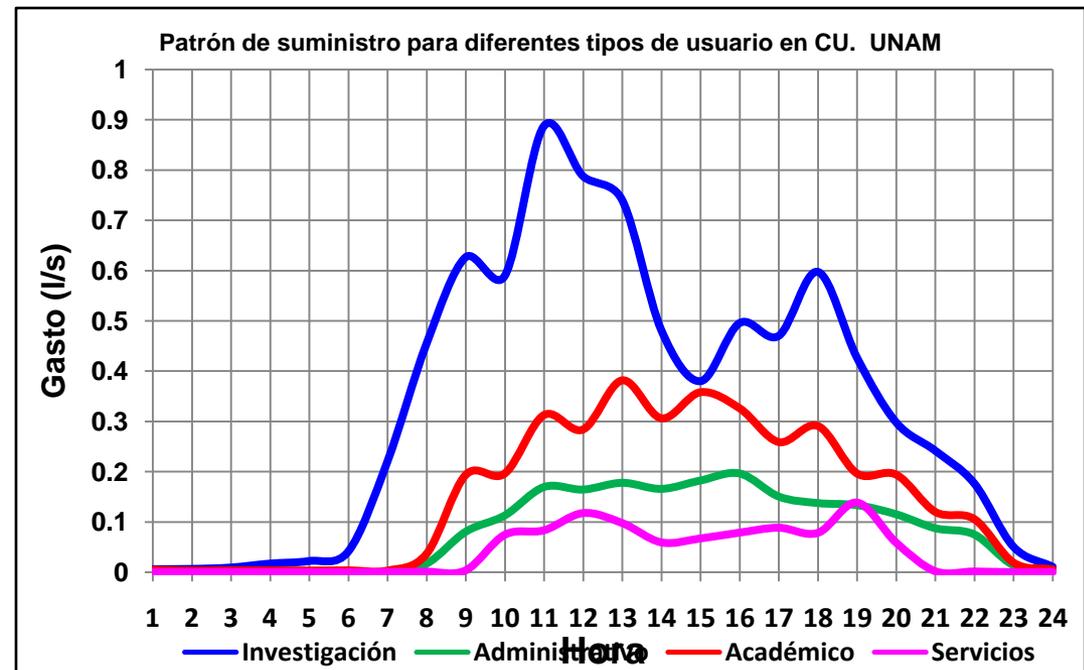
2.- Sectores Hidráulicos. Cuadro resumen

Sector Hidráulico	Usuarios	Tendencia	Longitud de tubería (m)	Demanda media estimada (lps)	Pérdidas (l/s)	Presiones medias en la red (mca)
SH1	41,500.00	Investigación	14,110.00	9.61	20.00	55
SH2	38,650.00	Académico	8,884.00	8.95	5.00	40
SH3	35,000.00	Administrativo	10,545.00	8.10	11.00	45
SH4	3,780.00	Administrativo	4,510.00	0.88	1.60	30
SH5	13,750.00	Cultural/Administrativo	15,446.00	3.18	13.00	20
	132,680.00		53,495.00	30.71	50.60	

Tipos de usuario

Académico (Usuario tipo A),
 Investigación (Usuario tipo B),
 Cultural (Por medir) (Usuario tipo C),
 Administrativo (Usuario tipo D) y
 Servicios (Usuario tipo E).

Un edificio de investigación consume hasta 3 veces más agua que un edificio administrativo y 5 veces más que uno de servicios.



Objetivo del sistema.

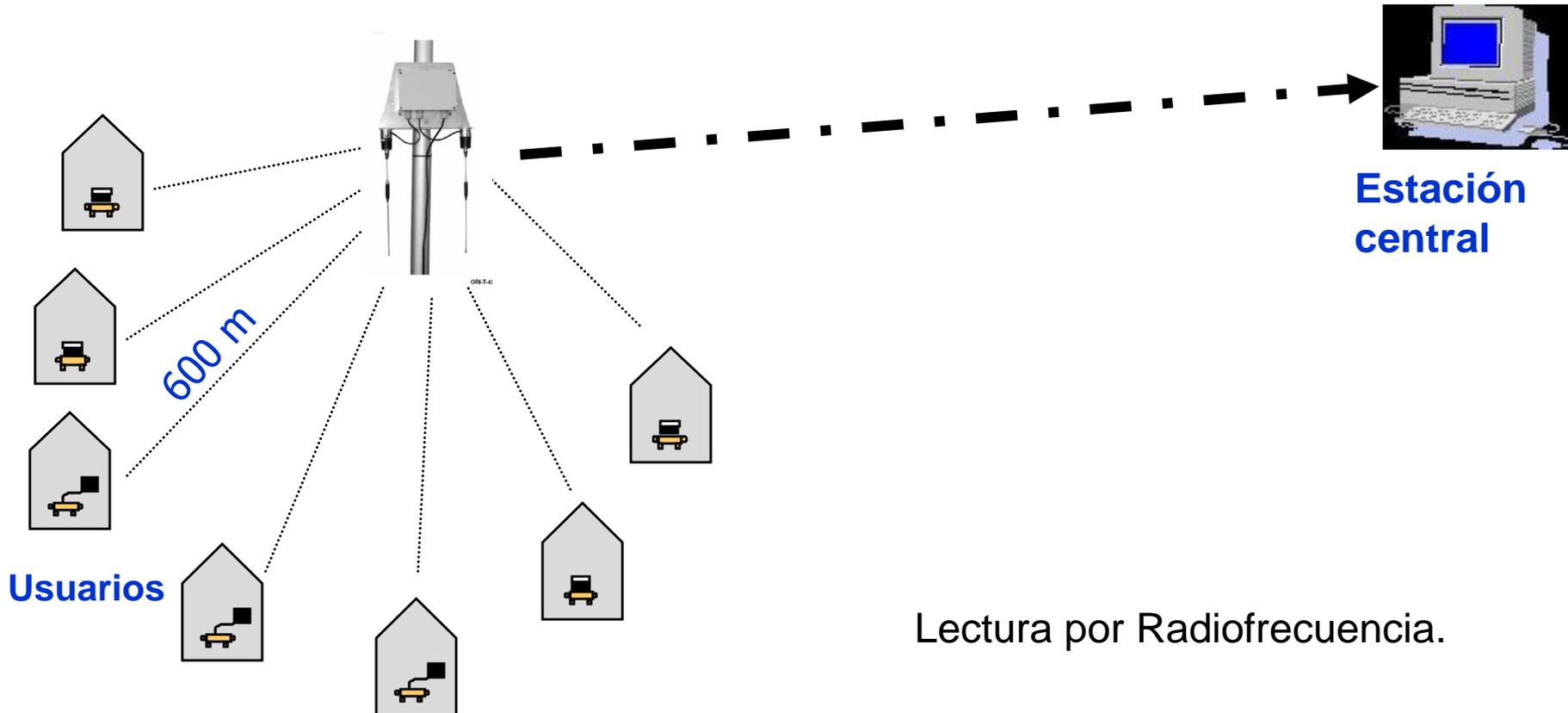
Monitoreo continuo del *suministro* y *consumo* de agua por radiofrecuencia.



Sistema Integral de Medición

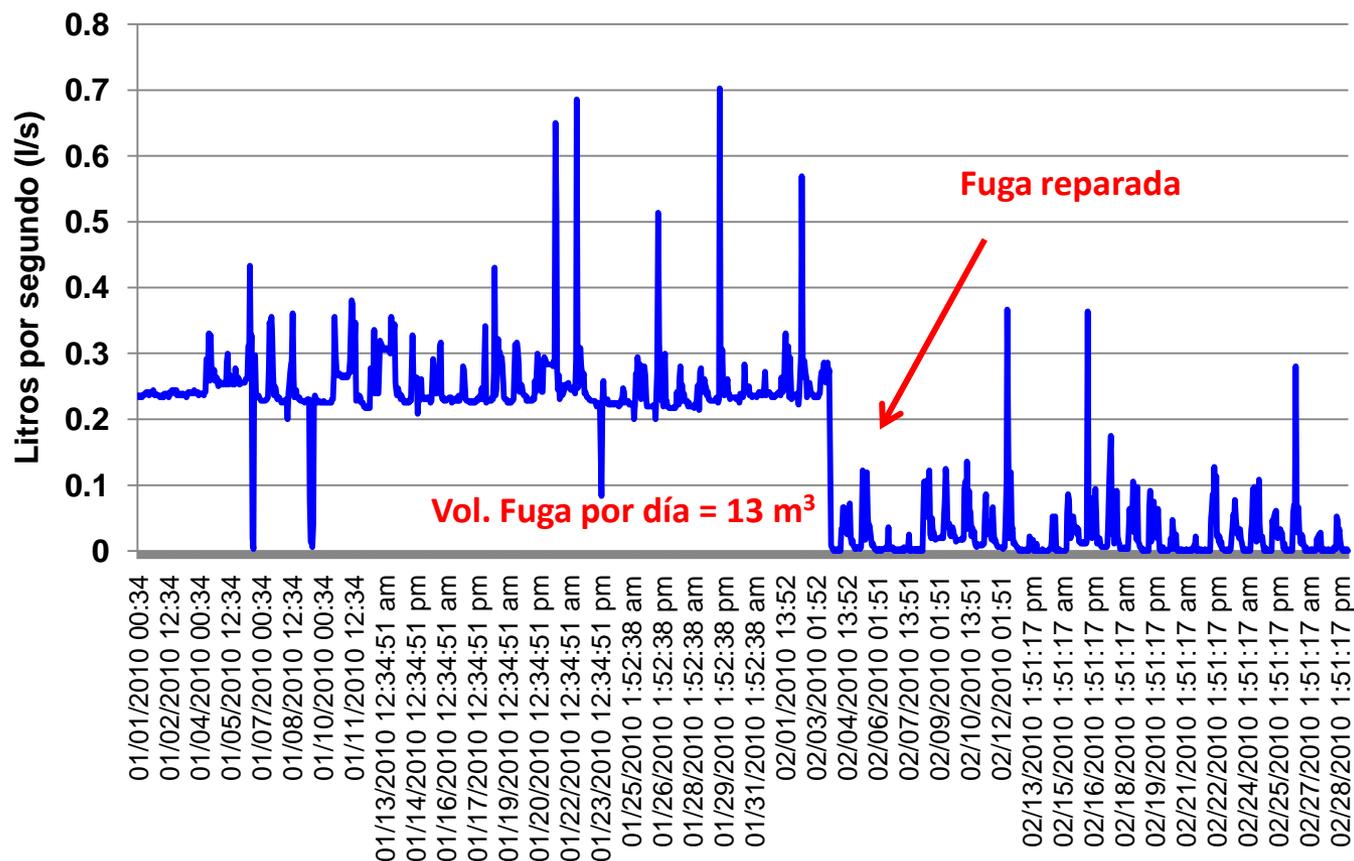


Concentrador



Recuperación de Caudales en edificios.

PUMAGUA
Suministro Horario Enero-Febrero
Edificio 10. FMVZ.



Con la instalación de los medidores en las tomas de agua de los edificios se han logrado recuperar 83.5 m³ de agua por día.

En la red de distribución se han recuperado 1000 m³ de agua por día.

Resultados del programa de uso eficiente de agua en edificio 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM



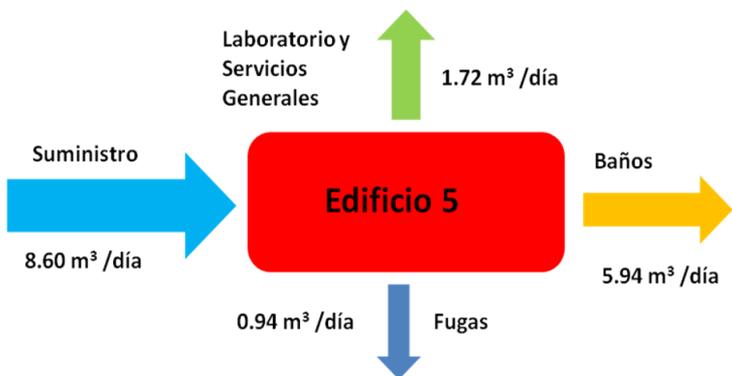
Edificio 5. Subdirección de Hidráulica y Ambiental

Características

- 225 personas
- 625 m²
- Tipo B. (Investigación)
- 34 Puntos de Consumo de agua.

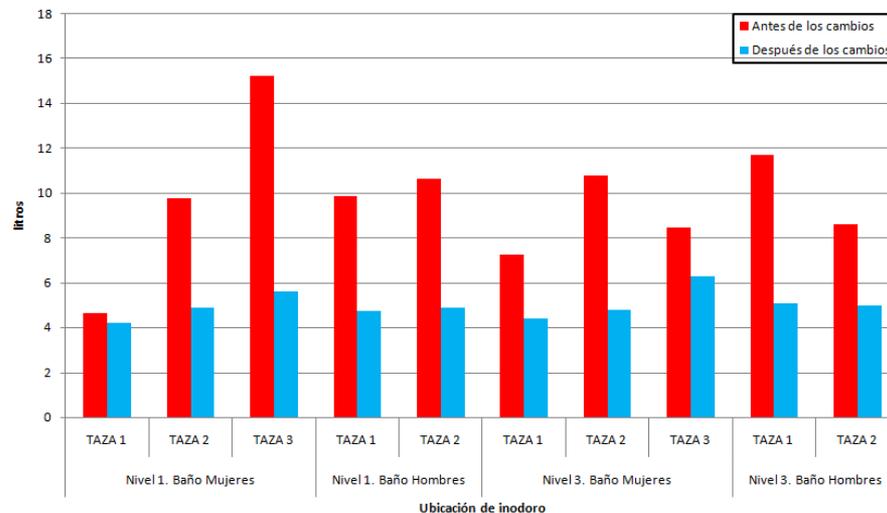
Balance Hidráulico

$$\text{Suministro (S)} = \text{Consumo (c)} + \text{Perdidas (P)}$$

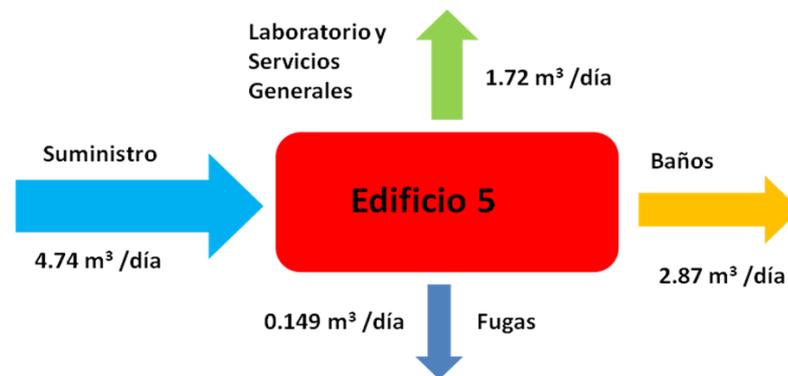


Sustitución de muebles de baño

Comparación de consumo de agua en inodoros antes y después de los cambios.



Resultado: 40 % de ahorro.



Conclusiones

- ✓ La problemática del uso y reuso del agua en la UNAM es semejante a la de otras congregaciones humanas-
- ✓ La infraestructura hidráulica en CU ha rebasado su vida útil.
- ✓ **Menos del 10%** del agua extraída de los pozos se reutiliza para el riego de áreas verdes.
- ✓ En Ciudad Universitaria se pierde en fugas **50.0 % del agua extraída**: Se estima que **60% de las fugas** no son visibles.
- ✓ De acuerdo al balance hidráulico elaborado, **se destina una cantidad de agua similar al riego de áreas verdes** y la que se consume.



Conclusiones

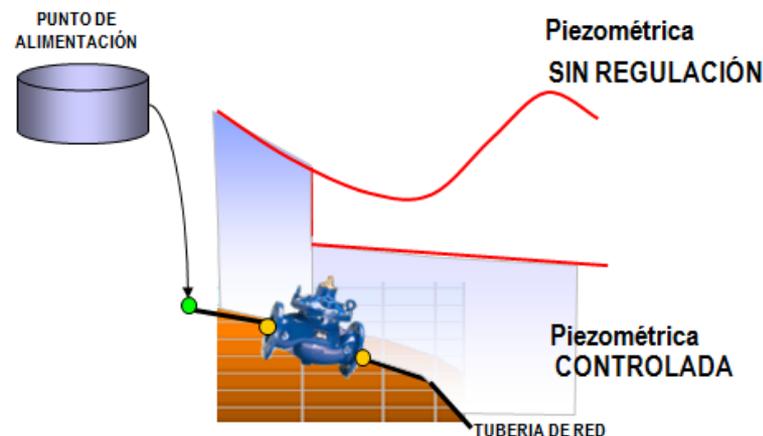
✓ De acuerdo a las primeras mediciones, al interior de las entidades se pierde del orden del 21% del suministro. (Después del medidor)

✓ El **modelo matemático** de la red mostró la conveniencia de segmentarla en **cinco sectores hidráulicos**. Dos de ellos con control de Presiones.

✓ Durante el diseño de los sectores **se estimó** que en las zonas **donde se controlará presión** nocturna se **podrán ahorrar hasta 17 l/s** en los sectores con control de presiones.

✓ Una vez sectorizada la red, se implementará un **programa de detección y reparación** de fugas lo cual permitirá recuperar un caudal aproximado de **8 l/s**.

APLICACIÓN TÍPICA



Conclusiones

- ✓ Se han establecido recomendaciones para asegurar muebles de bajo consumo de agua en las entidades de la Universidad.
- ✓ La sustitución de muebles de baño está generando que los suministros de agua se reduzcan hasta en un 40 %.
- ✓ Se está iniciando a sensibilizar a las entidades en el asunto del agua.





¡Muchas Gracias!