

## XI-027 - PROGRAMA DE CONTROL Y REDUCCIÓN DE AGUA NO CONTABILIZADA DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO - EPMAPS

**Diego Abad Sarmiento<sup>(1)</sup>**

Ingeniero Civil, graduado en la Universidad de Cuenca, Ecuador en el año 1984 - Consultor Individual con 27 años de experiencia en diseños y supervisión de proyectos de agua potable y alcantarillado - Actualmente se desempeña como Secretario Técnico de Agua No Contabilizada de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) de Quito, Ecuador .

**Dirección<sup>(1)</sup>:** Trabajo: Av. Mariana de Jesús 132 N-32 y Carvajal (La Granja) - Quito - Código Postal: EC170147 - Ecuador - Tel: (593 2) 2453654 - e-mail: [Diego.Abad@emaapq.gob.ec](mailto:Diego.Abad@emaapq.gob.ec). Domicilio: Av. 12 de Octubre y Conquistadores (esquina) - Cuenca - Código Postal: EC010114 - Ecuador - Tel.: (593 7) 2880489 / celular: 099582305.

### RESUMEN

La recuperación de las pérdidas de agua potable en los sistemas de abastecimiento en las ciudades y pequeñas poblaciones, en esta época en la que los recursos hídricos son cada vez mas escasos, se ha vuelto una de las prioridades de los organismos operadores de los sistemas de agua de todo el mundo; conciente de esta problemática la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) de la ciudad de Quito, en el año 2005 creó el Comité y la Secretaría Técnica de Agua No Contabilizada, para el seguimiento de proyectos y la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos del **Programa de Control y Reducción de Agua No Contabilizada** (Programa ANC) en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), que comprende la ciudad de Quito y las parroquias rurales.

Actualmente el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) en la ciudad de Quito es de 21.9%; en las parroquias es de 45.8%; y en todo el DMQ es de **30.2%**. El Comité de ANC se ha planteado para el año 2016, reducir estos Índices a 17.8% en ciudad; 38.9% en parroquias y **25.2%** en el DMQ.

Para cumplir con los objetivos del Programa de ANC, la Empresa se planteó la realización del siguiente proceso de actividades que tienen relación con la: modelación hidráulica; micromedición; macromedición; sectorización; telemetría y telecontrol; cálculo inicial del índice de agua no contabilizada; investigación de las causas del ANC; obras y acciones para recuperación del Agua No Contabilizada.

**PALABRAS CLAVE:** Reducción de pérdidas de agua, modelación hidráulica, sectorización, telemetría y telecontrol.

### INTRODUCCIÓN

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) provee los servicios de agua potable y saneamiento a los ciudadanos del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). El DMQ abarca la ciudad de Quito con una población aproximada de 1 600 000 habitantes, y 33 parroquias rurales con una población aproximada de 600 000 habitantes.

La empresa cuenta con un Comité de Agua No Contabilizada, que es un órgano consultivo de coordinación y cooperación institucional con la Gerencia General de la Empresa, para el seguimiento de proyectos y la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos del **Programa de Control y Reducción de Agua No Contabilizada** (Programa ANC); el Comité está presidido por el Gerente Comercial y lo conforman también el Gerente de Operaciones y el Gerente Técnico de Infraestructura; el Comité cuenta además con el apoyo de la Secretaría Técnica de ANC y la Comisión Técnica de ANC conformada por tres técnicos de las Gerencias Comercial, de Operaciones y Técnica de Infraestructura.

A partir del año 2005, fecha en la cual se conformó el Comité y la Secretaría Técnica de ANC, se ha dado un gran impulso al Programa de Control y Reducción de ANC de la Empresa, mediante la construcción de obras de extensión y reposición de redes de distribución; construcción de obras de sectorización en un 20% de sectores en ciudad; control de reboses en los tanques de reserva; aumento de la cobertura de micromedición

(del 84% al 99%) con la adquisición e instalación de micromedidores; actualización de los datos catastrales; realización de estudios de modelación sectorización hidráulica de redes de distribución; estudios de telemetría y telecontrol; aumento de la cobertura de macromedición (del 42% al 55%) con la adquisición e instalación de macromedidores, etc.

Con la realización de las actividades indicadas, **a partir del año 2005 hasta el año 2011**, se ha logrado disminuir el Índice de Agua No Contabilizada en un 7.4% en ciudad (de 29.3% a 21.9%), un 9.7% en parroquias (de 55.5% a 45.8%), obteniéndose una **disminución del IANC para todo el DMQ de un 7.0% (de 37.2% a 30.2%)**. Cabe resaltar que **el volumen de agua distribuida** en todo el DMQ durante este período **prácticamente se ha mantenido constante**, con un incremento de apenas del 1% (de 224.501.951 a 226.419.283 m<sup>3</sup>/año) que representan **61 l/s** de los 7.200 l/s que se distribuyen; lo cual ha contribuido a que no se tenga que realizar inversiones en la construcción de obras de captación nuevas.

Para el período 2012-2016, el Comité de ANC ha programado realizar los estudios de optimización hidráulica de redes de distribución de la ciudad de Quito; la construcción de las obras de sectorización y optimización en parroquias y en la ciudad de Quito; el incremento de la cobertura de macromedición y recolección de datos (del 55% al 99%); adquisición de equipos y construcción del edificio de control del sistema de telemetría y telecontrol; renovación de redes y conexiones domiciliarias; legalización de conexiones clandestinas; instalación de macromedidores individuales en conjuntos residenciales; etc.

Con la realización de las actividades planificadas se proyecta disminuir el IANC en un 4.1% en ciudad (de 21.9% a 17.8%), un 6.9% en parroquias (de 45.8% a 38.9%), obteniéndose una **disminución del IANC para todo el DMQ un 5.0% (de 30.2% a 25.2%)**.

## OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE ANC

Los objetivos del Programa de Control y Reducción de ANC son los siguientes:

- Reducir a un valor mínimo admisible la relación de volumen de agua producida/ volumen de agua utilizada.
- Atender demandas reprimidas con agua recuperada.
- Extender cobertura a zonas marginales.
- Optimizar el funcionamiento del sistema durante su vida útil.
- Optimizar la operación y mantenimiento de los sistemas.
- Aumentar el período de saturación de los proyectos.
- Propiciar una mayor equidad social en la distribución y cobro del agua.
- Propiciar iniciativas encaminadas a lograr un uso más racional del agua.

Luego de la construcción de los proyectos y la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de metas del **Programa de ANC**, se espera para el año 2016, disminuir el IANC en la **ciudad de Quito** de 21.9 a **17.8%**; en **parroquias** de 45.8 a **38.9%** y en todo el **DMQ** de 30.2 a **25.2%**.

## PROCESO DE ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE ANC

Para lograr los objetivos antes mencionados, la EPMAPS ha definido el siguiente proceso de actividades:

- **MODELACIÓN HIDRÁULICA**

La necesidad de mejorar la gestión y explotación de redes de abastecimiento de agua potable y saneamiento de la EPMAPS ha generado el desarrollo acelerado de modernas herramientas de análisis basados en modelos matemáticos de simulación hidráulica.

Actualmente la Empresa posee las licencias del software de modelación hidráulica InfoWorks WS para gestión de redes de agua potable. InfoWorks WS es una versión mejorada del motor de cálculo de WesNet, software mundialmente reconocido por su velocidad y su capacidad para resolver redes muy complejas. El motor de cálculo es muy potente y las herramientas del modelo permiten la simulación del comportamiento de válvulas y

bombas de manera de representar las reales condiciones hidráulicas y por ende es particularmente apto para simular la operación efectiva de un sistema hidráulico y hacer intervenciones visualizadas sobre la estructura de una red.

Mediante la contratación de consultorías, a través del Programa de Saneamiento Ambiental (PSA) de la Empresa, se ha realizado la modelación hidráulica de las redes de distribución de la ciudad de Quito y de las 22 principales parroquias del DMQ, las cuales se las ha agrupado en tres grupos para la realización de los estudios.

La tabla 1 contiene la estructura geométrica que constituyen los Sistemas de Distribución del Distrito Metropolitano de Quito y que forman parte de los modelos que actualmente posee la EPMAPS.

**Tabla 1: Estructura de los Modelos Hidráulicos de los Sistemas de Agua Potable**

<b>Componente del sistema (Cantidad - unidades)</b>	<b>Ciudad de Quito</b>	<b>Parroquias Grupo 1</b>	<b>Parroquias Grupo 2</b>	<b>Parroquias Grupo 3</b>	<b>Total DMQ</b>
Segmentos de Tubería	68 200	10 242	8 212	5 704	92 358
Nodos	59 562	9 088	8 011	5 560	82 221
Tanques	176	50	40	83	349
Estaciones de Bombeo	59	11	5	8	83
Válvulas de Control	11 229	1 177	1 700	992	15 098
Válvulas Flotador	133	41	30	45	249
Puntos de Demanda	204 413	57 771	37 188	30 603	329 975

En la actualidad en las redes de distribución de agua potable de la ciudad de Quito se tiene una precalibración básica del modelo, ya que las redes al encontrarse interconectadas en su mayor parte no posibilitó a los consultores que realizaron los estudios de modelación realizar una calibración más detallada. En cuanto a las 22 Parroquias de los Grupos 1, 2 y 3, los modelos en general están calibrados en condiciones actuales.

Las simulaciones son realizadas en periodo extendido, el cuál reporta mayores ventajas en el análisis de sistemas de distribución por el hecho de que nos permite identificar las variaciones que sufre el sistema a lo largo del tiempo, dadas por el constante cambio en las condiciones operativas del sistema como el aumento o disminución de la demanda de agua, lo cual repercute que los caudales que circulan por las tuberías, así como las presiones en los nudos no se mantienen constantes en el tiempo, sino que presentan fluctuaciones horarias importantes. Por otro lado los niveles en los tanques cambian constantemente, las estaciones de bombeo arrancan y paran, las válvulas de diversos tipos son maniobradas, etc.

#### • MICROMEDICIÓN

Actualmente la Empresa tiene una cobertura de instalación de micromedidores del 99 % en todo el DMQ; el número de usuarios ó clientes es de 465.000. Con la finalidad de mantener en buen estado de funcionamiento los medidores, la Gerencia Comercial de la Empresa realiza la instalación de micromedidores en los siguientes casos:

- por reposición de los medidores que han cumplido su vida útil (registros del Sistema Comercial AS 400) ya sea por los años de servicio (más de 8 años desde la fecha de instalación) y/o por volumen registrado (lectura superior a 3 500 metros cúbicos);
- reemplazo de medidores dañados;
- nuevos usuarios sin medidor; e
- instalación en derivaciones y mediciones complementarias en conjuntos habitacionales o edificios.

En el año 2011 se instalaron 46 530 medidores. Para el período 2012 - 2015 se ha proyectado la instalación de las cantidades de micromedidores indicadas en la tabla 2.

**Tabla 2: Cantidad de micromedidores proyectados para instalar en el período 2012-2015**

INSTALACIÓN DE MEDIDORES	DESCRIPCIÓN	PROYECCIÓN POR AÑO			
		2012	2013	2014	2015
Dañados	Proyección demanda	6 334	7 601	7 601	9 121
Sin medidor	Proyección demanda	7 291	8 749	8 749	10 499
Vida Útil	Medidores que registra el sistema 58 080	12 000	14 400	14 400	17 280
Complementarios y Derivaciones	Proyecto Instalación de medidores en conjuntos	12 000	14 400	14 400	17 280
	Solicitudes de usuarios Proyección estimada	10 000	12 000	12 000	14 400
TOTAL		47 625	57 150	57 150	68 580

### • MACROMEDICIÓN

Actualmente la Empresa tiene una **cobertura** de instalación de macromedidores del 69% en ciudad, 38% en parroquias y **55 % en todo el DMQ**; El total de macromedidores requeridos en todo el DMQ es de aproximadamente 400 unidades. Para una buena definición de pérdidas físicas o técnicas es fundamental una macromedición precisa; los macromedidores del sistema de agua potable de la Empresa son de tipo electromagnético y están instalados en las captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, líneas de transmisión, tuberías de salida de los tanques de reserva (sectores), subsectores, pozos y estaciones de bombeo.

La información generada tanto de caudales de salida, como de niveles de agua en las reservas es registrada y almacenada en la memoria interna de los registradores de datos instalados en las cámaras de válvulas de los tanques de reserva y transmitida vía GPRS hasta el Data Center (servidor) del Departamento de Informática de la Empresa.

Para que el medidor electromagnético funcione correctamente la Empresa se encuentra realizando adecuaciones hidráulicas, en las tuberías de salida de las reservas en donde van a ser instalados, tales como reducción de diámetros para asegurar que el medidor funcione en el rango de caudales y velocidades adecuado e instalación de piezas especiales (sumergencia) para que el medidor funcione a sección llena.

En las redes de distribución de la ciudad de Quito, actualmente la Empresa cuenta con aproximadamente 150 macromedidores funcionando, de los cuales 53 macromedidores (sistemas Puengasí, Placer y Troje) han sido adquiridos por la Empresa a través del PSA. Actualmente el PSA está tramitando la adquisición de 68 macromedidores adicionales (sistemas Bellavista y Noroccidente), con los cuales se tendría un total de 218, que representan casi el 100% de macromedidores requeridos en ciudad.

En las parroquias, actualmente la Empresa cuenta con aproximadamente 65 macromedidores funcionando. El PSA está tramitando la adquisición de 79 macromedidores adicionales, adicionalmente con la construcción de las obras de sectorización y telemetría se instalarán 25 medidores más, con los cuales se tendría un total de 169 macromedidores, que representan un 93% de macromedidores requeridos en parroquias.

### • SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA

La sectorización es una estrategia de control y reducción de pérdidas técnicas y comerciales, que consiste en la delimitación de la red de distribución en sectores de servicio homogéneos, aislados e independientes, en los cuales es posible macromedir los volúmenes suministrados, consolidar los volúmenes facturados, optimizar las condiciones de servicio, calcular el índice de ANC, establecer las causas de las pérdidas y sus acciones de control, formular programas estructurados de control de pérdidas por sectores, priorizarlos y hacer seguimiento al comportamiento y a las inversiones de reducción.

Beneficios de la sectorización:

- Incremento en el conocimiento físico e hidráulico de la red
- Medición de la cantidad de agua que se pierde por fugas en cada sector. Control activo de fugas.
- Regulación de presiones para reducción de pérdidas y reducción de consumos y mejora de la continuidad del servicio
- Mayor flexibilidad en la operación del sistema
- Mantenimiento más efectivo

- Proyectos de prevención de catástrofes
- Mejor atención de las demandas con el volumen recuperado
- Ahorro en costos de producción
- Conservación del recurso, con la reducción del caudal producido, se prolonga la disponibilidad del recurso en el tiempo.
- Aplazamiento de inversiones en proyectos de agua potable, al tener una capacidad instalada superior a la demanda

Mediante la contratación de consultorías, la Empresa a través del PSA ha realizado los estudios de sectorización hidráulica de las redes de distribución de las 22 principales parroquias del DMQ; adicionalmente se ha contratado recientemente una consultoría para realizar los estudios de sectorización y optimización hidráulica de las redes de distribución de la ciudad de Quito. La construcción de las obras de sectorización hasta la presente fecha se ha realizado en un 20% en las parroquias del DMQ.

### Reducción de Fugas en Red por Reducción de Presiones (Sectorización):

De acuerdo con los estudios de modelación en ciudad y modelación y sectorización de parroquias, aproximadamente el 64% de las pérdidas son de origen técnico y las **presiones promedio de servicio actuales** en las redes de distribución son del orden de **59.1 mca** en el DMQ. Conforme con los estudios de modelación hidráulica, con la construcción de las obras de sectorización las presiones de servicio promedio disminuirían a **37.3 mca**. La tabla 3 contiene el cálculo de las pérdidas técnicas en función de las pérdidas totales tanto para ciudad, parroquias y DMQ.

**Tabla 3: Pérdidas Técnicas**

	AGUA DISTRIBUIDA (1)	AGUA FACTURADA (2)	PÉRDIDAS TOTALES (3)		PÉRDIDAS TÉCNICAS (4)	
	M3/AÑO	M3/AÑO	M3/AÑO	%	M3/AÑO	%
<b>CIUDAD</b>	147.430.472	115.153.500	32.276.972	21.9%	20.657.262	14.0%
<b>PARROQ.</b>	78.988.810	42.841.885	36.146.925	45.8%	23.134.032	29.3%
<b>DMQ</b>	226.419.283	157.995.385	68.423.898	30.2%	43.791.294	19.3%

La ecuación (1) contiene la fórmula que relaciona el caudal en un orificio, con la presión en un estanque o tubería:

$$Q_2 = Q_1 \times (P_2 / P_1)^{1/2} \quad \text{ecuación (1)}$$

Al aplicar esta fórmula, se obtiene que la disminución del caudal de pérdidas en la red de distribución estaría en el orden del 79.3 %, con lo cual se obtendría una **disminución en el porcentaje de pérdidas del orden del 3.7%** (ver Tabla 4) que representan un ahorro de **8'513.413 m3 de agua potable anuales**.

**Tabla 4: Reducción de pérdidas por reducción de presiones**

	PRESIONES RED SIN SECTORIZ. (A)	PRESIONES RED CON SECTORIZ. (B)	DISMINUCIÓN CAUDAL DE PÉRDIDAS CON SECTORIZ. (C)	PÉRDIDAS TÉCNICAS CON SECTORIZACIÓN (D)=(C)*(4)		REDUCCIÓN PÉRDIDAS TÉCNICAS (4)-(D)	
	mca	mca	%	M3/AÑO	%	M3/AÑO	%
<b>CIUDAD</b>	58.0	35.0	77.7%	16.046.561	10.9%	4.610.701	3.1%
<b>PARROQ.</b>	61.5	42.5	83.1%	19.231.321	24.3%	3.902.711	4.9%
<b>DMQ</b>	59.1	37.3	79.3%	35.277.882	14.9%	8.513.413	3.7%

Si consideramos que el costo de producción del m3 de agua potable es de USD 0,40 tendríamos un **ahorro de USD 3'400.000,00 anuales** solamente con la construcción de las obras de sectorización. Cabe indicar además que con los equipos a instalarse con la telemetría (válvulas reductoras de presión regulables) se podrá reducir las presiones de servicio durante la noche, lo cual contribuirá aun más en la reducción del IANC.

Adicionalmente, luego de la construcción de las obras de sectorización y telemetría, se deberán realizar las actividades restantes del Programa de ANC como son la búsqueda de fugas y reparación de daños; cambio de micromedidores; cambio de tuberías y accesorios en la red; búsqueda de usos fraudulentos y conexiones clandestinas; y la armonización de la gestión comercial con la sectorización. Estas actividades restantes contribuirán a la reducción del IANC y a la optimización de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

- **TELEMETRÍA Y TELECONTROL**

El objetivo principal del Sistema de Telemetría y Telecontrol es monitorear y controlar de manera centralizada las estaciones remotas ubicadas a lo largo de los sistemas de distribución de agua potable. El Sistema se basa principalmente en el software de control: "Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)".

Objetivos de la Telemetría y Telecontrol:

- Optimización de la producción de las plantas de tratamiento;
- Mejor equilibrio en la distribución del agua entre los diferentes tanques ubicados a diferentes alturas y distancias, que son alimentados por una misma planta de tratamiento;
- Control de presiones como estrategia fundamental para reducción de pérdidas físicas y reducción de consumos, en especial durante las noches;
- Control de los niveles de los tanques para la eliminación total de los reboses;
- Monitoreo del caudal y presión del agua distribuida a los sectores y subsectores;
- Mayor seguridad y eficiencia en la operación de los sistemas de distribución;
- Mejoras en el control de la calidad del agua distribuida

Mediante la contratación de una consultoría, la Empresa a través del PSA realizó los estudios de Telemetría y Telecontrol para el sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Quito y de las parroquias de: San Antonio, Calderón, Amaguaña y Conocoto.

**En la ciudad de Quito:-** el número total de estaciones remotas que se van a automatizar es de 190 unidades, repartidas de la siguiente manera:

- 114 tanques de compensación diaria, de los cuales 49 serán equipados con medidor de cloro residual;
- 32 entradas a subsectores;
- 20 estaciones de bombeo, de las cuales 17 están ubicadas en la cámara de maniobra de tanques y una (Puengasí Bajo Planta) necesita solo enlace de señal;
- 13 pozos;
- 11 salidas a parroquias, de las cuales 8 se encuentran ubicadas al interior de la cámara de maniobra de los tanques.

Con estas estaciones remotas se va a monitorear y controlar casi 5 m<sup>3</sup>/s del agua producida por la Empresa para ciudad, es decir más del 90%.

**En parroquias:-** El número total de estaciones remotas (tanques de reserva) que se van a automatizar es de 20 unidades, repartidas de la siguiente manera:

- 6 tanques de compensación diaria en la línea de transmisión Collaloma Bajo No.2 - San Juan de Calderón Bajo;
- 5 tanques de compensación diaria en la línea de transmisión Wilson Monje - San Antonio Alto;
- 9 tanques de compensación diaria en la línea de transmisión Tesalia (Amaguaña y Conocoto).

Con estas estaciones se va a monitorear y controlar alrededor de 620 l/s del agua distribuida por la Empresa en estos tanques, es decir aproximadamente el 25 % del agua entregada a todas las parroquias rurales del DMQ.

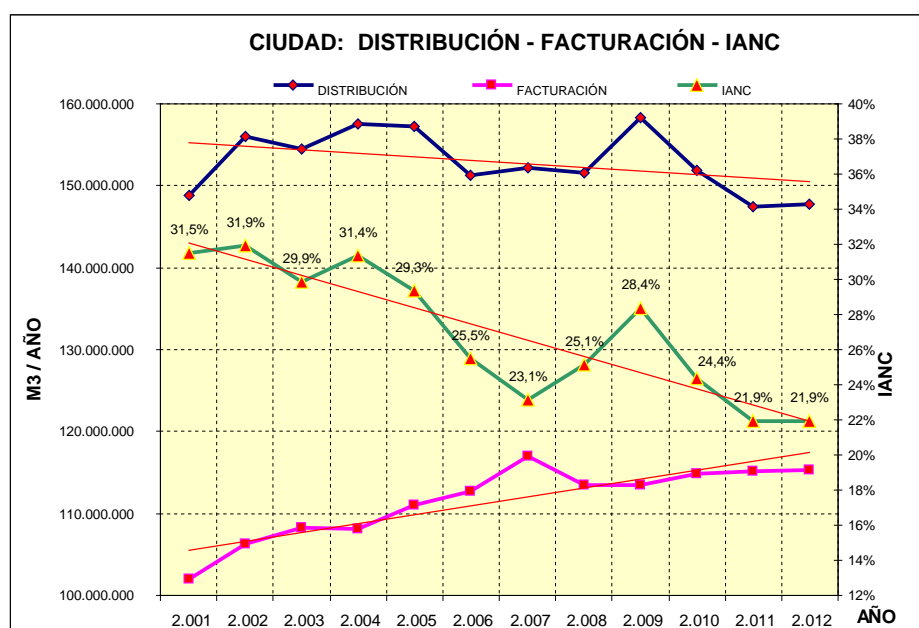
La construcción de las obras está prevista iniciarse en el segundo cuatrimestre del año 2012. El sistema de telemetría y telecontrol de parroquias funcionará inicialmente de una manera independiente del sistema de ciudad, y servirá para la capacitación de los técnicos de la Empresa en el manejo de estos sistemas;

adicionalmente en el futuro se podrá optimizar la cantidad de operadores que actualmente controlan los tanques de reserva.

### • CÁLCULO INICIAL DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

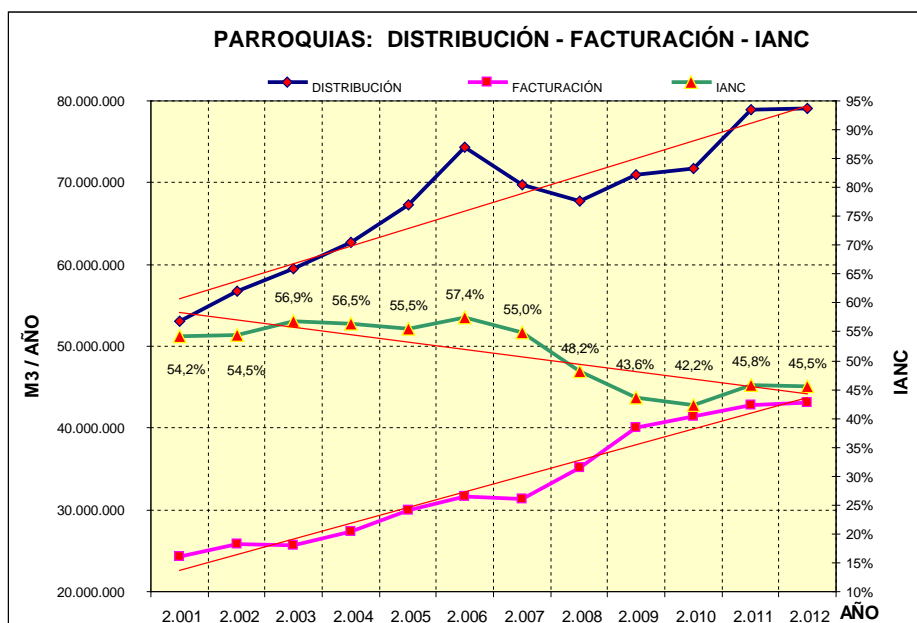
El cálculo inicial del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) se realizará en los sectores en los cuales se ha construido las obras de sectorización y que cuenten con macromedición; esta actividad será realizada por personal de las Unidades Operativas del Departamento de Distribución de la Gerencia de Operaciones.

En base a la información anualizada de producción y facturación de los últimos 11 años, se obtienen las gráficas siguientes, para la ciudad de Quito (Figura 1), las Parroquias (Figura 2) y el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) (Figura 3); se indica además la variación del IANC para este período (Figura 4).



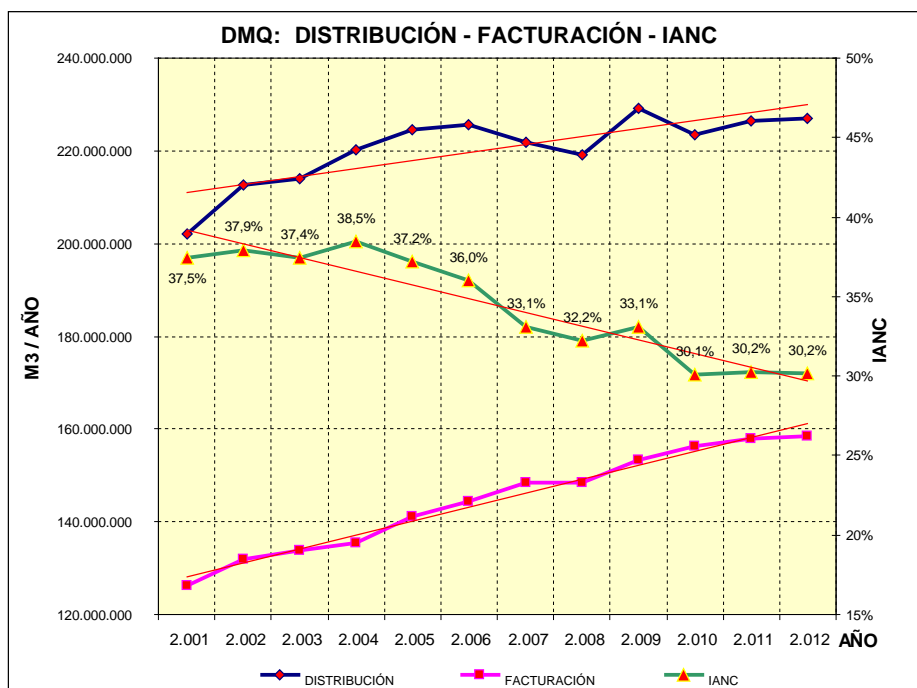
**Figura 1: Índice de Agua No Contabilizada en Ciudad**

En esta gráfica se puede apreciar que a partir del año 2005 hasta el año 2011, el volumen de agua distribuida en ciudad ha disminuido en un 6%, mientras que la facturación se ha incrementado en un 4%, y el IANC ha disminuido en un **7.4%** (de 29.3% a 21.9%).



**Figura 2: Índice de Agua No Contabilizada en parroquias**

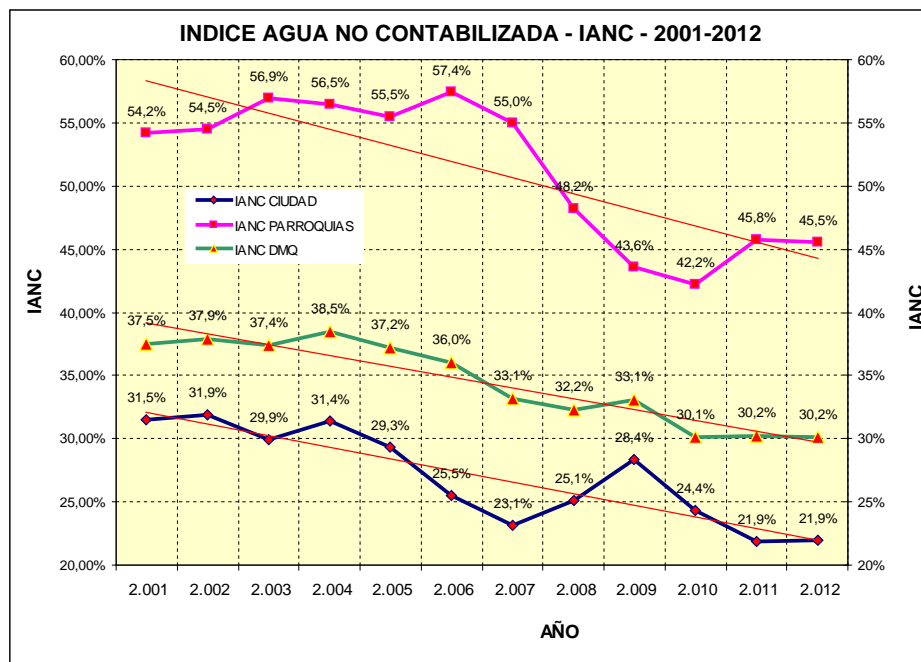
En esta gráfica se puede apreciar que a partir del año 2005 hasta el año 2011, el volumen de agua distribuida en parroquias se ha incrementado en un 17%, mientras que la facturación se ha incrementado en un 43% y el IANC ha disminuido en un **9.7%** (de 55.5% a 45.8%).



**Figura 3: Índice de Agua No Contabilizada en el DMQ**

En esta gráfica se puede apreciar que a partir del año 2005 hasta el año 2011, el **volumen de agua distribuida en el DMQ** prácticamente se ha mantenido constante, con un **incremento del 1%**, mientras que la **facturación se ha incrementado en un 12%** y el **IANC ha disminuido en un 7.0%** (de 37.2% a 30.2%).

En la Figura 4 se indica la variación del IANC en Ciudad, Parroquias y en el DMQ de los últimos 11 años:



**Figura 4: Variación del IANC en Ciudad, Parroquias y DMQ**

En esta gráfica se aprecia que la disminución del IANC en el DMQ en los últimos 10 años de 37.5% a 30.2% (7.3%), registrándose la mayor reducción a partir del año 2005, fecha en la cual se conformó el Comité y la Secretaría Técnica de ANC.

En términos generales se puede indicar que la disminución del IANC en el DMQ en los últimos 6 años, se debe a la construcción de obras de extensión y reposición de redes de distribución; al aumento de la cobertura de micromedición (del 84% al 99%); y a la realización de algunas actividades por parte de personal de la Empresa, tales como:

- Calibración de válvulas de altitud al ingreso de las reservas
- Calibración de válvulas reductoras de presión en redes de distribución
- Utilización de capacidad efectiva de tanques de reserva
- Mantenimiento de un catastro actualizado de las redes de distribución
- Materialización de las obras de sectorización en parroquias
- Actualización de los datos catastrales

La proyección de la disminución del IANC para los próximos 5 años, se estima en función de los beneficios de la sectorización de redes y de las actividades que se encuentran realizando la Gerencia Comercial. De acuerdo al análisis realizado para reducción de perdidas por reducción de presiones, con la construcción de las obras de sectorización se disminuirán las presiones en las redes de distribución y en las instalaciones intradomiciliarias, con lo cual se tendrá una disminución del porcentaje de fugas estimado en 3.7 % en el DMQ; además con las actividades previstas de la Gerencia Comercial se disminuiría este porcentaje en un 1.3% adicional; lo que nos da un total de disminución del IANC total en todo el DMQ de 5.0%.

#### **Desagregación de Pérdidas por Sectores Hidráulicos**

Los estudios de modelación y sectorización de parroquias han realizado una estimación general de la desagregación de pérdidas entre técnicas y comerciales; los resultados obtenidos permiten identificar que en el promedio un 36% de las pérdidas son de origen comercial (por facturación, micromedición y usuarios clandestinos) y un 64% de las pérdidas son de origen técnico por fugas en redes y desbordes.

A la fecha la Empresa cuenta con un procedimiento detallado para el cálculo y desagregación de pérdidas en sectores hidráulicos que han sido materializados, el cual utiliza la metodología desarrollada por el Grupo de

trabajo en control de pérdidas de la International Water Association, IWA. A la presente fecha la Empresa a través del grupo de modelación ha realizado el cálculo y desagregación de pérdidas para 12 sectores en Ciudad.

#### • INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DEL ANC

Luego de realizado el cálculo inicial del IANC en los sectores materializados, se realizará la investigación de las causas de tipo comercial y físico que originan las pérdidas del agua no contabilizada, iniciando por los sectores que registren los mayores IANC.

Como resultado de esta investigación, se diseñarán las obras requeridas y se planificarán las acciones que sean necesarias para la recuperación del agua no contabilizada.

#### • OBRAS Y ACCIONES PARA RECUPERACIÓN DE ANC

Consiste en la construcción de obras físicas definidas en la etapa de investigación, mediante la contratación, ejecución y fiscalización de obras, que estarán a cargo de la Gerencia de Operaciones; y la implementación de acciones comerciales a cargo de la Gerencia Comercial.

El seguimiento y control de la implementación de acciones técnicas y comerciales, tendientes a la reducción y control de las causas que originan el ANC, tanto en ciudad como en parroquias, será responsabilidad del Comité de ANC, con apoyo de la Secretaría Técnica y la Comisión de Técnica de Agua No Contabilizada.

### COSTO DE ESTUDIOS, EQUIPOS Y OBRAS

Para la determinación de los costos requeridos para la realización de las actividades del Programa, se ha realizado una diferenciación entre los costos directos atribuibles al Programa de ANC, y los costos complementarios requeridos para proyectos de Optimización de Redes, tales como: reemplazo de redes y equipos que han cumplido su vida útil ó son requeridos para optimizar los sistemas, los cuales son necesarios para la operación y mantenimiento rutinario de las redes de distribución, reposición de micromedidores.

El Comité, la Secretaría Técnica y la Comisión Técnica de ANC han realizado la programación de las actividades para el período 2012-2016.

Las principales actividades del Programa de ANC por realizar son las siguientes:

- Diseño de obras complementarias a estudios de sectorización
- Estudio de sectorización y optimización de las redes de agua potable de ciudad
- Instalación de macromedidores en sistemas Bellavista, Noroccidente y Parroquias
- Materialización de las obras de sectorización en ciudad y parroquias
- Evaluación y seguimiento de los Índices ANC y desagregación de componentes en sectores que se encuentran materializados
- Investigación de las causas del ANC
- Obras y Acciones para recuperación de ANC

La tabla 5 contiene el resumen actualizado a abril de 2012 de las inversiones del Programa de ANC.

**Tabla 5: Plan de Inversiones del Programa de ANC (USD) - 2011-2016**

AÑO						TOTAL
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2016
898.393	3.798.792	1.847.401	5.124.253	2.282.674	2.282.674	16.234.187

Las principales actividades de Optimización de Redes por realizar son las siguientes:

- Adquisición de micromedidores para reposición y nuevos clientes
- Suministro e instalación de sistema de Telemetría y Telecontrol en parroquias
- Suministro e instalación de sistema de Telemetría y Telecontrol en ciudad

- Obras de optimización de redes de agua potable en parroquias
- Renovación de redes y conexiones domiciliarias en ciudad y parroquias
- Equipos control ANC para Unidades Operativas de Distribución

La tabla 6 contiene el resumen de las inversiones de optimización de redes de agua potable.

**Tabla 6: Plan de Inversiones Optimización (USD) - 2011-2016**

AÑO						TOTAL
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011-2016
2.068.592	4.877.369	12.129.746	5.960.654	2.057.400	2.057.400	29.151.161

## BENEFICIOS DEL PROGRAMA DE ANC

De acuerdo a lo indicado anteriormente, las **presiones promedio de servicio actuales** en las redes de distribución son del orden de **59.1 mca en el DMQ**, y con la construcción de las obras de sectorización, por parte de la Gerencia de Operaciones, las presiones de servicio promedio disminuirían a **37.3 mca**, con lo cual se obtendría una **disminución en el porcentaje de pérdidas del orden del 3.7% en el DMQ**; adicionalmente con las actividades que se encuentran realizando la Gerencia Comercial y continuará realizando en los próximos años, asumimos una disminución del IANC del orden del **0.2%** cada año en ciudad y **0.4%** en parroquias; estimándose una disminución total del IANC en el período 2012-2016 en el DMQ de **5.0%**.

De acuerdo al cuadro mencionado, con la construcción de las obras de sectorización en **ciudad** se obtendría una disminución en el porcentaje de pérdidas del orden del **3.1%**; de acuerdo al plan de inversiones del Programa de ANC, esta actividad se iniciaría en el año 2014 y continuaría en los siguientes 2 años; adicionalmente por las actividades de la GC se prevé un **0.2%** cada año. Por lo tanto la proyección de la disminución del IANC total en ciudad sería de **4.1%**.

Con la construcción de las obras de sectorización en **parroquias** se obtendría una disminución en el porcentaje de pérdidas del orden del **4.9%**, de acuerdo al plan de inversiones del Programa de ANC, esta actividad se inició en el año 2011 y culminará en el año 2014; adicionalmente por las actividades de la GC se prevé un **0.4%** cada año. Por lo tanto la proyección de la disminución del IANC total en parroquias sería de **6.9%**.

En base a la información anterior, a continuación se presenta la Tabla 7 con el resumen de los porcentajes de reducción de pérdidas de ANC, programados por parte de las Gerencias de Operaciones y Comercial en el período 2012-2016:

**Tabla 7: Porcentajes de reducción de pérdidas de ANC programados - período 2012-2016**

AÑO	PROYECCION DISMINUCION IANC								
	CIUDAD			PARROQUIAS			TOTALES		
	GO	GC	TOTAL	GO	GC	TOTAL	CIUDAD	PARROQ	DMQ (*)
2012	-	0.2	0.2	1.0	0.4	1.4	0.2	1.4	0.6
2013	-	0.2	0.2	2.0	0.4	2.4	0.2	2.4	1.0
2014	-	0.2	0.2	0.6	0.4	1.0	0.2	1.0	0.5
2015	1.4	0.2	1.6	1.3	0.4	1.7	1.6	1.7	1.6
2016	1.7	0.2	1.9	-	0.4	0.4	1.9	0.4	1.3
TOTAL	3.1	1.0	4.1	4.9	2.0	6.9	4.1	6.9	5.0

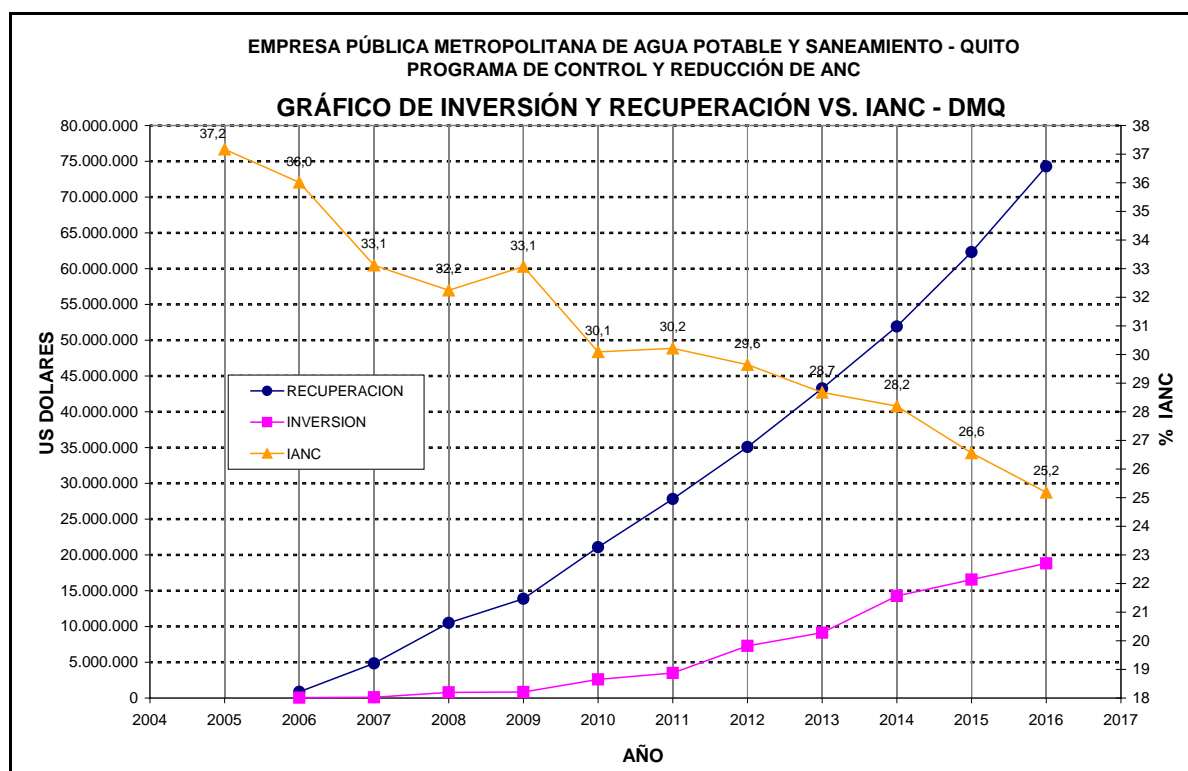
(\*) Los valores de disminución del IANC en el DMQ se calculan considerando una ponderación del 65% en los valores de ciudad y 35% de parroquias, que corresponden a los porcentajes distribuidos en ciudad y parroquias respectivamente.

Tomando en consideración los porcentajes de reducción de pérdidas de ANC programados, la cantidad de agua distribuida en el DMQ, el costo del metro cúbico de agua facturada, los costos de las inversiones del Programa y los porcentajes de agua no contabilizada recuperados, se calculó la cantidad de agua recuperada y los

beneficios económicos que esto representa para la Empresa; este análisis se presentan en el “Cuadro General Beneficio - Costo” (Tabla 8) y en el gráfico de “Inversión y Recuperación” (Figura 5).

**Tabla 8: Cuadro General Beneficio - Costo**

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO - QUITO												
PROGRAMA DE CONTROL Y REDUCCION DE ANC												
CUADRO GENERAL DE RELACIÓN BENEFICIO / COSTO - DMQ												
AÑO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CLIENTES ACTIVOS DMQ	334.435	350.133	357.283	399.093	415.153	432.355	457.143	475.429	494.446	509.279	524.558	535.049
TOTAL AGUA FACTURADA DMQ (M3)	141.047.357	144.403.174	148.398.153	148.557.475	153.407.825	156.263.217	157.995.385	160.890.259	164.739.574	167.506.714	173.034.050	178.036.464
TOTAL AGUA DISTRIB. DMQ (M3)	224.501.951	225.686.316	221.892.465	219.261.397	229.224.045	223.522.585	226.419.283	228.683.475	230.970.310	233.280.013	235.612.813	237.968.942
VALORES FACTURADOS DMQ (USD)	54.735.436	57.891.351	59.320.446	65.708.303	67.733.312	69.520.399	70.956.517	74.504.343	78.229.560	82.141.038	86.248.090	90.560.495
COSTO AGUA FACTURADA (USD/ M3)	0,39	0,40	0,40	0,44	0,44	0,44	0,45	0,46	0,47	0,49	0,50	0,51
COSTO TOTAL AGUA DISTRIB. (USD)/AÑO	87.121.180	90.477.830	88.698.948	96.981.281	101.208.030	99.443.615	101.686.032	105.897.723	109.680.421	114.394.594	117.440.210	121.045.906
% DE PÉRDIDAS - CIUDAD	29,3	25,5	23,1	25,1	28,4	24,4	21,9	21,7	21,5	21,3	19,7	17,8
% DE PÉRDIDAS - PARROQUIAS	55,5	57,4	55,0	48,2	43,6	42,2	45,8	44,4	42,0	41,0	39,3	38,9
% DE PÉRDIDAS - DMQ	37,2%	36,0%	33,1%	32,2%	33,1%	30,1%	30,2%	29,6%	28,7%	28,2%	26,6%	25,2%
VARIACIÓN DEL IANC ANUAL		1,2%	2,9%	0,9%	-0,8%	3,0%	-0,1%	0,6%	1,0%	0,5%	1,6%	1,4%
REDUCCIÓN DEL IANC - DMQ (ACUMULADA)		1,2%	4,1%	4,9%	4,1%	7,1%	7,0%	7,5%	8,5%	9,0%	10,6%	12,0%
METROS CUBICOS RECUPERADOS ANUALMENTE RESPECTO DEL 2005		2.171.452	9.960.282	12.750.672	7.638.374	16.195.226	15.030.696	15.661.378	17.223.858	17.681.294	20.875.831	23.522.116
METROS CUBICOS RECUPERADOS ACUMULADOS DESDE EL 2005		2.171.452	12.131.734	24.882.406	32.520.780	48.716.006	63.746.702	79.408.080	96.631.938	114.313.232	135.189.063	158.711.179
RECUPERACIÓN ANUAL (USD) (eficiencia en costos)		870.537	3.981.508	5.639.737	3.372.529	7.205.141	6.750.361	7.252.401	8.179.060	8.670.458	10.405.469	11.964.821
RECUPERACIÓN ACUMULADA (USD) (eficiencia en costos) desde el 2005		870.537	4.852.044	10.491.781	13.864.310	21.069.452	27.819.812	35.072.213	43.251.273	51.921.731	62.327.200	74.292.021
INVERSIÓN (USD)												
PARCIAL		48.000	48.000	703.919	48.000	1.746.131	898.393	3.798.792	1.847.401	5.124.253	2.282.674	2.282.674
INVERSIÓN ACUMULADA (USD)		48.000	96.000	799.919	847.919	2.594.050	3.492.443	7.291.235	9.138.636	14.262.889	16.545.563	18.828.237



**Figura 5: Gráfico de Inversión vs. Recuperación e IANC en el DMQ**

En el cuadro mencionado se puede apreciar que con la reducción del 7% del IANC en el DMQ en los últimos 6 años, la Empresa ha recuperado hasta el año 2011 un total de **USD 27 819 812, 00** con una inversión en el Programa de USD 3 492 443,00; se estima que para el año 2016 se habrá disminuido el IANC en un 12,0% y se habrá recuperado un total de **USD 74 292 021, 00** con una inversión acumulada de USD 18 828 237,00, lo cual demuestra la rentabilidad del Programa.

## CONCLUSIONES

A partir del año 2005, fecha en la cual se conformó el Comité y la Secretaría de ANC, se ha dado un gran impulso al Programa de Control y Reducción de ANC de la Empresa, mediante la construcción de obras de extensión y reposición de redes de distribución; construcción de obras de sectorización en un 20% de sectores en ciudad; control de reboses en los tanques de reserva; aumento de la cobertura de micromedición (del 84% al 99%) con la adquisición e instalación de micromedidores; actualización de los datos catastrales; realización de estudios de modelación sectorización hidráulica de redes de distribución; estudios de telemetría y telecontrol; aumento de la cobertura de macromedición (del 42% al 55%) y recolección de datos, con la adquisición e instalación de macromedidores y registradores de datos, etc.

Con la realización de las actividades indicadas, **a partir del año 2005 hasta el año 2011**, se ha logrado disminuir el Índice de Agua No Contabilizada en un 7.4% en ciudad (de 29.3% a 21.9%), un 9.7% en parroquias (de 55.5% a 45.8%), obteniéndose una **disminución del IANC para todo el DMQ de un 7.0% (de 37.2% a 30.2%)**. Cabe resaltar que **el volumen de agua distribuida** en todo el DMQ durante este período **prácticamente se ha mantenido constante**, con un incremento de apenas del 1% (de 224.501.951 a 226.419.283 m<sup>3</sup>/año) que representan **61 l/s** de los 7.200 l/s que se distribuyen en todo el DMQ.

Los costos de inversión en el Programa de ANC desde el año 2005 hasta el año 2011 han sido de USD 3 492 443,00, con una recuperación de 63 746.702 m<sup>3</sup> de agua no contabilizada, que a la Empresa le hubiera costado **USD 27 819 812, 00** procesar y distribuir este volumen de agua, lo cual demuestra la eficiencia y la rentabilidad del Programa.

Para el período 2012-2016, el Comité de ANC ha programado realizar los estudios de optimización hidráulica de redes de distribución de la ciudad de Quito; la construcción de las obras de sectorización y optimización en parroquias y en la ciudad de Quito; el incremento de la cobertura de macromedición y recolección de datos en el DMQ (del 55% al 98%); adquisición de equipos y construcción del edificio de control del sistema de telemetría y telecontrol; renovación de redes y conexiones domiciliarias; legalización de conexiones clandestinas; instalación de macromedidores individuales en conjuntos residenciales; etc.

Con la realización de las actividades planificadas se proyecta disminuir el IANC en un 4.1% en ciudad (de 21.9% a 17.8%), un 6.9% en parroquias (de 45.8% a 38.9%), obteniéndose una **disminución del IANC para todo el DMQ un 5.0% (de 30.2% a 25.2%)**.

Los costos de inversión totales en el Programa de ANC proyectados desde el año 2005 hasta el año 2016 son de USD 18 828 237,00, con una recuperación total de 158 711.179 m<sup>3</sup> de agua no contabilizada, que representan **USD 74 292 021, 00** de ahorro para la Empresa.

Cabe indicar además que con la realización de las obras programadas para el período 2012-2016, será posible: la regulación de presiones para reducción de pérdidas y reducción de consumos; optimizar las condiciones de servicio; mejora de la continuidad del servicio; macromedir los volúmenes suministrados por sectores; consolidar los volúmenes facturados; calcular el Índice de ANC; establecer las causas de las pérdidas y sus acciones de control; formular programas estructurados de control de pérdidas por sectores, priorizarlos y hacer seguimiento al comportamiento y a las inversiones de reducción; y facilitar las labores de operación y mantenimiento de las redes de distribución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMITÉ DE AGUA NO CONTABILIZADA. Informe de Actividades del Programa de Control y Reducción de Agua No Contabilizada de la EPMAPS. Abril de 2012.
2. Leonel Ochoa Alejo, Víctor Bourguett Ortiz. Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 2ª ed. México 2001.