



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y  
Red Académica Iberoamericana Local-Global  
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la  
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la  
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.  
Vol 9. N°26  
Junio 2016  
www.eumed.net/rev/delos/26

## **PROPUESTA DE UN SISTEMA ÓPTIMO DE GESTIÓN DEL MANEJO DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Víctor Fernández Soledispa<sup>1</sup>  
victor.fernandez.s@hotmail.com

Carlos Molestina Malta<sup>2</sup>  
carlosjmolestina@hotmail.com  
Univ. de Guayaquil  
Ecuador

### **CONTENIDO**

Resumen .....	2
Abstract .....	2
1 Introducción.....	3
2 Planteamiento del problema .....	3
3 Metodología .....	5
4 Propuesta .....	8
5. Estructura organizacional – operativa propuesta .....	10
6. Resultados de la modelación .....	12
7. Conclusiones.....	16
Referencias bibliográficas .....	18

<sup>1</sup> Ingeniero Civil; Especialista Estructural; Master en Administración de la Construcción; Docente Universitario de la Universidad de Guayaquil en la facultad de Ingeniería Industrial, Director de Tesis de pregrado y Posgrado. Ecuador.

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial; Master en Producción y Productividad; Consultor de proyectos de inversión CORPEI; ONUDI; Profesor de investigación de operaciones, Facultad de Ingeniería Industrial- Universidad de Guayaquil (25 años); Profesor de Maestría en el área de Economía ambiental; Director de Tesis de pre y posgrado.

## RESUMEN

En el presente trabajo, se analizan todos los componentes de la gestión de las redes de distribución de agua potable de la ciudad de Guayaquil en el que se propone una estrategia integral para mejorar los efectos de una adecuada gestión sobre el sistema de agua potable. Se determinan las causas que influyen en la mala gestión de los recursos, para determinar soluciones óptimas y eficientes. Se realiza una investigación exhaustiva en cuanto al tema planteado basado en el estado del arte el cual nos permite tener una mejor óptica de los sistemas de distribución de agua potable y el manejo adecuado en otros sitios del mundo. Se examina la sectorización hidráulica actual y la distribución del sistema, evidenciando problemas en el manejo y administración local. Para lograr reafirmar que el manejo y el sistema están en malas condiciones se emplean metodologías de encuestas, mediciones de caudales y simulación hidráulica en sitios estratégicos para obtener datos precisos de fugas, sistemas obsoletos y clandestinos. Con la información obtenida se plantean rehabilitar los sectores con mayores problemas de fugas y tuberías obsoletas, además se recomienda realizar una modelación hidráulica de toda la ciudad con la finalidad de contar con un sistema en buenas condiciones.

**Palabras clave:** Baja Presión-Desabastecimiento-Medición de Caudal-Redes de Agua Potable-Criticidad-Sectores Hidráulicos-Renovación integral. (JEL: Q51)

## ABSTRACT

In this paper, all components of the management distribution networks of drinking water in the city of Guayaquil are analyzed; a complete strategy is proposed to enhance the effects of proper administration of the water system determining the causes that influence the mismanagement of resources, to define optimal and efficient solutions. A thorough investigation is carried out on the issue raised based on the state of the art which allows us to have a better perspective of the water distribution systems and proper management elsewhere in the world. The current zoning and hydraulic distribution system is examined, highlighting problems in the management and local administration. To achieve reaffirm that the use and the system are in poor condition survey methodologies, measurements of flow and hydraulic simulation in strategic locations are used to obtain accurate data leaks, outdated and clandestine systems. With the obtained information, the rehabilitation of sectors with higher leakage problems and obsolete pipes are also planned and it is also recommended hydraulic modeling of the entire city in order to have a system in good condition.

**Key Word:** Low Pressure-shortage-flow measurement-potable water-Criticality, Water Utilities-Complete renovation.

## 1 INTRODUCCIÓN.

Esta investigación se fundamenta en la necesidad de resolver el histórico problema de una inadecuada gestión del sistema de agua potable, los usuarios durante décadas han sufrido de serios problemas en el abastecimiento del líquido vital. Esto no permitió desarrollar un sistema eficiente y óptimo, desembocando en un mal servicio a los habitantes de la ciudad de Guayaquil.

En base a datos estadísticos, de reclamos de baja presión, mala calidad, desabastecimiento, investigación en campo y análisis de las metodologías implementadas para la medición, distribución y gestión del agua en años anteriores y en base a una revisión de métodos modernos empleados en países desarrollados con una adecuada aplicación a nuestra realidad, se estableció un sistema óptimo, eficiente y económico para las redes de agua potable.

El modelo propuesto de optimización de la gestión del agua potable en Guayaquil se divide en tres partes;

- Primero: en función de la criticidad de presiones, calidad y abastecimiento.
- Segundo: plan de medición, determinación y recuperación de pérdidas.
- Tercero: plan de renovación integral de redes en zonas críticas

Con el modelo aquí propuesto se reducen las pérdidas de agua en la ciudad y la mala calidad en el servicio. Que son originadas por las tuberías obsoletas y la incorrecta organización al momento de ejecutar un trabajo, logrando una óptima y controlada administración del manejo del sistema de agua potable en la ciudad de Guayaquil.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ciudad de Guayaquil con más de 2'000,000 de habitantes, cada mes se consumen alrededor de 12'931,590.00 metros cúbicos de agua, siendo esta la segunda ciudad con mayor consumo en el país, por su considerable número de habitantes. La empresa que presta el servicio de agua se ve en la necesidad de construir nuevas alternativas e infraestructuras para que la población disponga de este beneficio. El agua es un recurso natural, que las empresas públicas solo se encargan de potabilizar, distribuir y cobrar el consumo, sin una adecuada gestión y control en el sistema, generando pérdidas económicas, mala calidad en el servicio, reducción en la continuidad y sostenibilidad, interrupciones frecuentes, enfermedades y contaminación al medio ambiente.

La falta de un servicio eficiente, debido a la mala operación del sistema y la falta de gestión, conllevan el deterioro de las tuberías, baja presión en el sistema, conexiones clandestinas y fugas internas y por ende malestar en las personas, además de la falta de inspección frecuente en cada componente del sistema y la falta de un registro y control de las operaciones.

También existen procesos en cada departamento que no son administrados adecuadamente, en ciertos sitios se incumplen con normas de seguridad y salud ocupacional, esto es debido a que los contratistas no son capacitados para ejercer su trabajo y en otros casos no acatan las disposiciones impuesta por la empresa.

## 2.1 Situación actual de la ciudad

INTERAGUA, Empresa Concesionaria de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Guayaquil, al iniciar el primer quinquenio de concesión (Agosto 2001 – Julio 2006) asumió el reto de brindar un servicio de agua potable óptimo en términos de continuidad, cantidad y calidad.

Considerando la situación inicial del sistema, donde menos del 50% de los usuarios situados al Norte de la ciudad contaban con servicio continuo, y los usuarios restantes localizados en el centro y sur recibían un promedio de 10 horas de servicio al día, se definió por parte de la empresa un plan agresivo de trabajo enfocado a la optimización hidráulica del sistema y a la reducción de pérdidas, con el fin de brindar un servicio continuo a la totalidad de la población, plan que se denominó “Los Ángeles”.

Entre las actividades desarrolladas en el Plan Los Ángeles, se destacaron las siguientes:

- a) **Elaboración del Balance macro del sistema de distribución:** Este estudio plantea la división macro del sistema de distribución de agua potable y se definen las principales obras de interconexión entre tuberías matrices.
- b) **Obras de Interconexiones entre tuberías matrices:** que permite incrementar la capacidad de transporte entre la planta de potabilización y la ciudad (interconexiones entre acueductos de 2000 y 1050 mm y entre acueductos de 1250 y 1050 mm).
- c) **Conformación de macro sectores hidráulicos:** Denominados Territorios, los cuales son hidráulicamente independientes y medidos de manera permanente. Han permitido desarrollar el programa de reducción de pérdidas.
- d) **Sectorización de las zonas centro y sur de la ciudad:** se realizaron gran cantidad de obras menores (instalaciones de válvulas, interconexiones, taponamientos de redes antiguas) con el fin de configurar zonas hidráulicamente independientes.
- e) **Creación de unidad de control de agua potable:** La unidad de control fue planteada para realizar un seguimiento permanente del sistema de distribución durante las 24 horas del día, todos los días del año.
- f) **Desarrollo del modelo hidráulico:** Para determinar posibles escenarios:
  - Estimación de la demanda.
  - Estructura del modelo
  - Red de Mediciones
  - Calibración del modelo

La situación actual en relación a estrategias y manejo de sistema, se puede resumir en lo siguiente:

- Los niveles de pérdidas en el sistema de la ciudad son mayores en el centro y sur de la ciudad (mayor al 70% ANC).
- El crecimiento de la demanda de la ciudad en el tiempo debe ser compensada con la reducción de pérdidas en el sistema.
- A través del balance hidráulico y análisis de la modelación y que debe de proyectarse a todo el sistema.

### **3 METODOLOGÍA**

#### **3.1 Fundamento histórico de la sectorización hidráulica**

Antes de concesionar el manejo del agua potable en Guayaquil en la década de los 90, la ciudad contaba con un pésimo sistema de distribución de agua potable. Este sistema tenía la captación y distribución en la planta la toma en donde salen cuatro acueductos principales que abastecen a toda la ciudad lo cual no tenían un adecuado balance hidráulico, además tenía un pobre sistema de medición (solo tenía un Caudalímetro en la toma), no había sectorización hidráulica es decir, si ocurría una fuga en el sur de la ciudad que es el punto más lejano se tenía que dejar sin abastecimiento a toda la ciudad. En el 2001 INTERAGUA recibió la competencia del manejo y gestión del agua potable de la ciudad de Guayaquil. Hasta ese año el centro y sur de la ciudad contaba con un abastecimiento discontinuo (5 horas en la mañana y 5 horas en la noche), esto se debía a las múltiples fugas en redes de AC y HF en su mayoría y a la no sectorización.

INTERAGUA implemento el plan llamado "Cóndor" que a través de un trabajo minucioso se encargó de crear Macrosectores hidráulicos con su respectiva medición, en su primera etapa se dividió en norte centro y sur, luego se crearon distritos de medición (en función del tanque o acueducto que los alimentaba), teniendo como finalidad la división de Guayaquil en sectores con longitudes de redes menores a 10 km, una vez creados estos sectores se procedía a realizar búsqueda de fugas a través de geófonos y luego su reparación, a medida que se realizaba esta actividad al momento de alcanzar una presión de servicio adecuada en las redes se procedía a dejar abiertas las válvulas y dar continuidad las 24 horas en el sector.

#### **3.2. Ciclo planteado para un abastecimiento sustentable**

El ciclo propuesto para mejorar el sistema de abastecimiento comienza con la recopilación y almacenamiento de datos, que es el punto de partida para analizar las variables y los indicadores, luego la aplicación de la metodología propuesta que será la que permitirá examinar el estado del sistema de abastecimiento una vez que los resultados sean desagregados para luego proponer el plan de mejora del abastecimiento, con esto se llevara a cabo la ejecución y con su

debido seguimiento y control permitirá que el sistema de abastecimiento en la ciudad de Guayaquil alcance un nivel deseado y óptimo de acuerdo a una correcta gestión.



*Fuente: Varios autores de Gestión*

**Gráfico 1: Ciclo para la propuesta**

### 3.3 Encuestas en sitios con mayor criticidad

Con los datos que la encuesta arroje se logrará tener una idea para hacer un diagnóstico del nivel del abastecimiento y calidad del servicio, además de su impacto económico y social, evaluar las áreas que deberían estar vinculadas a los problemas y que están descuidadas, identificar las necesidades que se presentan en el sitio con el fin de gestionar el abastecimiento de la forma correcta y finalmente presentar las variables que permiten mejorar el trabajo de la actual empresa que presta el servicio del agua potable.

La encuesta cuenta con información necesaria para la desagregación tal como: dirección, sector hidráulico, nombre de la persona encuestada, actividad económica de la familia, fecha, miembros que habitan en casa, principales enfermedades que afecta a los niños, servicios básicos, satisfacción con el servicio, satisfacción con la calidad y cantidad, valor del consumo por m<sup>3</sup>, buenos hábitos en la familia en cuanto al buen uso del agua.

#### 3.3.1. Configuración de territorios - distritos - sectorización

La ciudad de Guayaquil está dividida en tres grandes zonas, (Norte, Centro y Sur) y cada zona está estructurada por territorios, **SGU** (Sur Guasmo) - **SRO** (Sur alimentado del Reservorio Oeste) - **S72** (Sur alimentado del acueducto de 1800mm) - **CTC** (Centro alimentado del Reservorio Tres Cerritos) - **CRO** (Centro alimentado del Reservorio Oeste) - **CTP** (Centro Portete alimentado

del Reservoirio Tres Cerritos) - **CSA** (Centro alimentado del Reservoirio Santa Ana) - **N50** (Norte alimentado del acueducto de 1250mm) - **N72** (Norte alimentado del acueducto de 1800mm) - **N42** (Norte alimentado del acueducto de 1050mm) - **NRO** (Norte alimentado del Reservoirio Oeste) - **NTC** (Norte alimentado del Reservoirio Tres Cerritos)- N80 (Norte alimentado del acueducto de 2000mm).

Cada territorio cuenta con distritos, que es una zona compuesta de redes alimentadas de un acueducto importante y que conforman varios sectores hidráulicos que a su vez son medidos con un Caudalímetro principal. A continuación en la siguiente tabla se muestran los territorios, distritos, macromedición y sectores que los conforman.

Actualmente en la ciudad de Guayaquil hay 777 Sectores Hidráulicos y según su configuración abastecen a 490000 números de usuarios. A continuación como se denota geográficamente lo detallado en las tablas.

Tabla 1. Pérdidas de agua no contabilizada por cada distrito

<b>BALANCE HIDRAULICO</b>			
<b>TERRITORIO</b>	<b>PROM ENTRG m3/mes</b>	<b>PROM CONTAB m3/mes</b>	<b>ANC</b>
<b>SGU</b>	1608169,24	582468,976	63,78%
<b>SRO</b>	1257624,38	458621,436	63,53%
<b>S72</b>	2848448,35	1019353,78	64,21%
<b>CTC</b>	3291794,32	1056938,56	67,89%
<b>CRO</b>	1138377,71	315904,281	72,25%
<b>CTP</b>	4091631,6	1066284,59	73,94%
<b>CSA</b>	543167,636	404223,567	25,58%
<b>N50</b>	3006633,27	1225567,67	59,24%
<b>N72</b>	6519856,56	2906234,21	55,42%
<b>N42</b>	2743558,11	1431767,92	47,81%
<b>NRO</b>	1357001,86	707702,656	47,85%
<b>NTC</b>	498041,634	269129,58	45,96%

Fuente: INTERAGUA

Los distritos que presentan más pérdidas de Agua no Contabilizada son: SGU - SRO - S72 - CTC - CRO - CTP, zonas que forman parte del centro y sur de la ciudad mientras que en el norte, los más relevantes en pérdidas son el N50 y N72, luego de esto se hará una evaluación de acuerdo al número de reclamos reportados, daños fortuitos reportados, trabajos reportados y programados para determinar los sectores hidráulicos más críticos y proceder a realizar la encuesta, en base a los resultados de la encuesta se plantearán alternativas para la mejora del sistema de agua potable, para luego del análisis respectivo definir las mejores alternativas desde los puntos de vista técnico, ambiental, social, económico, financiero y de gestión de servicios.

## 4 PROPUESTA

### 4.1. Determinación de las zonas críticas, no críticas y media

Para llegar a la determinación de la criticidad, los criterios a evaluar son los siguientes:

- Caudales de pérdidas
- Reclamos de baja presión y mala de calidad del agua
- Encuesta

#### 4.1.1. Caudales de pérdidas

Guayaquil está dividido hidráulicamente en 777 sectores, los cuales están agrupados por distritos de medición. Para obtener los caudales de pérdida de un distrito de medición se resta al caudal de ingreso al distrito (dato del Caudalímetro), el caudal de consumo de usuarios (dato de los micromedidores).

#### 4.1.2. Reclamos de bajas presiones y mala calidad del agua

Con los datos de los reclamos diarios del año 2014 proporcionados por la empresa de agua potable de Guayaquil, se determinaron los indicadores por cada macro sector (se divide el número de reclamos con el total de acometidas por macro sector). Se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 2. Total de acometidas por macro sector**

	TOTAL DE ACOMETIDAS
CRO	14330,00
CSA	13538,00
CTC	31969,00
CTP	52743,00
N42	77735,00
N72	146270,00
NTC	7223,00
SGU	40876,00
SRO	19884,00

*Fuente: Empresa de agua potable de Guayaquil*

### 3. Indicadores de reclamos en los sectores críticos

	14330	52743	146270
	RECLAMOS POR MACROSECTORES		
	CRO	CTP	N72
ENERO	0,014	0,011	0,029
FEBRERO	0,012	0,008	0,028
MARZO	0,011	0,009	0,023
ABRIL	0,010	0,011	0,027
MAYO	0,010	0,011	0,029
JUNIO	0,013	0,012	0,021
JULIO	0,013	0,013	0,027
AGOSTO	0,010	0,014	0,026
SEPTIEMBRE	0,014	0,012	0,026
OCTUBRE	0,022	0,015	0,030
NOVIEMBRE	0,017	0,012	0,026
DICIEMBRE	0,017	0,009	0,019
<b>Total general</b>	<b>0,16</b>	<b>0,14</b>	<b>0,31</b>

**Fuente:** Empresa de agua potable de Guayaquil

Figura 1. Indicadores de reclamos



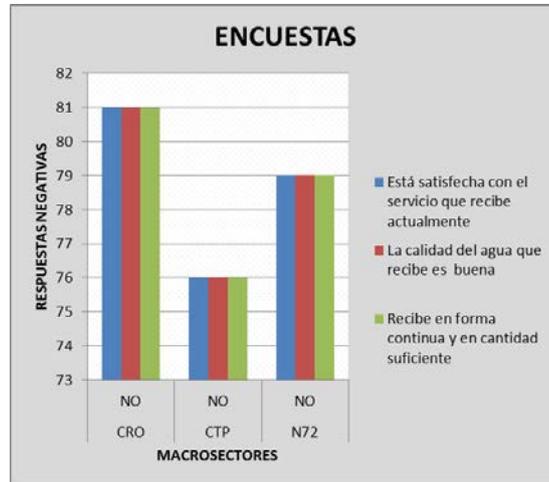
**Fuente:** Empresa de agua potable de Guayaquil

#### 4.1.3. Encuesta

A la ciudad se la dividió en tres zonas (Norte, Centro y Sur) formando tres grupos de trabajo, cada grupo fue integrado por dos personas que realizaron la encuesta, la misma que tuvo un tiempo de duración promedio de 20 a 30 min por predio. Estos grupos laboraron 8 horas diarias durante 2 semanas.

Como punto de partida se tomó los reclamos de baja presión y mala calidad, y se lo dividió en el norte, centro y sur. En el norte los sectores N72 y N42 fueron los que tuvieron mayor incidencia de reclamos, en el centro fueron CTC - CRO - CTP y en el sur SGU y SRO.

Esta encuesta sirvió para confirmar en gran parte que los sectores con mayores problemas de agua potable para los usuarios son CRO, CTP y N72 (Cristo del consuelo, Batallón del suburbio, La colmena, Sauces)

**Figura 2. Sectores con menor satisfacción**

**Fuente: Los Autores**

## 5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL – OPERATIVA PROPUESTA

El objetivo de esta investigación es presentar una estructura organizacional y operativa que maneje la gestión del agua potable en Guayaquil. A continuación se presenta un organigrama operacional para el adecuado manejo del agua potable.

Para una adecuada gestión del agua potable se ha adecuado una estructura integral y eficiente para poder gestionar todos los elementos y aspectos del sistema del agua potable, esta estructura presenta tres grandes bloques direccionales que son:

- Distribución
- Análisis
- Ejecución

Estos tres bloques están íntimamente relacionados y abarcan desde el análisis de todos los elementos existentes en la red así como todos los reclamos que ingresan de los usuarios con un proceso investigativo – integral para obtener una solución técnica y económica para que dentro de la misma estructura se haga la ejecución de dichos trabajos, con esta propuesta se va a disminuir los índices de insatisfacción de los usuarios, se va a mejorar la estructura existente de distribución y por ende disminuir pérdidas.

Dentro del primer bloque de distribución se encuentran todos los departamentos operativos y de atención como:

Sala de Control: esta unidad se encarga del monitoreo de todos los elementos existentes del sistema como son; estaciones de bombeo, puntos de medición de presión y caudal en

acueductos y tuberías principales, operación del sistema para tener un adecuado balance hidráulico.

Estaciones de bombeo: es el área que se encarga del mantenimiento y operatividad de todas las estaciones de bombeo existente.

Topografía: se encarga de realizar levantamientos planímetros y altimétricos de las redes de agua potable; información necesaria que va alimentar al bloque análisis que se verá más adelante.

Acueductos: esta unidad se encarga de realizar el mantenimiento y chequeo de todos los elementos que se encuentran en los acueductos como válvulas de control, puntos de presión.

Servidumbre: es el área que se encarga de revisar y analizar todas las solicitudes de construcción cerca de la faja de servidumbre, está encargada de aprobar construcción a ciertas distancias mínimas en relación a la ubicación de acueductos o redes principales.

Digitalización y Ubicación Geográfica: está encargada de realizar toda la digitalización de los elementos de las redes con ubicación georreferenciada, lo cual es una ayuda importante para los bloques de análisis y ejecución debido a que un buen catastro permite que se haga un estudio más exacto de las redes y también ayudando a una correcta ejecución de los trabajos.

Atención de reclamos: esta área es parte fundamental de la empresa ya que recibe y gestiona todos los requerimientos en relación a la baja presión y mala calidad del agua potable de los usuarios. Tiene una relación muy cercana y un trabajo en conjunto con los bloques de análisis y ejecución porque se requiere un adecuado estudio de los problemas de baja presión y mala calidad en redes, en el caso de ser necesario ejecución los proyectos.

En el segundo bloque se encuentra el Análisis de pérdidas y problemas en las redes de agua potable presentando una adecuada solución.

Por ello tenemos un área de pérdidas de agua que en función al análisis realizado en el numeral 4.2 se obtuvo tres zonas de acuerdo a su criticidad que son las sub-áreas.

Cada sub-área tiene a su cargo el análisis, diversas soluciones y seguimientos de los distritos encomendados como son:

Zona Crítica: SGU - SRO - S72 - CTC - CRO – CTP

Zona no crítica: CSA – N42 – NRO – NTC

Zona media: N42 y N72

Estas sub-áreas tendrán a su cargo cuadrillas de investigación de toma de presiones que a su vez trabajaran en conjunto con las áreas de modelación, diseños, mediciones y VRP.

Las tres zonas juegan un papel importante en la estructura, debido a que el trabajo que van a realizar es el de tener una correcta y actualizada medición de sus distritos para tenerlo como punto de partida, luego una modelación para determinar las áreas críticas. Luego en campo realizar investigaciones confirmando el modelo, presentar una propuesta al área de diseño para llevarlo al bloque de ejecución que es el que va a realizar todos los trabajos sobre la red de distribución, sean estos reparaciones, nepleos, rehabilitación de tramos de tuberías, etc.

### 5.1. Plan de acción propuesta

En función del análisis realizado sobre la reducción de pérdidas de agua potable en el que se han desagregado todos los elementos técnicos que conforman las pérdidas de agua potable.

Se inicia del balance hidráulico que es de suma importancia para determinar la realidad hidráulica de las redes del agua potable, ya que se parte de un catastro de las redes (material, tipo, año de instalación, topografía) estado de los elementos que se encuentran sobre a red, a través de los datos del caudal que existen en todos los puntos de medición fijos en los macro sectores de Guayaquil se realiza un balance entre zonas homogéneas, para determinar porcentajes de ANC es decir las zonas con mayores pérdidas.

También se considera la estadística de reclamos de baja presión y mala calidad de agua que se tiene en todos los Macrosectores de la ciudad, las cuales se las ha normalizado a través de un indicador

Con estos elementos (balance hidráulica y análisis de reclamos por macro sector) se procede a calificar cualitativa y cuantitativamente a los macro sectores con mayores pérdidas. Con esto se elaboró una matriz de encuesta, enfocando los macro sectores CRO – CTP - N72 – CTC – SGU – SRO - N42 – CSA – NTC. Resultando los Macrosectores CRO – CTP – N72 las zonas con mayores pérdidas.

Dentro de estos tres Macrosectores, la estadística de reclamos y la encuesta proporciona subsectores en los que concurren la mayor cantidad de problemas. Estos subsectores son: CRO-025, N72-363 y CTP-005.

La información hidráulica de estos sectores se ingresan al programa WaterGEMS en el cual se analizan varios escenarios reales y futuros los cuales permiten determinar el comportamiento actual de la red y su variación incluyendo la rehabilitación de los mismos. Se obtiene resultados de recuperación futura, importante y vital para disminuir las perdidas en Guayaquil.

## 6. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

Los datos técnicos que se obtiene en esta modelación son los siguientes:

### 6.1. Macro sector CTP

En la modelación del sector CTP, se toma en cuenta todas las tuberías que se encuentran dentro del macro sector, teniendo los siguientes datos:

**Tabla 4. Datos del macro sector completo**

RESULTADOS	
Longitud de redes del macro sector	650 km
Presión promedio	1.4 bar
Presión máxima	1.7 bar
Presión mínima	1.2 bar

**Fuente: Los Autores**

Luego de los escenarios simulados, se logra determinar el área con mayores pérdidas que es el CTP-005 limitado por; al Norte (Gómez Rendón), Sur (Portete), Este (Calle 23), Oeste (Calle 32), teniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5. Resultados del sector hidráulico simulado**

RESULTADOS	
Longitud de redes	12.5 km
Presión promedio	1.3 bar
Presión máxima	1.6 bar
Presión mínima	1.1 bar
Caudal de ingreso	55 l/s
Caudal de pérdidas	38 l/s
Longitud de tuberías a rehabilitar	12.5 km
Número de conexiones domiciliarias	1792
Recuperación de caudal con rehabilitación	32 l/s

**Fuente: Los Autores**

## 6.2. Macro sector CRO

En la modelación del sector CRO, se toma en cuenta todas las tuberías que se encuentran dentro del macro sector, teniendo los siguientes datos:

**Tabla 6. Datos del macro sector completo**

RESULTADOS	
Longitud de redes del macro sector	100 km
Presión promedio	1.3 bar
Presión máxima	1.6 bar
Presión mínima	1.1 bar

**Fuente: Los Autores**

Luego de los escenarios simulados, se logra determinar el área con mayores pérdidas que es el CRO-025 (Cristo del Consuelo)

**Tabla 7. Resultados del sector hidráulico simulado**

	RESULTADOS
Longitud de redes	27 km
Presión promedio	1.3 bar
Presión máxima	1.5 bar
Presión mínima	1.0 bar
Caudal de ingreso	130 l/s
Caudal de pérdidas	110 l/s
Longitud de tuberías a rehabilitar	27 km
Número de conexiones domiciliarias	3140
Recuperación de caudal con rehabilitación	100 l/s

*Fuente: Los Autores*

### 6.3. Macro sector N72

En la modelación del sector N72, se toma en cuenta todas las tuberías que se encuentran dentro del macro sector, teniendo los siguientes datos:

**Tabla 8. Datos del macro sector completo**

	RESULTADOS
Longitud de redes del macro sector	1400 km
Presión promedio	1.6 bar
Presión máxima	1.9 bar
Presión mínima	1.4 bar

*Fuente: Los Autores*

Luego de los escenarios simulados, se logra determinar el área con mayores pérdidas que es el N72-363 (Sauces III)

**Tabla 9. Resultados del sector hidráulico simulado**

	RESULTADOS
Longitud de redes	15 km
Presión promedio	1.5 bar
Presión máxima	1.7 bar
Presión mínima	1.3 bar

	RESULTADOS
Caudal de ingreso	55 l/s
Caudal de pérdidas	40 l/s
Longitud de tuberías a rehabilitar	15 km
Número de conexiones domiciliarias	1683
Recuperación de caudal con rehabilitación	30 l/s

*Fuente: Los Autores*

#### 6.4. Propuesta de rehabilitación para reducción inicial del ANC

Con la modelación de los tres Macrosectores se propone rehabilitar los sectores CTP-005, CRO-025, N72-363, que son los que tienen mayores pérdidas, permitiendo recuperar la inversión a corto plazo, disminuir los índices de ruptura, equilibrar caudales y presiones en el sistema, mejorar la calidad de vida de los usuarios, reducción energética y reducir el ANC.

La rehabilitación de estos sectores permite tener un mejor balance de pérdidas en Guayaquil reduciéndola; pero para un adecuado manejo de la gestión del agua potable de Guayaquil se la debe complementar con la estrategia que se plantea en la presente tesis que consta de la implementación de tres zonas que se van a dedicar al análisis, seguimiento y ejecución de trabajos para reducir pérdidas en ciertos sectores y como parte de este seguimiento incluye la modelación que va a permitir determinar sectores que progresivamente van a ser rehabilitados anualmente.

#### 6.5. Evaluación económica y financiera

En la capítulo anterior se analizaron las pérdidas en los Macrosectores más críticos a través de una modelación, las cuales nos dieron como resultado que los sectores CTP-005, CRO-025 y N72-363 requieren ser rehabilitados por tener altas pérdidas y como resultado, nos permite disminuir caudal de pérdidas y recuperar la inversión realizada.

##### 6.5.1. Viabilidad económica y financiera.

###### 6.5.1.1. Supuestos utilizados para el cálculo.

El desarrollo de un proyecto de rehabilitación de redes de agua potable, genera beneficios a los habitantes de los sectores del Cristo del Consuelo, Sauces y el Suburbio, como:

**Ahorro en adquisición y mantenimiento de equipos de bombeo en predios de varios pisos.-** Debido a la rehabilitación de las tuberías de agua potable en los sectores, se van a elevar las presiones de servicio en cada predio; y eso evitará que los usuarios que tienen predios de dos

plantas o más, tengan que adquirir, mantener equipos de bombeo y esto genera un ahorro de Energía Eléctrica.

**Aumento en plusvalía de predios.-** Gracias a la implementación de este proyecto, el valor del bien inmueble aumenta, ya que el contar con un servicio de agua potable óptimo es un gran valor agregado del bien.

#### Supuestos:

a) Para el cálculo de Ahorro en adquisición y mantenimiento de equipos de bombeo en predios de varios pisos, se considera cómo costo promedio (incluye adquisición, mantenimiento y costo de energía eléctrica que demanda el equipo) \$40 mensuales por familia, este gasto será proyectado para la vida útil del proyecto. Este valor será calculado solamente sobre el 30% del total de predios, ya que el 30% de los predios CTP-005, CRO-025 Y N72-363 tienen + de 1 piso y por lo tanto solo esos predios tienen el gasto actual de equipos de bombeo.

b) Para el cálculo de Aumento en plusvalía de predios, se estima que el aumento es de un 3% del valor actual del predio, siendo proyectado para la vida útil del proyecto. El costo promedio de un predio promedio de los sectores \$25000.

#### PRESUPUESTO REFERENCIAL

**Tabla 10. Presupuesto de rehabilitación de redes**

	CTP-005	CRO-025	N72-363
<b>TOTAL MATERIALES</b>	168944,64	316974,02	206232,95
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>	1060553,61	1767631,45	1270202,45
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	233604,67	396075,04	280522,73
<b>TOTAL</b>	1463102,92	2480680,51	1756958,13
<b>IVA</b>	175572,35	297681,66	210834,98
<b>TOTAL CON IVA</b>	1638675,27	2778362,17	1967793,11

**Fuente: Los Autores**

## 7. CONCLUSIONES

En la primera parte se plantea la situación actual, en el que se muestra lo deficiente que se encontraba el sistema de agua potable en la década de los 90, el centro y sur de Guayaquil tenía un desabastecimiento discontinuo, los altos problemas de calidad y presión que generaban un descontento de la población en general, una medición incompleta.

Por último, se realiza un análisis de la sectorización hidráulica aplicada en los últimos años, dividiendo al sistema de redes de agua potable en macro sectores y a su vez sectores hidráulicos, como unidades autónomas con muchos beneficios hidráulicos como cuando hay una

fuga de agua potable la sectorización ayuda para que el área de afectación se las más pequeña posible.

Además se indica el formato de encuesta que se realiza a los usuarios con mayores problemas de mala calidad y presión para poder confirmar los datos del análisis hidráulico. También se muestra la modelación realizada para determinar los sectores más críticos de Guayaquil.

Se cierra con la propuesta en tres partes muy ligadas entre sí:

Primero: Sistema de administración de las zonas de redes en función de la criticidad de presiones, calidad y abastecimiento. En el que se presenta una estructura operativa para el manejo del sistema de agua potable en tres zonas; zona crítica (áreas con mayor índices de baja presión, mala calidad y desabastecimiento), zona No crítica (sectores más óptimos) y zona media (áreas con un nivel de servicio aceptable).

Segundo: plan de medición, determinación y recuperación de pérdidas.

Tercero: plan de renovación integral de redes en zonas críticas.

Con el balance hidráulico y análisis de reclamos por macro sector se procede a calificar cualitativa y cuantitativamente a los macro sectores con mayores pérdidas. Con esto se elaboró una matriz de encuesta, enfocando los macro sectores CRO – CTP - N72 – CTC – SGU – SRO - N42 – CSA – NTC. Resultando los Macrosectores CRO – CTP – N72 las zonas con mayores pérdidas.

En estos tres Macrosectores se realizó una Modelación, con la cual se concluye que se deben de rehabilitar los sectores CTP-005, CRO-025, N72-363, que son los que tienen mayores pérdidas, permitiendo recuperar la inversión a corto plazo, disminuir los índices de ruptura, equilibrar caudales y presiones en el sistema, mejorar la calidad de vida de los usuarios, reducción energética y reducir el ANC.

La rehabilitación de estos sectores permite tener un mejor balance de pérdidas en Guayaquil reduciéndola; pero, para un adecuado manejo de la gestión del agua potable de Guayaquil se recomienda complementar con la estrategia que consta de la implementación de tres zonas que se van a dedicar al análisis, seguimiento y ejecución de trabajos para reducir perdidas en ciertos sectores y como parte de este seguimiento incluye la modelación que va a permitir determinar sectores que progresivamente van a ser rehabilitados anualmente.

La evaluación económica y financiera garantiza que rehabilitando estos tres sectores hidráulicos vamos a tener un beneficio económico para los usuarios como el aumento de la plusvalía y eliminación de sistemas de bombes de los predios, además de un beneficio financiero para la concesionaria ya que se disminuyen los costos de producción de agua potable ya que se van a disminuir los volúmenes de agua potable enviada a la ciudad.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADERASA Benchmarking. (2007). Manual de indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado sanitario. Asociación de entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas. América
- Arreguín y Cortés. (2004). USO EFICIENTE DEL AGUA
- Barajas M. (2008). Convergencia y divergencia sobre la administración del agua. México.
- Arreguín-Cortés, F. I. (2004). USO EFICIENTE DEL AGUA
- Barajas M. (2008). convergencia y divergencia sobre la administración del agua. México.
- Cabrera Marcet E. (2006). Alternativas y Estrategias disponibles en la Reducción de Peridas.
- Christian Abarca, V. D. (2012). Técnicas de detección y localización de fugas de agua en. Loja - Ecuador.
- CORPENING W. L., W. T. (1990). A History of the consumption Toilet and its Introduction into. Phoenix, Arizona, Estados Unidos.
- Enrique, C. M. (2006). Alternativas y Estrategias disponibles en la Reducción de Pérdidas Municipio. (1977). Conferencia sobre el derecho al agua. Mar del Plata, Argentina.
- Paz Sanchez A. (1966). Bombas para agua potable. OPS, Washington D.C.
- Sánchez T y Manuel S. (2011). La gestion del agua en España. Revista de Estudios Regionales, 207
- Víctor, B. O. (2004). Estrategia y Organización para la Detección de Fugas. México.