



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS**

**ANÁLISIS DEL AGUA NO CONTABILIZADA Y PROPUESTA PARA SU
CONTROL, EN PLANES DE BÁRCENAS, ZONA 3 DE VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

**CARLOS ALBERTO ELÍAS MARTÍNEZ Y
SARA LISBETH SALGUERO MONROY**

Asesorados por el Ing. MsC. Julián Duarte

GUATEMALA, JULIO DE 2004



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS

**ANÁLISIS DEL AGUA NO CONTABILIZADA Y PROPUESTA PARA SU
CONTROL, EN PLANES DE BÁRCENAS, ZONA 3 DE VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

ESTUDIO ESPECIAL

Presentado a la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos
-ERIS-

por los Ingenieros Civiles

**CARLOS ALBERTO ELÍAS MARTÍNEZ Y
SARA LISBETH SALGUERO MONROY**
Asesorado por: Ing. MsC. Julián Duarte

Como requisito previo para optar al Grado Académico de

MAESTRO EN INGENIERÍA SANITARIA
(MAGISTER SCIENTIFICAE)

Guatemala, Julio de 2,004

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de tesis titulado:

ANÁLISIS DEL AGUA NO CONTABILIZADA Y PROPUESTA PARA SU CONTROL, EN PLANES DE BÁRCENAS, ZONA 3 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que fue autorizado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) con fecha 10 de septiembre de 2003.

Ing. Carlos Alberto Elías Martínez

Ing. Sara Lisbeth Salguero Monroy

Guatemala, Julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphey Olimpo Paiz
VOCAL II	Ing. Amaham Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

DIRECTOR ERS

Ing. MsC. Pedro Saravia Celis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

EXAMINADOR	Ing. MsC. Julián Duarte
EXAMINADOR	Ing. MsC. Guillermo García Ovalle
EXAMINADOR	Ing. MsC. Félix Aguilar Carrera

ASESOR DE ESTUDIO ESPECIAL

Ing. MsC. Julián Duarte

Guatemala, Julio 19 de 2004

Ingeniero
Teófilo Álvarez
Jefe Control Académico
ERIS
Presente.

Ing. Álvarez

Respetuosamente me dirijo a usted, informándole por medio de la presente que he revisado el estudio especial titulado **ANÁLISIS DEL AGUA NO CONTABILIZADA Y PROPUESTA PARA SU CONTROL, EN PLANES DE BÁRCENAS, ZONA 3 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, de los estudiantes **Carlos Alberto Elías Martínez** y **Sara Lisbeth Salguero Monroy**, el cual cumple con los requisitos exigidos por la ERIS y la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Agradeciendo su atención a la presente, se suscribe de usted, atentamente,

Ing. MsC. Julián Duarte
Asesor de Estudio Especial

ID Y ENSEÑAD A TODOS

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO

Por ser la guía de nuestra vida

A nuestro asesor

Ing. MsC. Julián Duarte, por su interés, sus consejos, su supervisión constante y su ayuda en el desarrollo de este estudio.

A la Empresa de Agua Altos de Bárcenas, Civica y Nempresa

Por toda su colaboración, para la realización de este estudio especial, especialmente al Ing. Fernando Ramírez, Lic. Jorge Calderón y Lic. Silvia Artola.

Al Ing. Joram Matías Gil

Por su ayuda durante la selección del tema de ese estudio especial.

A Biwater Consultores de Guatemala

A nuestros Maestros de ERIS

A todos nuestros compañeros de la ERIS

A la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ACTO QUE DEDICO
CARLOS ALBERTO ELÍAS MARTÍNEZ

Mi esposa	Sara Salguero, por su amor, apoyo y comprensión.
Mis padres	Santos Elías María Adela Martínez de Elías Por su incondicional apoyo.
Mis hermanos	Aura Marina, Silvia Elizabeth, Sandra Patricia, Santos Estuardo, Sara Carolina, Paula Margarita, María Adela, José Alejandro.
Mis amigos	
Toda mi familia.	

ACTO QUE DEDICO
SARA LISBETH SALGUERO MONROY

Mi esposo	Carlos Elías, por ser el amor de mi vida y apoyarme en todo momento para seguir adelante.
Mis padres	Pedro Salguero Vela Alicia Monroy de Salguero Por todo su amor.
Mis hermanos	Ivis Dany y Juana Alicia (la ogui)
Toda mi familia	

INDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
LISTADO DE SIMBOLOS	XVIII
GLOSARIO.....	XIX
LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE PLANES DE BÁRCENAS.....	XXII
RESUMEN	XXIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XXV
JUSTIFICACIONES.....	XXVII
HIPÓTESIS, ALCANCE Y LIMITACIONES.....	XXVIII
OBJETIVOS	XXX
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA	1
1.1 AGUA NO CONTABILIZADA.....	1
1.1.1 Pérdidas comerciales.....	2
1.1.2 Pérdidas físicas.....	3
1.1.3 Volumen autorizados no facturados	5
1.2 PÉRDIDAS TÍPICAS EN OTROS PAÍSES.....	5
1.2.1 Ciudades de los Estados Unidos de América.....	6
1.2.1.1 Datos generales	6
1.2.1.2 Pérdidas por clase de fuentes de producción	6
1.2.1.3 Pérdidas de acuerdo al aporte de los sistemas	6
1.2.1.4 Calificación de las pérdidas	7
1.2.2 Ciudades de Asia	7

1.2.2.1	Política de mantenimiento de micro medidores.....	8
1.2.2.2	Las pérdidas y su composición	9
1.2.3	<i>Instituciones de agua potable y saneamiento de América Latina</i>	9
1.2.3.1	Producción y facturación de agua.....	10
1.2.3.2	Elementos que integran el ANC	11
2.	REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS	14
2.1	REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS	14
2.1.1	<i>Diagnóstico de pérdidas</i>	14
2.1.2	<i>Sectorización de la red</i>	15
2.1.3	<i>Eliminación de pérdidas</i>	17
2.1.3.1	Eliminación física	17
2.1.3.2	Eliminación comercial.....	17
2.1.4	<i>Control de pérdidas</i>	18
2.2	BENEFICIOS DE LA REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS.....	19
2.2.1	<i>Costos y beneficios de la reducción de pérdidas de agua potable</i>	20
2.2.1.1	Costos y beneficios de la reducción de pérdidas comerciales	21
2.2.1.2	Beneficios de la reducción de pérdidas físicas	22
3.	TARIFAS.....	24
3.1	MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE COSTOS.....	24
3.1.1	<i>Por medición</i>	24
3.1.2	<i>Tarifas únicas</i>	25
3.1.3	<i>Accesorios sanitarios</i>	26
3.1.4	<i>Impuestos/fondos del gobierno</i>	26
3.1.5	<i>Impuestos sobre otros cobros</i>	26
3.2	INDICADORES DE RENDIMIENTO DE LA EMPRESA DE AGUA POTABLE.....	27
3.2.1	<i>Características de los indicadores</i>	28
3.2.2	<i>Requisitos que deben cumplir las metas</i>	28
3.2.3	<i>Tipos de indicadores</i>	29
3.2.4	<i>Indicadores de la gestión de empresas de agua potable</i>	30
4.	METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	34
4.1	METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	34
4.1.1	<i>Alcance del estudio especial</i>	37
4.1.2	<i>Panorama legal de la empresa de agua potable</i>	37
4.1.3	<i>Tipo de administración de la empresa</i>	37

4.1.4	<i>Descripción de las fuentes de agua potable</i>	38
4.1.5	<i>Cantidad y características de los usuarios del servicio</i>	38
4.1.6	<i>Tarifas actuales por el servicio de agua potable</i>	38
4.2	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.....	42
4.3	SISTEMA FÍSICO DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	42
4.3.1	<i>Pozo</i>	42
4.3.2	<i>Tanque de almacenamiento y fosa de succión</i>	43
4.3.3	<i>Bombas</i>	45
4.3.4	<i>Cloración</i>	46
4.3.5	<i>Distribución</i>	47
4.3.6	<i>Conexión domiciliar</i>	50
4.4	SISTEMA COMERCIAL	50
4.4.1	<i>Sistema de facturación</i>	51
4.5	COSTOS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA.....	55
4.6	OFERTA DE AGUA POTABLE	57
4.7	DEMANDA ACTUAL DE AGUA POTABLE	57
5.	INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE PÉRDIDAS	58
5.1	PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE DE UN PERIODO DE TIEMPO	58
5.2	VOLUMEN FACTURADO DE AGUA POTABLE	60
5.2.1	<i>Datos de facturación agrupados en múltiplos de 15</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
5.3	RECAUDACIÓN	63
5.4	COSTO DE OPERACIÓN DEL AGUA PRODUCIDA.....	63
5.5	PRECIO FACTURADO DEL AGUA	63
6.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA CALCULAR EL VALOR DEL ANC	65
6.1	AGUA NO CONTABILIZADA.....	65
6.2	PÉRDIDAS COMERCIALES.....	66
6.3	PÉRDIDAS FÍSICAS	66
6.4	VOLUMEN AUTORIZADO NO FACTURADO	67
6.5	COMPONENTES DEL ANC.....	68
6.6	BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA DE AGUA	69
6.7	FACTURACIÓN CON SISTEMA DE CARGO FIJO VS. SISTEMA BASADO EN MEDICIÓN	70
6.7.1	<i>Escenario con tarifa en función del consumo</i>	70
6.7.2	<i>Resultados obtenidos con la estructura tarifaria propuesta</i>	74

7.	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....	75
7.1	EDUCACIÓN SOBRE EL USO ADECUADO DEL AGUA	75
7.1.1	<i>Campaña de publicidad.....</i>	76
7.1.1.1	Disponibilidad de agua.....	76
7.1.1.2	Inspecciones y reparaciones.....	76
7.1.1.3	Detección de fugas dentro del inmueble	77
7.1.1.4	Hábitos de ahorro de agua.....	77
7.2	COSTOS DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS	78
7.2.1	<i>Costo de reducción de las pérdidas físicas no visibles.....</i>	79
7.2.2	<i>Costo de reducción de los errores por medición</i>	80
7.2.3	<i>Costos de reducción de las pérdidas causadas por conexiones clandestinas.....</i>	81
7.2.4	<i>Modelo financiero para la reducción de pérdidas.....</i>	82
7.2.5	<i>Resumen de costos</i>	85
7.2.6	<i>Discusión de resultados.....</i>	85
7.3	SECTORIZACIÓN DE LA RED	86
7.3.1	<i>Conformación del modelo hidráulico de la red.....</i>	86
7.3.2	<i>Trazo de sectores y modelo hidráulico</i>	86
7.3.3	<i>Construcción de sectores en la red.....</i>	91
7.3.3.1	Tipos de macro medidores existentes en el mercado	91
7.3.3.2	Macro medidor más adecuado para el sector cinco.....	92
7.3.3.3	Características del macro medidor recomendado	92
7.3.3.3.1	Especificaciones técnicas.....	94
7.3.3.3.2	Requisitos de instalación	94
7.4	ELIMINACIÓN DE PÉRDIDAS	98
7.4.1	<i>Eliminación física</i>	98
7.4.2	<i>Eliminación comercial.....</i>	99
7.4.2.1	Eliminación de los errores en la medición	99
7.4.2.2	Eliminación de pérdidas causadas por conexiones clandestinas	100
7.5	INDICADORES DE RENDIMIENTO DE LA EMPRESA.....	102
8.	CONCLUSIONES.....	107
9.	RECOMENDACIONES.....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	ANEXOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Anexo I Padrón de usuarios del mes de dic-03

Anexo II Datos de producción de agua potable

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Figura	Página
1	Elementos del Agua no Contabilizada	2
2	Proceso para la determinación de los indicadores	24
3	Tipos de indicadores	27
4	Diagrama de flujo para el desarrollo de un estudio de ANC	33
5	Tarifa de agua potable	36
6	Precio unitario del agua potable, según tarifa actual	37
7	Organigrama de la empresa de agua	38
8	Pozo que abastece al sector cinco	42
9	Tanque de almacenamiento de agua potable	40
10	Entrada del caudal al tanque de almacenamiento	40
11	Tuberías de succión del tanque de almacenamiento	41
12	Sistema de bombas hidroneumáticas	42
13	Depósito de cloración	43
14	Plano de la red de distribución del sector cinco	44
15	Tubería de salida a la red de distribución	45
16	Conexión domiciliar	45
17	Proceso de toma de lectura de medidores	46
18	Punto de pago del servicio de agua	49
19	Costos según cuenta de la empresa de agua	51
20	Costos según clasificación de cuentas de la empresa de agua	51
21	Comportamiento de la producción de agua potable	54
22	Comportamiento de los consumos	57
23	Comportamiento mensual	57
24	Elementos que componen el ANC	62
25	Balance hídrico	63

	Figura	Página
26	Tarifa sin y con memoria	67
27	Cotas y caudales del modelo hidráulico	82
28	Demanda base y velocidad del modelo hidráulico	82
29	Presiones y pérdidas unitarias del modelo hidráulico	83
30	Medidor recomendado WT 3”	85
31	Medidor recomendado WT 6”	86
32	Mecanismo interno del macro medidor recomendado	86
33	Ubicación del medidor en el sistema de producción	88
34	Ubicación del medidor en la red de distribución	89
35	Ilustración de la comparación entre bases de datos	93
36	Comportamiento del monto facturado	97
37	Comportamiento del volumen facturado	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Tablas	Página
1	Relación entre volúmenes producidos y pérdidas	6
2	Indicadores de gestión generales de 17 servicios de acueductos y alcantarillados de Asia	8
3	Composición de las pérdidas en 17 ciudades de Asia	9
4	Comparación entre la producción y la facturación de agua de algunas grandes ciudades de América Latina	10
5	Causas de las pérdidas	11
6	Sub proyectos básicos del programa de control de pérdidas de agua	17
7	Tipo de usuarios	35
8	Principales características de las bombas del sistema	41
9	Longitud de las tuberías de distribución según diámetro	43
10	Costos de la empresa de agua	50
11	Datos de producción de agua potable	53
12	Cantidad de clientes rango de 15	56
13	Volúmenes de consumo rango de 15	56
14	Montos facturados rango de 15	57
15	Recaudación de lo facturado	58
16	Costo del agua producida	58
17	Precio unitario del agua potable	58
18	Agua No Contabilizada	59
19	Volumen de agua utilizado en riego de áreas verdes	61
20	Volumen de agua utilizado en construcción	61
21	Elementos que Componen el Agua No Contabilizada	62
22	Tarifa propuesta	64

	Tablas	Página
23	Análisis de la tarifa propuesta	66
24	Resultados obtenidos al aplicar la tarifa propuesta	72
25	Pérdidas de agua durante una hora	71
26	Renglones para la reducción de las pérdidas físicas	73
27	Costo de mantenimiento de los medidores	74
28	Costos para la reducción de las pérdidas de agua potable	77
29	Resumen de costos anuales de reducción de pérdidas	78
30	Datos de diseño	79
31	Datos para el modelo hidráulico	80
32	Datos de los nudos de la red de distribución	80
33	Datos de la tubería de la red de distribución	81
34	Datos de funcionamiento del medidor modelo WT	87
35	Definición de las principales indicadores de rendimiento	95
36	Cálculo de los principales indicadores de rendimiento	96

LISTADO DE SIMBOLOS

símbolo	Significado
% acc	Porcentaje acumulado
% parc	Porcentaje parcial
ANC	Agua No Contabilizada
CO	Costos de operación
CP	Consumo promedio de los últimos cuatro meses
CR	Consumo resultante
ER	Eficiencia en la recaudación
Hab	Habitantes
IVC	Ingresos Vs. costos
LMA	Lectura del primer mes anterior
Lt	Litros
m ³	Metros cúbicos
mca	Metros columna de agua
MF	Monto facturado en unidades monetarias
MR	Monto recaudado en unidades monetarias
UL	Última lectura
VAF	Volumen de agua facturada
VAP	Volumen de agua producida

GLOSARIO

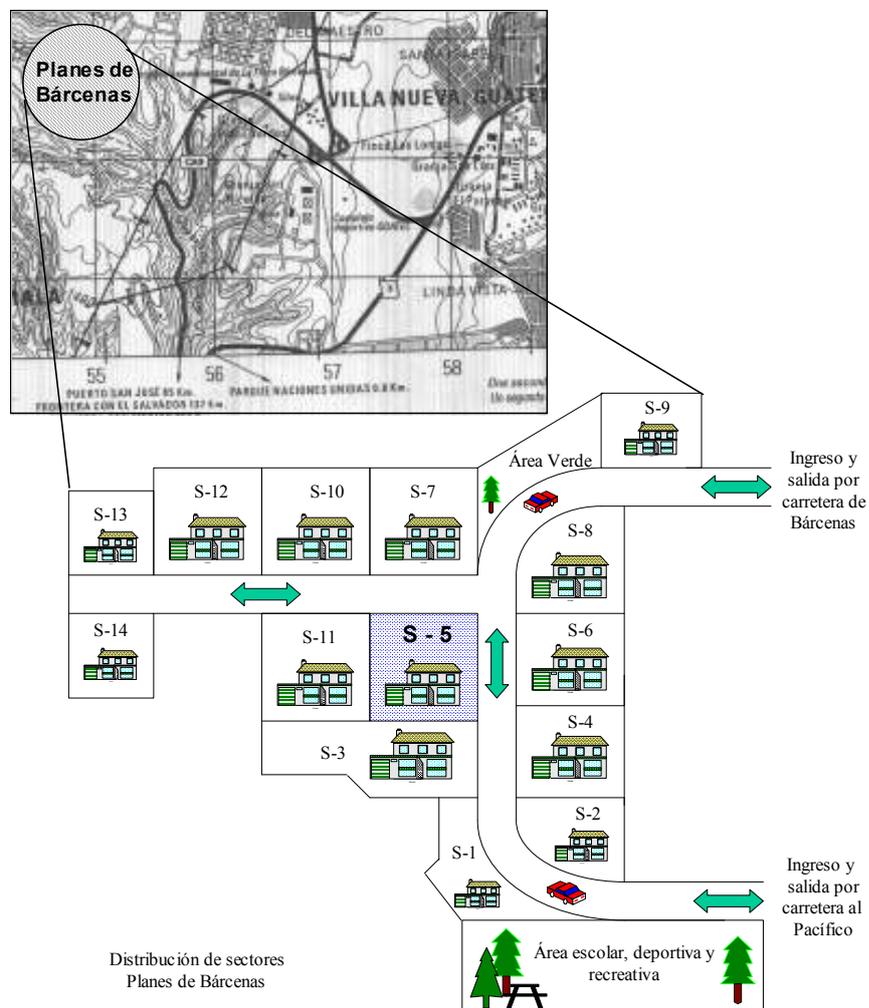
Término	Significado
Agua facturada	Volumen que el sistema comercial de una empresa de agua registra como suministrado a los usuarios.
Agua No Contabilizada	Es la diferencia entre el volumen de agua producida y el de agua facturada.
Agua producida	Volumen de agua potable que genera un sistema de tratamiento de agua potable.
Bomba	Dispositivo mecánico que sirve para proporcionar la energía necesaria para que el agua sea trasladada de un punto a otro.
Catastro de la red de distribución	Recopilación de información sobre las principales características de los elementos que integran una red de distribución.
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
EPANET	Programa de ordenador que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro de agua a presión. EPANET ha sido desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministros de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América.

Término	Significado
Fuga	Salida de agua por un orificio o falla de un elemento de un sistema de agua.
Indicador de rendimiento	Parámetros que sirven para evaluar el cumplimiento de los objetivos que se definen para el alcance de los propósitos de la empresa de agua potable.
Macro medidor	Aparato por medio del cual se mide el consumo de grandes usuarios o de puntos de control de un sistema de agua potable, y cuyo diámetro es igual o mayor a 1”.
Micro medidor	Aparato por medio del cual se mide el consumo de agua potable de los usuarios de una empresa.
Pérdidas comerciales	Son volúmenes de agua que son consumidos por usuarios y clientes potenciales sin embargo, la empresa de agua no factura estos consumos.
Pérdidas físicas	Volumen de agua potable que no logra ser distribuido a los usuarios por fugas, rebases o autoconsumo.
Pozo	Perforación que permite la extracción de agua de las fuentes subterránea.
Recaudación	Son las cantidades monetarias que se logran recuperar como producto de la recepción de pagos de facturas de prestación del servicio de agua.
Red de distribución	Elemento de un sistema de agua potable cuya función es distribuir agua; esta formado principalmente por tuberías y válvulas entre otros.
Sectorización	Método por medio del cual se divide el sistema de distribución para lograr un mejor control en la operación y reducción de agua no contabilizada.

Término	Significado
Tarifa	Precio unitario fijado por la empresa de agua y su ente regulador, el cual se aplica a los usuarios para la recuperación de los costos de operación.
Tarifa con memoria	Forma de facturación en la cual el volumen consumido es facturado también al precio de los diferentes rangos inferiores al cual corresponde el volumen total facturado.
Tarifa sin memoria	Forma de cobro unitario, en la cual el volumen consumido es facturado al precio del rango al cual corresponda el volumen.

LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE PLANES DE BÁRCENAS

El residencial Planes de Bárcenas se encuentra ubicado en la zona 3 del municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala; cuenta con dos accesos: uno está en el km 22 de la carretera al Pacífico (CA-9) y el otro se encuentra sobre la carretera a Bárcenas, tal como se muestra en la siguiente figura.



Resumen

Teoría

El porcentaje de Agua No Contabilizada (ANC), es la diferencia entre el volumen de agua producida y el volumen de agua facturada; dicha diferencia incluye las pérdidas de agua que se dan en los sistemas físicos, las pérdidas comerciales y los volúmenes autorizados no facturados.

En Estados Unidos un porcentaje razonable de pérdidas está en el rango de 10 a 20%, mientras que en países de Latinoamérica el porcentaje razonable de pérdidas está entre un 20 y 30%.

Por otro lado, los indicadores de rendimiento son parámetros indispensables para la administración de una empresa de agua potable, ya que permiten el monitoreo de la eficiencia alcanzada en las actividades claves de la empresa.

Práctica

En la parte práctica de este estudio especial, se realizó un diagnóstico del área comercial y física de la empresa de agua, también se analizaron los costos de producción, con el objetivo de conocer los recursos, funcionamiento y disponibilidad de información de esta empresa.

Después se solicitó la información comercial y técnica, la cual sirvió de base para el cálculo del ANC, que en el sector cinco de Planes de Bárcenas presentó un valor de 67%.

Por otra parte se realizó un escenario en el cual la tarifa tomara en cuenta el consumo de agua potable del usuario desde el primer metro cúbico consumido; la cual también propiciaría el uso racional del vital líquido.

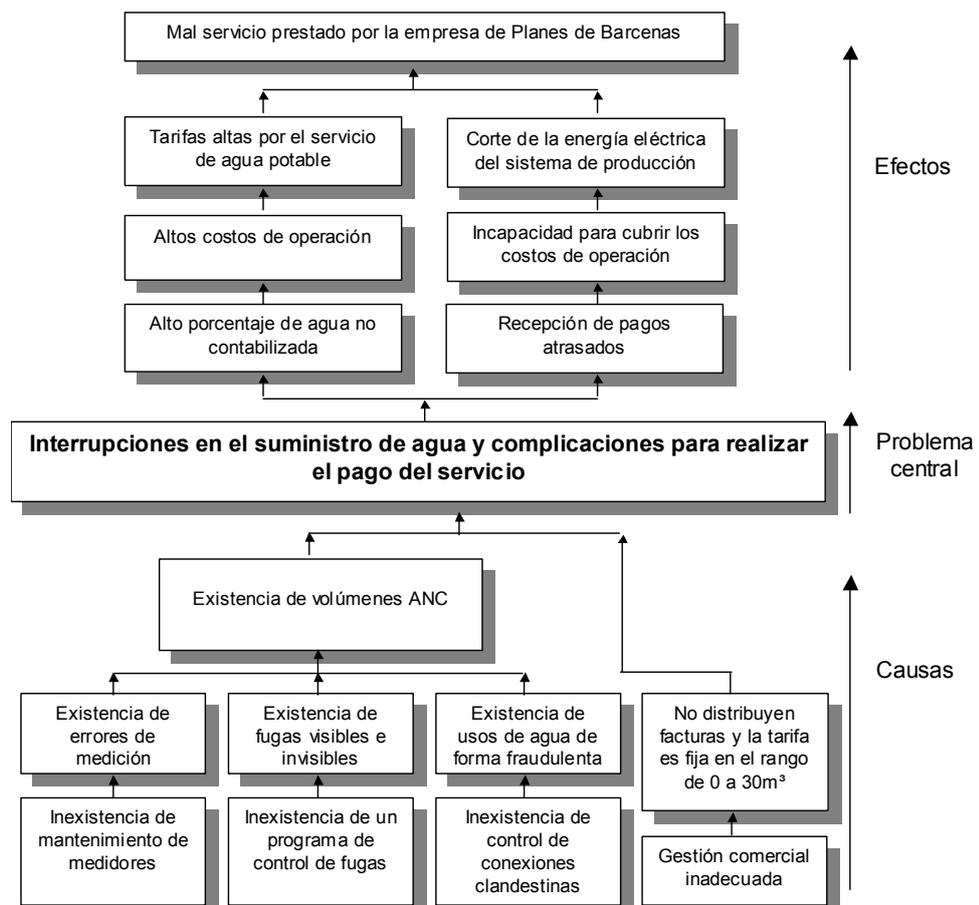
Por último se propusieron las estrategias para la disminución de los volúmenes de ANC, las cuales son:

- educación sobre el uso adecuado del agua;
- costos de la reducción de pérdidas;
- sectorización de la red;
- eliminación de pérdidas, e
- indicadores de rendimiento de la empresa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa encargada de la administración del sistema de agua potable del Residencial Planes de Bárcenas, opera con interrupciones en el suministro de agua potable; no distribuye facturas por el cobro del servicio; dispone únicamente de una agencia bancaria para efectuar el pago de este servicio, y no cuenta con una estructura tarifaria justa para los usuarios.

Análisis de Causas y Efectos



El anterior árbol del problema se elaboró con base en el diagnóstico realizado sobre la empresa de agua de Planes de Bárcenas, en el cual se entrevistó a los encargados del sistema técnico y comercial de esta empresa, asimismo, fue aplicada la experiencia de los autores de este estudio especial, quienes trabajan en proyectos relacionados con la administración de empresas de prestación de servicios de agua potable.

JUSTIFICACIONES

Con la realización de este estudio especial sobre al análisis de los indicadores de ANC, se contribuirá a plantear soluciones a los problemas de interrupciones en el suministro de agua potable y al mejoramiento de las políticas comerciales de la empresa que administra el sistema de agua de Planes de Bárcenas.

Además la metodología planteada podrá ser aplicada a la situación de las municipalidades y a otros pequeños sistemas de agua, que cuentan con problemas similares, contribuyendo así a solucionar la mala administración de las empresas o instituciones de agua potable.

Situación sin programa de control de ANC

La empresa que administra el sistema de agua potable de Planes de Bárcenas, no conocerá la eficiencia del área técnica y comercial; por lo tanto, no se podrán tomar decisiones acertadas en función de mejorar la gestión actual.

Situación con programa de control de ANC

La administración de la empresa de agua de Planes de Bárcenas conocerá los indicadores de ANC, en función de la información que dispone actualmente; además, contará con una estrategia para mejorar el control de estos indicadores.

HIPÓTESIS, ALCANCE Y LIMITACIONES

Hipótesis

La empresa encargada de la prestación del servicio de agua potable en el residencial Planes de Bárcenas opera con pérdidas mayores al 20%, causadas por ANC.

Alcance

El estudio especial pretende:

- Calcular los índices de ANC en función de la información que tenga disponible actualmente la empresa de Planes de Bárcenas;
- Realizar una comparación entre los costos de operación y los montos facturados, para evaluar la situación financiera de esta empresa;
- Diseñar una estrategia para el control y reducción de los volúmenes de ANC, la cual pueda implementar la empresa posteriormente a la realización de este estudio especial, y
- Calcular los indicadores de rendimiento más importantes para la gestión de la empresa de agua potable.

Limitaciones

Las limitaciones que se tendrían durante el desarrollo de este estudio especial son:

- En este estudio especial se considera como área de estudio únicamente el sector cinco, el cual cuenta con 348 inmuebles;
- No existe mucha información en nuestro país sobre este tema y hasta hace poco tiempo se comenzó a trabajar en un proyecto de control de pérdidas de agua potable;
- La empresa de agua no cuenta con recursos disponibles para la ejecución de un programa de ANC; sin embargo, la administración está consciente de la importancia que actualmente está adquiriendo este tipo de programas, razón por la cual está dispuesta a colaborar proporcionando la información necesaria para la elaboración de este estudio especial, y
- El alcance de este estudio especial es hasta la planificación y análisis de datos sobre la adaptación de la metodología para implementar un programa de control de pérdidas de agua potable. No se contempla la ejecución de ninguna actividad física (como construcción o instalación de aparatos) para la implementación de un programa de este tipo.

OBJETIVOS

General

1. Determinar los indicadores de ANC y proponer estrategias para mejorar su control en el residencial Planes de Bárcenas, zona 3 del municipio de Villa Nueva.

Específicos

1. Establecer el porcentaje de pérdidas comerciales y físicas de la empresa, por medio del análisis de información del área comercial y técnica de ésta.
2. Diseñar estrategias para la reducción de pérdidas físicas y comerciales.
3. Medir a través de indicadores el rendimiento de las actividades claves de la empresa de agua de Planes de Bárcenas.
4. Realizar un análisis comparativo de los resultados en cantidades monetarias facturadas por medio de una tarifa basada en unidades de consumo y la tarifa mixta actual.

INTRODUCCIÓN

El sistema de agua potable del residencial Planes de Bárcenas opera con interrupciones en el suministro de agua potable; la empresa que administra este sistema no distribuye a cada usuario las facturas por el cobro del servicio, y los usuarios disponen únicamente de una agencia bancaria para efectuar el pago del mismo.

El interés de los autores en la realización de este estudio especial se debe, principalmente, a que, en la mayoría de instituciones de agua potable, existen los mismos problemas que se mencionaron en el párrafo anterior; las interrupciones en el suministro del servicio de agua potable alcanzan niveles críticos en la época seca, y las políticas inadecuadas que rigen los sistemas comerciales de estas empresas provocan déficit financiero, que no les permite cumplir con el pago de los costos de operación, principalmente con lo relacionado a la energía eléctrica en los sistemas que funcionan por medio de bombas.

Por lo tanto el planteamiento del mecanismo, que contribuya a solucionar estos problemas, podría aplicarse a otras empresas o instituciones de prestación de servicios de agua potable, lo cual se reflejaría en mejor calidad en la prestación de este servicio.

Para contribuir a solucionar estos problemas, se desarrollará un programa de ANC aplicado al sistema de agua potable de Planes de Bárcenas, por medio del cual, se determinará el porcentaje de ANC de este sistema.

Se debe hacer notar que un programa de ANC implica realizar un diagnóstico integral del sistema, que abarca las áreas comercial, técnica y financiera de la empresa, las cuales deben trabajar en conjunto para lograr el desarrollo de la misma y la mejora en la prestación del servicio.

Por otro lado, los analistas del sector de agua y los especialistas de los organismos internacionales suelen encontrar que el ANC presentada por muchas de las empresas de los países subdesarrollados, es causado especialmente por la baja capacidad financiera.

Para el desarrollo de este estudio especial, se contó con el apoyo de la empresa que administra el sistema de Planes de Bárcenas, que proporcionó la información relacionada con las áreas comercial, financiera y técnica.

La parte experimental consistió en realizar una descripción del sistema comercial y técnico de la empresa; procesar la información de facturación, producción y financiera, por medio de la cual se determinó el porcentaje de ANC.

Conociendo la situación global de la empresa, se plantearon las estrategias por medio de las cuales, la empresa administradora del sistema de Planes de Bárcenas podrá disminuir los indicadores de ANC.

1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA

1.1 Agua No Contabilizada

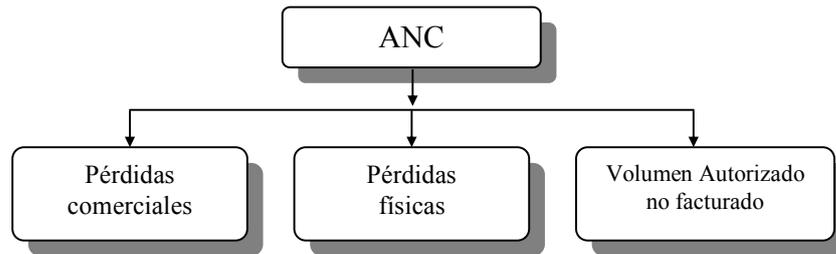
Se denomina Agua No Contabilizada¹ (ANC) a la diferencia entre el volumen de agua producida y el volumen de agua facturada. Dicha diferencia incluye las pérdidas comerciales, pérdidas físicas, y los volúmenes autorizados no facturados.

Se llama volumen de agua producida al agua que se obtiene de los procesos de tratamiento de agua potable, se realizan por medio de una planta de tratamiento en el caso de que la fuente sea superficial, y cloración, en el caso de que el agua provenga de una fuente subterránea.

Se llama agua facturada al volumen de agua potable que el sistema comercial de una empresa registra como suministrado a los usuarios; los datos para obtener el volumen de agua facturada resultan de la toma de lectura a los medidores, y estimaciones de lecturas anteriores, en el caso de medidores en mal estado.

Es importante, desde el punto de vista social y económico que los sistemas de agua potable tengan un desempeño eficiente; por ello, las empresas se han preocupado por implementar programas y acciones encaminadas a disminuir el índice de ANC.

Figura 1. Elementos del Agua no Contabilizada



1.1.1 Pérdidas comerciales

Las pérdidas comerciales se refieren al agua consumida, pero que no es registrada y por lo tanto no es facturada; esto puede deberse a la existencia de usuarios clandestinos, por errores en la medición y otras deficiencias en el proceso de facturación de la empresa de agua.

a. Usuarios no medidos con consumo mayor al estimado

En muchas ciudades del mundo no existe medición para todos los usuarios servidos, por lo cual la empresa no conoce exactamente el consumo real de estos usuarios, el cual podría ser mayor respecto a la estimación realizada.

En algunas ciudades, como Buenos Aires o Londres, al usuario no se le cobra en función del consumo, sino con base en otros parámetros que solo sirven para estimar el consumo indirectamente (como área de la vivienda); de forma tal, que la pérdida presentada por la ciudad es en realidad un dato completamente incierto, ya que el consumo del usuario no está, ni siquiera, siendo estimado.

¹ Agua No Contabilizada, en este estudio, se considera como sinónimo de pérdida de agua.

En Guatemala, la Empresa Municipal de Agua, EMPAGUA, realiza el cobro del servicio de agua con base en una cuota estimada (cuando por alguna razón no se puede obtener la lectura del medidor), la cual es un promedio de las tres lecturas anteriores; estas estimaciones tienden a subir y bajar, hasta llegar a un punto en que se estabilizan; por lo cual, la mayoría de usuarios que están con este método tiende a pagar menos de lo que realmente está consumiendo.

b. Usuarios no registrados

Además de los usuarios registrados en su catastro, ya sean medidos o no, las empresas pueden tener una cantidad importante de usuarios no registrados, ya sea porque se han conectado ilegalmente o porque la empresa, por problemas en su sistema de registro o facturación, no los tiene debidamente registrados.

c. Pérdidas por submedición

Éstas consisten en pérdidas causadas por medidores que presentan consumo menor respecto al real, lo que causa directamente pérdidas o ANC. Esto puede ser un efecto de la calidad metrológica del medidor, que no permitiría registrar los consumos a bajo caudal porque el medidor ha perdido precisión con el paso del tiempo, o directamente porque se traba (especialmente por causa de sólidos suspendidos en el agua); otras de las causas de bajo registro de caudal se debe a anomalías provocadas directamente al medidor por parte del usuario, por lo cual deja de registrar el consumo real.

1.1.2 Pérdidas físicas

Se llama pérdidas físicas al volumen de agua potable que no logra ser distribuido a los usuarios de una empresa, debido a: rebalses en los tanques; fugas por rotura o antigüedad en las redes; consumo de agua en operaciones de desinfección de redes y/o tanques; mal manejo de válvulas e hidrantes; filtraciones, y demás deficiencias técnicas que se producen en las redes de distribución.

Las pérdidas físicas se pueden clasificar en dos tipos:

a. Pérdidas por autoconsumo

Se denomina autoconsumo al agua que utiliza la propia empresa, para lavar filtros de las plantas de tratamiento y para la limpieza de los tanques de almacenamiento; cuando ésta es agua tratada, no será facturada a ningún usuario; por tanto suele ser considerada como ANC.

Según la forma de registro del agua producida, el volumen perdido en el proceso de tratamiento puede considerarse como pérdida. Cuando el agua producida es registrada con base en la medición del agua cruda que ingresa a la planta, el agua perdida en el sistema de tratamiento se vuelve ANC. Por lo tanto, dos empresas que utilizan el mismo volumen de agua para autoconsumo y que pierden igual volumen en sus redes de distribución, pueden presentar un índice de pérdidas diferente, explicado exclusivamente por diferencias en la forma de contabilizar el autoconsumo.

b. Pérdidas por fugas

Las pérdidas por fugas es el volumen de agua que los usuarios no consumen, las principales causas de fugas en le red de distribución pueden ser:

- la degeneración del material de las tuberías por el tipo de suelo que las rodea

(ácidos orgánicos, llenos con basuras, arcillas, suelos limosos, etc.);

- los asentamientos del terreno que provocan el rompimiento de las tuberías;
- los movimientos sísmicos;
- las uniones de metales diferentes que ocasionan corrosión por electrólisis, acabando con uno de los dos materiales en contacto;
- el transporte y la instalación con deficiente mano de obra;
- la calidad de los materiales utilizados en las redes (tuberías, uniones, codos, tees y todos los accesorios, incluyendo válvulas e hidrantes);
- la mala operación del sistema, causando sobre presiones o baja presión (presión negativa) en un rango superior o inferior al de diseño;
- la desinfección de las redes y/o tanques de almacenamiento;
- los rebalses en los tanques de almacenamiento cuando se operan manualmente, o cuando su sistema de control se encuentra en mal estado;
- las fugas por rupturas en las tuberías;
- los consumos en operaciones de lavado de tuberías y/o tanques de almacenamiento.

1.1.3 Volumen autorizados no facturados

El volumen autorizado no facturado, representa el agua que la empresa proporciona a terceros, para usos públicos como riego de áreas verdes, u otros; los cuales no son facturados.

1.2 Pérdidas típicas en otros países

Todas las empresas de agua potable alrededor del mundo presentan índices de pérdidas, los cuales son variables dependiendo de la eficiencia con que se maneje el sistema.

1.2.1 Ciudades de los Estados Unidos de América

Según una investigación realizada en 1970 sobre el estado operacional de 354 servicios de agua potable y alcantarillado, en 47 estados del país, no incluyendo servicios con consumos no medidos o que presentaban datos inconsistentes, se encontró lo siguiente: (1:5)

1.2.1.1 Datos generales

- Promedio de las pérdidas en los 354 servicios: 10.90%.
- Estado que presentó menor promedio de pérdidas: Colorado, 1.33%.
- Estado que presentó mayor promedio de pérdidas: West Virginia, 27.60%.

1.2.1.2 Pérdidas por clase de fuentes de producción

- En sistemas abastecidos por fuente subterránea: 11.16%.
- En sistemas abastecidos por fuente superficial: 10.79%.

Se puede observar que el tipo de fuente productora parece no influir en las pérdidas. (1:5)

1.2.1.3 Pérdidas de acuerdo al aporte de los sistemas

Tabla 1. Relación entre volúmenes producidos y pérdidas

Rango de volúmenes producidos (m ³ /s)	Número de sistemas	Pérdidas (%)
0.240	212	14.99
0.240 a 0.600	72	12.33
0.600 a 1.200	36	11.42

1.200 a 6.001	28	10.77
6.001	6	9.02

Fuente: hojas de divulgación técnica de la CEPIS.

En la tabla anterior se puede observar que las pérdidas disminuyen con el aumento del aporte de los sistemas; al parecer las grandes empresas, por disponer de más recursos financieros, tecnológicos y gerenciales, son más efectivas en la administración de sus servicios. (1:6)

1.2.1.4 Calificación de las pérdidas

Las pérdidas causada por agua no contabilizada en los Estados Unidos se pueden calificar de acuerdo a su magnitud de la siguiente forma: (1:6)

- menor que 10% excelente
- entre 10% a 20%, razonable, y
- mayor que 20%, excesivas.

El estudio no considera aspectos específicos del estado de los servicios, lo que nos permite un análisis comparativo detallado con las situaciones de los servicios de las regiones abarcadas a seguir. (1:6)

1.2.2 Ciudades de Asia

La investigación involucró a 17 empresas de saneamiento básico situadas en varios países de esta región. Los datos que se presentan se refieren al año 1983. Las poblaciones de las ciudades investigadas oscilan entre 22 mil y 7 millones de habitantes; la cobertura de las poblaciones con agua potable varía entre el 20% y el 100%, siendo el promedio de cobertura de las 17 ciudades de un 73%. En las ciudades encuestadas hay

un gran porcentaje de conexiones domiciliarias medidas y una tendencia a la medición de todas las conexiones. (1:6)

Tabla 2. Indicadores de gestión generales de 17 servicios de acueductos y alcantarillados de Asia

Indicadores	Rangos	Promedios
Dotación per cápita (lt/hab/día)	60 - 423	195
Longitud de tuberías per cápita (m/hab/día)	0.35 - 6.35	1.35
Porcentaje de conexiones domiciliarias medidas (%)	0 - 100	70
Presiones máximas y mínimas (mca)	15 - 130 máx 0 - 30 mín	48 máx 5 mín
Número de puestos públicos en distrib. x 1,000 hab. servidos	0 - 3.21	1.72
Conexiones domiciliarias por 1000 habitantes	34 - 207	120

Fuente: hojas de divulgación técnica de la CEPIS.

1.2.2.1 Política de mantenimiento de micro medidores

- mantenimiento preventivo cada 7 años: 5 ciudades o 29% del total.
- solo mantenimiento correctivo: 12 ciudades o 71% del total. (1:7)

1.2.2.2 Las pérdidas y su composición

El rango normal de variación de las pérdidas fue de 25% a 40%; sin embargo, entre las empresas estudiadas se presentaron dos casos extremos, uno en que las pérdidas fueron de 9%, y otro, de 50%. El promedio de las pérdidas fue de 34%. (1:7)

Tabla 3. Composición de las pérdidas en 17 ciudades de Asia

Componente	% con relación al promedio de 35%	% con relación a volúmenes agua producida
Fugas en la red de distribución	34.5	11.7
Desperdicios por consumidores	20.7	7.0
Errores en la medición	13.6	4.6
Conexiones clandestinas	12.3	4.2
Piletas no controladas	9.2	3.1
Uso público	7.9	2.7
Otros	1.8	0.6
Totales	100%	34.0%

Fuente: hojas de divulgación técnica de la CEPIS.

1.2.3 Instituciones de agua potable y saneamiento de América Latina

Los datos presentados a continuación fueron de los años 1983 a 1985, y se recolectaron directamente en 18 instituciones responsables por el suministro de agua potable y recolección de alcantarillado de ciudades de América Latina. (1:9)

Fueron seis los países visitados; las poblaciones de las ciudades encuestadas varían entre 115,000 y 10 millones de habitantes, siendo de 41 millones la población total de las 18 ciudades. Se trata, por lo tanto, de un muestreo bastante representativo del estado operacional de los servicios de agua y saneamiento de grandes ciudades de América Latina, conforme se expone a seguir. (1:9)

1.2.3.1 Producción y facturación de agua

Las pérdidas en los sistemas de distribución de las ciudades investigadas son excesivas, si se comparan con las pérdidas aceptadas en los países desarrollados. Incluso, es posible que los valores aquí presentados estén afectados por la falta o deficiencia de micro medición y macro medición. (1:10)

Sin embargo, y sin dejar de considerar las reservas impuestas por las restricciones mencionadas, se puede llegar a algunas conclusiones, tomando como base los números presentados. (1:10)

Tabla 4. Comparación entre la producción y la facturación de agua de algunas grandes ciudades de América Latina.

Indicador	Ciudades encuestadas	Valores extremos de ciudades mín. máx	Totales	Promedios
Volumen anual de agua producida (miles de m ³)	18	13,300	4'354,719	242,000

		1'040,000		
Volumen anual de agua facturada (miles de m ³)	15	5,04 416,000	1'605,364	107,000
Pérdidas (ANC)	15	39%, 67%	--	55.2%
Dotación de producción per cápita (lt/hab/día)	17	240, 607	--	335

Fuente: hojas de divulgación técnica de la CEPIS.

1.2.3.2 Elementos que integran el ANC

Según un estudio realizado en Colombia, todas las causas del ANC se pueden agrupar en tres categorías: la primera es por error en medición, ya sea en macro o micro medición, lo cual representan un 40% del ANC. (4)

La segunda causa se refiere a las fugas, las cuales representan un 35% del agua no contabilizada, y la tercera causa formada por las conexiones clandestinas, fraudes o robos, que representa el 25% restante. (4)

La primera y tercera causa se constituyen por agua que se consume, pero no es factura, por lo cual se puede decir que es agua que no se pierde, pero representa pérdidas de orden financiero para una empresa. (4)

En el proceso de tratamiento las pérdidas pueden rebajarse hasta un 5%, y las pérdidas en la red de distribución pueden rebajarse hasta un 20%. (4)

Tabla 5. Causas de las pérdidas

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

No.	Causa	Porcentaje
1	Macro y micro medición	40%
2	Fugas	35%
3	Conexiones clandestinas	25%

2. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

Toda empresa de agua potable cuenta con un índice de pérdidas de agua, el cual es deseable eliminarlo; sin embargo, en la práctica, intentar reducir estas pérdidas por debajo del 10% no es viable económicamente; a continuación se presenta la metodología para la implementación de un programa de reducción de pérdidas.

2.1 Reducción integral de pérdidas

Es un proceso dinámico en tiempo y espacio, que inicia con un diagnóstico, continúa con la eliminación y control de las pérdidas y aplicado en forma precisa a la operación de sistemas de agua potable, ayuda a conservar el agua suministrada, a mejorar la calidad del servicio proporcionado a la población y a ahorrar dinero en gastos de operación. (2:8)

La reducción integral de pérdidas de agua se puede realizar por medio de cuatro fases, tal como se muestra a continuación:

2.1.1 Diagnóstico de pérdidas

En esta fase se realiza una evaluación de los volúmenes de agua que se pierden y se identifican las causas que producen estas pérdidas, a través del análisis de estadísticas y muestreos de campo; se utilizan técnicas de detección de fugas y se realizan análisis técnicos económicos del proyecto de reducción de pérdidas para definir su viabilidad; esta fase incluye las siguientes actividades: (2:9)

- ✓ cuantificación del suministro de agua;
- ✓ estimación de consumos medidos autorizados;

- ✓ estimación de usos no medidos autorizados;
- ✓ estimación de pérdidas totales en el sistema de agua potable;
- ✓ estimación de pérdidas identificadas y eliminadas;
- ✓ estimación de pérdidas potenciales en el sistema;
- ✓ evaluación de fugas potenciales en tomas de usuarios;
- ✓ evaluación de fugas potenciales en líneas principales y secundarias;
- ✓ estimación de pérdidas potenciales por consumos no autorizados, y
- ✓ análisis del diagnóstico.

El diagnóstico implica la descripción técnica, clara y concisa del estado de pérdidas de agua; es decir, de los efectos observados por las pérdidas de agua, en relación con sus volúmenes, porcentajes, reducción potencial y problemas que las originan. (2:9)

Es importante mencionar que este diagnóstico tiene varios niveles de precisión, dependiendo del método utilizado; así por un lado, una evaluación por medición, muestreo y encuesta será más confiable que una estimación basada en registros históricos, pero, por otro lado, resultará más costosa la primera. En el mejor de los casos debe buscarse siempre obtener los resultados más confiables. (2:9)

2.1.2 Sectorización de la red

Se evalúa y optimiza el funcionamiento hidráulico de la red de distribución, integrando, si es necesario, distritos hidrométricos y sectores en su diseño y operación; esta fase incluye las siguientes actividades: (2:9)

- ✓ conformación del modelo hidráulico de la red;
- ✓ calibración del modelo hidráulico de la red;
- ✓ trazo en sectores hidrométricos y planos de proyecto;

- ✓ construcción de sectores en la red (tuberías, válvulas, estaciones). (2:10)

2.1.3 Eliminación de pérdidas

En esta fase se definen los procedimientos, diseños, equipos y modelos de decisión, para facilitar la detección de pérdidas y su reparación; esta fase incluye las siguientes actividades:

- ✓ localización de fugas y conexiones no autorizadas;
- ✓ reparación de fugas y rehabilitación de tuberías;
- ✓ corrección de errores de medición y facturación, y
- ✓ definición de beneficios, costos y volumen de agua recuperada. (2:9)

La eliminación de pérdidas de agua es el conjunto de acciones que se realizan directamente en el sistema de agua potable, con el fin de recuperar agua, tanto físicamente como comercialmente; particularmente se establece en dos sentidos: (2:11)

2.1.3.1 Eliminación física

Se presentan dos posibilidades: la primera que consiste en detectar, localizar y reparar fugas que aparecen puntualizadas en las tuberías, accesorios o tomas domiciliarias de la red; la segunda considera la acción de limpiar, reparar o sustituir todo un tramo de una tubería de la red. (2:12)

2.1.3.2 Eliminación comercial

Se refiere a la corrección de errores de medición, localización de conexiones no autorizadas y ajuste de errores de facturación.

La eliminación debe ser una actividad continua, que debe ejecutarse durante toda la vida útil del sistema de agua potable; pero hay ocasiones en que será necesario

aplicarla de manera intensa, como parte de una acción de corto plazo, cuando los niveles de pérdidas han alcanzado valores no deseables que están fuera de control. (2:12)

2.1.4 Control de pérdidas

En esta fase se plantean las acciones de apoyo que permitirán establecer una estructura adecuada dentro de una empresa de agua, para dar la sustentabilidad al proyecto de reducción de pérdidas; esta fase incluye las siguientes etapas: (2:9)

- ✓ definición de objetivos y metas;
- ✓ conformación de subproyectos básicos;
- ✓ determinación de costos y programación de actividades, y
- ✓ elaboración del esquema de financiamiento. (2:9)

La ejecución de la reducción integral de pérdidas debe realizarse con una buena supervisión, con el objeto de asegurar que las acciones derivadas estén bien fundamentadas, con datos reales y con un análisis preciso. (2:9)

En el programa de control de pérdidas, se diseñan e implantan una serie de acciones a corto y largo plazo, enmarcadas en los subproyectos básicos, tal como se muestra en la tabla 6; estos subproyectos serán jerarquizados, detallados en actividades específicas, calendarizados con sus costos y financiamientos respectivos, para que, conforme se implanten, se reduzca la posibilidad de retornar a niveles más altos de pérdidas de agua. (2:12)

Tabla 6. Subproyectos básicos del programa de control de pérdidas de agua

a) Proyectos de operación del servicio	b) Proyectos de control de usuarios	c) Proyectos de apoyo logístico
Catastro de la red de distribución Catastro de instalaciones Hidrometría Macro medición Control de la operación del sistema Estadísticas de fugas	Padrón de usuarios Micro medición y consumos	Desarrollo de recursos humanos Control de suministros Comunicación social

2.2 Beneficios de la reducción integral de pérdidas

La ejecución de un programa integral de reducción de pérdidas de agua potable, genera los siguientes beneficios: (2:12)

- reduce riesgos en la compra de equipos o herramientas de detección, localización y reparación de fugas;
- permite medir los beneficios financieros obtenidos;
- cuantifica las pérdidas de agua en tomas domiciliarias, tuberías principales, errores de medición, conexiones no autorizadas y fallas en la facturación; y determina el origen de dichas pérdidas;
- mayor conocimiento físico e hidráulico de la red por parte de los operadores del sistema, y
- uso más eficiente de los recursos existentes, al poder designar actividades congruentes para la reducción de pérdidas. (2:12)

2.2.1 Costos y beneficios de la reducción de pérdidas de agua potable

El reducir las pérdidas produce beneficios para las empresas, pero también costos. Solo en la medida que los primeros sean mayores (con el alcance que quiera darse al análisis), será deseable un programa de reducción de pérdidas.

Existe la errada creencia que la reducción de pérdidas solo produce ganancias. La empresa siempre tendrá que dedicar recursos para reducir sus pérdidas, y el monto de recursos será, mayor entre más costoso sea controlar esas pérdidas.

Por ejemplo, un tubo roto que expulsa agua al aire a presión es una pérdida de fácil detección, pero puede ser de costosa reparación, dependiendo del punto de la red en que se origine, el lugar de ubicación, la calidad de la vía, etc. Asimismo, una pérdida que no se ve a simple vista, pero que tiene una vía inundada, puede requerir un minucioso trabajo de detección y el correspondiente costo de reparación.

Por el lado de las pérdidas comerciales, en el caso de las que se originan por submedición, se requerirán altas inversiones en compra y reemplazo de medidores; en el caso de los usuarios fraudulentos, se requerirán trabajos en detección de acometidas fraudulentas, lo cual significa inversión en equipos y costo de personal, gastos que de ninguna manera aseguran lograr un éxito del 100% en la detección de los fraudes.

De lo anterior se puede deducir directamente que un programa eficiente o racional, desde el punto de vista económico de reducción de pérdidas, es aquel cuyos beneficios esperados superan los costos de su ejecución, es decir que su beneficio neto sea positivo.

Puesto que una parte significativa de los costos de un programa de reducción de pérdidas suele ser puntual (en determinado año), mientras que los beneficios se extenderán por varios años, la comparación justa y correcta entre costos y beneficios debe hacerse para un horizonte de planeamiento de varios años (5 o 10 años), y dado que se comparan cifras de varios años, será necesario realizar los cálculos de beneficios y costos en términos de valor presente neto.

De aquí puede resultar que, contrario a lo que muchos suelen deducir sin ningún análisis, un programa de micro medición no es por si mismo beneficioso, ya que los costos involucrados en su realización (compra de medidores, instalación, mantenimiento, cambio en el sistema de facturación, lectura periódica, etc.) pueden resultar mayores que los beneficios (reducción de consumos e incremento de la facturación) que él proyecta.

A continuación se enuncian los dos principales efectos, en términos de beneficios y costos de la reducción de pérdidas.

2.2.1.1 Costos y beneficios de la reducción de pérdidas comerciales

Las pérdidas de carácter comercial, así como las pérdidas por submedición significan agua que la empresa está produciendo, y que algún usuario sin pagar el precio correspondiente está consumiendo. En principio, cuando la empresa adelanta un programa con el cual detecta estos usuarios, tendrá automáticamente un incremento en sus ingresos, ya que pasa a facturar una cantidad mayor del agua que ya está produciendo. Es decir, sin aumentar su producción logrará facturar una mayor cantidad de agua.

Sin embargo, no existe una relación de igualdad entre el agua que el usuario está dejando de pagar y el incremento en ingresos que la empresa obtendrá al descubrir ese

consumo fraudulento. La razón que explica esta asimetría es que cuando el usuario no paga por el agua (es decir, antes de que lo detecten), su consumo será el máximo posible; mientras que al pasar a pagar por el servicio, racionalizará el consumo y, por tanto, el ingreso adicional que recibirá la empresa será igual a su nuevo (y menor nivel de) consumo por el precio de venta.

2.2.1.2 Beneficios de la reducción de pérdidas físicas

En el caso de las pérdidas técnicas (salvo en el caso de la submedición), el agua que la empresa no factura no está llegando a ser consumida por ningún usuario, sino que directamente se está filtrando a la tierra (así aparezca temporalmente en la acera o la calzada), la detección y reparación de esa fuga no significarán ingresos adicionales para la empresa, ya que nadie le pagará esa agua. Entonces, el beneficio de un programa de detección y reparación de fugas técnicas no será el incremento de los ingresos de la empresa; sin embargo, cuando la empresa tiene déficit en la demanda de agua potable, cualquier volumen de agua recuperado podrá ser vendido.

Lo anterior no significa que la empresa no obtenga ningún beneficio de ese programa, ya que la detección y la reparación de la fuga evitarán a la empresa tener que producir un volumen de agua igual al que se desperdiciaba. Por tanto, si bien la empresa no recibirá un beneficio igual al volumen de agua que se desperdiciaba por su precio de venta, efectivamente sí reducirá sus costos de producción en un monto igual a ese volumen de agua por su costo de producción.

Si la planta de abastecimiento de la zona donde se reparó la fuga es una sola, el ahorro estará determinado por los costos de producción de esa planta en particular. Pero si la empresa tiene varias plantas de producción debidamente integradas para el abastecimiento de esa zona, el ahorro podrá estar determinado por la planta de mayor costo de producción.

3. TARIFAS

La tarifa es el precio unitario fijado por las autoridades correspondientes para determinado servicio; en este caso es el servicio de agua potable.

3.1 Métodos de recuperación de costos

Éstos son los métodos por medio de los cuales se recuperan los costos que permitirán cubrir los costos de operación de una empresa de agua potable; también podemos llamarlos políticas de aplicación de las tarifas.

Los métodos de recuperación del costo que tienen éxito:

- son adecuados al tamaño y complejidad de la empresa y al contexto socioeconómico en el que se provee el servicio;
- son fáciles de entender por parte de los usuarios;
- son aceptados por las entidades gubernamentales y están dentro de su capacidad institucional;
- son implementados sin problemas y se administran fácilmente;
- muestran una relación equitativa entre la asignación de costos del servicio y las diversas clases de usuarios, y
- poseen un mecanismo interno que compensa las variaciones del servicio. (3)

3.1.1 Por medición

Este método consiste en que la empresa realizará el cobro del servicio de agua potable y alcantarillado, en función del consumo que registre el medidor de agua potable de cada uno de los usuarios.

Los medidores tienen muchas ventajas. Entre las principales está el hecho de que medir la cantidad del servicio implica imparcialidad; los costos de capital y de O&M de los medidores no son tan elevados en comparación con otros costos de la empresa; los medidores de agua están disponibles en una amplia gama de precios, son relativamente simples de instalar y requieren un mantenimiento periódico mínimo. (3)

Las agencias de préstamo internacional favorecen la medición del consumo, especialmente para el servicio de abastecimiento en ciudades medianas y grandes. La instalación de medidores ha sido un requisito de muchos proyectos de asistencia técnica internacional, porque se considera que es una herramienta para controlar el consumo a través del precio. Los medidores promueven que los usuarios participen en el mercado del agua, donde los costos del servicio se hacen explícitos a través de las tarifas. (2)

3.1.2 Tarifas únicas

Este sistema de recuperación consiste en que la empresa cobrará a todos los usuarios la misma cantidad, independientemente del consumo que realicen.

La recuperación del costo mediante este método es fácil de implementar, administrar, alterar y explicar a los consumidores; además, proporciona flujos de caja predecibles. Es adecuada para empresas con una sola clase de usuarios (o de pocos usuarios) y sin capacidad de medición. Toda el agua se vende a una tasa fija que se ajusta al tamaño de las conexiones. La principal desventaja de la tarifa única es la falta de responsabilidad ante el desperdicio de agua. Esto no es tan problemático cuando la mayoría de los consumidores tiene necesidades uniformes y limitadas. Se pueden incorporar pagos adicionales a la tarifa única por uso extra, como el riego de jardines. (3)

3.1.3 Accesorios sanitarios

Este método de recuperación se basa en el número de accesorios sanitarios (por ejemplo, lavamanos, duchas, calentadores de agua) es una práctica aceptada, especialmente cuando no existe medición. (3)

Tiene la ventaja de parecer equitativa, ya que se asume que los accesorios de un local usarán aproximadamente la misma cantidad de agua que en otro. La mayor desventaja es el tiempo y el costo necesarios para realizar el inventario inicial de accesorios y establecer cobros a los usuarios, relacionando la cantidad de aparatos con las unidades de flujo. Más aún, una vez que tal sistema se establezca, es difícil actualizar la base de datos a intervalos regulares. Esto origina que muchas empresas no cumplan con este requisito. (3)

3.1.4 Impuestos/fondos del gobierno

La entidad gubernamental que opera la empresa podría tener una política que establezca que todos los costos del servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado se obtengan de impuestos generales u otras fuentes de ingreso. Es frecuente la existencia de impuestos especiales para los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado en muchas ciudades de los Estados Unidos. Durante décadas, el Reino Unido ha usado una sobrecarga al impuesto a la propiedad, conocida como tasa de agua. La autoridad cobra los impuestos distritales mediante las entidades gubernamentales correspondientes. (3)

3.1.5 Impuestos sobre otros cobros

Uno de los métodos menos comunes de recuperación del costo es el de combinar la facturación de los servicios de agua y alcantarillado con otra empresa, la mayoría de

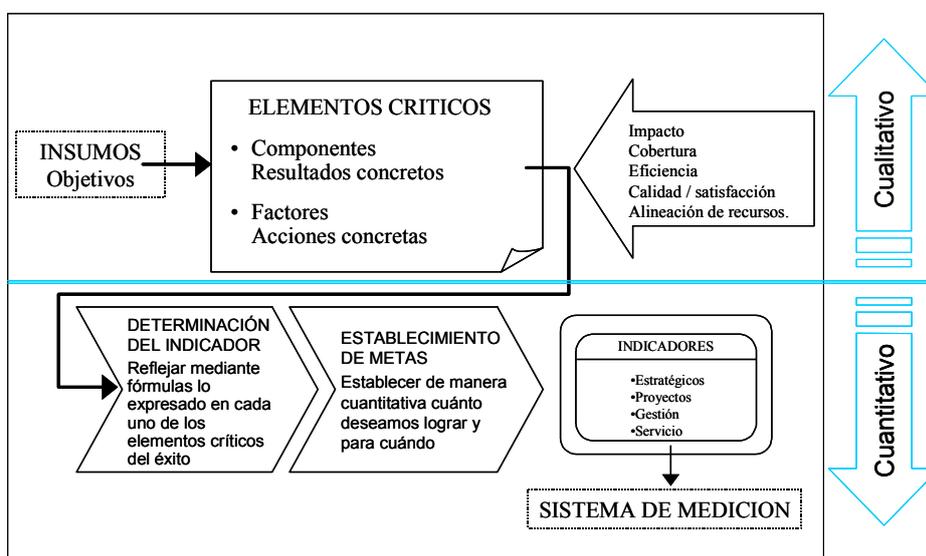
las veces con la que brinda servicio eléctrico. Esto puede ser tanto un pago directo, o sobre impuesto en la facturación de la empresa primaria.

El problema es que muchos usuarios que reciben servicio de agua y alcantarillado pueden consumir muy poco o nada de electricidad. Efectivamente, los grandes consumidores de electricidad pagan su consumo más parte del consumo de los usuarios pequeños del servicio de abastecimiento de agua y alcantarillado. Esta práctica representa un impuesto a los usuarios de mayores ingresos. (3)

3.2 Indicadores de rendimiento de la empresa de agua potable

Los indicadores de rendimiento son parámetros que sirven para evaluar el cumplimiento de los objetivos, que se definen para el alcance de los propósitos de la empresa.

Figura 2. Proceso para la determinación de los indicadores



Los indicadores facilitan apreciar distintos aspectos de los resultados obtenidos, los cuales se muestran a continuación:

- a. **impacto:** evalúa el alcance en el cumplimiento de los objetivos;
- b. **cobertura:** evalúa el volumen de atención de la población objetivo;
- c. **eficiencia:** evalúa el aprovechamiento de los recursos;
- d. **calidad:** evalúa la pertinencia en que recibe el usuario el producto o servicio; y la satisfacción del usuario respecto a su expectativa, y
- e. **alineación de recursos:** evalúa la congruencia de los recursos suministrados con respecto a los recursos aprobados, así como la equidad en su distribución.

3.2.1 Características de los indicadores

- **Representativo:** permite medir la esencia del elemento crítico a través de la relación de variables que conforman el indicador.
- **Confiable:** garantiza que la información sea objetiva. Deben generar la misma conclusión sin importar quién, cuándo o en qué condiciones se evalúa.
- **Reproducible:** permite aplicar la misma fórmula a contextos diferentes en donde se busca lograr el mismo fin y posibilita la realización de análisis comparativos entre éstos.
- **Discriminante:** permite detectar variaciones a lo largo del tiempo y la influencia de eventos y estrategias.
- **Direccional:** permite, sin margen de ambigüedad, saber si el incremento o decremento del indicador nos acerca o aleja a la consecución del objetivo.

3.2.2 Requisitos que deben cumplir las metas

- a. **RETADORAS.** En este aspecto deben comprender factores de mejora y mayor satisfacción de los usuarios.

- b. **ALCANZABLES.** Las dependencias y entidades deben realizar un análisis del desempeño histórico del factor en cuestión, las necesidades de los beneficiarios, la capacidad de respuesta actual y el potencial de mejora estimado, para fijar con esas bases metas realistas.

Las metas deben tener una especificación cuantitativa de qué se desea lograr y para cuándo. Estas metas deben ser comunicadas al equipo de trabajo y fijar un responsable para su seguimiento y medición.

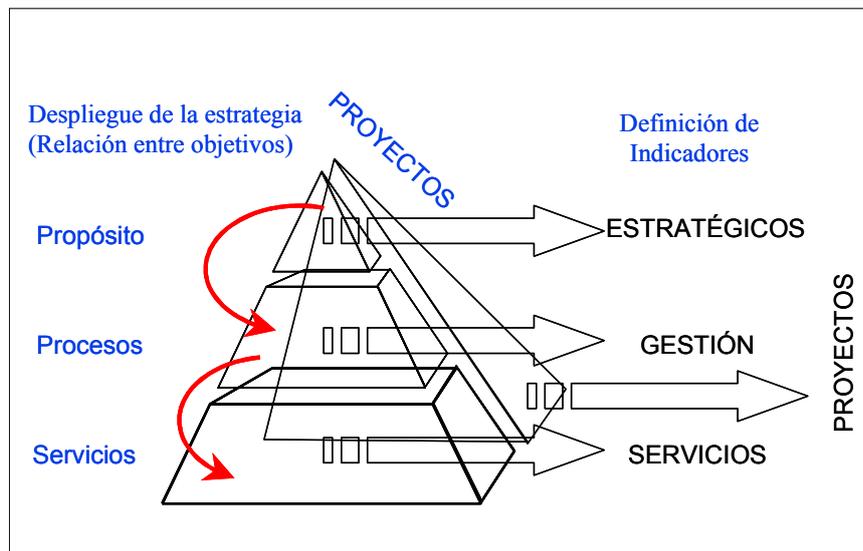
Para el establecimiento de las metas es importante tomar en cuenta las necesidades y expectativas de los usuarios. Es muy útil identificar la meta ideal o estándar a través de una investigación referencial, para fijar el valor numérico máximo por alcanzar, y asegurar que cada elemento crítico de éxito sea logrado.

Cuando no existe información disponible, la meta ideal o estándar puede establecerse mediante un análisis sobre el nivel del logro requerido para satisfacer a cabalidad las necesidades de los usuarios; las metas deben establecerse para cumplirse.

3.2.3 Tipos de indicadores

- Estratégicos.
- De gestión.
- De servicios.
- De proyectos.

Figura 3. Tipos de indicadores



3.2.4 Indicadores de la gestión de empresas de agua potable

a. Monto recaudado

Este indicador corresponde a la cantidad de recursos monetarios percibidos durante un mes; la empresa de agua potable deberá fijar las metas que deberán ser alcanzadas, en función de la eficiencia en la recaudación y los montos facturados; es importante realizar estadísticas sobre el comportamiento mensual de este indicador.

b. Monto facturado en unidades monetarias y de volumen

El indicador en unidades monetarias muestra el monto de dinero que fue recaudado durante un mes determinado, y el indicador de volumen muestra la cantidad de agua que se facturó durante determinado mes; es importante llevar un control histórico de los valores que han presentado estos indicadores, y evaluarlos en función de los valores que se pretendían alcanzar.

c. Eficiencia en la recaudación

Este indicador sirve para evaluar el monto de dinero recaudado respecto al facturado; se calcula de la siguiente forma:

$$ER = (MR / MF) * 100$$

Donde,

ER = eficiencia en la recaudación

MR = monto recaudado en unidades monetarias

MF = monto facturado en unidades monetarias

Un porcentaje mínimo de eficiencia aceptable es del 90%; cuando este indicador presente valores por debajo del mínimo aceptable, se deberán tomar acciones concretas que permitan elevar la eficiencia en la recaudación.

d. Producción de agua

Este indicador corresponde al volumen de agua potable que produce el sistema; generalmente se presenta en metros cúbicos (m³); es importante realizar estadísticas de la producción mensual histórica; ya que es una fuente de información muy valiosa para la toma de decisiones.

e. Agua no contabilizada

Este indicador sirve para estimar la proporción de agua potable, que por diversas razones podría estarse perdiendo en el sistema; la formula para calcular este indicador es:

$$ANC = [(VAF - VAP) / VAP] * 100$$

Donde,

ANC = porcentaje de agua no contabilizada

VAF = volumen de agua facturada

VAP = volumen de agua producida

Un porcentaje de pérdidas comprendido entre el 10% y 20% es aceptable; sin embargo, cada sistema de agua potable tiene sus particularidades; por lo tanto deberá calcularse el porcentaje aceptable de pérdidas con base en una evaluación técnica económica.

Es importante llevar estadísticas sobre el comportamiento histórico de este indicador.

f. Análisis de los componentes de la recaudación

Es importante realizar un análisis de los montos recaudados mensualmente, con el objetivo de obtener datos sin distorsión que permitan tomar decisiones; los montos de la recaudación pondrían ser los siguientes:

- de la última facturación;
- de pagos atrasados;
- por concepto de consumo de agua del último mes;
- por venta de derechos de agua;
- por saneamiento, y
- por otros servicios.

g. Análisis de los componentes de la facturación

Es importante realizar también un análisis de los montos facturados mensualmente, con el objetivo conocer la proporción que representa cada componente dentro del total facturado; estos montos facturados son:

- correspondiente al último mes;
- por saldos anteriores;
- por consumo de agua último mes;
- por concepto de mora;
- por venta de derechos de agua;
- por saneamiento, y
- por otros servicios.

h. Ingresos vs. costos de operación

Este indicador sirve para evaluar la capacidad que tiene la empresa para efectuar el pago de los costos de operación; la fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$IVC = MR / CO$$

Donde,

IVC = Ingresos vs. costos

MR = monto recaudado

CO = costos de operación

Este valor deberá tener el valor mínimo de uno; cuando alcance valores por debajo de éste, se deberán tomar acciones para incrementar la eficiencia en la recaudación, o disminuir los costos de operación.

4. METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

4.1 Metodología para el desarrollo de la investigación

a. Solicitud de la información

Para el desarrollo de este estudio especial, se buscó el apoyo de la empresa encargada de la prestación del servicio de agua potable en el residencial Planes de Bárcenas, que estuvo de acuerdo con proporcionar la información que se solicitó para la ejecución de este trabajo.

Se elaboró un documento llamado **requerimientos de información**, en el cual se especificó toda la información necesaria para el desarrollo de este estudio especial.

b. Información comercial

Se solicitó información sobre montos y volúmenes de agua facturados, montos y volúmenes de agua recaudados, cantidad de cortes y reconexiones, e información sobre los costos de operación de la empresa; esta información fue proporcionada por el área comercial y financiera de esta empresa.

c. Información del área física

Se solicitó información sobre el diseño de la red de distribución de agua potable, micro medidores, macro medidores, ubicación de válvulas, características del sistema de producción y almacenamiento; esta información fue proporcionada por el área técnica de la empresa.

También se solicitó información sobre los volúmenes de agua producidos; sin embargo, estos datos no los maneja la empresa.

d. Área objetivo del estudio especial

Este estudio especial se desarrolló únicamente sobre el sector cinco del residencial Planes de Bárcenas, que tiene 348 cuentas de agua potable, las cuales se analizarán en su totalidad.

e. Niveles de precisión

Para el análisis de los valores de consumo, se utilizó información correspondiente a seis meses, la cual tendrá una precisión de un metro cúbico.

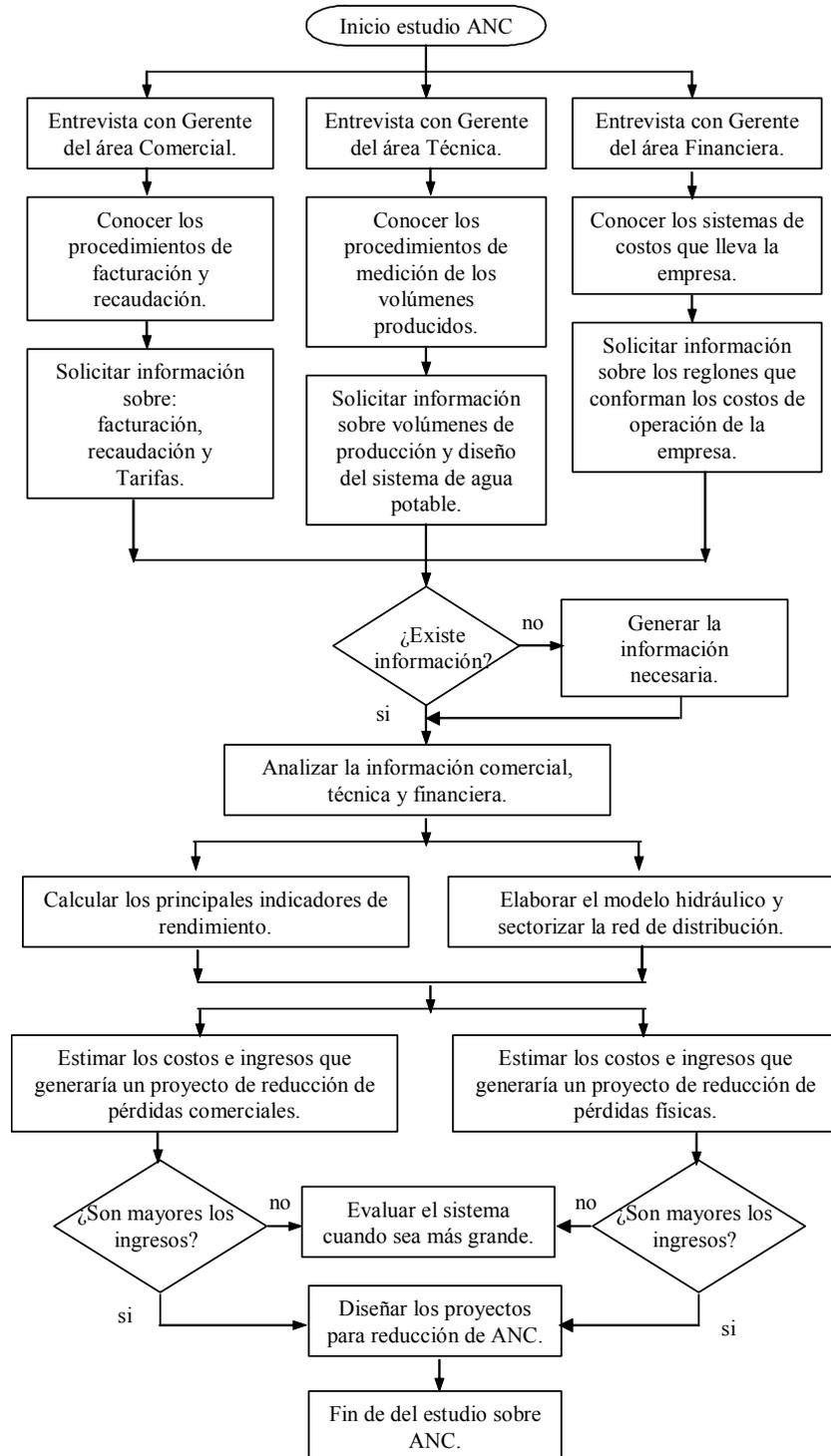
Los costos de operación se analizaron solamente para un mes, por limitaciones que impuso la empresa, por ser información que se considera confidencial.

f. Procesamiento de la información

Toda la información del área comercial se procesó en archivos y hojas de MS Excel y de MS Access, lo cual permitió analizar de una forma adecuada estos datos.

La información del área técnica se procesó en archivos de MS Excel; para planos se utilizó Autocad 2000, y para hacer una simulación de la red se utilizó el programa Epanet. 2.0, versión español.

Figura 4. Diagrama de flujo para el desarrollo de un estudio de ANC



4.1.1 Alcance del estudio especial

Esta investigación abarcó solamente el sector cinco del residencial Planes de Bárcenas, zona 03 del Municipio de Villa Nueva.

4.1.2 Panorama legal de la empresa de agua potable

La empresa de agua potable cuenta con un reglamento interno que rige sus funciones, el cual fue aprobado por la municipalidad de Villa Nueva.

4.1.3 Tipo de administración de la empresa

Actualmente la empresa que opera en el residencial Planes de Bárcenas funciona como una empresa privada; es regulada por medio de la municipalidad de Villa Nueva.

Según los reglamentos de la municipalidad de Villa Nueva, esta empresa es de tipo social, no debe generar utilidades; solamente deberá cubrir los costos de operación, mantenimiento y depreciación de los activos. Los incrementos a la tarifa deben ser justificados ante la misma municipalidad, que autoriza o no dichos incrementos.

La empresa de agua de Planes de Bárcenas, deberá administrar la empresa de agua potable por un periodo de cinco años, o mientras las constructoras terminen la totalidad de los trabajos relacionados con la urbanización y construcción de casas.

Después de cinco años, la administración de la empresa de agua puede quedar a cargo de la municipalidad de Villa Nueva o a cargo de un comité de vecinos regulado siempre por esta municipalidad.

4.1.4 Descripción de las fuentes de agua potable

El sector cinco es abastecido por medio de una fuente subterránea de agua potable. El agua es desinfectada usando cloro y luego, almacenada temporalmente en un tanque de distribución y enviada a la red de distribución.

Es de hacer notar que no se tienen macro medidores para medir el volumen de agua que genera este sistema de producción.

4.1.5 Cantidad y características de los usuarios del servicio

Los usuarios del servicio de agua potable, los cuales están conformados de la siguiente forma, según el uso que se da al inmueble.

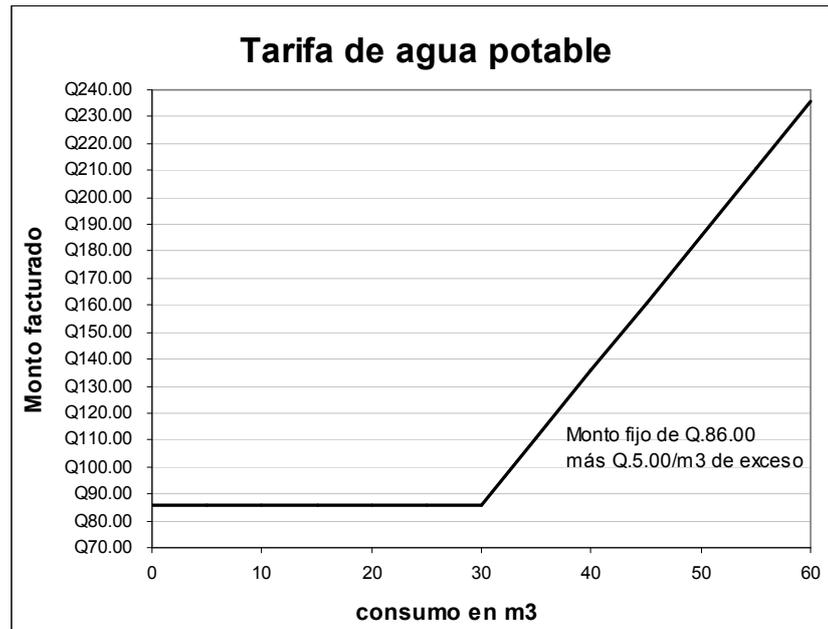
Tabla 7. Tipo de usuarios

Uso del inmueble	Cantidad
Domésticos	340
Tiendas	6
Panaderías	1
Colegios	1
Total	348

4.1.6 Tarifas actuales por el servicio de agua potable

La tarifa por la prestación del servicio de agua potable es mixta; está formada por una cuota fija que es de Q86.00, para quienes consumen hasta 30m³ (media paja de agua), y un cargo variable de Q5.00 por cada metro cúbico adicional consumido.

Figura 5. Tarifa de agua potable

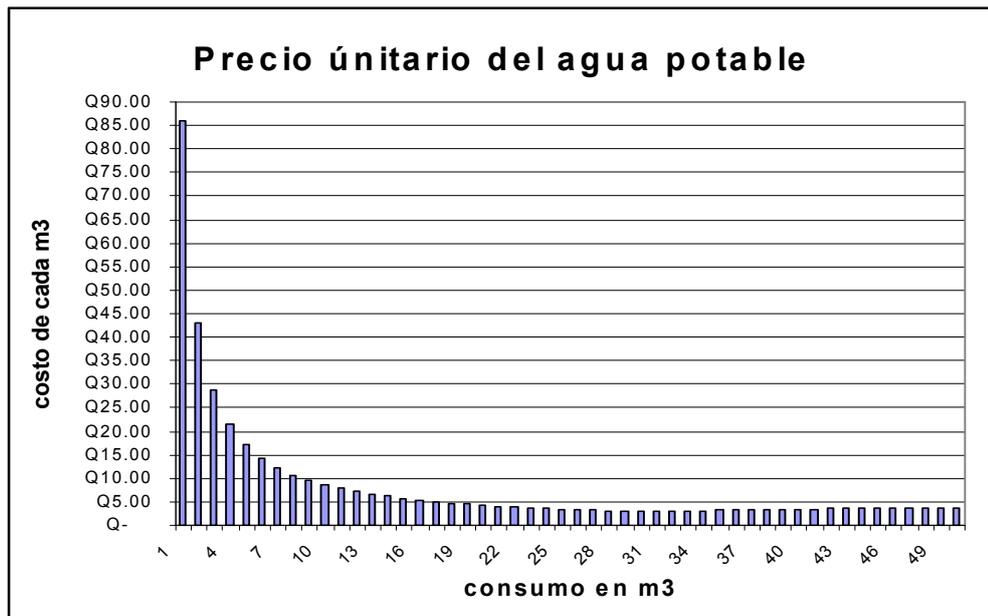


Una deficiencia de la tarifa es que no presenta información detallada sobre el costo de cada metro cúbico de agua; solamente se tienen las cantidades anteriores a nivel global; sin embargo, las empresas de agua normalmente incurren en costos fijos y variables.

Análisis de la tarifa: la tarifa de agua potable de la empresa es de orden decreciente hasta los 30m³; significa que dentro de este rango, quienes consumen más pagan un menor precio por cada unidad de volumen consumida.

En el siguiente gráfico se muestra el valor del agua en función de la cantidad consumida.

Figura 6. Precio unitario del agua potable, según tarifa actual

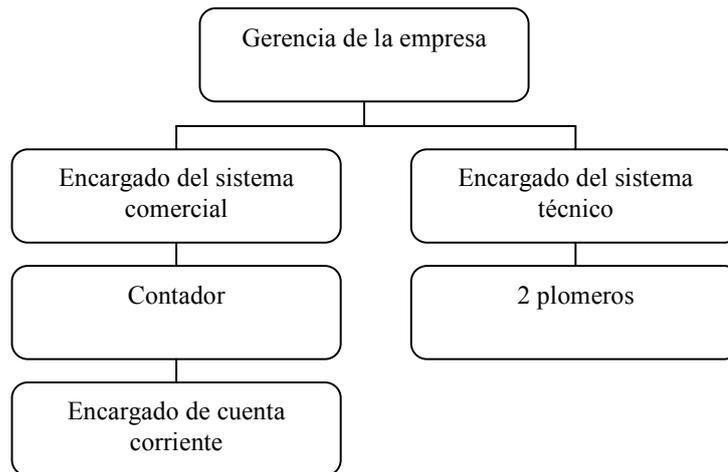


En el esquema tarifario anterior, se puede observar que no existe ningún tipo de subsidio para los usuarios que consumen poca cantidad de agua; por el contrario, desde el primer metro cúbico se cobra el costo real del agua potable.

Se puede observar, además, que el costo del agua potable, en los primeros diez metros cúbicos consumidos, es bastante elevado respecto a los demás rangos. Con este sistema tarifario, una persona que consume 10m³ de agua paga la misma cantidad que otra que consume 25m³; de esta estructura tarifaria se puede deducir que no fomenta el cuidado en el uso del agua potable.

4.2 Estructura organizacional de la empresa

Figura 7. Organigrama de la empresa de agua



Fuente: Empresa de agua Altos de Bárcenas II

4.3 Sistema físico de producción y distribución

El sistema físico de producción y distribución consiste en la infraestructura física y en las actividades que se deben desarrollar para explotar el agua, convertirla en potable y distribuirla a los usuarios.

Los sistemas físicos que se encuentran colocados en el sistema de agua potable del residencial Planes de Bárcenas son los siguientes:

4.3.1 Pozo

El pozo es una perforación que permite la extracción de agua de la fuente subterránea. El sector cinco del residencial Planes de Bárcenas es abastecido por medio de un pozo, el cual cuenta con una bomba sumergible, y tiene una tubería de extracción

de un diámetro de cuatro pulgadas, asimismo, el nivel al que se encuentra el agua está a una profundidad 820 pies (250 m). El pozo no cuenta con ningún tipo de medición del volumen de agua a la salida del mismo.

Figura 8. Pozo que abastece al sector cinco



4.3.2 Tanque de almacenamiento y fosa de succión

El sistema de producción del sector cinco del residencial Planes de Bárcenas, cuenta con un tanque de almacenamiento ubicado en la parte más alta del sector, es un tanque de tipo rectangular, semienterrado y construido de concreto armado, el cual tiene 12.80 m de largo, 5.00 m de ancho y 3.20 m de profundidad, logrando así, una capacidad de 204m³; el caudal ingresa al tanque de almacenamiento por medio de una tubería de 4 pulgadas de diámetro proveniente del pozo; el tanque trabaja de manera automática por medio dos electrodos, uno se encuentra ubicado en el nivel máximo y el otro, en el nivel mínimo del tanque (0.40m y 2.80m respecto a la base del tanque). Cuando el nivel del agua se encuentra por debajo del electrodo inferior, la bomba del pozo automáticamente empieza a funcionar, y cuando el agua del tanque alcanza el nivel del electrodo superior, la bomba del pozo se apaga.

Asimismo, el tanque de almacenamiento cuenta, dentro del mismo, con una pequeña fosa de succión de 1.50 m de largo, 0.75 m de ancho y 0.50 m de profundidad;

la fosa está compuesta por medio de 3 bombas hidroneumáticas de 3 Hp, 2 ½ Hp y 1 Hp; cada bomba extrae o succiona el agua del tanque por medio de 3 tuberías de PVC de 3 pulgadas de diámetro, las cuales se unen y envían el caudal a la red de distribución por medio de una tubería de 3 pulgadas.

Figura 9. Tanque de almacenamiento de agua potable



Figura 10. Entrada del caudal al tanque de almacenamiento

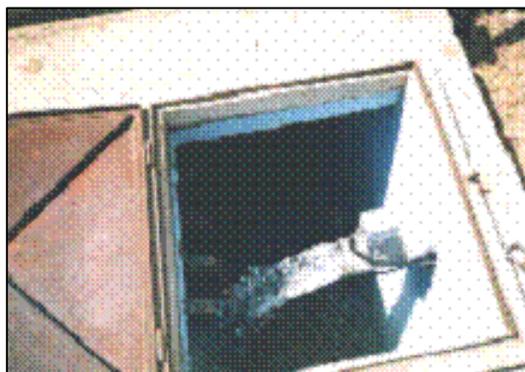
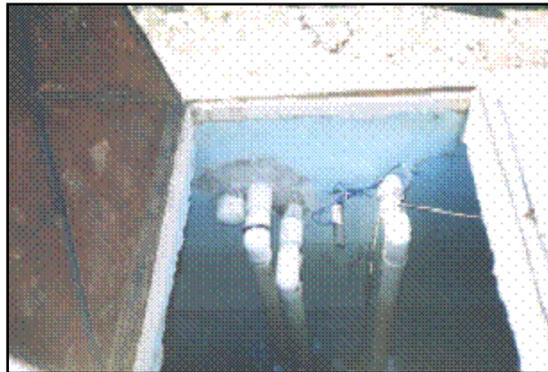


Figura 11. Tuberías de succión del tanque de almacenamiento



4.3.3 Bombas

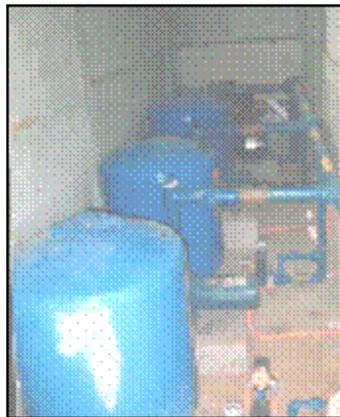
El sistema de producción de agua potable del sector cinco del residencial Planes de Bárcenas utiliza cuatro bombas. La primera es una bomba sumergible, la cual impulsa el agua por medio de una tubería de cuatro pulgadas, desde el nivel freático hasta el tanque de almacenamiento; las otras 3 bombas restantes son hidroneumáticas (3 Hp, 2 ½ Hp y 1 Hp), las cuales sirven para proporcionar la energía que permite distribuir el agua potable a los usuarios. Las características de las bombas instaladas en el sistema son las siguientes:

Tabla 8. Principales características de las bombas del sistema

No.	Función	Potencia (Hp)	Tipo
1	Succionar agua del pozo e impulsarla hasta el tanque de almacenamiento.	40	Sumergible
2	Proporcionar energía a la red de distribución.	3	Horizontales
3	Proporcionar energía a la red de distribución.	2 1/2	Horizontales

4	Proporcionar energía a la red de distribución.	1	Horizontales
---	--	---	--------------

Figura 12. Sistema de bombas hidroneumáticas

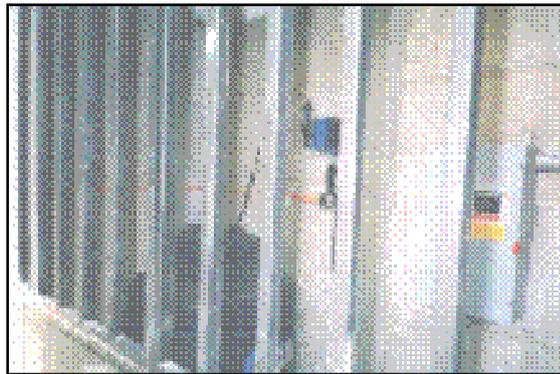


4.3.4 Cloración

La cloración es un proceso por medio del cual se aplica cloro en determinada cantidad al agua que será utilizada para consumo humano. El tipo de cloro que se utiliza puede ser en estado líquido, sólido o gaseoso, dependiendo del área (urbana o rural) o necesidad donde éste se aplique; el objetivo de la aplicación de cloro al agua es que ésta sea sanitariamente segura para el consumo de la población abastecida.

El tipo de cloro que se utiliza para la potabilización del agua en el sector cinco, es hipoclorito de calcio; aproximadamente se coloca semanalmente una libra de éste en un depósito tipo tinaco, el cual tiene una capacidad de 0.75m^3 ; luego, por medio de un sistema mecánico, se extrae el cloro ya disuelto en el tinaco y es enviado por gravedad al tanque de almacenamiento.

Figura 13. Depósito de cloración



4.3.5 Distribución

La red de distribución está compuesta por llaves de paso, codos horizontales, tees horizontales, reductores y tapones. La tubería de la red de distribución es en un 100% cloruro de polivinilo (PVC) de diámetros de 6, 2 ½ y 2 pulgadas, haciendo un total de 1,672.99 m de longitud de tubería en todo el sector; no cuenta con ningún tipo de medición de los caudales que circulan en esta red.

Tabla 9. Longitud de las tuberías de distribución según diámetro

No.	Diámetro en pulgadas	Longitud en metros
1	6	643
2	2 ½	953
3	2	76
Total		1672

Figura 15. Tubería de salida a la red de distribución



4.3.6 Conexión domiciliar

La conexión de agua potable al domicilio está compuesta por medio de una tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro, una llave de paso y una llave de cheque; la tubería al ingreso a la vivienda cuenta con un sistema de medición, que se efectúa por medio de un medidor de tipo chorro múltiple o velocidad.

Figura 16. Conexión domiciliar



4.4 Sistema comercial

El sistema comercial de la empresa de agua consiste en las actividades que se desarrollan en la misma para mantener la relación con los usuarios del servicio, tanto en

el aspecto de atención al cliente como en los aspectos relacionados con el cobro del servicio, y comprende los siguientes elementos:

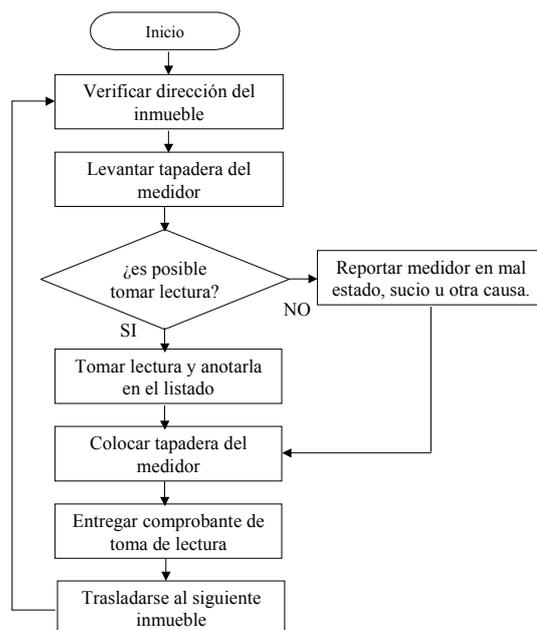
4.4.1 Sistema de facturación

El sistema de facturación desarrolla las siguientes actividades dentro de la empresa:

a. Toma de lecturas de medidores de agua

Esta actividad consiste en registrar en una boleta la lectura que presenta el medidor de agua potable de los usuarios de este servicio, cuyo objetivo es poder calcular el volumen de consumo que éstos realizaron durante un mes y de esta forma, poder emitir la factura por el cobro del servicio. El desarrollo de esta actividad se presenta en el siguiente diagrama:

Figura 17. Proceso de toma de lectura de medidores



El ciclo anterior se repite para todos los usuarios del servicio de agua potable que residen en el área de estudio.

b. Ingreso y verificación de lecturas

El ingreso de lecturas consiste en digitar los datos de lectura de medidores, que están contenidos en los listados de toma de lecturas y se realiza de forma mensual.

Por otro lado, la verificación de lecturas consiste en el procedimiento que se realiza para validar los datos de lectura de medidores, de tal forma que puedan ser eliminados los errores humanos que pudieren darse en el campo; los datos de lectura de medidores son validados por medio del siguiente procedimiento:

b.1 Se calcula el consumo resultante

$$CR = UL - LMA$$

Donde,

CR = consumo resultante

UL = última lectura

LMA = lectura del primer mes anterior

b.2 Se verifica que la lectura tenga un valor, el cual deberá estar dentro del siguiente rango

$$\frac{1}{2} CP \leq CR \leq 3CP$$

donde,

CP = consumo promedio de los últimos cuatro meses

b.3 Cuando las lecturas se encuentran dentro del rango anterior, éstas son aceptadas como lecturas verídicas; pero cuando éstas se encuentran fuera del rango anterior, se procede a la verificación de la lectura nuevamente en el campo.

c. Generación e impresión de las facturas

La generación de las facturas consiste en un proceso computarizado, por medio del cual se realiza el cálculo de los montos que se colocarán en la factura de cobro del servicio de agua potable.

Del procedimiento anterior resulta un archivo de cuenta corriente, el cual es utilizado para imprimir las facturas de cobro del servicio.

d. Distribución de las facturas

Esta actividad consiste en entregar las facturas de cobro del servicio a los usuarios de la empresa. Actualmente la empresa de agua no distribuye las facturas a los usuarios, sino son enviadas a un punto de cobro (Banco), al cual debe acudir el usuario para realizar el pago y recibir la factura.

Es de hacer notar que, con esta forma de distribución de las facturas, el usuario no recibe ningún aviso, en el cual se le indique que debe pagar su factura de agua, lo cual propicia que el usuario tienda a retrasar su pago.

Además, gran parte de los usuarios del servicio acude al banco a fin de mes, ya que en éste paga la cuota del financiamiento de la casa; sin embargo, la factura de cobro del servicio de agua está disponible en el banco a partir del 5 de cada mes, lo cual es una mala política, considerando que para el pago de este servicio, el usuario tendrá que recurrir por segunda vez al banco para realizar el pago de este servicio de agua potable.

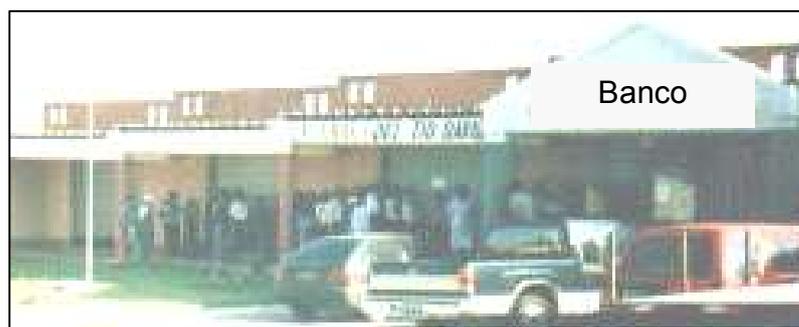
4.4.2 Sistema de recaudación

El sistema de recaudación consiste en todas las actividades que deben desarrollarse para realizar el cobro de las facturas del servicio de agua potable; cada fin de mes los usuarios de este servicio deben acudir al banco, solicitar su factura del servicio de agua potable y cancelar el monto indicado en la misma.

Posteriormente, el banco envía a la empresa de agua un reporte de todos los pagos recibidos, quedándose con las facturas que no fueron canceladas hasta que los usuarios cancelen las mismas. Cuando un usuario debe dos meses del servicio de agua potable, se le emite orden de corte del servicio, la cual se ejecuta 15 días después del vencimiento de la segunda factura.

Por otro lado, es de hacer notar que en el lugar donde se realiza el pago del servicio de agua, los usuarios deben esperar más de media hora para poder realizar el pago de este servicio.

Figura 18. Punto de pago del servicio de agua



4.5 Costos de operación de la empresa

Los costos de administración, operación y mantenimiento de la empresa se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Costos de la empresa de agua

Costos de administración, operación y mantenimiento					
Empresa:			Altos de Barcenas II		
Fecha de referencia:			diciembre de 2003		
Tipo de costo	Renglón	Costo	%	Subtotales	%
Administración	Encargado de contabilidad	Q 500.00	1.9%	Q 1,350.00	5%
	Encargado cuenta corriente	Q 500.00	1.9%		
	Emisión de facturas	Q 350.00	1.3%		
Operación	Energía eléctrica	Q 19,949.00	74.1%	Q 25,179.00	94%
	Químicos	Q 100.00	0.4%		
	Laboratorio de agua	Q 60.00	0.2%		
	Plomeros	Q 3,570.00	13.3%		
	Provisión mantenimiento y reemplazo equipo	Q 1,500.00	5.6%		
Mantenimiento y reparaciones	Mantenimiento	Q 200.00	0.7%	Q 400.00	1%
	Reparaciones	Q 200.00	0.7%		
Total		Q 26,929.00	100%	Q 26,929.00	100%

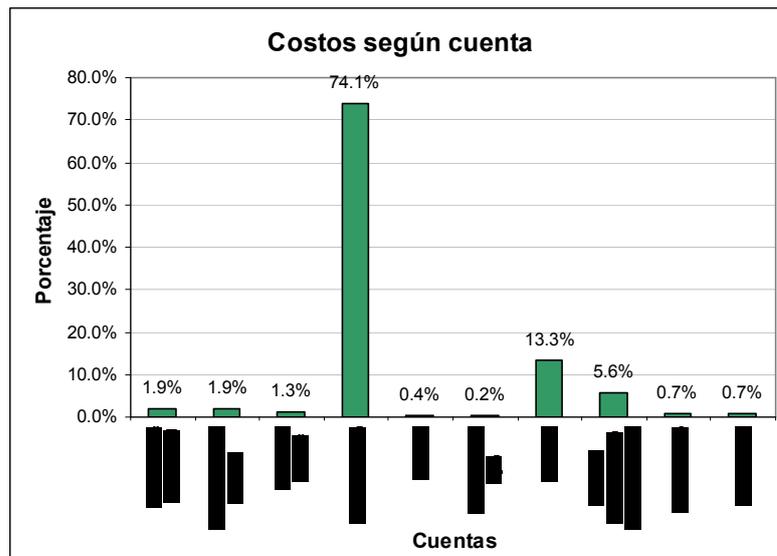
Fuente: empresa de agua Altos de Bárcenas II

En el cuadro anterior se presentan los costos de la empresa de agua potable para el mes de diciembre de 2003, cuyos los costos de administración corresponden a los gastos que se realizan en las actividades de gabinete de la empresa.

Los costos de operación representan todos los gastos que se necesitan para la operación física del sistema de agua potable, entre los cuales se encuentran: energía eléctrica, químicos, laboratorio de agua, plomeros y provisión para mantenimiento mayor y reemplazo de partes del equipo.

Los costos de mantenimiento están integrados por: materiales de limpieza, pintura u otros pequeños accesorios que se necesitan para mantener el sistema y reparaciones.

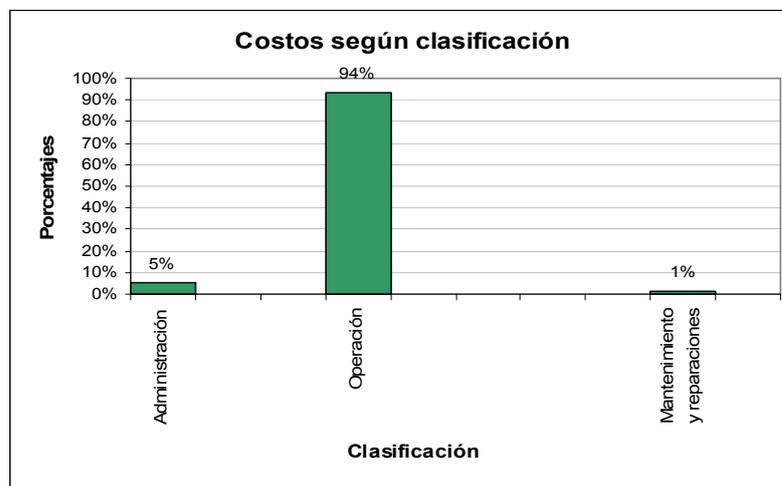
Figura 19. Costos según cuenta de la empresa de agua



Fuente: tabla 10.

En el gráfico anterior se puede observar que el costo de energía eléctrica representa el 74.1% respecto al total de costos de la empresa; luego se encuentra el sueldo de los plomeros, que representa el 13.3% respecto al total de los costos.

Figura 20. Costos según clasificación de cuentas de la empresa de agua



En el gráfico anterior se puede observar que los costos de operación son los más altos debido a que están influenciados por las cuentas de energía eléctrica y sueldo de los plomeros.

4.6 Oferta de agua potable

El sistema de producción de agua potable es un pozo, el cual es capaz de generar 200 gal/min, equivalentes a 16,330 m³/mes, si el pozo trabaja durante 12 horas/día.

4.7 Demanda actual de agua potable

La demanda actual de agua potable es alrededor de 14,100m³/mes, tomando en cuenta todos los posibles usos y el ANC; el suministro de esta demanda queda garantizado con el potencial de producción del sistema.

5. INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE PÉRDIDAS

5.1 Producción de agua potable de un periodo de tiempo

La producción de agua potable se refiere al volumen de agua que produce el pozo en un periodo de tiempo determinado; para calcular este dato fue necesario instalar en la entrada de agua al tanque de almacenamiento, un medidor de agua, para lo cual se instaló un medidor marca ARAD, de un diámetro de 2 pulgadas, durante una semana, el cual generó los siguientes resultados:

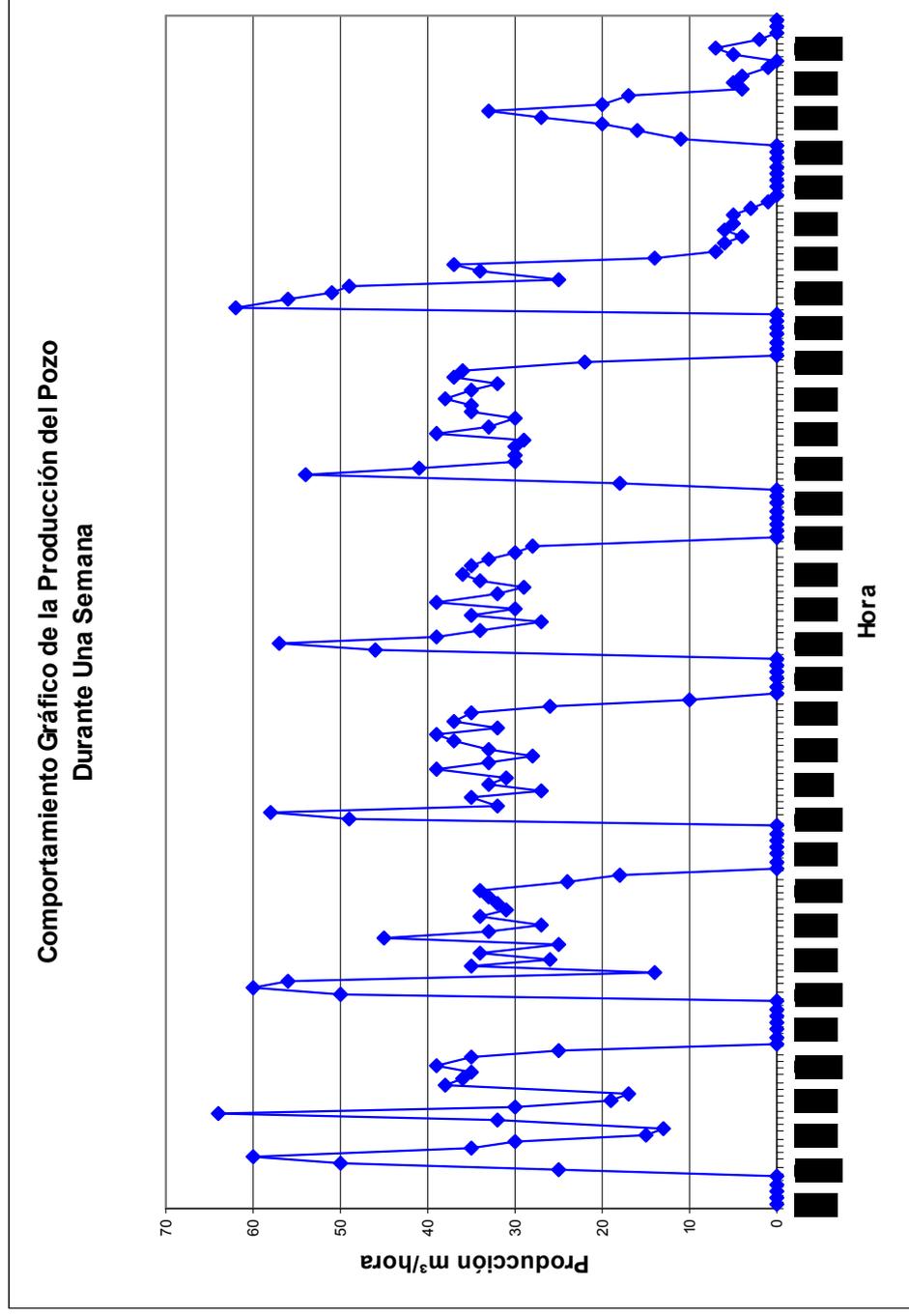
Tabla 11. Datos de producción de agua potable

Día	Producción (m³)
Lunes	598
Martes	611
Miércoles	614
Jueves	564
Viernes	604
Sábado	365
Domingo	172
Total	3,528

Producción mensual	14,112
---------------------------	---------------

Las mediciones para obtener la producción del pozo fueron realizadas en forma horaria; estos datos se muestran en el anexo II. En la siguiente gráfica se presenta el comportamiento de la demanda en función del tiempo durante una semana; en la misma se puede observar que la demanda se mantiene uniforme o similar hasta el día viernes, mientras que el sábado empieza a decrecer a partir del medio día, y el domingo la demanda en comparación con los días anteriores es baja, lo cual, en su mayoría, se debe a que se utiliza poca agua para riego y no se utiliza agua en la construcción.

Figura 21. Comportamiento de la producción de agua potable



5.2 Volumen facturado de agua potable

El volumen facturado de agua potable se refiere al volumen de agua que registra el sistema comercial de la empresa, el cual es obtenido mediante la toma de lectura de los medidores. Los listados de consumo de los clientes de la empresa se muestran en el anexo I de este estudio especial.

A continuación se presenta un análisis de las variables cantidad de clientes consumos y montos de facturación, agrupando las mismas en cuatro rangos de consumo tal como se muestra en las siguientes tablas.

Por otro lado en la figura 22 se analizaron las variables cantidad de clientes, consumos y montos facturados, ambos expresados en porcentajes; pudiendo observarse que la línea que representa la cantidad de clientes es casi paralela a la línea de facturación; sin embargo, la línea que representa el porcentaje de volumen consumido muestra un comportamiento totalmente diferente, principalmente en el rango de (0-15m³/mes), en el cual el volumen de agua consumido representa el 31%, mientras que la facturación representa el 58%, lo cual se debe al monto fijo que se paga hasta los 30m³ de consumo mensual.

5.2.1 Datos de facturación agrupados en múltiplos de 15

Tabla 12. Cantidad de clientes rango de 15

No.	Rangos de consumo	Cantidad de clientes						Medidas de tendencia central				
		Jul-03	Ago-03	Sep-03	Oct-03	Nov-03	Dic-03	promedio	% parc.	% acc.	desviación estándar	desviación media
1	0 a 15	217	198	191	208	176	210	200	63%	63%	14	12
2	16 a 30	87	102	100	102	112	89	99	31%	94%	8	7
3	31 a 45	9	13	19	11	25	15	15	5%	99%	5	4
4	46 o más	4	4	8	1	6	4	5	1%	100%	2	2
		317	317	318	322	319	318	319	100%			

Tabla 13. Volúmenes de consumo rango de 15

No.	Rangos de consumo	Volúmenes de consumo						Medidas de tendencia central				
		Jul-03	Ago-03	Sep-03	Oct-03	Nov-03	Dic-03	promedio	% parc.	% acc.	desviación estándar	desviación media
1	0 a 15	1,442	1,466	1,359	1,444	1,256	1,520	1,414	31%	31%	85	71
2	16 a 30	1,885	2,269	2,216	2,250	2,451	1,922	2,166	47%	78%	200	175
3	31 a 45	317	463	653	381	882	523	536	12%	90%	187	154
4	46 o más	209	630	1,181	195	307	337	476	10%	100%	346	286
		3,853	4,827	5,409	4,270	4,896	4,302	4,593	100%			

Nota: en las siguientes graficas se representa el porcentaje parcial de la cantidad de clientes, volúmenes de consumo y montos facturados.

Tabla 14. Montos facturados rango de 15

No.	Rangos de consumo	Montos facturados						Medidas de tendencia central				
		Jul-03	Ago-03	Sep-03	Oct-03	Nov-03	Dic-03	promedio	% parc.	% acc.	desviación estándar	desviación media
1	0 a 15	Q 18,662	Q 17,028	Q 16,426	Q 17,888	Q 15,136	Q 18,060	Q 17,200	58%	58%	1,172	1,003
2	16 a 30	Q 7,484	Q 8,779	Q 8,604	Q 8,783	Q 9,634	Q 7,657	Q 8,490	29%	87%	730	613
3	31 a 45	Q 1,007	Q 1,481	Q 2,048	Q 1,202	Q 2,808	Q 1,655	Q 1,700	6%	93%	596	485
4	46 o más	Q 789	Q 2,893	Q 5,393	Q 909	Q 1,153	Q 1,430	Q 2,094	7%	100%	1,631	1,366
		Q 27,941	Q 30,180	Q 32,470	Q 28,781	Q 28,731	Q 28,801	Q 29,484	100%			

Figura 22. Comportamiento de los consumos

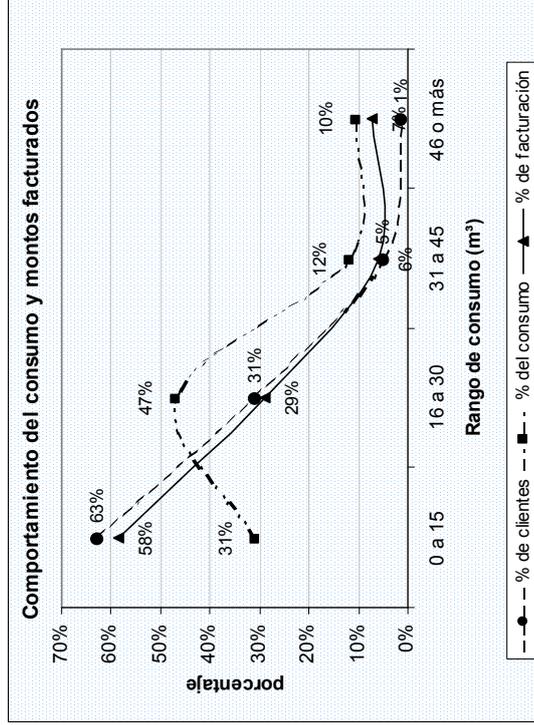
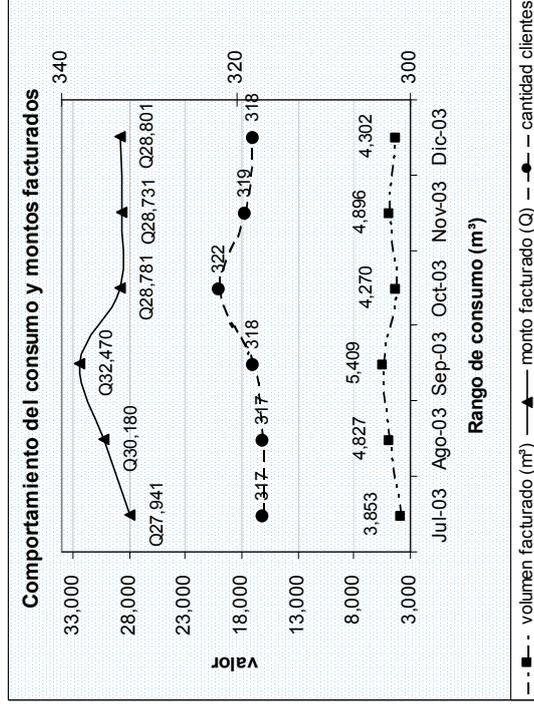


Figura 23. Comportamiento mensual



5.3 Recaudación

La recaudación se refiere a los montos recuperados mensualmente de lo facturado. En la siguiente tabla el monto recaudado y el monto facturado corresponde al mes de diciembre de 2003.

Tabla 15. Recaudación de lo facturado

Descripción	
Monto recaudado	Q 24,867.49
Monto facturado	Q 28,801.00
Eficiencia	86%

5.4 Costo de operación del agua producida

El costo unitario del agua producida se calculó por medio de la división entre los costos de operación y el volumen de producción promedio, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Costo del agua producida

Descripción	cantidad	unidades
Costos totales de operación	26,929.00	Q.
Producción mensual de agua	14,112	m ³
costo unitario del agua producida	1.91	Q/m³

5.5 Precio facturado del agua

El precio unitario del agua potable se refiere a la división entre el monto facturado y el volumen de agua consumida por los usuarios, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17. Precio unitario del agua potable

Descripción	cantidad	unidades
Monto facturado	29,483.92	Q
Consumo	4,593	m ³
Precio unitario del agua	6.42	Q/m³

6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA CALCULAR EL VALOR DEL ANC

Con la información procesada en el capítulo anterior (volúmenes producidos y facturados), en este capítulo se procederá a realizar el cálculo del porcentaje de ANC y una estimación de los elementos que integran ese porcentaje; además, se realizará la simulación de un escenario, en el cual la tarifa de agua potable se base en el consumo de cada usuario.

6.1 Agua No Contabilizada

Con la información del capítulo anterior, en la siguiente tabla se presenta el porcentaje de ANC:

Tabla 18. Agua No Contabilizada

Descripción	cantidad	unidades	%
Volumen facturado	4,593	m ³ /mes	33%
Agua No Contabilizada	9,519	m ³ /mes	67%
Volumen producido	14,112	m ³ /mes	100%

En la tabla anterior, volumen facturado corresponde al volumen promedio facturado mensualmente durante 6 meses (jul-03 a dic-03), tal como se indicó en la sección 5.2.

Volumen producido corresponde a los volúmenes de agua potable que son extraídos del pozo de agua, tal como se indicó en la sección 5.1.

Agua No Contabilizada es el volumen de agua potable que no se sabe con exactitud cuál es su destino; sin embargo, provoca pérdidas para la empresa. Para el caso de Planes de Bárcenas, este volumen corresponde al 67%, y se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{ANC} = (\text{volumen producido}) - (\text{volumen facturado})$$

6.2 Pérdidas comerciales

Estas pérdidas corresponden a los volúmenes de agua potable que son consumidos por los usuarios; sin embargo, no son registrados en el sistema comercial de la empresa, y por lo tanto, no son facturados, causando pérdidas financieras a la misma.

Para conocer la magnitud de estas pérdidas la empresa debe realizar un estudio para determinar el error que existe en la medición de los consumos y mantener un catastro de usuarios actualizado para identificar las conexiones clandestinas, sin embargo, en este estudio especial se realizará una estimación de las mismas en base a un estudio realizado en Colombia, cuyos resultados se presentaron en la sección 1.2.3.2., la cual se presenta en la sección 6.5.

6.3 Pérdidas físicas

Las pérdidas físicas comprenden los volúmenes de agua potable que se fugan del sistema de distribución, por ello no pueden ser distribuidos a los usuarios.

Para conocer la magnitud de estas pérdidas la empresa debe realizar un estudio para determinar el volumen de las fugas, sin embargo, en este estudio especial se realizará una estimación de las mismas en base a un estudio realizado en Colombia, cuyos resultados se presentaron en la sección 1.2.3.2., la cual se presenta en la sección 6.5.

6.4 Volumen autorizado no facturado

Para el caso específico de Planes de Bárcenas, el volumen autorizado no facturado, esta formado por el agua utilizada para el riego de áreas verdes, y construcción, estos volúmenes no son medidos; por lo tanto, se estiman de la siguiente forma:

Tabla 19. Volumen de agua utilizado en riego de áreas verdes

Descripción	Cantidad	Unidades
	6.5	manzanas
Área de terreno a regar	45,418	m ²
Volumen de agua utilizado	0.003	m ³ /m ² /día
Volumen para riego	4,145	m³/mes

Planes de Bárcenas cuenta con trece manzanas de áreas verdes, de las cuales el sistema de agua potable del sector cinco, actualmente contribuye con el riego del 50% de las áreas verdes; por lo tanto en la tabla anterior se consideró un área de 6.5 manzanas.

Tabla 20. Volumen de agua utilizado en construcción

Descripción	Cantidad	Unidades
Casas construidas mensualmente	15	unidades
Volumen de agua usado por casa	60	barriles
Volumen del barril	0.16	m ³
Volumen para construcción	143	m³/mes

Sumando los volúmenes de las dos tablas anteriores, se obtiene que el volumen autorizado no facturados (utilizado en riego de áreas verdes y construcción) es de 4,288 metros cúbicos mensualmente.

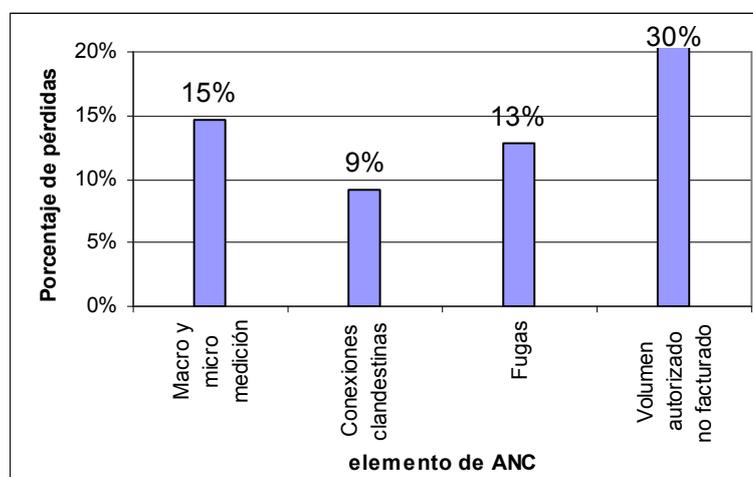
6.5 Componentes del ANC

En la sección 6.1 se determinó que el porcentaje de ANC del sistema de agua potable de Planes de Bárcenas es del 67%; sin embargo, este porcentaje está formado por pérdidas comerciales, físicas y por el volumen autorizado no facturado, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 21. Elementos que componen el Agua No Contabilizada

Tipo de pérdida	Componente	cantidad	porcentaje
Pérdidas comerciales	Macro y micro medición	2,093	15%
	Conexiones clandestinas	1,308	9%
Pérdidas físicas	Fugas	1,830	13%
Otros	Volumen autorizado no facturado	4,288	30%
total	Volumen ANC	9,519	67%

Figura 24. Elementos que componen el ANC



Fugas son los volúmenes de agua potable que se escapan de los diferentes elementos físicos que integran una red de distribución de agua potable.

Macro y micro medición las pérdidas causadas por marco medición; se deben a los errores que inducen los macro medidores al calcular la producción de agua del sistema.

Las pérdidas causadas por micro medición son los volúmenes de agua potable que no son registrados debido a errores en la toma de lectura de los medidores por parte de los lectores y errores de funcionamiento de los micro medidores.

Conexiones clandestinas son volúmenes de agua potable que son consumidos por algunos usuarios de forma ilícita, por lo cual, el sistema comercial de las empresas de agua no es capaz de registrar estos volúmenes.

6.6 Balance hídrico del sistema de agua

Figura 25 Balance hídrico

Producción 14,112	Consumo autorizado 8,881	Volumen autorizado facturado 4,593	Agua Contabilizada 4,593
		Volumen autorizado no facturado 4,288	Agua No Contabilizada 9,519
	Pérdidas de agua en el sistema 5,231	Pérdidas comerciales 3,401	
		Pérdidas físicas 1,830	

cantidades en m³

6.7 Facturación con sistema de cargo fijo vs. sistema basado en medición

Actualmente la tarifa de agua potable en Planes de Bárcenas es mixta; está compuesta por una cuota fija y un cargo por exceso, tal como se indicó en la sección 4.1.6 de este estudio especial.

La empresa de agua potable que administra el sistema de agua de Planes de Bárcenas, podría adaptar a su situación tarifaria nuevas políticas de cobro, las cuales buscaran fomentar el ahorro de agua potable por parte del usuario y un cobro justo por parte de la empresa; a continuación se presenta un escenario en el cual la empresa cobra el agua potable por medio de una tarifa estructurada que tome como base el consumo del usuario.

6.7.1 Escenario con tarifa en función del consumo

A continuación se presentarán los resultados que la empresa de Planes de Bárcenas obtendría al implementar una tarifa que tome en cuenta el consumo de agua en todos sus rangos:

Tabla 22. Tarifa propuesta

Rango de consumo (m ³)	costo unitario (Q/m ³)	cargo fijo (Q)
0-15	4.00	30.00
16-30	5.00	30.00
31-45	6.00	30.00
46 o más	7.00	30.00

En la tarifa anterior la facturación por la prestación del servicio se debe realizar en función del consumo de agua potable que el usuario haya realizado durante el mes, ubicándolo dentro de uno de los cuatro rangos de consumo presentados en la tabla anterior.

Costo unitario es el costo que debe pagar el usuario por el volumen de agua consumido dentro de uno de los cuatro rangos presentados en la tabla anterior; se expresa en Q/m³; que son quetzales por cada metro cúbico de agua consumida.

Cargo fijo: corresponde a un monto fijo que la empresa facturará a cada usuario por concepto de gastos administrativos en los cuales se incurre la Empresa y por el costo de oportunidad que tendría la misma si el usuario no hiciera uso del servicio de agua potable.

Por otro lado, a continuación se presentan los conceptos de tarifa sin memoria y de tarifa con memoria:

Tarifa sin memoria es la forma de cobro unitario, en la cual el volumen consumido es facturado al precio del rango al cual corresponda el volumen total ejemplo: si un usuario consumió 30m³ mensualmente, entonces la facturación por consumo será de $30 \text{ m}^3 * \text{Q}5.00/\text{m}^3 = \text{Q}150.00$.

Tarifa con memoria es la forma de facturación en la cual el volumen consumido es facturado también al precio de los diferentes rangos inferiores; al cual corresponde el

volumen total facturado por ejemplo: si un usuario consumió 30 m³ mensualmente, la facturación por consumo será de (15m³ * Q4/m³ + 15m³ * Q5/m³) Q135.00.

En la siguiente tabla se presenta un análisis del comportamiento de una estructura tarifaria basada en el consumo.

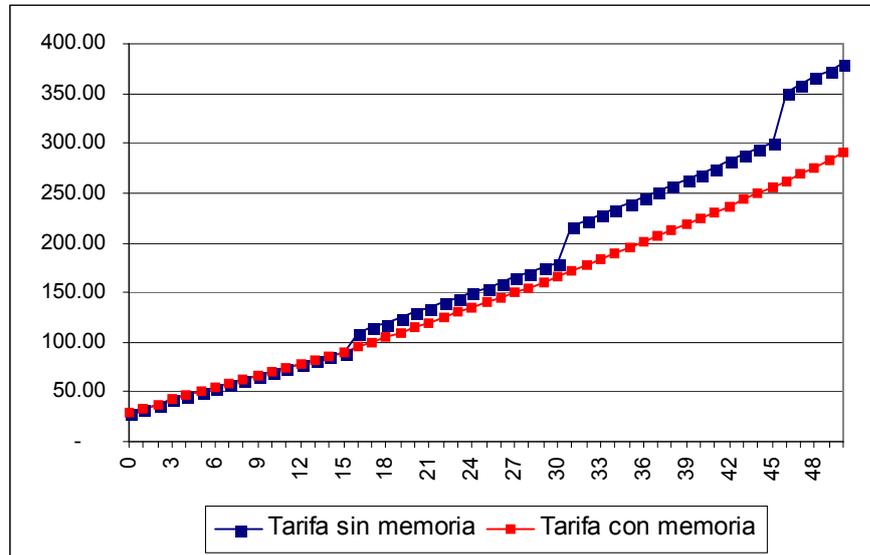
Tabla 23. Análisis de la tarifa propuesta

Consumo	Tarifa	
	sin memoria	con memoria
0	30.00	30.00
1	34.00	34.00
2	38.00	38.00
3	42.00	42.00
4	46.00	46.00
5	50.00	50.00
6	54.00	54.00
7	58.00	58.00
8	62.00	62.00
9	66.00	66.00
10	70.00	70.00
11	74.00	74.00
12	78.00	78.00
13	82.00	82.00
14	86.00	86.00
15	90.00	90.00
16	110.00	95.00
17	115.00	100.00
18	120.00	105.00
19	125.00	110.00
20	130.00	115.00
21	135.00	120.00
22	140.00	125.00
23	145.00	130.00
24	150.00	135.00
25	155.00	140.00
26	160.00	145.00
27	165.00	150.00
28	170.00	155.00

Consumo	Tarifa	
	sin memoria	con memoria
29	175.00	160.00
30	180.00	165.00
31	216.00	171.00
32	222.00	177.00
33	228.00	183.00
34	234.00	189.00
35	240.00	195.00
36	246.00	201.00
37	252.00	207.00
38	258.00	213.00
39	264.00	219.00
40	270.00	225.00
41	276.00	231.00
42	282.00	237.00
43	288.00	243.00
44	294.00	249.00
45	300.00	255.00
46	352.00	262.00
47	359.00	269.00
48	366.00	276.00
49	373.00	283.00
50	380.00	290.00

En la siguiente gráfica se muestra la tendencia que sigue una tarifa sin memoria; asimismo, se presenta la tendencia de una tarifa con memoria.

Figura 26. Tarifa sin y con memoria



Diferencias entre tarifa sin memoria y con memoria

La principal diferencia entre una tarifa sin memoria y una con memoria es que la primera genera una mayor facturación para la empresa de agua, cuando la tarifa es de orden creciente (a mayor consumo mayor precio), tal como se muestra en la grafica anterior; sin embargo, castiga al usuario cuando éste se pasa de los rangos establecidos en la estructura tarifaria; por ejemplo: en la tabla y grafica anterior, puede observarse que cuando un usuario consume 31m³ se le facturaría sin memoria Q216.00, mientras que con memoria se le facturaría Q171.00.

Además, en la grafica anterior puede observarse que una tarifa sin memoria tiene cambios bruscos cuando el usuario cae inmediatamente después de los límites de la estructura tarifaria; mientras que en el caso de una tarifa con memoria ,ésta presenta una tendencia creciente pero uniforme (línea roja).

6.7.2 Resultados obtenidos con la estructura tarifaria propuesta

Para evaluar los resultados que se obtendrían con la aplicación de la estructura tarifaria propuesta en la sección 6.7.1, se realizó la evaluación en un mes promedio de consumo, para lo cual se aplicó la estructura tarifaria sobre el mes de diciembre de 2003, obteniéndose los resultados presentados en la siguiente tabla.

Tabla 24. Resultados obtenidos al aplicar la tarifa propuesta

Escenario		Facturación
I	Tarifa actual	Q 28,801.00
II	Tarifa propuesta sin memoria	Q30,728.70
II	Tarifa propuesta con memoria	Q28,240.80

Como puede observarse en la tabla anterior, la aplicación de la estructura tarifaria propuesta también lograría alcanzar los montos facturados actualmente ya sea con o sin memoria.

7. DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

7.1 Educación sobre el uso adecuado del agua

La educación sobre el uso del agua consiste en crear conciencia e instruir a los usuarios sobre el uso adecuado del agua potable, lo cual puede desarrollarse por medio de la siguiente acción: hacer del conocimiento de los usuarios los objetivos, metas y resultados del programa de uso adecuado del agua, lo cual puede realizarse por medio de campañas de publicidad; se estima

que este tipo de acciones puede llegar a producir ahorros de entre un 4 y 5% de la producción total de agua (Grisham y Flemming, 1989).

7.1.1 Campaña de publicidad

En el residencial Planes de Bárcenas, considerando su pequeño tamaño tanto en área como en población, la campaña de publicidad sobre el uso adecuado del agua más adecuada, sería por medio de volantes y carteles, los cuales deberían contener la siguiente información:

7.1.1.1 Disponibilidad de agua

En todo el planeta hay alrededor de 1,386 millones de kilómetros cúbicos de agua; sin embargo, de éstos menos del 3% (35 millones de kilómetros cúbicos) es agua dulce o fresca.

La ventaja del agua dulce es que no tiene la concentración de sales que caracterizan al agua de mar (no es apropiada para el uso y consumo de los seres humanos). Por otro lado, el agua es indispensable para los seres vivos, componente principal de todos los organismos, principal regulador del clima; purifica también los residuos a través de las lluvias y la escorrentía; es base y sustento de sistemas vitales como lagos, quebradas, ríos, ciénegas y mares. Además, con el crecimiento poblacional la demanda de agua potable aumenta constantemente y las fuentes superficiales de agua disminuyen por problemas de deforestación y contaminación; por otro lado, las fuentes subterráneas son sobre explotadas, por lo cual, sus niveles se encuentran cada día más profundos y su extracción es más costosa.

7.1.1.2 Inspecciones y reparaciones

- a) Realizar inspecciones visuales en las instalaciones hidráulicas para detectar posibles fallas.
- b) Reparar o reemplazar los accesorios y tuberías dañadas.

7.1.1.3 Detección de fugas dentro del inmueble

- c) Cerrar todas las llaves de agua y contrallaves durante una hora aproximadamente.
- d) Anotar la lectura del medidor (lectura 1) de agua; normalmente los primeros seis dígitos de fondo blanco indican los metros cúbicos consumidos y los últimos dos de fondo negro indican los litros.
- e) Al terminar la hora indicada en el inciso c), proceda a tomar nuevamente la lectura del medidor (lectura 2); reste ambas lecturas y obtendrá el valor de las fugas dentro del inmueble.
- f) Dependiendo de la magnitud de la fugas consulte a un técnico para realizar las reparaciones correspondientes; en la tabla 25, se muestra una estimación de la magnitud mensual de las fugas de agua potable que ocurren durante una hora, proyectadas a un mes.

7.1.1.4 Hábitos de ahorro de agua

- g) Realizar descargas de agua en el inodoro solamente cuando sea necesario.

Tabla 25. Pérdidas de agua durante una hora

Pérdida en lt/hora		Pérdida en m ³ /mes
1	=	0.72
2	=	1.44
3	=	2.16
4	=	2.88

5	=	3.6
6	=	4.32
7	=	5.04
8	=	5.76
9	=	6.48
10	=	7.2

- h) Si el depósito del inodoro no es económico, colocar una botella llena de agua dentro del mismo, con el objetivo de ahorrar agua en cada descarga.
- i) Revisar periódicamente el inodoro para asegurarse que no tenga fugas de agua.
- j) Reemplazar la regadera convencional por una regadera ahorradora de agua.
- k) No permanecer bajo la ducha por más de 5 minutos.
- l) Durante el baño, cuando se enjabone, mantener la llave de la regadera cerrada.
- m) Mientras se cepilla los dientes, mantenga la llave del grifo cerrada; tome en cuenta que un vaso de agua es suficiente para este cepillado.
- n) Cuando se enjabone las manos, debe mantener la llave del grifo cerrada y abrirlo nuevamente cuando se tenga que enjuagar.
- o) En la medida de lo posible, se deben regar jardines, lavar calles y carros utilizando una cubeta con agua y no una manguera.
- p) En caso de utilizar manguera, asegurarse que la misma cuente con un dispositivo para abrir y cerrar el paso del agua, lo cual no permitirá su desperdicio.

7.2 Costos de la reducción de pérdidas

Lograr el estado de cero volumen de ANC, sería lo ideal para una empresa de distribución de agua potable; sin embargo, esto es poco práctico y solo se puede lograr en condiciones de laboratorio.

Uno de los objetivos principales de una empresa de distribución de agua debe ser minimizar las fugas hasta un nivel económico; ya que esto produce los siguientes beneficios:

- conserva un recurso vital;
- reduce la inversión de capital en nuevos recursos y en infraestructura, y
- reduce los costos de tratamiento y operación.

Por otro lado, se debe tomar muy en cuenta que un proyecto de reducción de pérdidas deberá implementarse, solamente si se obtienen beneficios económicos del mismo. De lo contrario, la empresa invertirá recursos que no recuperará o lo hará a largo plazo, lo cual no es lo más conveniente para empresas cuyo presupuesto es limitado.

7.2.1 Costo de reducción de las pérdidas físicas no visibles

Se considera que con la implementación de un programa de reducción de pérdidas físicas, éstas pueden reducirse aproximadamente a la mitad, para lo cual se consideraron los siguientes renglones de costos:

Tabla 26. Renglones para la reducción de las pérdidas físicas

Renglon	Costo
Aparatos	Q 39,000.00
Mano de obra	Q 16,000.00
Materiales	Q 7,920.00
Capacitación	Q 5,000.00
Total	Q 67,920.00

Dentro de los aparatos se consideró un micrófono de terreno, el cual se utiliza para la detección de las fugas y las herramientas manuales que se utilizarán para realizar las excavaciones y reparaciones correspondientes.

Dentro de la mano de obra se consideró el trabajo de dos plomeros los cuales realizarán el trabajo de detección y reparación de fugas durante un periodo de 4 meses.

Los materiales comprenden los costos de accesorios, pegamentos, tuberías etc., los cuales son necesarios para realizar la reparación de las fugas.

La capacitación se refiere a la contratación de un experto durante tres días para impartir la capacitación al personal encargado de la detección de las fugas; también incluye el material didáctico correspondiente.

7.2.2 Costo de reducción de los errores por medición

Para la reducción de las pérdidas causadas por errores en la medición se considera que un proyecto continuo de mantenimiento de los micro medidores, reducirá a la mitad estas pérdidas; los costos asociados a este proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27. Costos de mantenimiento de los medidores

Renglon	costo (Q)
Quitar y colocar un medidor	50
Limpieza del medidor	50
Pruebas de banco y repuestos	50
Total	150

Quitar y colocar un medidor se refiere a las actividades que tendrán que realizarse para llegar al inmueble: quitar el medidor, trasladarlo al taller y colocarlo nuevamente cuando éste haya recibido el mantenimiento.

La limpieza del medidor se refiere a desarmar el medidor, limpiarlo y armarlo nuevamente; las pruebas de banco se refieren a pasar el medidor por un aparato, el cual determina la exactitud del mismo y si necesita o no calibración.

Estos costos pueden ser cubiertos por los usuarios considerando que actualmente el medidor es responsabilidad de los mismos.

7.2.3 Costos de reducción de las pérdidas causadas por conexiones clandestinas

Se considera que las pérdidas causadas por conexiones clandestinas pueden reducirse a la mitad, con la implementación de mayores controles en la base de datos y sobre las conexiones, lo cual no representa más costos para la empresa.

7.2.4 Modelo financiero para la reducción de pérdidas

En la tabla 28, se presenta el modelo financiero del proyecto de reducción de pérdidas físicas y comerciales durante un año; a continuación se describen los criterios utilizados en este modelo, para lo cual, de aquí en adelante, nos referiremos al número de cada fila, el cual se presenta en la primera columna de esta tabla.

- **Situación actual**

En la fila 1 se presenta el porcentaje actual de ANC; en la fila 2 se muestra el volumen correspondiente, y en la fila 3 se presenta la pérdida financiera mensual causada por el ANC.

Es de hacer notar que para calcular el costo del volumen de agua recuperada por los proyectos de reducción de pérdidas (físicas y comerciales), se usó el costo de operación de la empresa, el cual es de Q1.91/m³, ya que la demanda actual de los usuarios está cubierta, y los volúmenes de agua que sean recuperados de las fugas no podrán venderse, pero dejarán de producirse, por lo tanto disminuirán los costos de operación de la empresa.

- **Reducción de pérdidas físicas**

En la fila 4 se presenta el porcentaje actual de pérdidas causadas por fugas en la red de distribución; en la fila 5 se presenta el volumen correspondiente a estas pérdidas; en la fila 6 se presenta el porcentaje de pérdidas que se obtendría con un proyecto de reducción de las mismas; se supone que el proyecto reducirá las pérdidas a la mitad en cuatro meses, por lo cual, para el cuarto mes las pérdidas ya serán del 7%, y en la fila 7 se presenta el volumen de agua recuperado mensualmente.

Por otro lado, en la fila 8 se presentan los montos recuperados que son producto de la reducción de pérdidas; en la fila 9 se presenta el costo mensual del proyecto de detección y reparación de fugas no visibles, y en la fila 10 se presenta la diferencia entre los montos del agua recuperada y el costo del proyecto de reducción de las pérdidas.

- Reducción de pérdidas causadas por errores en la medición

En la fila 11 se presenta el porcentaje actual de pérdidas causadas por errores en la medición; en la fila 12 se presentó el volumen de estas pérdidas; en la fila 13 se presenta la reducción de las pérdidas, para lo cual se asume que las mismas se deducirán a la mitad en dos años (0.3% mensualmente); en la fila 14 se presentan los volúmenes de agua recuperada, y en la fila 15, los montos correspondientes al volumen recuperado.

Se considera que el costo de mantenimiento de los medidores deberá ser cubierto por los usuarios del servicio de agua potable.

- Reducción de pérdidas causadas por conexiones clandestinas

La fila 16 representa el porcentaje actual de pérdidas; la fila 17 representa el volumen de estas pérdidas; la fila 18 representa la reducción de pérdidas; la fila 19, el volumen de agua recuperado, y la fila 20 representa el monto correspondiente al volumen de agua recuperada.

Se considera que para la reducción de estas pérdidas la empresa no incurrirá en gastos considerables; a continuación se presenta el modelo financiero:

.

Tabla 28. Costos para la reducción de las pérdidas de agua potable.

Situación actual	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
1 % de ANC	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%
2 Volumen de Agua pérdida (m³)	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519	9,519
3 Costo del agua pérdida (Q)	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48	18,164.48
Reducción de pérdidas físicas (Fugas en la red de distribución)												
4 % pérdidas	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%	13.0%
5 Volumen perdido (m³)	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830
6 % pérdidas meta	13.0%	11.0%	9.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
7 Volumen de agua recuperado (m³)	0	284	568	852	852	852	852	852	852	852	852	852
8 Costo agua recuperada (CAR) (Q)	-	542.22	1,084.45	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67
9 Costo de detec. y rep. (CDR) (Q)	16,980.00	16,980.00	16,980.00	16,980.00	-	-	-	-	-	-	-	-
10 CAR - CDR (Q)	(16,980.00)	(16,437.78)	(15,895.55)	(15,353.33)	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67	1,626.67
Reducción de pérdidas causadas por Errores en la Medición												
11 % pérdidas	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%
12 Volumen perdido (m³)	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093	2,093
13 % pérdidas meta	15.0%	14.7%	14.4%	14.1%	13.8%	13.5%	13.2%	12.9%	12.6%	12.3%	12.0%	11.7%
14 Volumen de agua recuperado (m³)	0	42	84	126	167	209	251	293	335	377	419	460
15 Costo agua recuperada (CARM) (Q)	-	79.88	159.76	239.64	319.51	399.39	479.27	559.15	639.03	718.91	798.79	878.67

Nota: el costo de mantenimiento de los medidores deberá ser cubierto por el usuario.

Reducción de pérdidas causadas por conexiones clandestinas	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
16 % pérdidas	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%
17 Volumen perdido (m³)	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308
18 % pérdidas meta	9.0%	8.4%	7.8%	7.2%	6.6%	6.0%	5.4%	4.8%	4.2%	3.6%	3.0%	2.4%
19 Volumen de agua recuperado (m³)	0	87	174	262	349	436	523	610	697	784	871	958
20 Costo agua recuperada (CARC) (Q)	-	166.40	332.80	499.19	665.59	831.99	998.39	1,164.79	1,331.19	1,497.59	1,663.99	1,830.39

Nota: para realizar este tipo de trabajos, la empresa no tendrá que incurrir en otros costos.

7.2.5 Resumen de costos

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los costos e ingresos anuales que generaría un proyecto de reducción de agua no contabilizada.

Tabla 29. Resumen de costos anuales de reducción de pérdidas

Reducción de pérdidas físicas (Fugas en la red de distribución)		
Monto de recuperado (MRA) (Q)	Q	16,186.98
Costo de detec. y rep. (CDR) (Q)	Q	67,920.00
MRA - CDR (Q)	Q	(51,733.02)

Reducción de pérdidas causadas por Errores en la Medición		
Monto recuperado (Q)	Q	5,269.47

Reducción de pérdidas causadas por conexiones clandestinas		
Monto recuperado (Q)	Q	9,318.29

7.2.6 Discusión de resultados

En la tabla 28, puede observarse que considerando el costo de operación de la empresa el ANC (67%) representa pérdidas financieras por un monto de Q18,164.48, las cuales actualmente son pagadas por los usuarios de esta empresa.

En la tabla 29 se puede observar que con la implementación del proyecto de reducción de pérdidas físicas, la empresa tendría que invertir Q51,733.02 durante el primer año, los cuales no recuperaría a corto plazo.

Por otro lado, considerando que el costo de mantenimiento de los medidores puede ser cubierto por los usuarios, la empresa podría recuperar Q5,269.47 anualmente al implementar el proyecto de mantenimiento de medidores.

Además, con la implementación de un programa de reducción de pérdidas causadas por conexiones clandestinas, la empresa no incurriría en más costos de operación, y recuperaría Q9,318.29 anualmente, tal como se muestra en la tabla 29.

7.3 Sectorización de la red

Tal como se mencionó en el capítulo 2.1.2, la sectorización de la red consiste en evaluar y optimizar el funcionamiento hidráulico de la red de distribución, integrando distritos hidrométricos y sectores en su diseño y operación; esta fase incluye las siguientes actividades:

7.3.1 Conformación del modelo hidráulico de la red

La conformación del modelo hidráulico de la red consiste en recabar toda la información de la red de distribución de agua potable, con el objetivo de poder realizar el modelo hidráulico de la red.

7.3.2 Trazo de sectores y modelo hidráulico

El trazo de sectores consiste en dividir la red de distribución por medio de válvulas y medidores, según la cantidad que se considere necesario para poder controlar esta red; por otro lado el modelo hidráulico consiste en evaluar el funcionamiento hidráulico de la red de distribución. Esta información se muestra en las tablas 31, 32 y 33; y en las figuras 27, 28 y 29.

Tabla 30. Datos de diseño

Dato	valor	unidades
Dotación	200	lt/hab/día
FHM	2.2	
Densidad	5	hab/vivienda

Tabla 31. Datos para el modelo hidráulico

Nodo	X	Y	Cota (m)	Cantidad de casas	Cantidad de personas	Demanda (l/s)
1	50.00	50.00	115.80	3	15	0.08
2	50.00	69.20	116.00	19	95	0.48
3	50.00	236.40	120.00	30	150	0.76
4	88.40	69.20	117.50	24	120	0.61
5	88.40	236.40	121.00	32	160	0.81
6	126.80	69.20	118.00	10	50	0.25
7	126.80	119.20	120.00	21	105	0.53
8	126.80	236.40	122.50	18	90	0.46
9	165.20	119.20	120.50	16	80	0.41
10	165.20	236.40	123.00	18	90	0.46
11	203.60	69.20	120.00	10	50	0.25
12	203.60	119.20	121.00	8	40	0.20
13	203.60	236.40	125.00	31	155	0.79
14	242.00	69.20	120.50	24	120	0.61
15	242.00	236.40	125.50	32	160	0.81
16	280.40	50.00	121.30	3	15	0.08
17	280.40	69.20	122.00	20	100	0.51
18	280.40	236.40	126.80	29	145	0.74
				348	1,740	8.86

Tabla 32. Datos de los nudos de la red de distribución

Estado de los Nudos de la Red			
ID Nudo	Demanda	Altura	Presión
	LPS	m	m
Nudo1	0.08	135.71	19.91
Nudo2	0.48	135.71	19.71
Nudo3	0.76	135.91	15.91
Nudo4	0.61	135.71	18.21
Nudo5	0.81	135.48	14.48
Nudo6	0.25	135.71	17.71
Nudo7	0.53	135.52	15.52
Nudo8	0.46	135.46	12.96
Nudo9	0.41	135.47	14.97
Nudo10	0.46	135.42	12.42
Nudo11	0.25	135.73	15.73
Nudo12	0.2	135.53	14.53
Nudo13	0.79	135.37	10.37
Nudo14	0.61	135.74	15.24
Nudo15	0.81	135.51	10.01
Nudo16	0.08	135.77	14.47
Nudo17	0.51	135.77	13.77
Nudo18	0.74	135.93	9.13
Embalse20	8.84	123	0

Tabla 33. Datos de las tuberías de la red de distribución

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	LPS	m/s	m/km
Tubería1	0.08	0	0
Tubería2	0.76	0.25	1.22
Tubería3	0.2	0.01	0
Tubería4	0.81	0.26	1.37
Tubería5	1.22	0.07	0.04
Tubería6	1.41	0.46	3.82
Tubería7	0.46	0.15	0.48
Tubería8	2.88	0.16	0.2
Tubería9	0.42	0.21	1.2
Tubería10	0.46	0.15	0.48
Tubería11	0.45	0.23	1.38
Tubería12	1.44	0.47	3.99
Tubería13	0.79	0.26	1.31
Tubería14	4.57	0.26	0.48
Tubería15	0.81	0.26	1.37
Tubería16	5.99	0.34	0.79
Tubería17	0.08	0	0
Tubería18	6.58	0.37	0.93
Tubería19	1.52	0.09	0.06
Tubería20	29.38	6.65	436.72
Bomba21	38.22	0	-12.93

Figura 27. Cotas y caudales del modelo hidráulico

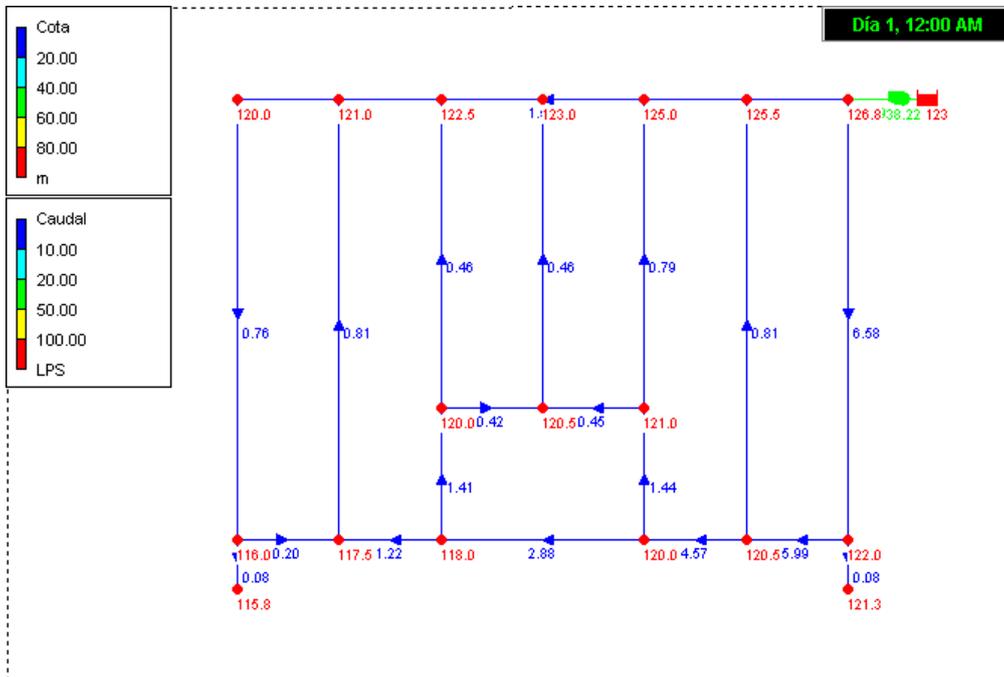


Figura 28. Demanda base y velocidad del modelo hidráulico

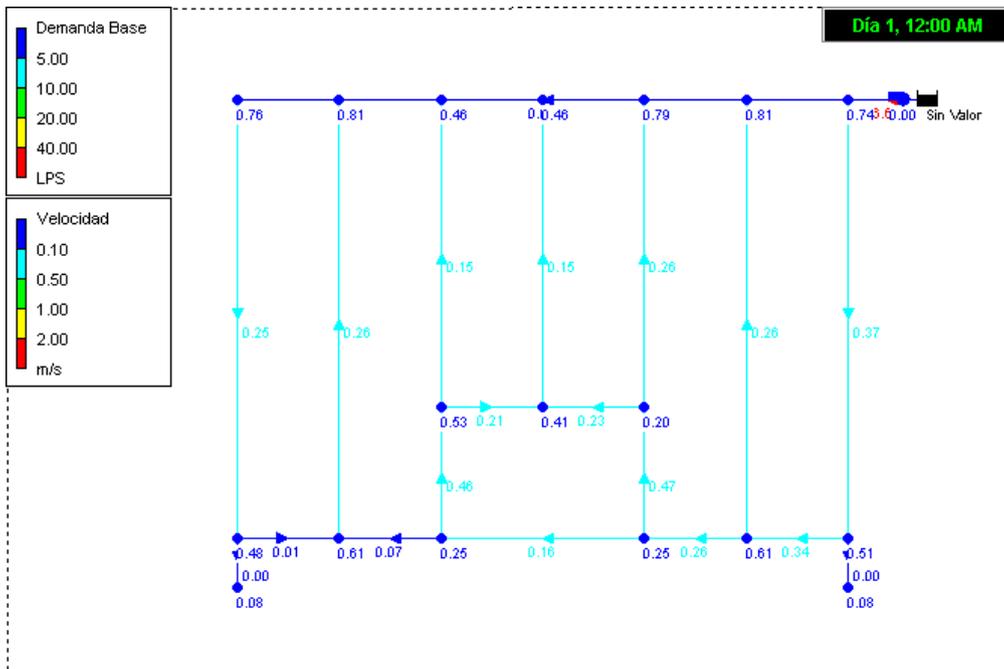
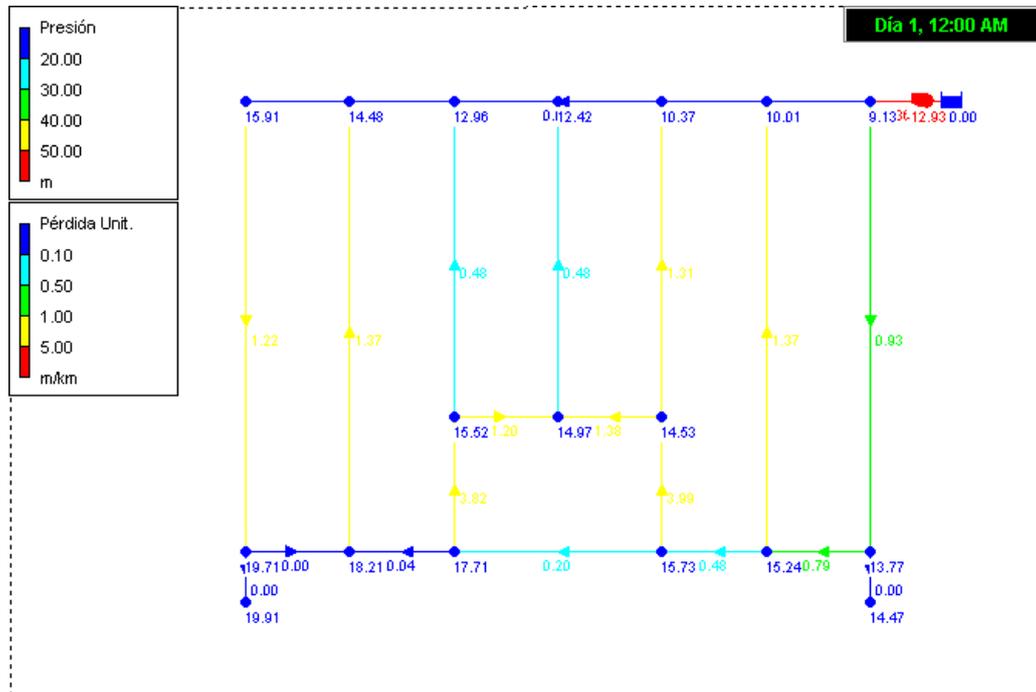


Figura 29. Presiones y pérdidas unitarias del modelo hidráulico



Nota: las tres figuras anteriores, fueron obtenidas del modelo hidráulico, el cual se trabajó con el software EPANET.

7.3.3 Construcción de sectores en la red

La construcción de sectores consiste en ejecutar los trabajos necesarios para la realización física de los sectores de la red.

Dada la configuración de los sectores del residencial Planes de Bárcenas, no es necesario sectorizar más la red de distribución; sin embargo, es necesario la instalación de dos macro medidores.

7.3.3.1 Tipos de macro medidores existentes en el mercado

Existen 3 tipos básicos de macro medidores de flujo disponibles; de turbina, ultrasónico, y electro magnético.

Los medidores de turbina son los menos precisos de los tres, requieren de un mantenimiento regular, deben ser colocado dentro de cámaras para permitir un acceso regular y no puede lidiar con flujos en sentido contrario al establecido. Sin embargo, son bastante fáciles de usar e interactúan muy bien con el equipo de grabación de datos.

Los medidores ultrasónicos son los más precisos en todos los flujos. Requieren una regular calibración y revisión, deben colocarse dentro de cámaras para permitir el acceso regular, registran los flujos en ambos sentidos y no son muy fáciles de operar para propósitos de manejo de fugas con equipo de grabación de datos.

Los medidores electro magnéticos son precisos; no necesitan de calibración y mantenimiento constante, pueden estar enterrados y esto hace que no se necesite de una cámara para inspección. Son fáciles de usar, trabajan con flujos en ambos sentidos e interactúan bastante bien con el equipo de grabación de datos.

7.3.3.2 Macro medidor más adecuado para el sector cinco

Actualmente, la empresa de agua de Planes de Bárcenas no conoce el volumen de producción de agua potable; la instalación de macro medidores en dos puntos clave permitirá conocer esta importante información. Estos medidores serán instalados al ingreso y salida del sistema, y proporcionarán la base para calcular las pérdidas físicas dentro del sistema; además de los volúmenes de flujo, también proveerán el total suministrado y los perfiles de demanda y consumo.

Para el sector cinco, se recomienda la instalación de dos medidores de turbina de 3” y 6” respectivamente, debido a que estos medidores no necesitan de ningún tipo de capacitación para su instalación y manejo; además, que tienen un costo bastante bajo en comparación a los medidores ultrasónicos y electro magnéticos. Aunque no se descarta la posibilidad de que si la empresa cuenta con los recursos necesarios para la compra de otro tipo de macro medidor, se recomendaría el electro magnético que es más preciso.

7.3.3.3 Características del macro medidor recomendado

Figura 30. Medidor recomendado WT 3”



WT 3”

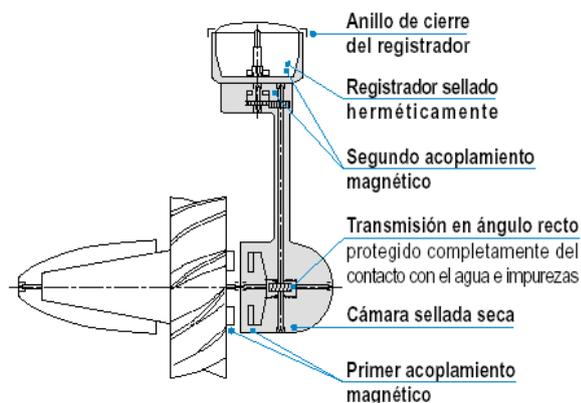
Figura 31. Medidor recomendado WT 6”



WT 6”

Alta exactitud, baja pérdida de carga y alta inmunidad contra elementos abrasivos en el agua, debido al acoplamiento magnético doble. Esta construcción única deja un solo elemento móvil en contacto con el agua, la turbina. Los otros componentes móviles, incluyendo el sinfín y el engranaje del sinfín, son mantenidos en un compartimiento seco y sellado y no están en contacto con elementos abrasivos que se encuentran en el agua.

Figura 32. Mecanismo interno del macro medidor recomendado



- Los cojinetes y extremos del eje de la turbina fabricado en tungsteno, aseguran un desgaste insignificante, aún en aplicaciones de alto flujo.
- Los registradores están encapsulados en acero inoxidable y vidrio, y garantizados contra empañamiento.

7.3.3.3.1 Especificaciones técnicas

- Presión de trabajo máxima: estandar - 16 bar. Opcional - 25 bar.
- Temperatura de trabajo máxima: 60 grados Celsius.
- Conexión a la cañería: bridas de acuerdo a las normas ISO, BS 10, AWWA u otras.
- Cuerpo: hierro fundido, revestido en epoxida. Opcional - bronce (norma AWWA).
- Normas: ISO 4064, AWWA, EEC.

7.3.3.3.2 Requisitos de instalación

- El medidor de agua puede ser instalado en cualquier posición. En una posición no horizontal, el flujo debe ser hacia arriba.
- El medidor debe estar lleno de agua durante su funcionamiento.
- La cañería debe ser enjuagada cuidadosamente antes de instalar el medidor.

Tabla 34. Datos de funcionamiento del medidor modelo WT

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Tamaño nominal		mm	80	150
		inch	3"	6"
Qn-ISO 4064	Qn	m ³ /h	40	150
Flujo a pérdida de carga 1 m.		m ³ /h	80	410
Pico de carga permisible por breves periodos	Qmax	m ³ /h	110	410
Pico de carga permisible versión de alto flujo (WT-HD)	Qmax	m ³ /h	200	600
Caudal permanente	Qp	m ³ /h	75	260
Caudal más bajo medido entre ±2%	Qt	m ³ /h	1.4	8
Caudal más bajo medido entre ±5%		m ³ /h	1	4.5
Flujo inicial		m ³ /h	0.4	1.8
Unidad más pequeña legible		lit	1	10
Capacidad máxima de registro		m ³	10 ⁶	10 ⁷

Figura 33. Ubicación del medidor en el sistema de producción.

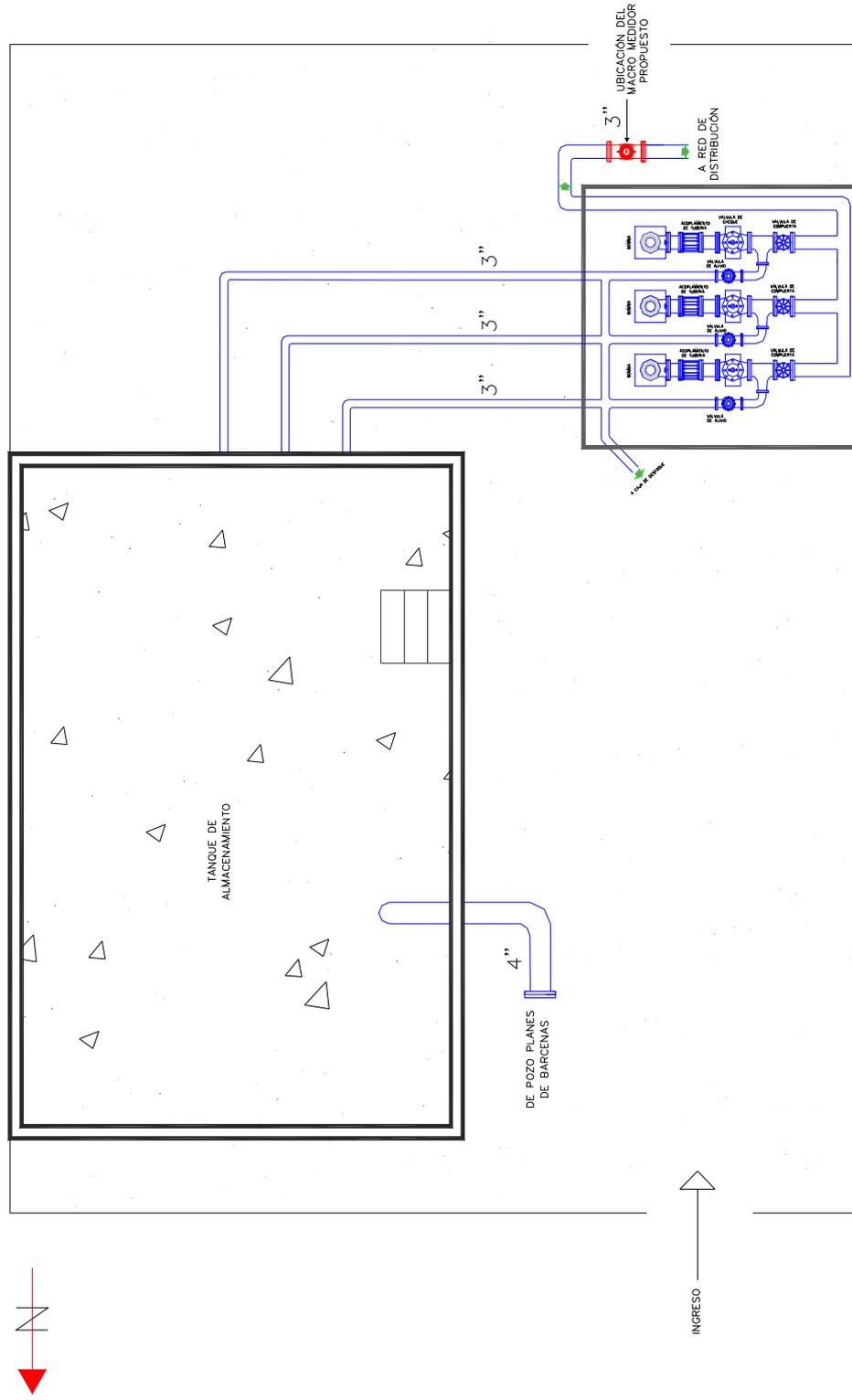
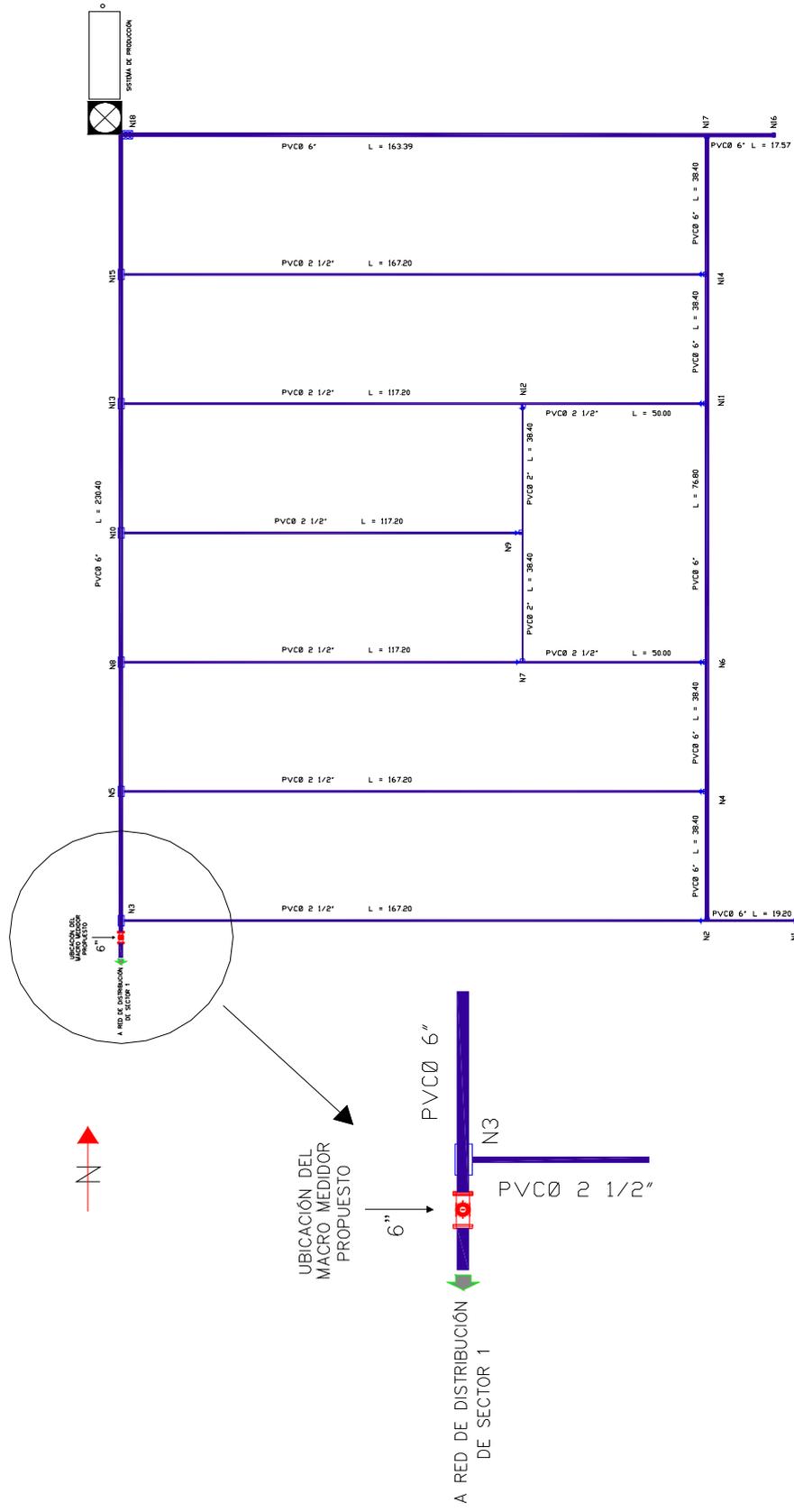


Figura 34. Ubicación del medidor en la red de distribución.



7.4 Eliminación de pérdidas

Tal como se mencionó en el inciso 2.1.3, la eliminación de pérdidas de agua se define como cualquier acción que se realiza directamente al sistema de agua potable, con el fin de rescatar agua, tanto físicamente como comercialmente. Particularmente, se establece en dos sentidos.

Es importante hacer notar que, tal como se mencionó en el inciso 7.2, no es posible reducir todas las pérdidas; sin embargo, es posible y económicamente viable reducir las pérdidas hasta el nivel económico, el cual normalmente es del 20%.

7.4.1 Eliminación física

Consiste en la reparación de los elementos que integran las pérdidas físicas; sin embargo, para el caso del sistema de Planes de Bárcenas, donde existe solamente un tanque de almacenamiento, el cual es relativamente nuevo y los usos públicos son muy pequeños; esta eliminación se enfocará únicamente en las fugas en la red de distribución.

De acuerdo con el análisis económico realizado, la reducción de las fugas en el sistema de Planes de Bárcenas no es viable por las altas inversiones que este proyecto implica y los bajos recursos monetarios que se recuperarían.

Debe considerarse que Planes de Bárcenas es un sector en construcción y que en este estudio especial se evaluó únicamente el sector cinco, el cual corresponde aproximadamente al 10% de la población que existirá a mediano plazo.

Se debe evaluar en el futuro nuevamente este trabajo y calcular los costos e inversiones, que implicaría la implementación de un proyecto para reducción de pérdidas físicas en el sistema.

7.4.2 Eliminación comercial

Consiste en la corrección de los principales elementos que integran las pérdidas comerciales, los cuales para el caso del sistema de agua de Planes de Bárcenas son: errores en medición y conexiones clandestinas, tal como se muestra en la tabla 21 de este estudio especial.

7.4.2.1 Eliminación de los errores en la medición

Tal como se indicó anteriormente, solamente es posible reducir una parte de las pérdidas, por lo cual se plantea que con un proyecto continuo de mantenimiento de medidores se puede llegar a reducir a la mitad el valor actual de pérdidas de este tipo.

Debe considerarse que es de suma importancia que los medidores del área de cobertura de una empresa de agua se encuentren en buen funcionamiento, ya que éstos indican la cantidad de agua potable que se facturará a los usuarios, por lo tanto influyen sobre los ingresos de la empresa.

Metodología de trabajo:

Los medidores deberán recibir mantenimiento cada dos años, para lo cual, la empresa tendrá que programar darle mantenimiento a 14 medidores mensualmente en el sector cinco, con ello estaría cubriendo un total de 336 medidores, que recibirían mantenimiento cada dos años; esta actividad tendrá que realizarse de forma continua.

La empresa de agua potable debe contar, en la base de datos que contenga información sobre la fecha de instalación del medidor, la fecha del último mantenimiento, la marca, diámetro y otras características importantes.

Por otro lado, se tendrá que realizar una planificación mensual, en la cual se indiquen los datos de identificación del medidor, al que se le dará mantenimiento como dirección, nombre del usuario, etc.

Por medio de una nota de aviso, la cual podrá ser entregada durante la lectura de los medidores, se notificará al cliente que debe cancelar la cuota por mantenimiento del medidor.

Cuando el pago sea recibido, la empresa enviará a los encargados de esta actividad para que realicen el trabajo correspondiente.

Nota: es de suma importancia que la empresa reglamente lo relacionado a medidores fraudulentos (manipulados), creando sanciones tanto para el usuario, como para el personal que realice estas acciones.

7.4.2.2 Eliminación de pérdidas causadas por conexiones clandestinas

Las conexiones clandestinas no pueden eliminarse en su totalidad; sin embargo, implementando más controles en la base de datos, se pueden llegar a reducir aproximadamente a la mitad de su valor actual.

El tipo de conexiones clandestinas puede presentarse en Planes de Bárcenas son:

- Conexiones directas, y
- Servicios de agua proporcionados por otros vecinos.

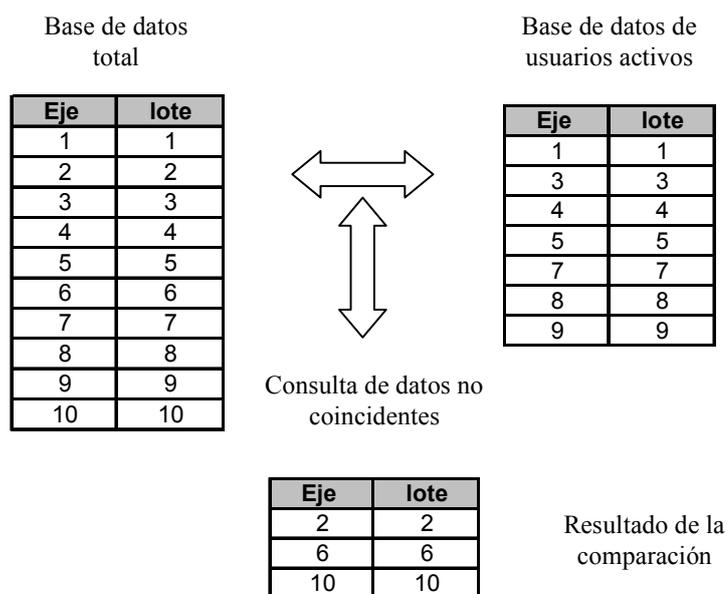
Metodología de trabajo:

Regularmente la empresa podría realizar una comparación ente la base de datos de usuarios que se encuentran activos y de la totalidad de casas del sector, con el objetivo de identificar las casas que se encuentran inactivas, para posteriormente realizar una inspección de campo y determinar las acciones que deben tomarse para regularizar las cuentas que presenten problemas, tal como se ilustra en la figura 35.

Por otro lado la empresa debe identificar a los usuarios que no pagan por este servicio, ya que de alguna forma éstos tienen que abastecerse de agua potable, y buscar los mecanismos legales que obligue a estos usuarios a ponerse al día con el pago de este servicio.

Además, se deberá reglamentar y aplicar sanciones que permitan la disminución de este tipo de pérdidas de agua potable.

Figura 35. Ilustración de la comparación ente bases de datos



7.5 Indicadores de rendimiento de la empresa

Tal como se mencionó en la sección 3.2 de este estudio especial, los indicadores de rendimiento son parámetros que sirven para evaluar el cumplimiento de los objetivos, que se definen para el alcance de los propósitos de la empresa. Por lo tanto, es importante que la empresa de agua de Planes de Bárcenas cuente con un sistema práctico para calcular estos indicadores de forma mensual; el sistema inicialmente puede consistir en una hoja de cálculo en MS Excel, en la cual se ingresen los datos necesarios para su cálculo.

Posteriormente, puede desarrollarse una aplicación, la cual tome los datos directamente del sistema de informática de la empresa y calcule automáticamente los indicadores, para lo cual se tendría que desarrollar las etapas de diagnóstico, diseño de las aplicaciones y operación del sistema. En este estudio especial se desarrollará una aplicación en Excel, en la cual se deberán introducir los datos necesarios para calcular los indicadores de rendimiento más importantes; los indicadores más importantes son los que se mencionaron en la sección 3.2.4 de este estudio especial.

En la siguiente tabla se describen siete indicadores de rendimiento, los cuales se consideran como los más importantes para una empresa de agua potable; también se define la importancia que los mismos tienen para la administración de la empresa de agua.

Tabla 35. Definición de los principales indicadores de rendimiento

No.	Indicador	Valor	Unidades	Importancia
1	Monto recaudado (MR)	MR	Q	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable.
2	Monto facturado (MF)	MF	Q	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable.
3	Volumen facturado	VAF	m ³	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable.
4	Eficiencia en la recaudación (ER)	ER	%	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable y que ER >= 90%.
5	Producción de agua (VAP)	VAP	m ³	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable.
6	Agua No Contabilizada (ANC)	(ANC)	m ³	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable y ANC <= 20%.
7	Ingresos vs costos de operación (IVC)	IVC	-	Estudiar el comportamiento en el tiempo de esta variable e IVC >= 1.

En la siguiente tabla se presentan los principales indicadores sobre el rendimiento de la empresa de agua de Planes de Bárcenas, los cuales son de suma importancia para la administración de la misma:

Tabla 36. Cálculo de los principales indicadores de rendimiento

No.	Indicador	Valor	Unidades	Observación
1	Monto recaudado (MR)	24,867.49	Q	Este monto corresponde al mes de Dic-03; no se tienen datos históricos.
2	Monto facturado (MF)	28,801.00	Q	Este monto corresponde al mes de Dic-03 y su tendencia se muestra en la figura 36.
3	Volumen facturado (VAF)	4,593	m ³	Este dato corresponde al promedio de los meses de Jul-03 a Dic-03 y su tendencia se muestra en la figura 37.
4	Eficiencia en la recaudación (ER)	86	%	La eficiencia corresponde al mes de diciembre y se encuentra cuatro puntos porcentuales por debajo del valor mínimo; no se tienen datos históricos.
5	Producción de agua (VAP)	14,112	m ³	El dato de producción corresponde al mes de Mar-03 y no se cuenta con datos históricos.
6	Volumen de ANC	9,519	m ³	El volumen de agua no contabilizada corresponde al promedio de Jul-03 a Dic-03.
7	Agua no Contabilizada (ANC)	67	%	El porcentaje de ANC corresponde a Dic-03; no se tienen datos históricos. Por otro lado, es un porcentaje bastante alto respecto al 20% que es aceptable; no se tienen datos históricos.
8	Ingresos vs costos de operación (IVC)	92	%	En el mes de Dic-03 la empresa solamente tenía la capacidad de cubrir el 92% de sus costos de operación; no se tienen datos históricos.

Figura 36. Comportamiento del monto facturado

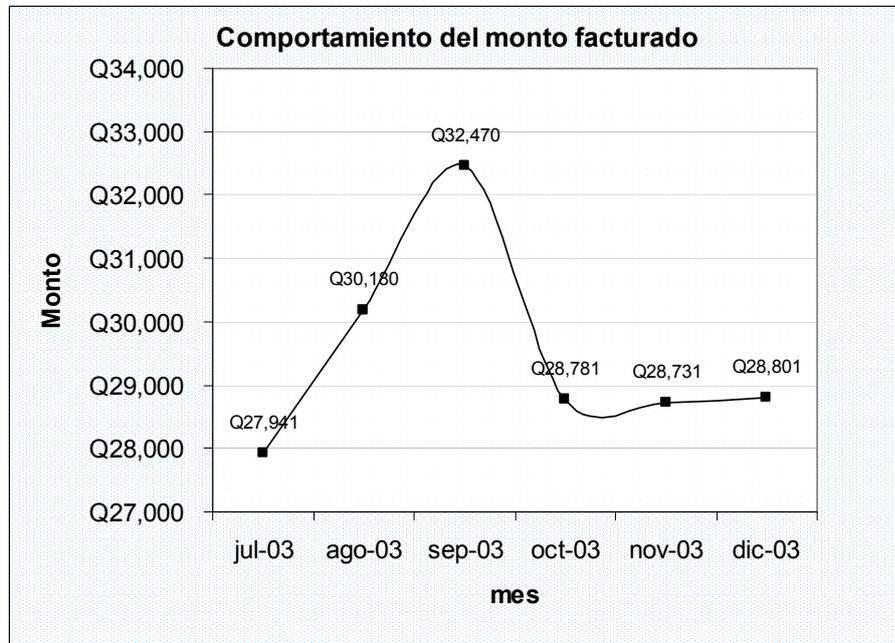
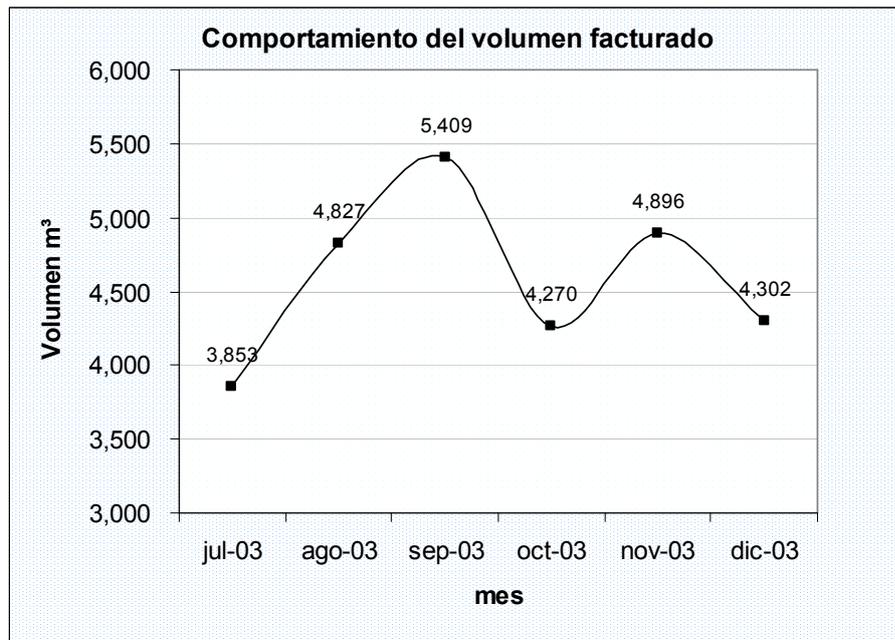


Figura 37. Comportamiento del volumen facturado



8. CONCLUSIONES

- 8.1 Analizando la actual estructura de la tarifa (diciembre 2003), se observa que en el rango de 0 a 30m³ de consumo mensual, ésta es de orden decreciente; lo cual significa que el precio unitario del agua potable es más barato para quienes consumen más dentro de este rango; también se puede observar que no existe subsidio en la tarifa de agua potable.
- 8.2 Se cuenta únicamente con un punto en el cual puede efectuarse el pago de la tarifa de agua potable; es de hacer notar que gran parte de los usuarios del servicio acuden al banco a fin de mes, a cancelar la cuota del financiamiento de la casa; sin embargo, la factura de cobro del servicio de agua está disponible en el banco hasta el cinco de cada mes.
- 8.3 Del análisis de los costos de operación de la empresa, se encontró que los costos de energía eléctrica son los más altos, representando el 74.1% respecto al total de costos de esta empresa.
- 8.4 Del análisis de los montos facturados correspondientes al periodo de julio de 2,003 a diciembre de 2,003 (6 meses), se encontró que el 94% de los clientes de la empresa de agua presenta un consumo menor o igual a 30m³. Del mismo análisis, también se determinó que el 5% de los clientes presenta un consumo entre 31m³ y 45m³ mensuales, y que solamente el 1% de los clientes (5 clientes) presenta un consumo mayor de 46m³ mensualmente.
- 8.5 Del análisis de las variables cantidad de clientes, volumen facturado y valores monetarios facturados, se determinó que existe una desproporción en los rangos bajos de consumo, observándose que en el rango de consumo de 0 a 15m³/mes la

cantidad de clientes representa el 63%, el cual consume, el 31% del volumen facturado, y se le factura un 58% respecto al monto total facturado por la empresa en el área de estudio.

- 8.6 El ANC del sistema de Planes de Bárcenas se determinó que es del 67%, que representa un volumen de 9,519 metros cúbicos mensualmente y pérdidas financieras de Q18,164.48 por mes.
- 8.7 Según la clasificación del ANC considerada en este estudio especial, las pérdidas físicas de la empresa son de 1,830 metros cúbicos de agua mensualmente, lo cual representa el 13% respecto al volumen total de agua producida por el sistema; el volumen de pérdidas comerciales del sistema de agua potable es de 3,400 metros cúbicos de agua mensualmente, lo cual representa el 24% respecto al total de agua producida por el sistema, y el consumo autorizado no facturado fue estimado en 4,288 metros cúbicos de agua mensualmente, lo cual representa el 30% respecto al volumen total de agua producida por el sistema.
- 8.8 Actualmente la demanda de los usuarios de Planes de Bárcenas se encuentra totalmente satisfecha, por lo cual, los volúmenes de agua que se recuperen de las pérdidas solamente representarán ahorros en los costos de operación de la Empresa.
- 8.9 Según la evaluación hidráulica realizada de la red de distribución, utilizando el programa EPANET, la red de distribución de Planes de Bárcenas trabaja adecuadamente.
- 8.10 Actualmente el sistema de producción y la red de distribución no cuenta con medición de los volúmenes de agua producidos y entregados, lo cual dificulta la obtención de datos para el cálculo del ANC.

- 8.11 De acuerdo con la evaluación económica del costo de reducción de las pérdidas físicas, por el momento no es viable realizar un proyecto de este tipo, ya que se incurriría en inversiones que no serán posible recuperarlas a corto plazo.
- 8.12 La implementación de un proyecto de mantenimiento continuo de medidores, permitirá reducir las pérdidas causadas por errores en la medición y permitirá a la empresa recuperar los montos no facturados.
- 8.13 Las pérdidas causadas por conexiones clandestinas pueden ser reducidas, implementando más controles en el padrón de usuarios de la empresa y reglamentando sanciones para los usuarios que se encuentren con estas practicas.
- 8.14 El volumen de ANC del sistema de agua potable de Planes de Bárcenas es del 67%, lo cual es demasiado alto considerando que un nivel de pérdidas aceptable es del 20%, el cual puede ser alcanzado en el futuro al implementar un proyecto completo de reducción de ANC.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda evaluar la posibilidad de modificar la estructura de la tarifa actual, con el objetivo de incentivar el ahorro en el consumo de agua potable, y estudiar datos sobre el precio-elasticidad de la demanda; sin embargo, antes de ello se debe contar con los aparatos que permitan realizar la medición del volumen de agua producido y de los volúmenes autorizados no facturados, con el objetivo de contar con una tarifa justa.
- 9.2 Se recomienda el establecimiento de una junta reguladora, la cual este formada por los representantes de: la empresa de agua de Planes de Barcenas, Comité de Vecinos y Municipalidad de Villa Nueva, quienes deberán fijar y monitorear el nivel permitido de ANC.
- 9.3 Se recomienda implementar una campaña sobre el uso adecuado del agua potable, lo cual podría significar ahorros en los costos de operación de la empresa.
- 9.4 Se recomienda implementar nuevas políticas de cobro, como el débito directo, habilitar otro punto de pago y la recepción de pagos anticipados. Se debe considerar que la mayoría de los usuarios consume menos de 30m³ mensualmente.
- 9.5 Se recomienda instalar un medidor en el sistema de producción y otro, en el sistema de distribución, los cuales permitirán obtener más datos para el cálculo del volumen de ANC y otros indicadores importantes para la administración de la empresa.

- 9.6 Se recomienda que en el futuro, cuando Planes de Bárcenas se encuentre más poblado, se realice nuevamente el análisis económico para verificar la viabilidad de la implementación de un proyecto de reducción de pérdidas físicas.
- 9.7 Se recomienda implementar el proyecto de mantenimiento continuo de medidores, el cual deberá ser financiado por medio de fondos proporcionados por los usuarios, y la implementación de un mayor control sobre la base de datos de los usuarios de la empresa, con lo cual se logrará reducir el volumen de las pérdidas comerciales de la empresa.
- 9.8 Se recomienda la implementación de los indicadores de rendimiento en la empresa, ya que éstos proporcionan información valiosa para la toma de decisiones por parte de la administración de la misma.
- 9.9 Se recomienda utilizar la metodología planteada en este estudio especial, para evaluar la situación de los volúmenes de ANC de otras empresas privadas o municipales, las cuales podrían mejorar el nivel de servicio que prestan a sus usuarios, al reducir sus costos de operación y optimizar el sistema de distribución.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hueb José Augusto, HDT 34: El Programa de Control de Pérdidas Como Estrategia Para el Desarrollo de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento (en línea), Lima Perú, CEPIS, consultado 2 mayo 2003. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt034.html>
2. Ochoa Alejo Leonel H, Introducción a la Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable (en línea), Mexico, IMTA, Consultado 3 junio 2003. Disponible en http://www.imta.mx/otros/uso_eficiente/herramientas
3. Laredo David, HDT 61: Principios Para el Diseño de Tarifas de Agua y Alcantarillado (en línea), 1995, Washington, DC. USA. CEPIS, consultado 17 junio 2003. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt061-c.html>
4. Jaramillo Margarita, Control de Agua No Contabilizada y Uso Eficiente del Agua (en línea), Colombia, Medka, Consultado: 17 abril 2003. Disponible en <http://www.medkasa.com/articulos.htm#arti1>
5. Enrique César Valdez. Abastecimiento de Agua Potable. Cuarta edición. UNAM, Facultad de Ingeniería, 1994, volumen I, Capítulo 4, Pág. 51.

Anexo I

Padrón de usuarios del mes de diciembre de 2003

En las últimas dos columnas de la siguiente tabla, se muestra la tarifa que se le facturaría a cada usuario como resultados de aplicar la estructura tarifaria propuesta con memoria y sin memoria.

Se cuenta con información digitalizada sobre los datos de facturación de los meses de julio de a noviembre de 2003 (cinco meses restantes), sin embargo, a continuación se presenta únicamente el mes de diciembre de 2003.

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Cívica	5	1	13	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	15	1	30	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	17	1	36	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	19	1	38	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	25	2	16	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	28	2	19	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	34	2	29	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	55	3	13	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	71	3	29	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	84	3	42	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	86	3	44	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	101	5	9	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	118	6	12	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	122	6	16	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	139	6	33	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	142	6	36	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	150	8	7	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	152	8	9	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	153	8	10	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Cívica	159	8	23	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Cívica	165	8	38	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	1	11	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	1	31	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	4	38	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	4	39	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	5	23	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	5	30	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	7	36	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	7	44	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	8	4	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	8	14	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	8	28	-	Q86.00	Q30.00	Q30.00
Nempresa	5	1	10	0	Q86.00	Q30.40	Q30.40
Nempresa	5	2	32	0	Q86.00	Q30.40	Q30.40
Nempresa	5	5	27	0	Q86.00	Q30.40	Q30.40
Cívica	16	1	35	0	Q86.00	Q31.20	Q31.20
Nempresa	5	4	12	0	Q86.00	Q31.60	Q31.60
Nempresa	5	7	41	1	Q86.00	Q32.00	Q32.00
Nempresa	5	4	5	1	Q86.00	Q32.40	Q32.40
Cívica	106	5	15	1	Q86.00	Q32.80	Q32.80
Cívica	57	3	15	1	Q86.00	Q34.00	Q34.00
Nempresa	5	8	29	1	Q86.00	Q34.40	Q34.40
Nempresa	5	1	1	1	Q86.00	Q35.20	Q35.20
Nempresa	5	7	6	1	Q86.00	Q35.20	Q35.20
Cívica	125	6	19	1	Q86.00	Q35.60	Q35.60
Nempresa	5	4	10	1	Q86.00	Q35.60	Q35.60
Nempresa	5	8	33	2	Q86.00	Q36.00	Q36.00
Cívica	168	8	46	2	Q86.00	Q36.80	Q36.80
Nempresa	5	7	14	2	Q86.00	Q37.20	Q37.20
Cívica	18	1	37	2	Q86.00	Q37.60	Q37.60
Cívica	27	2	18	2	Q86.00	Q37.60	Q37.60
Nempresa	5	4	30	2	Q86.00	Q38.00	Q38.00
Nempresa	5	4	32	2	Q86.00	Q38.80	Q38.80
Cívica	7	1	15	2	Q86.00	Q39.20	Q39.20
Cívica	140	6	34	2	Q86.00	Q39.60	Q39.60
Cívica	36	2	35	3	Q86.00	Q40.80	Q40.80
Cívica	112	6	6	3	Q86.00	Q40.80	Q40.80
Cívica	39	2	38	3	Q86.00	Q41.20	Q41.20
Nempresa	5	2	33	3	Q86.00	Q41.20	Q41.20
Nempresa	5	2	34	3	Q86.00	Q41.20	Q41.20
Cívica	20	2	6	3	Q86.00	Q41.60	Q41.60
Nempresa	5	1	33	3	Q86.00	Q41.60	Q41.60

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Nempresa	5	5	29	3	Q86.00	Q42.40	Q42.40
Civica	134	6	28	4	Q86.00	Q45.60	Q45.60
Nempresa	5	8	1	4	Q86.00	Q45.60	Q45.60
Nempresa	5	4	40	4	Q86.00	Q46.00	Q46.00
Civica	76	3	34	4	Q86.00	Q46.80	Q46.80
Nempresa	5	4	8	4	Q86.00	Q46.80	Q46.80
Civica	81	3	39	4	Q86.00	Q47.20	Q47.20
Nempresa	5	2	26	4	Q86.00	Q47.20	Q47.20
Nempresa	5	4	1	4	Q86.00	Q47.20	Q47.20
Nempresa	5	8	34	4	Q86.00	Q47.20	Q47.20
Civica	117	6	11	4	Q86.00	Q47.60	Q47.60
Nempresa	5	7	31	4	Q86.00	Q47.60	Q47.60
Civica	127	6	21	5	Q86.00	Q48.00	Q48.00
Nempresa	5	1	21	5	Q86.00	Q48.00	Q48.00
Nempresa	5	4	31	5	Q86.00	Q48.00	Q48.00
Nempresa	5	7	27	5	Q86.00	Q48.80	Q48.80
Nempresa	5	7	28	5	Q86.00	Q49.20	Q49.20
Civica	103	5	12	5	Q86.00	Q49.60	Q49.60
Civica	144	6	38	5	Q86.00	Q49.60	Q49.60
Nempresa	5	7	3	5	Q86.00	Q50.00	Q50.00
Civica	107	6	1	5	Q86.00	Q50.40	Q50.40
Civica	111	6	5	5	Q86.00	Q50.40	Q50.40
Civica	123	6	17	5	Q86.00	Q50.40	Q50.40
Nempresa	5	4	15	5	Q86.00	Q50.80	Q50.80
Civica	70	3	28	5	Q86.00	Q51.20	Q51.20
Nempresa	5	1	3	5	Q86.00	Q51.20	Q51.20
Nempresa	5	4	22	5	Q86.00	Q51.20	Q51.20
Nempresa	5	1	24	5	Q86.00	Q51.60	Q51.60
Nempresa	5	5	20	6	Q86.00	Q53.20	Q53.20
Civica	124	6	18	6	Q86.00	Q54.00	Q54.00
Nempresa	5	4	36	6	Q86.00	Q54.00	Q54.00
Nempresa	5	7	7	6	Q86.00	Q55.20	Q55.20
Nempresa	5	8	3	6	Q86.00	Q55.60	Q55.60
Civica	80	3	38	7	Q86.00	Q56.80	Q56.80
Civica	48	3	5	7	Q86.00	Q57.20	Q57.20
Nempresa	5	5	34	7	Q86.00	Q57.60	Q57.60
Civica	160	8	24	7	Q86.00	Q58.00	Q58.00
Nempresa	5	7	30	7	Q86.00	Q58.00	Q58.00
Nempresa	5	7	15	7	Q86.00	Q58.80	Q58.80
Nempresa	5	7	18	7	Q86.00	Q58.80	Q58.80
Civica	72	3	30	7	Q86.00	Q59.20	Q59.20
Civica	164	8	37	8	Q86.00	Q60.40	Q60.40
Nempresa	5	4	21	8	Q86.00	Q60.40	Q60.40

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Nempresa	5	8	13	8	Q86.00	Q60.40	Q60.40
Civica	75	3	33	8	Q86.00	Q61.20	Q61.20
Nempresa	5	1	32	8	Q86.00	Q61.20	Q61.20
Civica	58	3	16	8	Q86.00	Q61.60	Q61.60
Civica	82	3	40	8	Q86.00	Q61.60	Q61.60
Nempresa	5	4	24	8	Q86.00	Q61.60	Q61.60
Nempresa	5	4	2	8	Q86.00	Q62.00	Q62.00
Civica	69	3	27	8	Q86.00	Q63.20	Q63.20
Nempresa	5	1	2	8	Q86.00	Q63.20	Q63.20
Nempresa	5	4	6	8	Q86.00	Q63.20	Q63.20
Nempresa	5	7	40	8	Q86.00	Q63.20	Q63.20
Civica	45	3	2	8	Q86.00	Q63.60	Q63.60
Civica	93	5	1	8	Q86.00	Q63.60	Q63.60
Nempresa	5	2	40	8	Q86.00	Q63.60	Q63.60
Civica	9	1	17	9	Q86.00	Q64.40	Q64.40
Civica	90	3	48	9	Q86.00	Q64.80	Q64.80
Nempresa	5	2	24	9	Q86.00	Q64.80	Q64.80
Nempresa	5	5	32	9	Q86.00	Q64.80	Q64.80
Nempresa	5	7	35	9	Q86.00	Q64.80	Q64.80
Civica	24	2	10	9	Q86.00	Q65.20	Q65.20
Nempresa	5	4	41	9	Q86.00	Q66.00	Q66.00
Civica	121	6	15	9	Q86.00	Q66.40	Q66.40
Nempresa	5	8	43	9	Q86.00	Q66.80	Q66.80
Civica	14	1	29	9	Q86.00	Q67.20	Q67.20
Nempresa	5	5	28	9	Q86.00	Q67.20	Q67.20
Civica	98	5	6	9	Q86.00	Q67.60	Q67.60
Nempresa	5	2	15	9	Q86.00	Q67.60	Q67.60
Civica	38	2	37	10	Q86.00	Q68.00	Q68.00
Civica	109	6	3	10	Q86.00	Q68.00	Q68.00
Civica	99	5	7	10	Q86.00	Q68.40	Q68.40
Nempresa	5	7	19	10	Q86.00	Q70.00	Q70.00
Nempresa	5	4	23	10	Q86.00	Q70.40	Q70.40
Nempresa	5	7	17	10	Q86.00	Q70.40	Q70.40
Civica	6	1	14	10	Q86.00	Q70.80	Q70.80
Civica	21	2	7	10	Q86.00	Q71.20	Q71.20
Nempresa	5	4	17	10	Q86.00	Q71.20	Q71.20
Nempresa	5	4	33	10	Q86.00	Q71.20	Q71.20
Civica	68	3	26	10	Q86.00	Q71.60	Q71.60
Nempresa	5	8	40	11	Q86.00	Q72.00	Q72.00
Civica	110	6	4	11	Q86.00	Q72.40	Q72.40
Nempresa	5	8	12	11	Q86.00	Q72.40	Q72.40
Civica	4	1	8	11	Q86.00	Q73.20	Q73.20
Civica	132	6	26	11	Q86.00	Q73.60	Q73.60

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Civica	170	8	48	11	Q86.00	Q74.00	Q74.00
Civica	37	2	36	11	Q86.00	Q74.40	Q74.40
Nempresa	5	7	13	11	Q86.00	Q74.80	Q74.80
Nempresa	5	7	46	11	Q86.00	Q74.80	Q74.80
Nempresa	5	2	31	11	Q86.00	Q75.20	Q75.20
Civica	51	3	8	11	Q86.00	Q75.60	Q75.60
Civica	154	8	15	11	Q86.00	Q75.60	Q75.60
Nempresa	5	5	19	12	Q86.00	Q76.40	Q76.40
Civica	47	3	4	12	Q86.00	Q76.80	Q76.80
Civica	130	6	24	12	Q86.00	Q76.80	Q76.80
Civica	22	2	8	12	Q86.00	Q77.60	Q77.60
Nempresa	5	7	16	12	Q86.00	Q77.60	Q77.60
Civica	128	6	22	12	Q86.00	Q78.40	Q78.40
Nempresa	5	7	42	12	Q86.00	Q78.40	Q78.40
Nempresa	5	8	19	12	Q86.00	Q78.80	Q78.80
Nempresa	5	2	39	12	Q86.00	Q79.60	Q79.60
Civica	74	3	32	13	Q86.00	Q80.00	Q80.00
Civica	79	3	37	13	Q86.00	Q80.80	Q80.80
Nempresa	5	4	3	13	Q86.00	Q81.20	Q81.20
Nempresa	5	5	24	13	Q86.00	Q81.20	Q81.20
Civica	56	3	14	13	Q86.00	Q82.00	Q82.00
Civica	96	5	4	13	Q86.00	Q82.80	Q82.80
Civica	149	8	2	13	Q86.00	Q82.80	Q82.80
Nempresa	5	7	29	13	Q86.00	Q82.80	Q82.80
Nempresa	5	2	14	13	Q86.00	Q83.20	Q83.20
Civica	60	3	18	14	Q86.00	Q84.00	Q84.00
Nempresa	5	7	24	14	Q86.00	Q84.00	Q84.00
Nempresa	5	8	11	14	Q86.00	Q84.00	Q84.00
Civica	53	3	11	14	Q86.00	Q84.40	Q84.40
Nempresa	5	7	12	14	Q86.00	Q84.40	Q84.40
Nempresa	5	1	26	14	Q86.00	Q85.20	Q85.20
Nempresa	5	8	31	14	Q86.00	Q85.20	Q85.20
Nempresa	5	7	8	14	Q86.00	Q85.60	Q85.60
Civica	151	8	8	14	Q86.00	Q86.00	Q86.00
Civica	26	2	17	14	Q86.00	Q86.40	Q86.40
Nempresa	5	8	21	14	Q86.00	Q86.80	Q86.80
Civica	94	5	2	14	Q86.00	Q87.20	Q87.20
Nempresa	5	5	26	14	Q86.00	Q87.20	Q87.20
Civica	161	8	25	15	Q86.00	Q88.00	Q88.00
Civica	50	3	7	15	Q86.00	Q88.40	Q88.40
Nempresa	5	2	11	15	Q86.00	Q88.40	Q88.40
Civica	46	3	3	15	Q86.00	Q88.80	Q88.80
Nempresa	5	1	23	15	Q86.00	Q88.80	Q88.80

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Nempresa	5	2	4	15	Q86.00	Q88.80	Q88.80
Civica	11	1	19	15	Q86.00	Q89.20	Q89.20
Civica	108	6	2	15	Q86.00	Q89.20	Q89.20
Nempresa	5	2	2	15	Q86.00	Q89.20	Q89.20
Civica	77	3	35	15	Q86.00	Q89.60	Q89.60
Civica	126	6	20	15	Q86.00	Q90.00	Q90.00
Nempresa	5	8	27	15	Q86.00	Q90.40	Q90.40
Civica	135	6	29	15	Q86.00	Q90.80	Q90.80
Nempresa	5	7	10	15	Q86.00	Q90.80	Q90.80
Civica	162	8	35	15	Q86.00	Q91.20	Q91.20
Nempresa	5	7	20	15	Q86.00	Q91.60	Q91.60
Nempresa	5	5	22	16	Q86.00	Q92.00	Q92.00
Civica	35	2	30	16	Q86.00	Q92.40	Q92.40
Nempresa	5	5	25	16	Q86.00	Q93.20	Q93.20
Civica	85	3	43	16	Q86.00	Q93.60	Q93.60
Civica	143	6	37	16	Q86.00	Q93.60	Q93.60
Civica	169	8	47	16	Q86.00	Q93.60	Q93.60
Nempresa	5	2	42	16	Q86.00	Q93.60	Q93.60
Nempresa	5	4	18	16	Q86.00	Q93.60	Q93.60
Civica	83	3	41	16	Q86.00	Q110.50	Q94.60
Civica	100	5	8	16	Q86.00	Q110.50	Q94.60
Nempresa	5	2	41	16	Q86.00	Q111.00	Q95.10
Nempresa	5	7	11	16	Q86.00	Q111.00	Q95.10
Civica	119	6	13	16	Q86.00	Q111.50	Q95.60
Civica	115	6	9	16	Q86.00	Q112.00	Q96.10
Nempresa	5	4	42	16	Q86.00	Q112.00	Q96.10
Civica	95	5	3	17	Q86.00	Q112.50	Q96.60
Civica	129	6	23	17	Q86.00	Q113.00	Q97.10
Nempresa	5	1	20	17	Q86.00	Q113.00	Q97.10
Civica	156	8	17	17	Q86.00	Q113.50	Q97.60
Nempresa	5	8	20	17	Q86.00	Q113.50	Q97.60
Civica	104	5	13	17	Q86.00	Q114.50	Q98.60
Civica	136	6	30	17	Q86.00	Q114.50	Q98.60
Civica	158	8	22	17	Q86.00	Q114.50	Q98.60
Nempresa	5	1	12	17	Q86.00	Q115.00	Q99.10
Nempresa	5	1	4	17	Q86.00	Q115.50	Q99.60
Nempresa	5	4	14	17	Q86.00	Q115.50	Q99.60
Nempresa	5	5	18	17	Q86.00	Q115.50	Q99.60
Nempresa	5	4	25	17	Q86.00	Q116.00	Q100.10
Nempresa	5	2	1	18	Q86.00	Q117.50	Q101.60
Nempresa	5	5	17	18	Q86.00	Q117.50	Q101.60
Civica	31	2	22	18	Q86.00	Q119.50	Q103.60
Nempresa	5	5	21	18	Q86.00	Q119.50	Q103.60

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Cívica	3	1	7	19	Q86.00	Q122.50	Q106.60
Nempresa	5	5	16	19	Q86.00	Q122.50	Q106.60
Nempresa	5	7	21	19	Q86.00	Q122.50	Q106.60
Cívica	30	2	21	19	Q86.00	Q123.50	Q107.60
Cívica	92	3	50	19	Q86.00	Q123.50	Q107.60
Nempresa	5	8	5	19	Q86.00	Q124.00	Q108.10
Cívica	166	8	39	19	Q86.00	Q124.50	Q108.60
Cívica	87	3	45	19	Q86.00	Q125.00	Q109.10
Cívica	138	6	32	19	Q86.00	Q126.00	Q110.10
Cívica	2	1	6	20	Q86.00	Q128.50	Q112.60
Nempresa	5	7	22	20	Q86.00	Q129.00	Q113.10
Nempresa	5	7	32	20	Q86.00	Q129.00	Q113.10
Nempresa	5	8	44	20	Q86.00	Q129.50	Q113.60
Cívica	61	3	19	20	Q86.00	Q130.00	Q114.10
Cívica	49	3	6	20	Q86.00	Q131.00	Q115.10
Cívica	62	3	20	20	Q86.00	Q132.00	Q116.10
Cívica	133	6	27	20	Q86.00	Q132.00	Q116.10
Cívica	163	8	36	21	Q86.00	Q132.50	Q116.60
Nempresa	5	8	42	21	Q86.00	Q133.00	Q117.10
Nempresa	5	7	39	21	Q86.00	Q133.50	Q117.60
Cívica	97	5	5	21	Q86.00	Q134.50	Q118.60
Cívica	66	3	21	21	Q86.00	Q135.00	Q119.10
Cívica	89	3	47	21	Q86.00	Q135.50	Q119.60
Cívica	88	3	46	21	Q86.00	Q137.00	Q121.10
Nempresa	5	7	34	22	Q86.00	Q137.50	Q121.60
Cívica	147	6	41	22	Q86.00	Q138.00	Q122.10
Cívica	102	5	10	22	Q86.00	Q140.00	Q124.10
Cívica	145	6	39	22	Q86.00	Q140.00	Q124.10
Nempresa	5	1	25	22	Q86.00	Q140.50	Q124.60
Nempresa	5	1	22	22	Q86.00	Q142.00	Q126.10
Cívica	137	6	31	23	Q86.00	Q142.50	Q126.60
Cívica	155	8	16	23	Q86.00	Q142.50	Q126.60
Cívica	8	1	16	23	Q86.00	Q144.00	Q128.10
Cívica	114	6	8	23	Q86.00	Q144.00	Q128.10
Cívica	32	2	23	23	Q86.00	Q145.50	Q129.60
Cívica	64	3	22	23	Q86.00	Q146.50	Q130.60
Cívica	43	2	46	23	Q86.00	Q147.00	Q131.10
Cívica	120	6	14	24	Q86.00	Q148.50	Q132.60
Nempresa	5	4	29	24	Q86.00	Q149.50	Q133.60
Nempresa	5	7	1	24	Q86.00	Q149.50	Q133.60
Cívica	29	2	20	24	Q86.00	Q150.00	Q134.10
Cívica	65	3	23	24	Q86.00	Q152.00	Q136.10
Cívica	33	2	28	25	Q86.00	Q155.00	Q139.10

Análisis del Agua No Contabilizada y Propuesta Para su Control, en Planes de Bárcenas, Zona 3, de Villa Nueva, Guatemala

Empresa	No	Eje	lote	consumo	Monto facturado	Sin memoria	Con memoria
Nempresa	5	7	4	25	Q86.00	Q156.50	Q140.60
Cívica	23	2	9	26	Q86.00	Q157.50	Q141.60
Nempresa	5	4	16	26	Q86.00	Q157.50	Q141.60
Cívica	63	3	21	26	Q86.00	Q158.00	Q142.10
Nempresa	5	7	38	26	Q86.00	Q159.00	Q143.10
Cívica	91	3	49	26	Q86.00	Q159.50	Q143.60
Nempresa	5	4	4	26	Q86.00	Q160.00	Q144.10
Nempresa	5	7	9	27	Q86.00	Q162.50	Q146.60
Cívica	131	6	25	27	Q86.00	Q164.00	Q148.10
Nempresa	5	4	19	27	Q86.00	Q165.00	Q149.10
Cívica	13	1	28	27	Q86.00	Q165.50	Q149.60
Cívica	78	3	36	27	Q86.00	Q165.50	Q149.60
Cívica	59	3	17	28	Q86.00	Q167.50	Q151.60
Nempresa	5	8	41	28	Q86.00	Q171.50	Q155.60
Nempresa	5	4	26	29	Q86.00	Q172.50	Q156.60
Nempresa	5	4	27	29	Q86.00	Q172.50	Q156.60
Nempresa	5	7	26	29	Q86.00	Q175.00	Q159.10
Cívica	12	1	27	30	Q86.00	Q180.00	Q164.10
Cívica	54	3	12	30	Q86.00	Q180.00	Q164.10
Cívica	73	3	31	30	Q86.00	Q180.00	Q164.10
Cívica	52	3	9	30	Q87.50	Q181.50	Q165.60
Cívica	116	6	10	30	Q87.50	Q181.50	Q165.60
Nempresa	5	7	5	31	Q92.00	Q217.20	Q170.40
Cívica	67	3	25	32	Q94.00	Q219.60	Q172.80
Cívica	146	6	40	32	Q95.00	Q220.80	Q174.00
Cívica	40	2	43	32	Q96.50	Q222.60	Q175.80
Cívica	141	6	35	34	Q106.50	Q234.60	Q187.80
Cívica	148	6	42	34	Q106.50	Q234.60	Q187.80
Cívica	41	2	44	34	Q107.00	Q235.20	Q188.40
Cívica	42	2	45	34	Q107.50	Q235.80	Q189.00
Cívica	1	1	5	35	Q109.00	Q237.60	Q190.80
Nempresa	5	7	2	36	Q113.50	Q243.00	Q196.20
Cívica	10	1	18	36	Q114.00	Q243.60	Q196.80
Cívica	105	5	14	36	Q114.00	Q243.60	Q196.80
Nempresa	5	2	5	36	Q116.50	Q246.60	Q199.80
Cívica	44	3	1	37	Q118.50	Q249.00	Q202.20
Cívica	113	6	7	46	Q164.00	Q303.60	Q256.80
Cívica	167	8	45	51	Q192.00	Q388.40	Q295.70
Nempresa	5	7	45	52	Q198.00	Q396.80	Q304.10
Nempresa	5	8	26	55	Q209.50	Q412.90	Q320.20
Cívica	157	8	18	179	Q830.00	Q1,281.60	Q1,188.90
Total				4,302	Q28,801.00	Q30,728.70	Q28,240.80

ANEXO II

Datos de producción de agua potable

Tabla 1. Lecturas del macro medidor del día 01/03/04

Fecha 01/03/04		
Hora	Lectura	Producción m ³ /hora
01:00:00	392	0
02:00:00	392	0
03:00:00	392	0
04:00:00	392	0
05:00:00	392	0
06:00:00	417	25
07:00:00	467	50
08:00:00	527	60
09:00:00	562	35
10:00:00	592	30
10:35:30	607	15
11:00:00	620	13
12:00:03	652	32
14:03:30	716	64
15:00:00	746	30
15:35:00	765	19
16:00:00	782	17
17:00:00	820	38
18:00:00	856	36
19:00:00	891	35
20:00:00	930	39
21:00:00	965	35
22:00:00	990	25
23:00:00	990	0
00:00:00	990	0
		598

Tabla 2. Lecturas del macro medidor del día 02/03/04

Fecha 02/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	990	0
02:00:00	990	0
03:00:00	990	0
04:00:00	990	0
05:00:00	990	0
06:00:00	1040	50
07:00:00	1100	60
07:40:00	1156	56
08:00:00	1170	14
09:00:00	1205	35
10:00:00	1231	26
11:00:00	1265	34
12:00:00	1290	25
13:00:00	1335	45
14:00:00	1368	33
15:00:00	1395	27
16:00:00	1429	34
17:00:00	1460	31
18:00:00	1492	32
19:00:00	1525	33
20:00:00	1559	34
21:00:00	1583	24
22:00:00	1601	18
23:00:00	1601	0
00:00:00	1601	0
		611

Tabla 3. Lecturas del macro medidor del día 03/03/04

Fecha 03/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	1601	0
02:00:00	1601	0
03:00:00	1601	0
04:00:00	1601	0
05:00:00	1601	0
06:00:00	1650	49
07:00:00	1708	58
08:00:00	1740	32
09:00:00	1775	35
10:00:00	1802	27
11:00:00	1835	33
12:00:00	1866	31
13:00:00	1905	39
14:00:00	1938	33
15:00:00	1966	28
16:00:00	1999	33
17:00:00	2036	37
18:00:00	2075	39
19:00:00	2107	32
20:00:00	2144	37
21:00:00	2179	35
22:00:00	2205	26
23:00:00	2215	10
00:00:00	2215	0
		614

Tabla 4. Lecturas del macro medidor del día 04/03/04

Fecha 04/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	2215	0
02:00:00	2215	0
03:00:00	2215	0
04:00:00	2215	0
05:00:00	2215	0
06:00:00	2261	46
07:00:00	2318	57
08:00:00	2357	39
09:00:00	2391	34
10:00:00	2418	27
11:00:00	2453	35
12:00:00	2483	30
13:00:00	2522	39
14:00:00	2554	32
15:00:00	2583	29
16:00:00	2617	34
17:00:00	2653	36
18:00:00	2688	35
19:00:00	2721	33
20:00:00	2751	30
21:00:00	2779	28
22:00:00	2779	0
23:00:00	2779	0
00:00:00	2779	0
		564

Tabla 5. Lecturas del macro medidor del día 05/03/04

Fecha 05/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	2779	0
02:00:00	2779	0
03:00:00	2779	0
04:00:00	2779	0
05:00:00	2779	0
06:00:00	2797	18
07:00:00	2851	54
08:00:00	2892	41
09:00:00	2922	30
10:00:00	2952	30
11:00:00	2982	30
12:00:00	3011	29
13:00:00	3050	39
14:00:00	3083	33
15:00:00	3113	30
16:00:00	3148	35
17:00:00	3183	35
18:00:00	3221	38
19:00:00	3256	35
20:00:00	3288	32
21:00:00	3325	37
22:00:00	3361	36
23:00:00	3383	22
00:00:00	3383	0
		604

Tabla 6. Lecturas del macro medidor del día 06/03/04

Fecha 06/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	3383	0
02:00:00	3383	0
03:00:00	3383	0
04:00:00	3383	0
05:00:00	3383	0
06:00:00	3383	0
07:00:00	3445	62
08:00:00	3501	56
09:00:00	3552	51
10:00:00	3601	49
11:00:00	3626	25
12:00:00	3660	34
13:00:00	3697	37
14:00:00	3711	14
15:00:00	3718	7
16:00:00	3724	6
17:00:00	3728	4
18:00:00	3734	6
19:00:00	3739	5
20:00:00	3744	5
21:00:00	3747	3
22:00:00	3748	1
23:00:00	3748	0
00:00:00	3748	0
		365

Tabla 7. Lecturas del macro medidor del día 07/03/04

Fecha 07/03/04		
Hora	Lectura	Producción m³/hora
01:00:00	3748	0
02:00:00	3748	0
03:00:00	3748	0
04:00:00	3748	0
05:00:00	3748	0
06:00:00	3748	0
07:00:00	3759	11
08:00:00	3775	16
09:00:00	3795	20
10:00:00	3822	27
11:00:00	3855	33
12:00:00	3875	20
13:00:00	3892	17
14:00:00	3896	4
15:00:00	3901	5
16:00:00	3905	4
17:00:00	3906	1
18:00:00	3906	0
19:00:00	3911	5
20:00:00	3918	7
21:00:00	3920	2
22:00:00	3920	0
23:00:00	3920	0
00:00:00	3920	0
		172

Ing. Carlos Alberto Elías Martínez
Sustentante

Ing. Sara Lisbeth Salguero Monroy

Sustentante

Ing. MsC. Julián Duarte

Asesor - Examinador

Ing. MsC. Guillermo García Ovalle

Revisor - Examinador

Ing. MsC. Félix Douglas Aguilar

Revisor - Examinador

Ing. Carlos Alberto Elías Martínez

Sustentante

Ing. Sara Lisbeth Salguero Monroy

Sustentante

Ing. MsC. Julián Duarte

Asesor - Examinador

