

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**ANALISIS DE LA PROBLEMATICA Y AMPLIACION DEL
SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE
RIOBAMBA**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

NELSON PATRICIO MANCHENO PATIÑO

SANGOLQUI, 19 de mayo de 2010.

CAPITULO I

Descripción General del Área Del Proyecto.

1.1 ANTECEDENTES

En vista del alto índice de fugas físicas en el sistema de agua potable de Riobamba, la **Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EMAPAR)**, está implementando programas que tiendan a controlar el uso de las aguas mediante adecuadas políticas de control de fugas, sistemas de comercialización, adecuadas normas de operación y mantenimiento de los sistemas de la ciudad.

Dentro de los programas para optimizar el servicio se tiene el programa de control de agua no contabilizada, el cual trata de controlar fugas físicas y pérdidas comerciales.

El presente trabajo trata a lo largo del mismo, de cuantificar las **aguas no contabilizadas (ANC)** para lo cual, se realiza un diagnóstico técnico de los sistemas existentes que comprenden: captaciones (pozos), línea de conducción, planta de tratamiento (aireadores), tanques de reserva, redes de distribución y un diagnóstico comercial, con el objeto de que la EMAPAR pueda adoptar medidas que ayuden a disminuir y a controlar las ANC y, brindar un servicio en calidad, cantidad y continuidad a la población.

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objetivo primordial determinar la cantidad de agua no contabilizada (ANC) que se pierde en el sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba. De esta manera establecer los parámetros de pérdidas que se presentan en el sistema, saber cuál es la causa del problema existente y poder presentar posibles soluciones para éstos. La posibilidad de corregir estos problemas se puede determinar empezando por detectar que tan grave es la situación. En Riobamba es preocupante por

cuanto el servicio es deficiente y las fuentes de abastecimiento se están agotando, sin embargo, con una pronta acción del municipio se pueden mitigar los graves efectos que podrían conllevar la no atención de este problema.

A continuación se presenta la información general del cantón Riobamba el cual se beneficia del sistema de agua potable que se analizará a lo largo de este estudio.

1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DEL PROYECTO

- **Ubicación Geográfica:** Región Sierra Central, Capital de la Provincia de Chimborazo. A 196 Km. de Quito.
- **Superficie:** 979.7 Km²
- **División Política:** 5 Parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco, Yaruquíes. 10 Parroquias Rurales: San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijíes, Licán, San Luis.
- **Población: Total Cantonal:** 193.315 habitantes
- **Población Riobamba:** 120276 hab
- **Tasa de crecimiento poblacional:** 2.53%
- **Altura:** 2720 m s n m
- **Temperatura media:** 10°C
- **Clima:** frío lluvias todo el año
- **Área Urbana de la cabecera Cantonal** 3200 Has
- **Predios Urbanos:** 36.254 predios
- **Con edificación:** 26.514
- **Solo predios:** 9.740
- **Composición familiar:** 3.9 personas/familia
- **Ingreso familiar promedio:** 296.10 dólares mensuales
- **Principales actividades económicas:** Turismo, agricultura, comercio,
- **Población económicamente activa:** 60.98%

- **Servicios con que cuenta la ciudad:** Energía Eléctrica, agua potable, alcantarillado, desechos sólidos radio, televisión, prensa, transporte urbano.
- **Pobreza urbana:** 7.5%
- **Indigencia Urbana:** 48.8%
- **Pobreza Rural:** 85.10%

Fuente: EMAPAR, INEC

1.3.1 Clima

Los parámetros climatológicos de la Ciudad de Riobamba y la zona de influencia del proyecto son:

- * Temperatura media: 13.3 °C.
- * Precipitación total anual: 414.1 milímetros
- * Evaporación: 78 cm (total anual)
- * Velocidad del viento: 7.59 Km./h (media anual)

Fuente: valores tomado del INAMHI

En general, el clima corresponde al templado - seco, sin variaciones bruscas.

1.3.2 Topografía

La Ciudad de Riobamba tiene una topografía bastante regular en sí mismo es un plano inclinado que tiene su parte superior en el noroeste y desciende hacia el sureste con una pendiente media del 5%.

En este plano inclinado sobresalen dos elevaciones:

La Loma de Quito

La salida a Guano

Al sur y al oriente delimitando la ciudad de encuentra los ríos Chibunga y Chambo. El área de servicio del sistema de agua potable está entre las cotas 2900 msnm en la parte norte de la ciudad hasta las cotas más bajas alrededor de la cota 2500 msnm al sur-oriente.

El centro poblado de la Parroquia de Licto, tiene topografía uniforme, su cota media está en 2830 msnm, su zona rural es bastante plana sin accidentes geográficos relevantes, su pendiente natural es hacia el río Chambo que corre por el franco oriental.

1.3.3 Población

Conforme al VI Censo de Población y V de vivienda (2002), la ciudad de Riobamba cuenta con 120276 hab. Esta población, prácticamente guarda sindéresis con los análisis poblacionales realizados por la I. Municipalidad, que prevé una tasa anual de crecimiento poblacional de 2,53 %.

1.3.4 Aspectos socio económico

La principal actividad económica del área urbana de la Ciudad de Riobamba es la prestación de servicios, alcanza un 47%, puesto que se cuenta como una de las zonas turísticas del país, la segunda en importancia es el comercio, sobre todo el comercio informal que en la ciudad mantiene ocupada al 31% de la población económicamente activa, solo un 20% son empleados públicos y privados y el resto de mano de obra es absorbida por la industria.

A continuación se muestran con porcentajes las principales ocupaciones existentes en la ciudad de Riobamba:

Ocupaciones básicas	porcentaje %
Servicios	47.0
Comercio	31.0
Empleados pub. y priv.	20.0
Industria	2.0

La producción de la ciudad en el área industrial es de consumo nacional como por ejemplo “Cemento Chimborazo” cuyo producto no se exporta, y la industria de la construcción tiene un desarrollo bastante incipiente.

1.3.5 Servicios públicos

Educación

En la Ciudad de Riobamba se cuentan con establecimientos de educación a todo nivel, pre primario, primario, secundario y superior.

NIVEL	NÚMERO
Jardín	14
Jardín - Escuela	7
Escuela	19
Escuela – Colegio	5
Colegio	26
Universidad	5

Medios de comunicación y transporte

La ciudad al encontrarse en el centro del país, está prácticamente cruzada por la carretera Panamericana, que le conecta de norte a sur, al norte con carretera asfaltada de

buenas características que la une con la ciudad de Ambato, al sur con Guayaquil y Cuenca con carreteras que están en proceso de rehabilitación y mejoramiento.

Se puede señalar además que las carreteras que unen los diferentes cantones de la provincia de Chimborazo con la ciudad de Riobamba están en buenas condiciones o se está realizando la repavimentación, así como la carretera Riobamba – Penipe, Riobamba – Chambo, Riobamba – Guano.

Para la atención a los centros poblados periféricos, la ciudad de Riobamba hace de centro vial, de la cual se derivan radialmente vías de segundo orden a los centros poblados próximos (parroquias rurales del cantón), varios de estos centros poblados presentan facilidad para la expansión futura de la Ciudad.

Por la situación geográfica la ciudad cuenta con un gran número de empresas interprovinciales de transporte que le permite la comunicación con todo el país, cuenta, además con la presencia de la Empresa de Ferrocarriles del Estado que pese a su precaria situación mantiene la comunicación con Quito, y la costa sur del país.

Riobamba tiene una pista de aterrizaje, al momento de uso exclusivo de la Brigada Galápagos.

Sistema de Agua Potable de Riobamba

Cuenta con un abastecimiento de agua tratada para el consumo humano, el sistema está compuesto por captaciones de vertientes y pozos, por líneas de conducción, una planta de aireación, tanques de reserva y redes de distribución.

Disposición de Aguas Servidas

En la actualidad la ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado combinado en la zona central y sur de la ciudad, en la zona norte se cuenta con alcantarillado separado, estos

dos sistemas tienen una cobertura del 90% por ciento. Las descargas de aguas servidas se las realiza por medio de colectores, la descarga principal se dirige hacia el río Chambo. Los colectores pluviales descargan hacia el río Chibunga y en la Quebrada Las Abras. Es necesario indicar que algunos colectores pluviales están trabajando como combinados en la zona norte de la ciudad.

Sistema Eléctrico y de Telecomunicaciones

Es abastecido por la red nacional de energía eléctrica y es manejada por la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. (EERSA). La telefonía es manejada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

1.3.6 Riesgos Naturales

Riesgo Volcánico; los volcanes que podrían causar una afectación a la ciudad son:

- Volcán Altar, este se encuentra relativamente cerca de la zona de estudio (de 22 a 25 Km), sin embargo, por tratarse de un volcán sin actividad reportada en los últimos 1000 años, se descarta su erupción.
- Volcán Sangay, se ubica entre los 35 a 45 Km al SE de la zona del proyecto, por lo que no se esperan depósitos primarios, relacionados con este volcán, como son: Flujos de lava o flujos piroclásticos.
- Volcán Tungurahua, ubicado a 60 Km al NE de la zona del proyecto, presenta en la actualidad gran actividad, con permanente emisiones de ceniza, que por acción del viento cae en la ciudad de Riobamba y sus alrededores. Esta actividad impartiría turbiedad al agua tratada a concentraciones tales que la Planta de tratamiento no pueda remover.

Sismo tectónica

La zona del proyecto se ubica cerca de la Falla de Pallatanga, cuya trayectoria sigue el curso del río Pangor, aproximadamente a 30 Km al oeste de la zona del proyecto. Esta falla presenta desplazamientos máximos de 3 a 5 mm por año y podría generar un sismo máximo de 7.4 Ms. con un periodo de retorno de 600 años.

CAPITULO II

Diagnóstico del Sistema de Agua Potable y Cálculo de Pérdidas en Cada Componente.

2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA.

2.1 Introducción

El diagnóstico de los diversos componentes del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, se lo realiza en base al análisis de la documentación recopilada en los diversos organismos de la ciudad, y en especial de la ex DAPAM, PRAGUAS, y de recorridos realizados a los componentes del sistema.

Este diagnóstico tiene por finalidad determinar el estado del sistema actual, establecer criterios y parámetros para determinar fugas físicas y comerciales, cuyo resultado permitirá establecer el porcentaje de agua no contabilizada (ANC) y en base a este proporcionará ciertas directrices que tiendan a disminuir el mismo y, de esta manera, poder contar con un sistema que brinde un mejor servicio a sus usuarios desde el punto de vista de calidad, cantidad, continuidad y costo (tarifa)

2.2 FUENTES DE SUMINISTRO.

Las fuentes que abastecen de agua a la ciudad son del tipo superficial (vertientes) y de pozos. En la tabla 2.1 se presentan los caudales aprovechables por fuentes:

TABLA 2.1: Fuentes de abastecimiento

Fuente	Tipo	Caudal aprovechable (l/s)	Observaciones
San Pablo	Superficial	256.00	Vertiente
Llio	Pozos	253.68	Compuesta por 7 pozos
San Gabriel y Yaruquies	Subterránea	15.00	Sirve a la población del mismo nombre

Fuente EMAPAR

Las captaciones están localizadas en el mismo sitio de las fuentes, en la tabla 2.2 se muestran los caudales disponibles en cada una de las captaciones.

TABLA 2.2: Caudales en captaciones.

Captación	Caudal ofertado (l/s)
San Pablo	256
Llio total (7 pozos)	
P1	20,06

P2	44,94
P3	33,4
P4	62,52
P5	35,01
P6	18,11
P7	39,64
San Gabriel y Yaruquies	15
Total (San Pablo, Llio, San Gabriel y Yaruquies) =	524,68

Fuente EMAPAR.

2.2.1 Calidad de las aguas

Con la finalidad de conocer y poder caracterizar la calidad de las aguas que abastecen a la ciudad de Riobamba, se procedió a tomar muestras de agua cruda de las fuentes de San Pablo y del agua de los pozos de Llio, también se tomaron muestras de agua al final de las conducciones, con el objeto de determinar si se produce alguna variación en las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Los análisis fueron realizados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el Laboratorio de Análisis Técnicos, de la Facultad de Ciencias.

Los parámetros analizados muestran que las aguas tanto superficiales como de los pozos en lo referente a los parámetros físicos, presenta unidades de color y turbiedad menores a los límites permitidos por las normas; respecto a los indicadores químicos se puede apreciar que las aguas presentan una alcalinidad y dureza dentro de los rangos superiores dados por las normas INEN 1 108, pudiéndose deducir que son aguas con una dureza carbonatada moderada debido a la presencia de concentraciones moderadamente altas de Ca y Mg; sin embargo se debe puntualizar que los indicadores mencionados se encuentran dentro del rango dado por las normas y razón por la cual,

estas aguas podrían ser suministradas directamente a la población, previa la desinfección de las mismas para poder cumplir con la normatividad en lo que respecta a que las redes deben tener un cloro libre residual de al menos 0.5 mg/l.

Los análisis microbiológicos de las muestras arrojan resultados satisfactorios, sin embargo, debe anotarse que la muestra No.1 tomada en las vertientes de San Pablo tiene presencia de coliformes totales, aunque en mínima cantidad, apenas 1 UFC por cada ml, sin embargo, para aguas de consumo humano, coliformes totales y fecales deben estar totalmente ausentes, en este caso se eliminan con la coloración que se realiza en la planta de tratamiento.

La interpretación a los resultados de los análisis presentados en el anexo 02 de calidad de las aguas, prácticamente demuestran que las aguas de las dos fuentes son de buena calidad, cumplen con las normas de calidad para aguas de consumo humano. En consecuencia, no es necesaria la implementación de tratamientos convencionales, haciéndose necesario únicamente bajar las concentraciones de alcalinidad y dureza mediante procesos de aireación y desinfección.

2.3 CAPTACIONES

2.3.1 CAPTACIÓN SAN PABLO

La captación se ubica en la zona de San Pablo sobre los 3117.39 msnm recoge afloramientos verticales. Está compuesta por 6 cajones de H.A. y una cámara recolectora, captándose caudales que oscilan entre 245 l/s en invierno y 275 l/s en verano, ocurrencia que se presenta debido a los deshielos del Chimborazo, en la actualidad se captan un caudal promedio de 256 l/s .

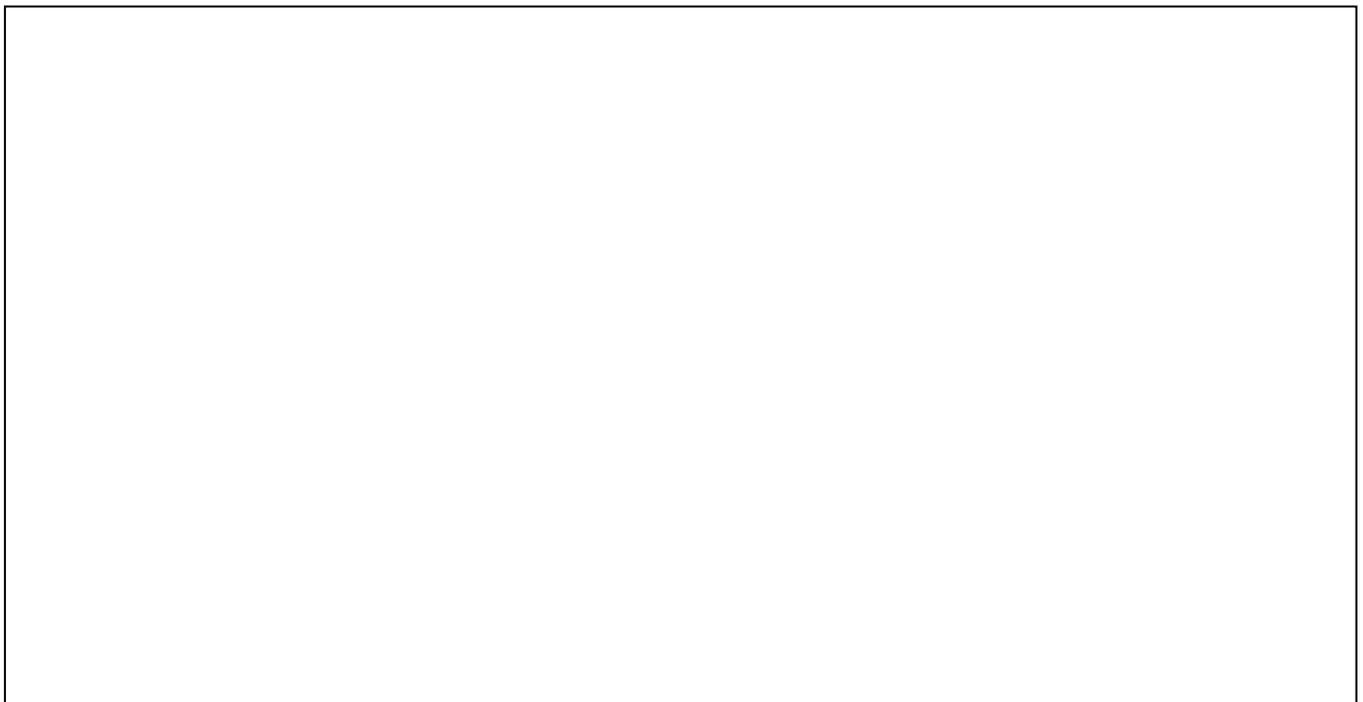
En la tabla 2.3 y gráfico 2.1, se presentan una serie de lecturas de caudales aforados correspondientes a la captación de San Pablo tomados durante 26min.

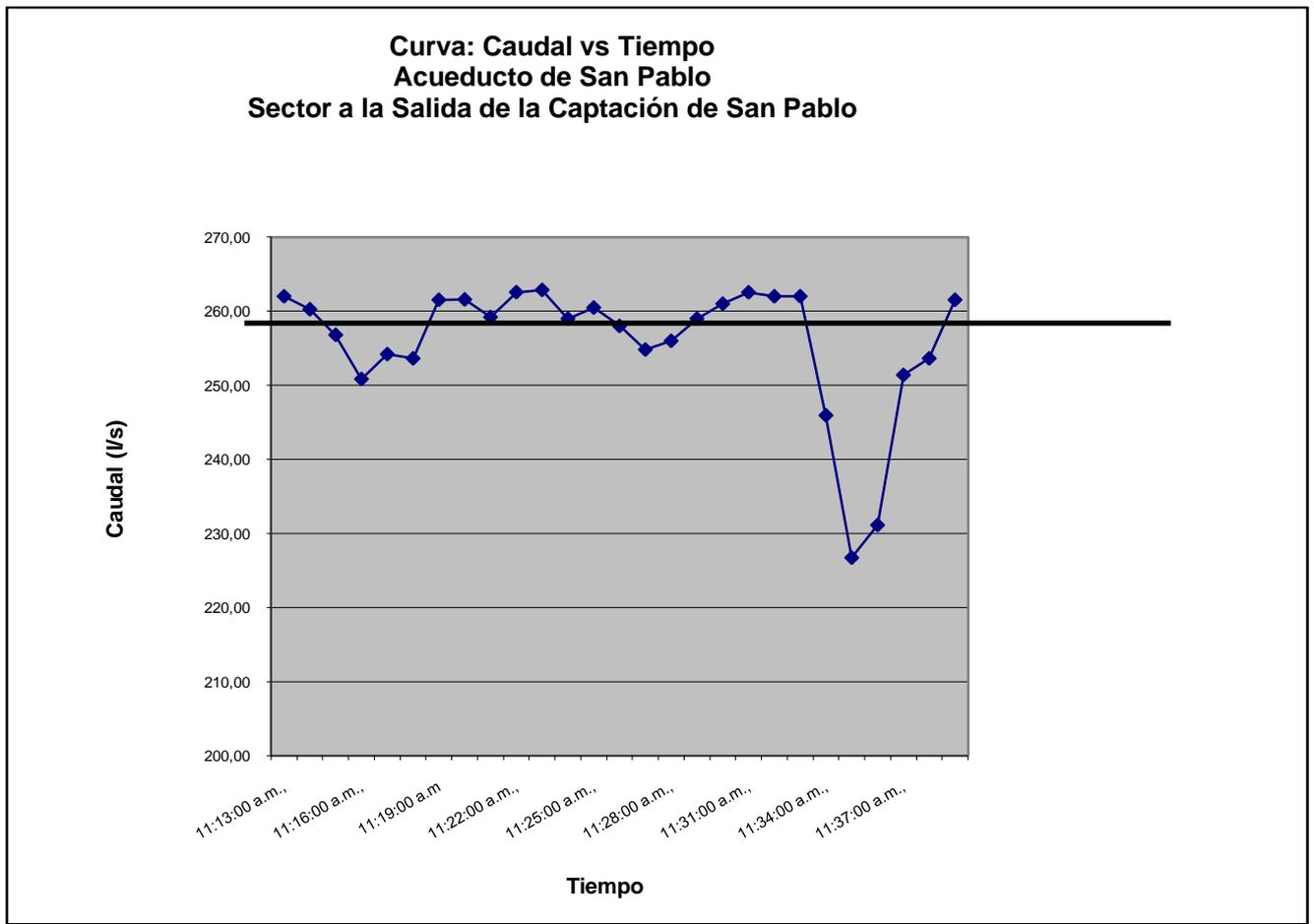
TABLA 2.3: Lecturas del caudalímetro.

FECHA	HORA	Q (l/s)
3/4/2005	11:13:00 a.m.,	262.01
3/4/2005	11:14:00 a.m.,	260.25
3/4/2005	11:15:00 a.m.,	256.80
3/4/2005	11:16:00 a.m.,	250.85
3/4/2005	11:17:00 a.m.,	254.20
3/4/2005	11:18:00 a.m.,	253.63
3/4/2005	11:19:00 a.m.	261.53
3/4/2005	11:20:00 a.m.,	261.58
3/4/2005	11:21:00 a.m.,	259.20
3/4/2005	11:22:00 a.m.,	262.56
3/4/2005	11:23:00 a.m.,	262.86
3/4/2005	11:24:00 a.m.,	259.00
3/4/2005	11:25:00 a.m.,	260.48
3/4/2005	11:26:00 a.m.	258.00
3/4/2005	11:27:00 a.m.,	254.82
3/4/2005	11:28:00 a.m.,	256.00
3/4/2005	11:29:00 a.m.	259.00
3/4/2005	11:30:00 a.m.,	261.00
3/4/2005	11:31:00 a.m.,	262.54
3/4/2005	11:32:00 a.m.,	262.00
3/4/2005	11:33:00 a.m.,	262.01
3/4/2005	11:34:00 a.m.,	245.95
3/4/2005	11:35:00 a.m.,	226.76

FUENTE PROPIA- EMAPAR

GRÁFICO 2.1: Caudal vs. Tiempo a la salida de la captación de San Pablo.





De acuerdo a los registros indicados y mostrados en la tabla 2.3 y el gráfico 2.1, se puede deducir que el caudal medio captado y aprovechable de la fuente San Pablo es de 256 L/s, valor que de acuerdo a la EMAPAR, se da a lo largo del año.

2.3.2 CAPTACION DE LLIO

Está compuesto por 7 pozos profundos ubicados sobre la cota 3100.00 m.s.n.m, provistos de bombas de eje vertical cada pozo (uno de ellos funciona como pozo artesiano), dentro de los equipos electro mecánicos se tiene un generador eléctrico para que los pozos puedan seguir funcionando durante emergencias que se pueden dar por fallas en el sistema de energía eléctrica proporcionado por la Empresa Eléctrica de Riobamba (EERSA). La medición de caudales se lo realiza en un vertedero triangular que se localiza en un tanque recolector de 100 m³ de hormigón armado.

En septiembre de 2003 se concluyó la limpieza y mantenimiento de los pozos y equipos de bombeo, dejando todos en funcionamiento; los caudales que se obtuvieron fueron de 300 l/s aproximadamente.

De los 7 pozos, 5 funcionan desde 1981 y los 2 restantes desde 1989. En 1991, se realizó cambio de los equipos electromecánicos, siendo esos los que actualmente se encuentran en funcionamiento con las reparaciones que se dan por un mantenimiento correctivo, haciéndose necesario reponer los equipos actuales con nuevos ya que han cumplido con su vida útil.

La tabla 2.4 indica un resumen de las características principales los pozos

TABLA 2.4: Características de los Pozos de Llío

Pozo N°	1	2	3	4	5	6	7
Prof. Del pozo (m)	54	55	15	48	55	61	39
Prof. De la bomba	31	28	12	31	25	40	28
Potencia del motor	60	15	15	40	40	40	50
Número de	4	3	1	3	3	4	3
Tubería pozo(mm)	250	250	250	250	250	250	250
Mc. Bomba	Peabody						
Mc. Motor	USEM						

Fuente EMAPAR.

En la tabla 2.5 se presentan el registro de caudales proporcionados por la EMAPAR cuando se realizaron los trabajos de limpieza y mantenimiento de los pozos.

TABLA 2.5: Caudales obtenidos durante la limpieza de pozos Llío

Número de Pozo	Caudal medido anterior a la limpieza (l/s)	Caudal medido posterior a la limpieza (l/s)
P1	40.50	63.00

P2	16.30	53.00
P3	-	48.00
P4	70.23	75.00
P5	18.00	53.00
P6	18.00	19.00
P7	34.40	60.00
TOTAL =	197.43	371.00

Fuente EMAPAR

En la tabla 2.5 se puede evidenciar la diferencia que se produce en la captación de caudales en los pozos de Llío cuando se realiza un mantenimiento y limpieza de la tubería y equipos de bombeo resultando así en números tangibles que el caudal anterior a la limpieza registra un total de 197,43 l/s y el total del caudal posterior a la limpieza de 371 l/s, que se toma como caudal referencial del acuífero Llío.

El pozo 5, hay que aclarar que es artesiano y genera 18 l/s naturalmente, pero cuando se bombea arroja alrededor de 45 l/s. La EMAPAR en casos de mantenimiento de los pozos, proceden como práctica normal compensar el caudal del pozo que deja de producir con un incremento de caudal de otro pozo para lo cual, éste trabaja con la potencia máxima de la bomba así, durante el último mantenimiento, el pozo 2 suplió el caudal del pozo 6.

Cada uno de los pozos posee un vertedero para realizar macro mediciones puntuales; no existe un totalizador que permita llevar un registro de la oferta total de agua cruda (pozos), que puede permitir a la EMAPAR programar actividades tendientes a explicar la oferta y demanda del sistema. Se acota que la EMAPAR no lleva registros de los caudales producidos, no existe un manual de procedimientos de operación, mantenimiento, que indique cuál es el orden de funcionamiento de los pozos, sino que el aprovechamiento se lo hace de manera empírica y los mantenimientos que se dan son del tipo correctivo.

En la tabla 2.6 se indican los caudales de cada uno de los pozos, los cuales fueron medidos para determinar el caudal que se está ofertando actualmente. El aforo realizado durante la ejecución del presente trabajo utilizó un vertedero triangular y, adicionalmente un medidor electrónico portátil de caudales (TERMO POLYSONICS DCT 7088).

Para el cálculo de los caudales por el método de vertedero, se utilizó la ecuación:

$$Q = 1.380 H^{2.5} \text{ (Formula empírica usada para el cálculo del caudal en la captación)}$$

TABLA 2.6: Caudales registrados por el método de vertederos y con medidor electrónico.

Número de Pozo	Caudal medido con el método del vertedero (l/s)	Caudal medido con medidor electrónico (l/s)
P1	19.30	20,06
P2	44.79	44,94
P3	34.08	33,40
P4	54.72	62,52
P5	36.48	35,01
P6	18.02	18,11
P7	42.75	39,64
TOTAL	250.14	253.68

FUENTE PROPIA

Se puede apreciar que los caudales obtenidos por los dos métodos, son consistentes existiendo una diferencia en los totales de alrededor de 2 % lo que permite asumir que el caudal medio ofertado por el acuífero Llío es de 253.68 l/s.

Comparando el caudal ofertado en condiciones normales de funcionamiento actual con el caudal que se tiene cuando los pozos se encuentran limpios (371 l/s.) y, en

condiciones operativas antes de la limpieza de los mismos (197.43 l/s), el presente estudio asume como caudal de oferta es de 254 l/s.

2.3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. La EMAPAR para garantizar la calidad y cantidad del agua a nivel de sus fuentes debería contar con un plan de manejo integral de las cuencas. En el caso específico de San Pablo, se deberá controlar el uso consuntivo de los suelos de la cuenca hidrográfica y acciones antropogénicas que tienden a degradar los suelos y por ende la cantidad y calidad de las aguas. Referente a Llío se deberá realizar estudios de recarga del acuífero y determinar el caudal máximo que pueden ofertar los pozos para evitar un aprovechamiento excesivo de los mismos.
2. La EMAPAR debe aplicar adecuadas políticas de operación y mantenimiento y de capacitación a su personal tanto técnico como administrativo.
3. Los caudales obtenidos en la captación de Llío, (253.68 l/s), podrían verse incrementado ya que los caudales con los pozos limpios producen alrededor de 371 l/s razón por la cual se hace necesario determinar la capacidad del acuífero y su caudal aprovechable mediante estudios hidrogeológicos.
4. Se hace necesario el cambio de accesorios y equipos electromecánicos que han cumplido con sus períodos de vida útil.

2.4 CONDUCCIONES

El sistema de agua potable cuenta con tres líneas de conducción; la una que conduce el agua proveniente de las fuentes de “**San Pablo**” denominada **Conducción San Pablo-Aereadores** y, dos líneas que captan las aguas de los pozos profundos **Llío** llamadas **Conducción IEOS-Aereadores** y **Conducción Maldonado-Aereadores**.

Estas conducciones llevan los caudales mostrados en la tabla 2.7, los cuales fueron medidos a la llegada a la planta aereadores:

TABLA 2.7: Caudales de llegada a aereadores en cada una de las conducciones

CONDUCCIONES	Q (l/s)
SAN PABLO	238.57
IEOS	90.00
MALDONADO	113.48

FUENTE –PROPIA

2.4.1 CONDUCCIÓN SAN PABLO

Esta conducción fue construida por el Servicio de Cooperación Técnica en el año 1921; parte de la línea ha sido reemplazada por el ex – IEOS, DAPAM y actualmente por la EMAPAR, se inicia en el tanque de recolección de las aguas de la vertiente San Pablo sobre la cota 3117.39 msnm (E 754200, N 9827500), el agua es conducida por una tubería de AC de 300 mm de diámetro con una longitud de 7500 m hasta entregar las aguas a la Planta aereadores (2955msnm).

Esta conducción no cuenta con estructuras de control, especialmente de válvulas de aire; se tiene una válvula de desagüe/seccionamiento la cual permite a la EMAPAR realizar sus labores de mantenimiento correctivo que se da especialmente en el cambio de tramos de tubería rota, debido al desgaste de la misma ya que han cumplido con creces su período de vida útil (>80 años), ocasionando desabastecimientos, siendo esta acción una de las causas para el racionamiento del servicio dentro de la ciudad.

El grafico 2.2 muestra esquemáticamente el perfil de la conducción la cual como se puede apreciar es relativamente plana, no presenta problemas de sifones invertidos. Como se mencionó, esta línea no cuenta con válvulas de aire que de acuerdo con las normas para conducciones planas se las debería ubicar por lo menos cada 500 m. Esta es la causa para que el aire quede atrapado e impida el normal flujo y una de las razones para que en las uniones se produzcan fugas.

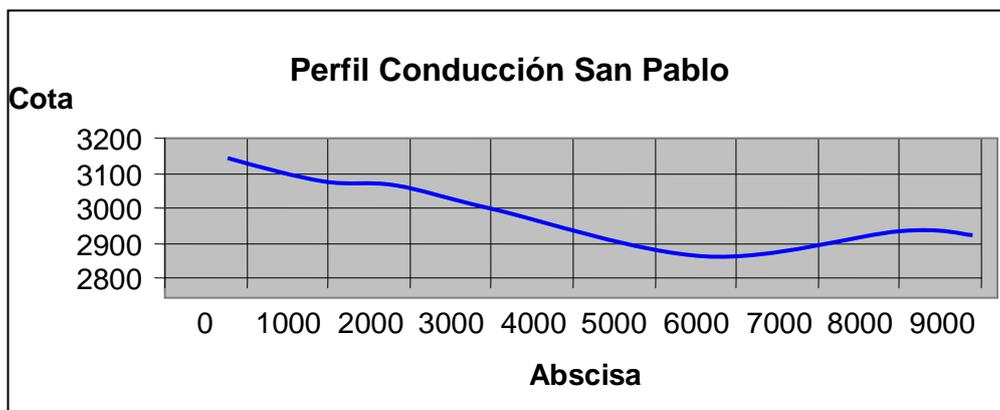
La capacidad hidráulica se la comprobó con la fórmula de Hazen-Willians

$$Q = 0,2785 * C * D^{2,63} * J^{0,54}$$

Debido a que la tubería tiene una edad mayor a los 40 años, se adopta un valor de C =

130

GRÁFICO 2.2: Esquema general conducción San Pablo.



FUENTE EMAPAR

Para un diámetro interior de la tubería (D) = 0.3m y, perdidas de carga máxima a lo largo de la conducción igual a: $(3117.39-2890) / 7500 = 0.03498$, se tiene un caudal máximo que puede conducir la misma es de:

$$Q = 0,2785 * 130 * 0,3^{2,63} * 0,035^{0,54} = 0.2688 \text{ m}^3/\text{s} = 268.8 \text{ l/s}$$

Como se puede apreciar, la conducción tiene capacidad para transportar el caudal ofertado por la fuente, sin embargo, se debe puntualizar que debido al estado actual de la misma, el Ilustre Municipio de Riobamba, ha procedido a la construcción de una nueva línea de conducción que capta las aguas de San Pablo y Llio.

Adicionalmente a lo largo de esta conducción se localizan comunidades, las cuales se abastecen directamente de agua de una forma clandestina y cuyos caudales estimados en base al levantamiento realizado, se presentan en la tabla 2.8:

TABLA 2.8: Caudales necesarios de poblados en la conducción San pablo.

COMUNIDAD	HAB.	DOT. Básico.	QMD (l/s)
Sixipamba	802	75	1.63
Miraflores	356	75	0.71
TOTAL QMD			2.34

2.4.2 CONDUCCIÓN LLIO - PLANTA AIREADORES

Las aguas de los pozos de Llíó son transportadas por dos conducciones que corren paralelas y tienen una longitud de 8500 m. denominándose Llio IEOS y, Llio Maldonado.

Llio IEOS, esta línea fue construida por el ex – IEOS en el año de 1961 con tubería de AC, se inicia en el tanque recolector circular de 100 m³ existente que recoge las aguas de los pozos, llega a la planta de aereadores; sus características son:

Cota captación 3100 m.s.n.m. (E 754700 , N 9827200),

Cota de la planta de aireación 2.955,37 m.s.n.m

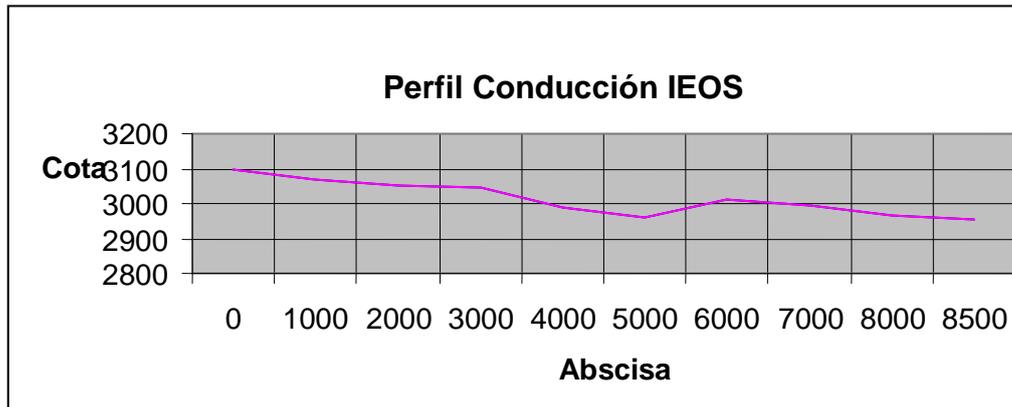
Caudal = 90 l/seg.

Longitud = 8.5 km

Diámetro Nominal = 300 mm.

El grafico 2.3. muestra el perfil de la conducción

GRÁFICO 2.3: Esquema general conducción IEOS y Maldonado



FUENTE EMAPAR

El caudal máximo que podría transportar esta línea se obtiene con el mismo procedimiento de cálculo y es de 169.14 l/s, lo cual indicaría que esta podría transportar mayor caudal que el que está conduciendo actualmente.

La tubería que se encuentra en la línea de conducción de IEOS tiene una capacidad hidráulica de 169.14 l/s la cual es suficiente para cubrir el trabajo actual que tiene la tubería que es transportar 90 l/s. pero no suficiente para el caudal que oferta los pozos razón por la cual se hizo necesaria la construcción de una nueva línea paralela. Al igual que la línea de San Pablo, las tuberías se encuentran en mal estado, teniéndose los mismos problemas en la operación y mantenimiento.

Llío Maldonado, esta conducción construida en 1981 al igual que las anteriores la tubería es de AC de 300 mm de diámetro, conduce un caudal de 113.48 l/seg. La capacidad máxima en función del desnivel existente y longitud es de 169.14 l/s.

Como se puede apreciar entre las dos tuberías se conducen los caudales ofertados de Llío de 254 l/s. Las comunidades que se sirven directamente de las líneas de conducción, se muestran en la tabla 2.9

TABLA 2.9: Caudales necesarios de poblados en la línea de conducción Llío (IEOS, Maldonado.) - Aereadores

COMUNIDAD	HAB.	DOT. Básico.	QMD (l/s)
Langos San Andres	287	75	0.58
Langos La Paz	126	75	0.25
Barrio Cabañas Del Bosque	124	75	0.25
TOTAL QMD			1.08

FUENTE PROPIA

2.4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La tabla 2.10 resume las características principales de las conducciones
- Las líneas al haber cumplido con creces su periodo de vida útil en lo referente al material (AC) , presentan fallas en su operación normal ya que se tienen roturas en la tubería y fugas a través de las juntas, obligando a la EMAPAR a realizar reparaciones a la misma de forma continua.

TABLA 2.10: Resumen de tuberías

Conducción	D. (mm)	Long. (m)	Observaciones
------------	---------	-----------	---------------

San Pablo-Aereadores	300 mm en AC	7500	No tiene válvulas de aire, se encuentra en mal estado
IEOS - Aereadores	300 mm en AC	8500	Mal estado de la tubería
Maldonado-Aereadores	300 mm en AC	8500	Falta de mantenimiento

Fuente EMAPAR.

- Las líneas no cuentan con estructuras de control ni con válvulas de aire que permitan un funcionamiento hidráulico apropiado.
- A lo largo de las conducciones se tienen conexiones clandestinas que no han sido cuantificadas por la EMAPAR produciéndose fugas comerciales, el caudal estimado de estas conexiones clandestinas es 3.42 l/s. Para el cálculo de este caudal, se ha tomado como base las dotaciones dadas por la SAPYSB para comunidades menores a 1000 hab. Se debe anotar que estas fugas estimadas pueden ser mayores debido a que la población puede eventualmente utilizar el agua en otros usos como son los usos agropecuarios.
- Se recomienda a la EMAPAR que incluya dentro de su catastro de clientes a estas comunidades con una tarifa que ayude a cubrir los gastos de producción y conducción de agua cruda. Esta acción permitirá controlar el uso del agua que revertirá en beneficio del sistema.
- Las pérdidas comerciales y físicas de captaciones, sistemas de conducción se presentan a continuación en la tabla 2.11:

TABLA 2.11: Resumen de Fugas de captaciones y líneas de conducción existentes.

FUENTE/CONDUCCION	CAUDAL CAPTADO	CAUDAL INGRESA PLANTA AERADORES	FUGAS FISICAS Y COMERCIALES	%
-------------------	----------------	---------------------------------	-----------------------------	---

SAN PABLO-AEREADORES	256 l/s.	238,57 l/s¹.	17,43 l/s.	7
LLIO-AEREADORES	253,68 l/s.	203,48 l/s².	50,2 l/s.	20

FUENTE PROPIA -EMAPAR

- El alto porcentaje de fugas físicas y comerciales que se dan en las líneas corrobora lo anteriormente dicho sobre el estado de la tubería, falta de accesorios y estructuras de control
- Los condicionamientos indicados han determinado que la EMAPAR proceda con la construcción de una nueva línea de conducción con capacidad para transportar conjuntamente las aguas de San Pablo y Llio.
- A inicios del año 2008 se entregó la Nueva Conducción San Pablo Llíó Aereadores, la cual fue construida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, el material utilizado fue acero con el fin de no tener conexiones clandestinas a lo largo de la línea de conducción.

2.5 PLANTA DE TRATAMIENTO

Basados en los datos de calidad de agua expuestos anteriormente, se establece que tanto las aguas de San Pablo como de Llio, cumplen en lo referente a parámetros físicos y químicos con la norma INEN 1 108, habiéndose detectado que esta agua presentan una dureza no carbonatada con concentraciones dentro del rango superior de la norma y, adicionalmente se tienen concentraciones de especies bicarbonatadas, razón por la cual el tratamiento adoptado es el de aereación con lo que se espera conseguir un disminución en las concentraciones de alcalinidad y dureza.

¹ determinados en el numeral 2.6

² Caudales determinados en el numeral 2.6

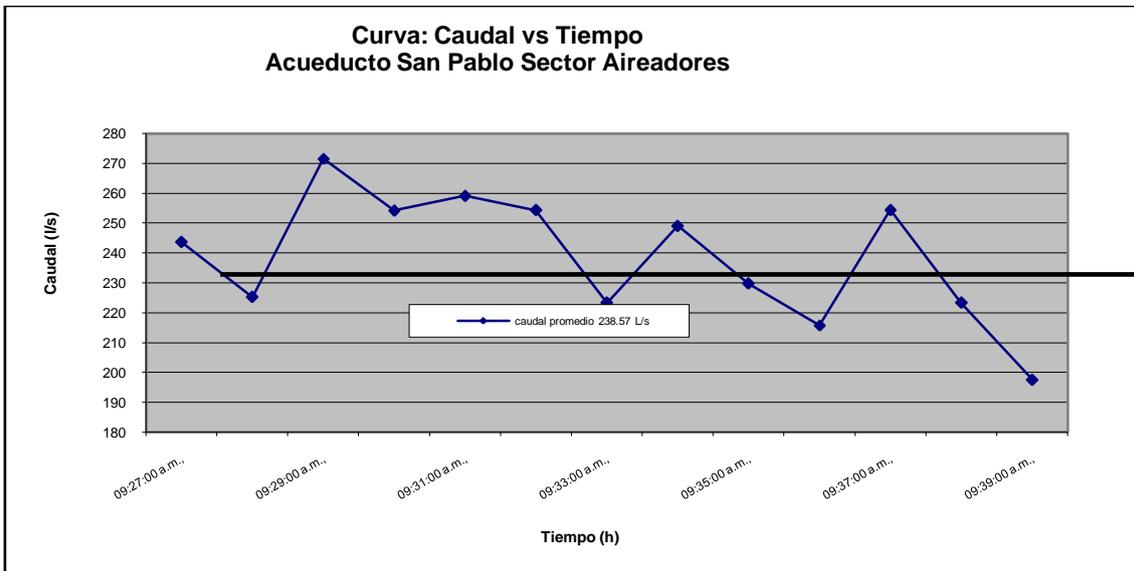
Los caudales que ingresan fueron determinados en campo, para lo cual, se realizaron aforos con un caudalímetro electrónico por el tiempo de 12 minutos; En la tabla 2.12 y grafico2.4. se muestra los caudales que ingresa de la conducción de San Pablo

TABLA 2.12: Caudal medido en la conducción de San Pablo sector aereadores.

FECHA	HORA	Q (l/s)
24/03/05	09:27:00	243.69
24/03/05	09:28:00	225.3
24/03/05	09:29:00	271.6
24/03/05	09:30:00	254.2
24/03/05	09:31:00	259.1
24/03/05	09:32:00	254.35
24/03/05	09:33:00	223.29
24/03/05	09:34:00	249.06
24/03/05	09:35:00	229.73
24/03/05	09:36:00	215.78
24/03/05	09:37:00	254.43
24/03/05	09:38:00	223.29
24/03/05	09:39:00	197.53
Valor promedio = .		238.57

FUENTE PROPIA-EMAPAR

GRAFICO 2.4: Caudal medido en la conducción de San Pablo sector aereadores.



Los resultados permiten obtener un caudal promedio que ingresa a la planta de tratamiento de 238.57 l/s, el cual si se lo compara con el caudal ofertado por la fuente de 256 l/s, se deduce que se pierde 17.43 l/s a lo largo de toda la línea de conducción.

La tabla 2.13 y grafico 2.5 presentan los datos correspondientes al aforo realizado de la conducción de Llio IEOS – Aereadores; La tabla 2.14 y grafico 2.6 corresponden a la conducción de Llio Maldonado – Aereadores

TABLA 2.13: Caudal medido en las conducción IEOS sector aereadores.

FECHA	HORA	Q (l/s)
24/03/05	10:25:00	11.63 (l/s)
24/03/05	10:26:00	55.67
24/03/05	10:27:00	93.90
24/03/05	10:28:00	129.63
24/03/05	10:29:00	75.62
24/03/05	10:30:00	66.48
24/03/05	10:31:00	132.95
24/03/05	10:32:00	124.64
24/03/05	10:33:00	35.73
24/03/05	10:34:00	118.83
24/03/05	10:35:00	110.52
24/03/05	10:36:00	124.64
24/03/05	10:37:00	89.74
Valor promedio =.		90

PROPIA- EMAPAR FUENTE

GRÁFICO 2.5: Caudal medido en las conducción IEOS sector aereadores.

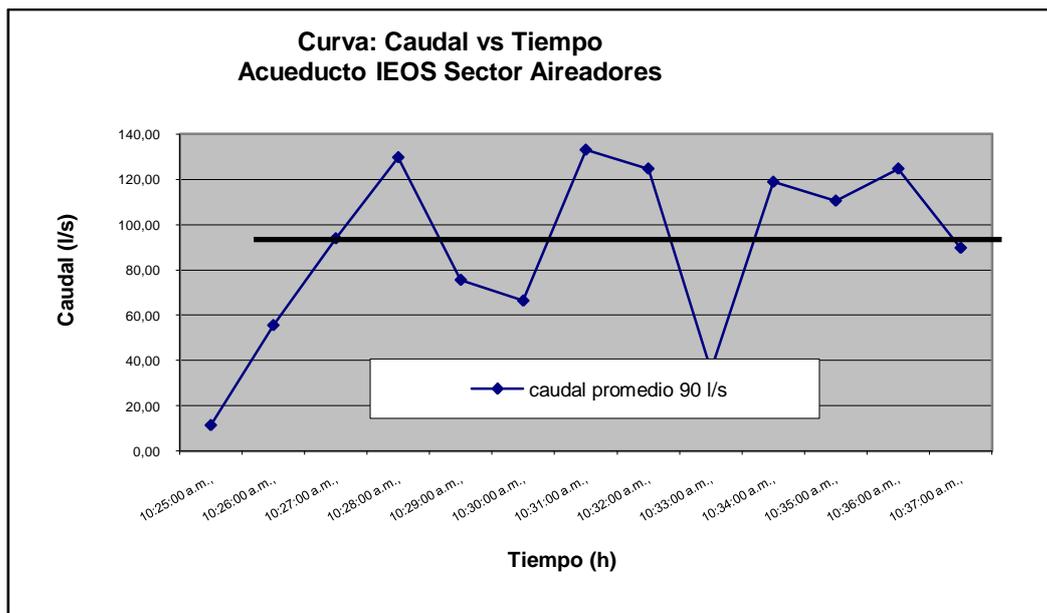
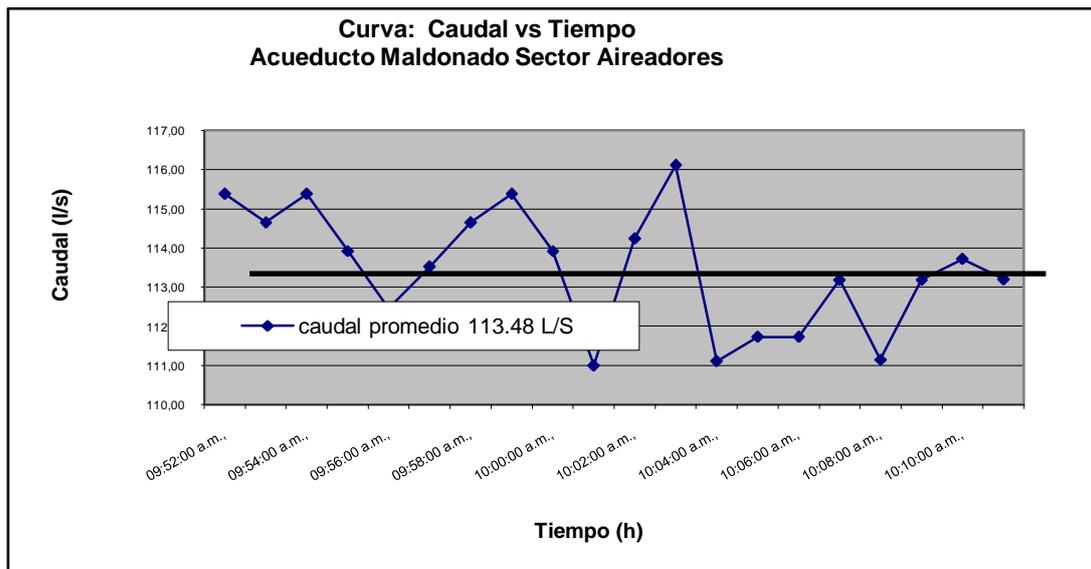


TABLA 2.14: Caudal medido en la conducción de Maldonado sector aireadores.

FECHA	HORA	Q (l/s)
24/03/05	09:52:00	115.38
24/03/05	09:53:00	114.65
24/03/05	09:54:00	115.38
24/03/05	09:55:00	113.92
24/03/05	09:56:00	112.46
24/03/05	09:57:00	113.52
24/03/05	09:58:00	114.65
24/03/05	09:59:00	115.38
24/03/05	10:00:00	113.92
24/03/05	10:01:00	111.00
24/03/05	10:02:00	114.24
24/03/05	10:03:00	116.11
24/03/05	10:04:00	111.11
24/03/05	10:05:00	111.73
24/03/05	10:06:00	111.73
24/03/05	10:07:00	113.19
24/03/05	10:08:00	111.15
24/03/05	10:09:00	113.19
24/03/05	10:10:00	113.72
24/03/05	10:11:00	113.20
Valor promedio =.		113.48

FUENTE PROPIA-

GRAFICO 2.6: Caudal medido en la conducción de Maldonado sector aereadores



Los resultados presentados indican que el caudal que ingresa de la conducción Llío es de 90,00 l/s y, de la Maldonado de 113.48 l/s lo que en conjunto se tiene un caudal de 203.48 l/s, llegándose a definir que en las dos conducciones se producen pérdidas de alrededor 50.2 l/s.

La planta de tratamiento cuenta con los siguientes procesos:

- Piscinas aereadoras, conformada por una piscina aereadora de 35m x 14 m x 0.60 m de profundidad útil; en total ocupan un área superficial de 490 m². la piscina cuenta con 60 boquillas de cono flotante, que permiten la aireación del agua por aspersion, con un tiempo de permanencia de 10 minutos suficiente para airear el agua y permitir la liberación de gases de las aguas provenientes de Llío y de esta manera disminuir las concentraciones de CO₂, alcalinidad y dureza.

Se debe recalcar que este sistema en la actualidad no se halla en funcionamiento ya que las boquillas fueron dañadas con las cenizas provenientes del volcán Tungurahua.

- Sistema de aereadores tipo bandejas, compuesto por tres charolas. Estas cuentan con un área superficial de 3m² (3 x 1 m). Este sistema originalmente trabajaba en conjunto con las piscinas aereadoras por lo que, actualmente se puede decir que el sistema de aireación no es eficiente ya que al trabajar únicamente este sistema de charolas, estas trabajan con tasas superiores a 4311 m³/m²*día, tasa muy por encima de las recomendadas por las normas de la SAPYSB y de CEPIS que recomiendan tasas entre 200 a 900 m³/m²*d.

Las tasas elevadas se deben básicamente a que no funcionan las piscinas aereadoras razón por la cual se recomendaría que la EMAPAR construya charolas adicionales que puedan dimensionarse para que trabajen con una tasa de 500 m³/m²*d y de esta manera, desechar las piscinas aereadoras, esta acción facilitaría la operación y mantenimiento e incidiría favorablemente en los costos de producción, debido a la disminución de costos de equipos y accesorios (boquillas) y costos de energía.

- Sistema de cloración, el agua aireada es conducida hacia una cámara de contacto en la cual se inyecta cloro gas, esta cámara permite que el cloro tenga un tiempo de residencia de 15 minutos para obtener un cloro libre residual de 1.5 mg/l.

El sistema de cloración cuenta con cilindros de cloro de 45 kg y su dosificación es controlada en el rotámetro ubicado en el panel de control en el cual se controla la dosis de cloro y un inyector que permite realizar la solución a ser inyectada en la cámara de contacto.

El sistema no es continuo, ya que no se hace una reposición de los cilindros vacíos en forma inmediata causando la no cloración de las aguas, es así que el agua no recibe el tratamiento requerido.

La dosificación a usarse debe ser de 2 mg/lit, y para un caudal promedio de 500 l/s, el consumo diario es de 86.4 Kg. Por lo que se deben implementar acciones sistemáticas para prever que exista una continua cloración en el agua a la salida de la planta.

Adicionalmente, los diseños originales preveían clorar las aguas en los tanques de reserva, dichos sistemas nunca se instalaron y sería importante hacerlo para mantener un cloro libre residual conforme a las normas de la SAPYSB.

2.5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se deberá clorar el agua de manera continua, con una dosis de 2 mg/l que permitan mantener un cloro libre residual a nivel de redes conforme a la normativa de la SAPYSB (Sub secretaría de agua potable y saneamiento básico).
- Es imperativo realizar controles en diferentes puntos de la red de distribución para verificar la calidad del agua distribuida.

2.6 LINEA DE TRANSMISION

Son aquellas que conducen el agua tratada hacia los tanques de reserva y, en el caso particular se tienen básicamente tres líneas de transmisión que entregan el líquido vital a los tanques de reserva de La Saboya, Maldonado y, El Carmen. Las tres líneas están construidas en tubería de AC y con diámetros de 300 mm.

Las tabla 2.15 muestra que a pesar de que las tuberías han cumplido con su período de vida útil, prácticamente no se producen fugas a lo largo de las mismas.

TABLA 2.15: Caudales en la Línea de Transmisión

FUENTE PROPIA-EMAPAR

Línea de transmisión	Caudal salida arreadores (l/s)*	Caudal llegada tanques de reserva (l/s)**	Observaciones
San Pablo	194.00	194.00	Esta línea de transmisión llega a los tanques La Saboya
Llio Maldonado	181.45	181.00	Esta línea de transmisión llega a los tanques Maldonado
Llio IEOS	66.55	66.00	Esta línea de transmisión llega al tanque El Carmen

Para los aforos se utilizó el caudalímetro ultrasónico Termo Polysonics DCT7088. Se realizó un aforo volumétrico, para ello se cerraron todas las salidas y se forzó a que todo el caudal llegue a un solo tanque.

2.7 RESERVAS

La ciudad de Riobamba cuenta con 8 tanques de reserva que son abastecidos por las tres líneas de transmisión indicadas en el capítulo anterior y cuyas características se indican a continuación en la tabla 2.16:

TABLA 2.16: Características de las Reservas

Tanque Reserva	Cota msnm	Capacidad m3	Línea de transmisión	Red que abastece	Observaciones
El Carmen	2816.60	1500	IEOS	Red 1	Tanque circular de HA. En buenas condiciones
La Saboya A	2817.83	1000	San Pablo	Red 2	Tanque HA buenas condiciones
La Saboya B	2817.83	1000	San Pablo	Red 2	Falta mantenimiento en obras civiles
La Saboya C	2817.83	1000	San Pablo	Red 2	
La Saboya D	2817.83	2000	San Pablo	Red 2	
Maldonado A	2789.55	2500	Maldonado	Red 3	Tanque HA condiciones regular por explosión en la brigada
Maldonado B	2789.55	2500	Maldonado	Red 3	

Fuente EMAPAR

Los tanques se han construido en diversas épocas y, su diseño es tipo ex - IEOS

La tabla 2.17 determina el volumen necesario para las necesidades de la ciudad por zonas de servicio. La reserva necesaria se la determina en base a que el volumen almacenado de los tanques pueda suplir variaciones de demanda máxima diaria por lo que se ha adoptado un factor de mayoración diaria (FMD) de 1.4 y, el volumen se determinó con capacidad para el 30% del consumo máximo diario; la dotación se determinada en el presente estudio y detallada en el capítulo fue de 230 l/hab*d.

TABLA 2.17: Capacidad de las reservas

Reserva	# de Tanques	Zona	Área (ha.)	Población hab.	Dot. (l/h/d)	FMD	Volumen tanque m3	Volumen existente m3	Déficit M3
El Carmen	1	Alta red 1	525	39245	230	1.4	3800	1500	2300
La Saboya	4	Central red 2	566	42309	230	1.4	4100	5000	
Colg. Maldonado	2	Baja red 3	466	34834	230	1.4	3400	5000	

FUENTE PROPIA

Como se puede observar, el tanque de El Carmen no cuenta con el volumen necesario para suplir las variaciones horarias razón por la cual, las redes que abastece este tanque presenta mayores problemas en lo que se refiere a la continuidad del servicio. Las otras zonas prácticamente no necesitarían la construcción de nuevos tanques de reserva.

Todos los tanques cuentan con una cámara de válvulas en las cuales se han localizado válvulas de compuertas para controlar el caudal hacia las redes (4") y, una válvula de desagüe (compuerta 3") para limpieza y mantenimiento de los tanque; adicionalmente cuenta con una estructura de desborde de 4" de diámetro que se une directamente a la tubería de desagüe El agua que ingresa a los tanques no cuentan con una unidad de control (válvula de altitud y/o flotadora) que permita que no se produzcan desbordes

cuando el tanque llegue a la altura de llenado, lo que ha motivado que se produzcan desbordes en los mismos, razón por la cual los operadores han establecido una rutina de apertura y cerrado de válvulas con la finalidad de controlar de manera empírica los consumos que se dan a nivel de redes.

Las fotos que se indican a continuación muestran básicamente el estado de las obras civiles de los tanques, pudiéndose establecer que estos se encuentran en buen estado a excepción de los tanques de Maldonado que sufrieron daños en la mampostería a causa de la explosión del polvorín de la Brigada Galápagos ocurrida en el año 2002.

La EMAPAR al momento de los estudios se encuentra ejecutando labores de mantenimiento de los tanques en lo referente a obras civiles, habiéndose procedido con la impermeabilización de los mismos por lo que, estos tanques cumplen con las normas de estanqueidad de la AWWA y de la SAPYSB .

Foto 2.1: Reserva El Carmen



Foto 2.2: Reserva La Saboya



Foto 2.3: Reserva Maldonado



Foto 2.4: Tanque de reserva en mal estado



La apertura y cerrada de las válvulas de los tanques de reserva prácticamente se las realiza para cumplir con horarios de servicio establecidos por la EMAPAR y mostrados en las tablas 2.18; 2.19; 2.20; en las cuales se indican el número de vueltas que los operadores realizan para controlar los llenados y vaciados de los tanques.

La metodología seguida fue la de medir las alturas de llenado y vaciado de los tanques de reserva durante 7 días seguidos, con mediciones cada media hora durante las 24 horas del día de la cual se obtuvieron los siguientes resultados :

TABLA 2.18: Apertura y cerrado de válvulas Reserva Maldonado.

	TANQUE A	TANQUE B
	VALVULA # VUELTAS	VALVULA # VUELTAS
9:30 PM a 5:30 AM	5 ½	4 ½
5:30 AM a 8:30 AM	42	56
8:30 AM a 12:00 PM	3 ½	3 ½
12:00 PM a 2:30 PM	42	42
2:30 PM a 6:30 PM	3 ½	3 ½
6:30 PM a 9:30 PM	42	56

FUENTE PROPIA

TABLA 2.19: Apertura y cerrado de válvulas Reserva Saboya.

	TANQUE A VALVULA # VUELTAS	TANQUE B VALVULA # VUELTAS	TANQUE C VALVULA # VUELTAS	TANQUE D VALVULA # VUELTAS
9:30 PM a 5:30 AM	4 ½	5	0	0
5:30 AM a 8:30 AM	10	10	10	25
8:30 AM a 12:30 PM	0	0	0	0
12:30 PM a 2:00 PM	-	-	10	20
12:30 PM a 2:30 PM	10	10	-	-
2:00 PM a 6:00 PM	-	-	0	0
2:30 PM a 6:00 PM	0	0	-	-
6:00 PM a 9:30 PM	10	10	10	20

FUENTE PROPIA

TABLA 2.20: Apertura y cerrado de válvulas Reserva El Carmen.

	TANQUE A VALVULA # VUELTAS
9:00 PM A 5:00 AM	3
5:00 AM A 5:30 AM	10
5:30 AM A 9:00 AM	49
9:00 AM A 5:00 PM	3
5:00 PM A 5:30 PM	10
5:30 PM A 9:00 PM	49

FUENTE PROPIA

Este manipuleo de válvulas obedece principalmente a que, EMAPAR debido al consumo indiscriminado y fugas que se ha dado en la ciudad de Riobamba los tanques no se llenan, únicamente estos servían como tanques de laminación, razón por la cual estos no se llenaban.

Esta acción conforme a las informaciones de los funcionarios de EMAPAR, ocasionaba que se contaba con el servicio hasta las 9:00 AM. Esto obligó a los operadores a manipular las válvulas y en cierta forma a racionar el servicio, otra acción determinante para esta apertura y cerrada de las válvulas es el que, las conexiones domiciliarias no contaban con micro medidores que

determinen el consumo lo que, sumado a la tarifa básica mínima que se cobraba hizo que los usuarios no tengan un buen criterio sobre el uso apropiado del agua pudiéndose apreciar, que actualmente un gran porcentaje de conexiones domiciliarias cuentan con verdaderos tanques de reserva lo que ayuda al vaciado más rápido de los tanques de reserva durante los períodos de distribución. Actualmente la EMAPAR está completando la colocación de micro medidores con lo que, se puede observar que el servicio ha mejorado.

En las tablas desde la 2.21 a la 2.27 y gráficos desde el 2.7 hasta el 2.13 se aprecian el nivel de los tanques expresada en (%) con sus respectivos volúmenes para 1 día.

Como se puede observar, los operadores se ven en la necesidad de abrir y cerrar las válvulas para permitir especialmente el llenado de los tanques de reserva y permitir que la población pueda tener un servicio en las mañanas.

Entre las 13:00pm y las 15:00pm se puede observar que los tanque de reserva tanto del Maldonado como la Saboya prácticamente se quedan vacíos, razón por la cual el servicio a los usuarios durante estas horas es irregular.

Los tanques de reserva de Maldonado (tanque A y B) prácticamente se desbordan en las horas de la madrugada desde las 4:00am hasta las 6:00 AM

RESERVA MALDONADO

TABLA2.21: Lectura de los niveles de agua en la reserva del Maldonado (Tanque A).

TANQUE # A 2500 m3														
HORA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	35	875	36	900	35	875	36	900	34	850	41	1025	37	925
12:30 AM	41	1025	42	1050	41	1025	42	1050	40	1000	47	1175	43	1075
1:00 AM	47	1175	48	1200	47	1175	47	1175	46	1150	53	1325	49	1225
1:30 AM	53	1325	54	1350	53	1325	43	1075	52	1300	59	1475	55	1375
2:00 AM	59	1475	60	1500	59	1475	49	1225	58	1450	65	1625	61	1525
2:30 AM	65	1625	66	1650	65	1625	55	1375	64	1600	71	1775	67	1675
3:00 AM	71	1775	72	1800	71	1775	71	1775	70	1750	77	1925	73	1825
3:30 AM	76	1900	77	1925	76	1900	77	1925	75	1875	83	2075	79	1975
4:00 AM	81	2025	82	2050	81	2025	83	2075	80	2000	84	2100	85	2125
4:30 AM	86	2150	87	2175	86	2150	88	2200	85	2125	95	2375	90	2250
5:00 AM	91	2275	92	2300	91	2275	93	2325	90	2250	100	2500	95	2375
5:30 AM	96	2400	97	2425	96	2400	98	2450	95	2375	100	2500	100	2500
6:00 AM	83	2075	83	2075	83	2075	85	2125	80	2000	80	2000	83	2075
6:30 AM	70	1750	70	1750	71	1775	73	1825	70	1750	64	1600	74	1850
7:00 AM	57	1425	57	1425	60	1500	63	1575	61	1525	52	1300	62	1550
7:30 AM	44	1100	46	1150	45	1125	55	1375	50	1250	40	1000	50	1250
8:00 AM	34	850	34	850	34	850	48	1200	35	875	32	800	38	950
8:30 AM	21	525	0	0	16	400	20	500	12	300	0	0	0	0
9:00 AM	28	700	0	0	23	575	28	700	23	575	18	450	25	625
9:30 AM	35	875	16	400	30	750	35	875	32	800	27	675	28	700
10:00 AM	42	1050	21	525	37	925	41	1025	40	1000	34	850	33	825
10:30 AM	49	1225	25	625	44	1100	48	1200	44	1100	41	1025	39	975
11:00 AM	57	1425	29	725	52	1300	55	1375	48	1200	48	1200	46	1150
11:30 AM	64	1600	44	1100	60	1500	62	1550	55	1375	54	1350	53	1325
12:00 PM	72	1800	50	1250	67	1675	70	1750	62	1550	59	1475	61	1525
12:30 PM	58	1450	54	1350	47	1175	50	1250	46	1150	40	1000	46	1150
1:00 PM	42	1050	57	1425	35	875	40	1000	35	875	31	775	32	800
1:30 PM	15	375	63	1575	18	450	24	600	15	375	15	375	20	500
2:00 PM	0	0	68	1700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30 PM	0	0	73	1825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 PM	0	0	78	1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:30 PM	17	425	84	2100	23	575	22	550	15	375	14	350	19	475
4:00 PM	28	700	90	2250	30	750	29	725	20	500	17	425	26	650
4:30 PM	35	875	95	2375	37	925	36	900	25	625	21	525	35	875
5:00 PM	42	1050	100	2500	44	1100	43	1075	30	750	26	650	42	1050
5:30 PM	50	1250	100	2500	52	1300	50	1250	35	875	31	775	50	1250
6:00 PM	58	1450	100	2500	60	1500	58	1450	40	1000	36	900	58	1450
6:30 PM	65	1625	100	2500	67	1675	66	1650	45	1125	41	1025	66	1650
7:00 PM	48	1200	80	2000	49	1225	50	1250	52	1300	46	1150	50	1250
7:30 PM	35	875	67	1675	40	1000	38	950	38	950	52	1300	37	925
8:00 PM	27	675	51	1275	31	775	29	725	27	675	60	1500	25	625
8:30 PM	14	350	35	875	22	550	20	500	0	0	38	950	16	400
9:00 PM	0	0	20	500	0	0	0	0	0	0	22	550	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30 PM	11	275	12	300	16	400	15	375	16	400	13	325	11	275
11:00 PM	25	625	24	600	24	600	21	525	24	600	22	550	19	475
11:30 PM	30	750	31	775	31	775	29	725	35	875	31	775	28	700

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.7: Diagrama de masas tanque A.

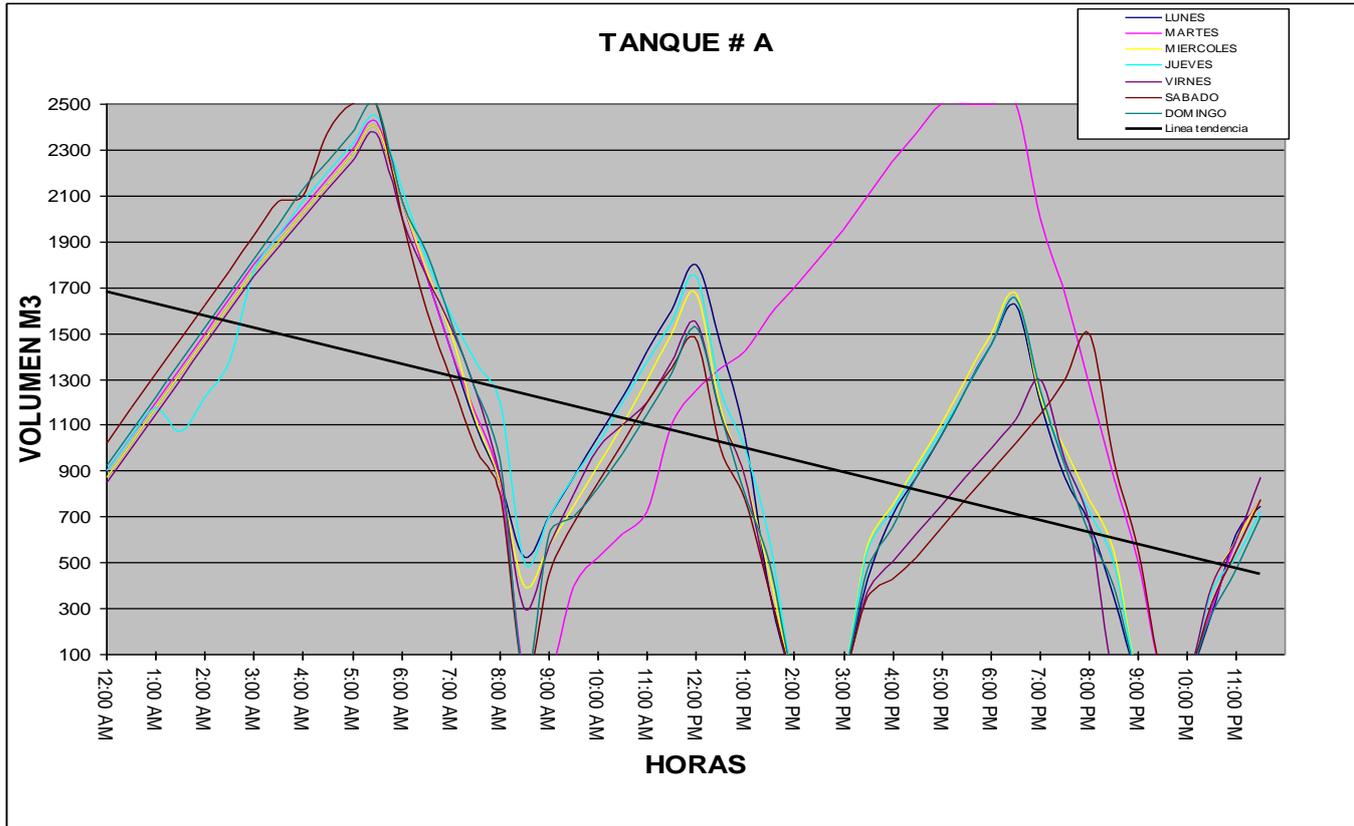


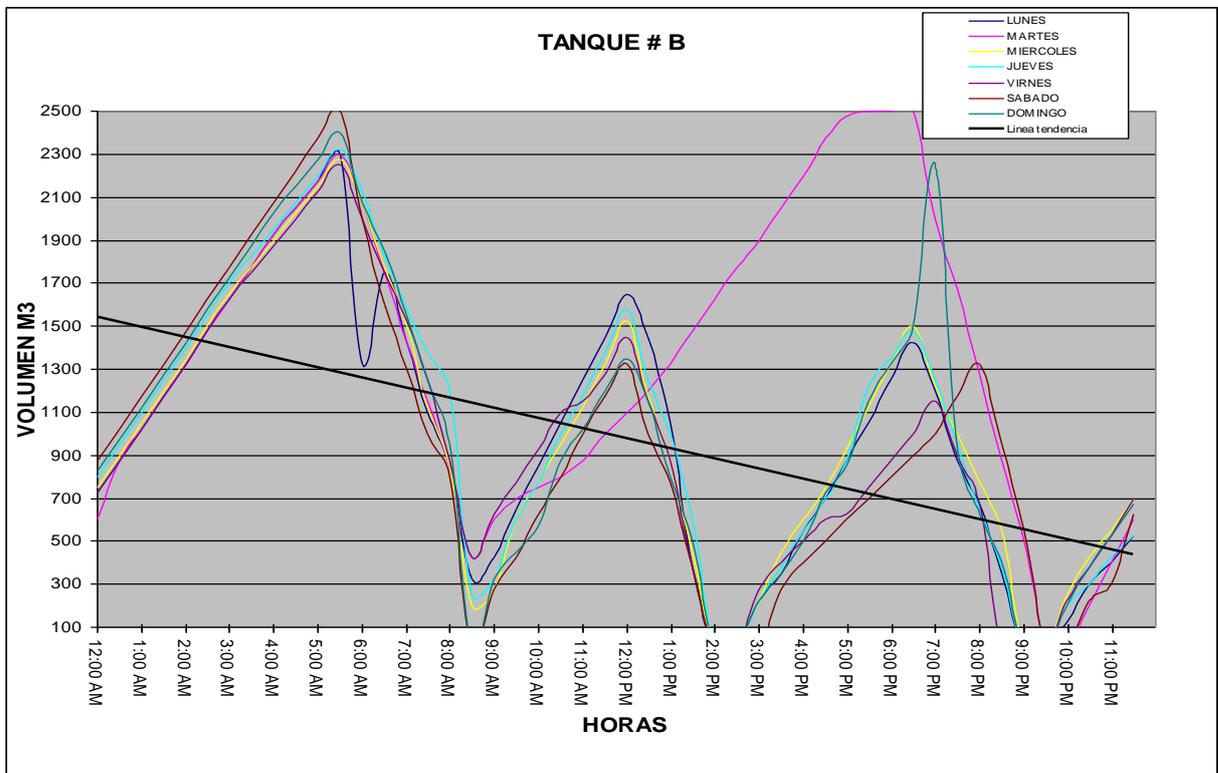
TABLA 2.22: Lectura de los niveles de agua en la reserva del Maldonado (Tanque B).

TANQUE # B 2500 m3														
HORA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00AM	29	725	24	600	30	750	32	800	29	725	35	875	33	825
12:30AM	35	875	35	875	36	900	38	950	35	875	41	1025	39	975
1:00 AM	41	1025	41	1025	42	1050	44	1100	41	1025	47	1175	45	1125
1:30 AM	47	1175	47	1175	48	1200	50	1250	47	1175	53	1325	51	1275
2:00 AM	53	1325	53	1325	54	1350	56	1400	53	1325	59	1475	57	1425
2:30 AM	59	1475	59	1475	60	1500	62	1550	59	1475	65	1625	63	1575
3:00 AM	65	1625	65	1625	66	1650	68	1700	65	1625	71	1775	69	1725
3:30 AM	71	1775	71	1775	71	1775	73	1825	70	1750	77	1925	75	1875
4:00 AM	77	1925	77	1925	76	1900	78	1950	75	1875	83	2075	81	2025
4:30 AM	82	2050	82	2050	81	2025	83	2075	80	2000	89	2225	86	2150
5:00 AM	87	2175	87	2175	86	2150	88	2200	85	2125	95	2375	91	2275
5:30 AM	92	2300	92	2300	91	2275	93	2325	90	2250	100	2500	96	2400
6:00 AM	53	1325	83	2075	83	2075	85	2125	80	2000	80	2000	83	2075
6:30 AM	70	1750	70	1750	71	1775	73	1825	70	1750	64	1600	74	1850
7:00 AM	57	1425	57	1425	60	1500	63	1575	61	1525	52	1300	62	1550
7:30 AM	44	1100	46	1150	45	1125	55	1375	50	1250	40	1000	50	1250
8:00 AM	34	850	34	850	34	850	48	1200	35	875	32	800	38	950
8:30 AM	13	325	17	425	8	200	10	250	17	425	0	0	0	0
9:00 AM	17	425	24	600	11	275	13	325	25	625	11	275	13	325
9:30 AM	26	650	28	700	24	600	24	600	31	775	17	425	18	450
10:00AM	34	850	30	750	31	775	31	775	37	925	25	625	23	575
10:30AM	42	1050	32	800	38	950	40	1000	44	1100	32	800	35	875
11:00AM	50	1250	35	875	45	1125	47	1175	46	1150	40	1000	41	1025
11:30AM	58	1450	40	1000	53	1325	55	1375	51	1275	47	1175	48	1200

12:00PM	66	1650	44	1100	61	1525	63	1575	58	1450	53	1325	54	1350
12:30PM	58	1450	48	1200	47	1175	50	1250	46	1150	40	1000	46	1150
1:00 PM	42	1050	53	1325	35	875	40	1000	35	875	31	775	32	800
1:30 PM	15	375	59	1475	18	450	24	600	15	375	15	375	20	500
2:00 PM	0	0	65	1625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:30 PM	0	0	71	1775	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00 PM	9	225	76	1900	9	225	9	225	11	275	0	0	9	225
3:30 PM	14	350	82	2050	18	450	15	375	16	400	11	275	14	350
4:00 PM	22	550	88	2200	24	600	22	550	20	500	16	400	20	500
4:30 PM	28	700	95	2375	30	750	28	700	24	600	20	500	29	725
5:00 PM	35	875	99	2475	37	925	35	875	25	625	24	600	34	850
5:30 PM	42	1050	100	2500	45	1125	49	1225	30	750	28	700	46	1150
6:00 PM	50	1250	100	2500	53	1325	54	1350	35	875	32	800	53	1325
6:30 PM	57	1425	100	2500	60	1500	59	1475	40	1000	36	900	60	1500
7:00 PM	48	1200	80	2000	49	1225	50	1250	46	1150	40	1000	90	2250
7:30 PM	35	875	67	1675	40	1000	38	950	36	900	47	1175	37	925
8:00 PM	27	675	51	1275	31	775	26	650	27	675	53	1325	25	625
8:30 PM	14	350	35	875	22	550	15	375	0	0	38	950	16	400
9:00 PM	0	0	20	500	0	0	0	0	0	0	22	550	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00PM	5	125	0	0	10	250	8	200	9	225	0	0	8	200
10:30PM	12	300	8	200	17	425	12	300	15	375	9	225	15	375
11:00PM	16	400	16	400	22	550	17	425	21	525	12	300	21	525
11:30PM	21	525	24	600	28	700	21	525	28	700	25	625	27	675

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.8: Diagrama de masas tanque B.



RESERVA LA SABOYA

TABLA 2.23: Lectura de los niveles de agua en la reserva la Saboya (Tanque A).

TANQUE # A 1000 m3														
	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
HORA	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	28	280	34	340	32	320	34	340	32	320	36	360	33	330
12:30 AM	35	350	40	400	38	380	40	400	37	370	42	420	39	390
1:00 AM	48	480	46	460	44	440	46	460	43	430	48	480	40	400
1:30 AM	55	550	52	520	50	500	52	520	49	490	54	540	42	420
2:00 AM	62	620	58	580	55	550	58	580	55	550	60	600	47	470
2:30 AM	68	680	64	640	60	600	66	660	61	610	66	660	52	520
3:00 AM	74	740	70	700	65	650	74	740	67	670	72	720	59	590
3:30 AM	79	790	75	750	70	700	80	800	73	730	78	780	66	660
4:00 AM	84	840	80	800	75	750	84	840	79	790	81	810	73	730
4:30 AM	88	880	85	850	80	800	87	870	85	850	85	850	80	800
5:00 AM	92	920	89	890	85	850	90	900	90	900	90	900	87	870
5:30 AM	92	920	93	930	90	900	90	900	94	940	92	920	95	950
6:00 AM	70	700	68	680	67	670	70	700	70	700	70	700	70	700
6:30 AM	68	680	52	520	51	510	52	520	53	530	53	530	51	510
7:00 AM	44	440	36	360	34	340	35	350	36	360	37	370	34	340
7:30 AM	30	300	21	210	17	170	17	170	20	200	20	200	14	140
8:00 AM	12	120	5	50	0	0	0	0	5	50	6	60	0	0
8:30 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	14	140	8	80	8	80	7	70	5	50	8	80	6	60
9:30 AM	20	200	11	110	15	150	14	140	10	100	16	160	15	150
10:00 AM	28	280	14	140	22	220	20	200	12	120	24	240	22	220
10:30 AM	34	340	16	160	28	280	29	290	16	160	30	300	30	300
11:00 AM	42	420	18	180	35	350	37	370	19	190	37	370	38	380
11:30 AM	53	530	2	20	41	410	42	420	21	210	43	430	46	460
12:00 PM	60	600	22	220	48	480	47	470	22	220	49	490	57	570
12:30 PM	48	480	25	250	55	550	53	530	27	270	30	300	40	400
1:00 PM	20	200	28	280	36	360	36	360	31	310	13	130	20	200
1:30 PM	10	100	34	340	17	170	17	170	33	330	0	0	0	0
2:00 PM	0	0	39	390	0	0	0	0	35	350	0	0	0	0
2:30 PM	0	0	45	450	8	80	8	80	38	380	8	80	8	80
3:00 PM	8	80	51	510	17	170	13	130	43	430	14	140	14	140
3:30 PM	16	160	58	580	24	240	20	200	51	510	19	190	20	200
4:00 PM	25	250	63	630	31	310	28	280	58	580	21	210	28	280
4:30 PM	34	340	68	680	40	400	49	490	61	610	24	240	37	370
5:00 PM	42	420	72	720	49	490	56	560	64	640	24	240	50	500
5:30 PM	51	510	78	780	56	560	70	700	67	670	24	240	66	660
6:00 PM	60	600	83	830	65	650	78	780	70	700	23	230	70	700
6:30 PM	46	460	68	680	50	500	61	610	54	540	26	260	53	530
7:00 PM	31	310	53	530	36	360	46	460	41	410	10	100	38	380
7:30 PM	17	170	36	360	21	210	23	230	24	240	0	0	16	160
8:00 PM	5	50	22	220	5	50	8	80	10	100	0	0	0	0
8:30 PM	0	0	5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	10	100	9	90	10	100	10	100	8	80	8	80	8	80
10:30 PM	16	160	15	150	16	160	15	150	16	160	16	160	12	120
11:00 PM	22	220	20	200	22	220	20	200	24	240	21	210	16	160
11:30 PM	28	280	26	260	28	280	26	260	30	300	27	270	20	200

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.9: Diagrama de masas tanque A.

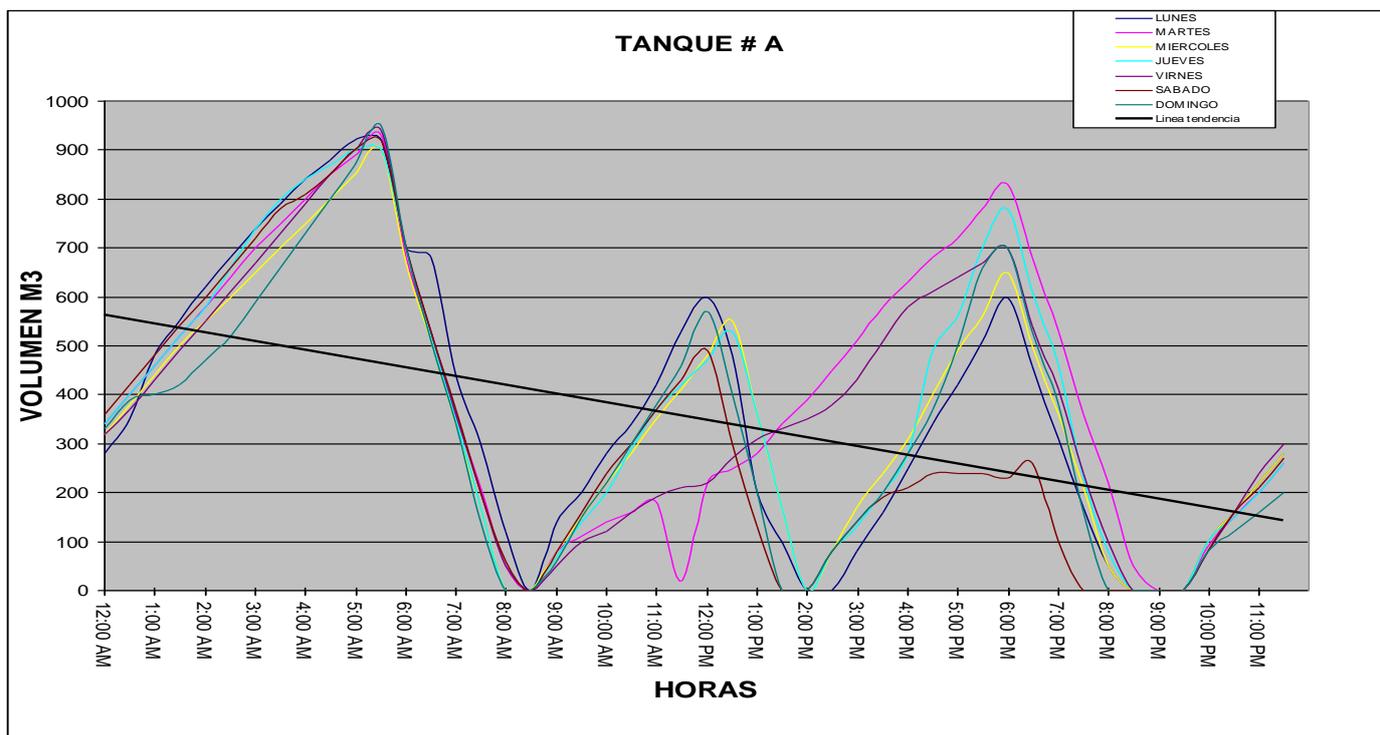


TABLA 2.24: Lectura de los niveles de agua en la reserva la Saboya (Tanque B).

TANQUE # B 1000 m3														
HORA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	15	150	10	100	25	250	25	250	5	50	0	0	30	300
12:30 AM	26	260	15	150	30	300	30	300	10	100	5	50	37	370
1:00 AM	32	320	20	200	35	350	36	360	15	150	10	100	39	390
1:30 AM	36	360	26	260	40	400	42	420	21	210	15	150	45	450
2:00 AM	40	400	32	320	45	450	50	500	28	280	23	230	52	520
2:30 AM	45	450	39	390	50	500	56	560	36	360	31	310	59	590
3:00 AM	50	500	46	460	55	550	64	640	44	440	39	390	65	650
3:30 AM	56	560	58	580	60	600	70	700	52	520	48	480	71	710
4:00 AM	62	620	60	600	65	650	77	770	60	600	60	600	77	770
4:30 AM	69	690	72	720	70	700	82	820	69	690	72	720	83	830
5:00 AM	80	800	83	830	79	790	90	900	80	800	84	840	90	900
5:30 AM	90	900	90	900	90	900	87	870	91	910	93	930	97	970
6:00 AM	80	800	75	750	78	780	80	800	80	800	78	780	84	840
6:30 AM	64	640	59	590	65	650	64	640	62	620	60	600	68	680
7:00 AM	48	480	45	450	49	490	49	490	45	450	42	420	50	500
7:30 AM	27	270	29	290	32	320	36	360	28	280	25	250	30	300
8:00 AM	10	100	10	100	15	150	23	230	11	110	9	90	10	100
8:30 AM	0	0	0	0	0	0	10	100	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	0	0	0	0	5	50	17	170	5	50	5	50	5	50
9:30 AM	6	60	5	50	10	100	24	240	6	60	11	110	10	100
10:00 AM	10	100	9	90	16	160	30	300	8	80	17	170	15	150

10:30 AM	17	170	13	130	22	220	35	350	10	100	24	240	20	200
11:00 AM	26	260	15	150	28	280	40	400	12	120	30	300	25	250
11:30 AM	40	400	16	160	34	340	45	450	12	120	38	380	35	350
12:00 PM	47	470	19	190	41	410	49	490	12	120	45	450	50	500
12:30 PM	35	350	23	230	50	500	54	540	14	140	27	270	35	350
1:00 PM	10	100	26	260	32	320	32	320	16	160	10	100	17	170
1:30 PM	0	0	29	290	14	140	14	140	19	190	0	0	0	0
2:00 PM	0	0	33	330	0	0	0	0	22	220	0	0	0	0
2:30 PM	0	0	38	380	0	0	5	50	34	340	0	0	5	50
3:00 PM	0	0	43	430	5	50	10	100	40	400	6	60	9	90
3:30 PM	5	50	48	480	10	100	15	150	47	470	10	100	17	170
4:00 PM	10	100	51	510	15	150	24	240	55	550	10	100	23	230
4:30 PM	20	200	62	620	25	250	34	340	60	600	10	100	30	300
5:00 PM	29	290	70	700	33	330	41	410	65	650	10	100	48	480
5:30 PM	40	400	82	820	46	460	62	620	70	700	10	100	60	600
6:00 PM	50	500	87	870	60	600	73	730	80	800	10	100	72	720
6:30 PM	35	350	71	710	47	470	60	600	50	500	12	120	60	600
7:00 PM	20	200	58	580	32	320	43	430	39	390	0	0	48	480
7:30 PM	6	60	43	430	17	170	19	190	18	180	0	0	30	300
8:00 PM	0	0	17	170	0	0	0	0	4	40	0	0	10	100
8:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	8	80	9	90	8	80	0	0	5	50	7	70
10:30 PM	0	0	12	120	13	130	0	0	0	0	10	100	13	130
11:00 PM	0	0	16	160	17	170	0	0	0	0	17	170	17	170
11:30 PM	5	50	20	200	20	200	0	0	0	0	24	240	21	210

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.10: Diagrama de masas tanque B.

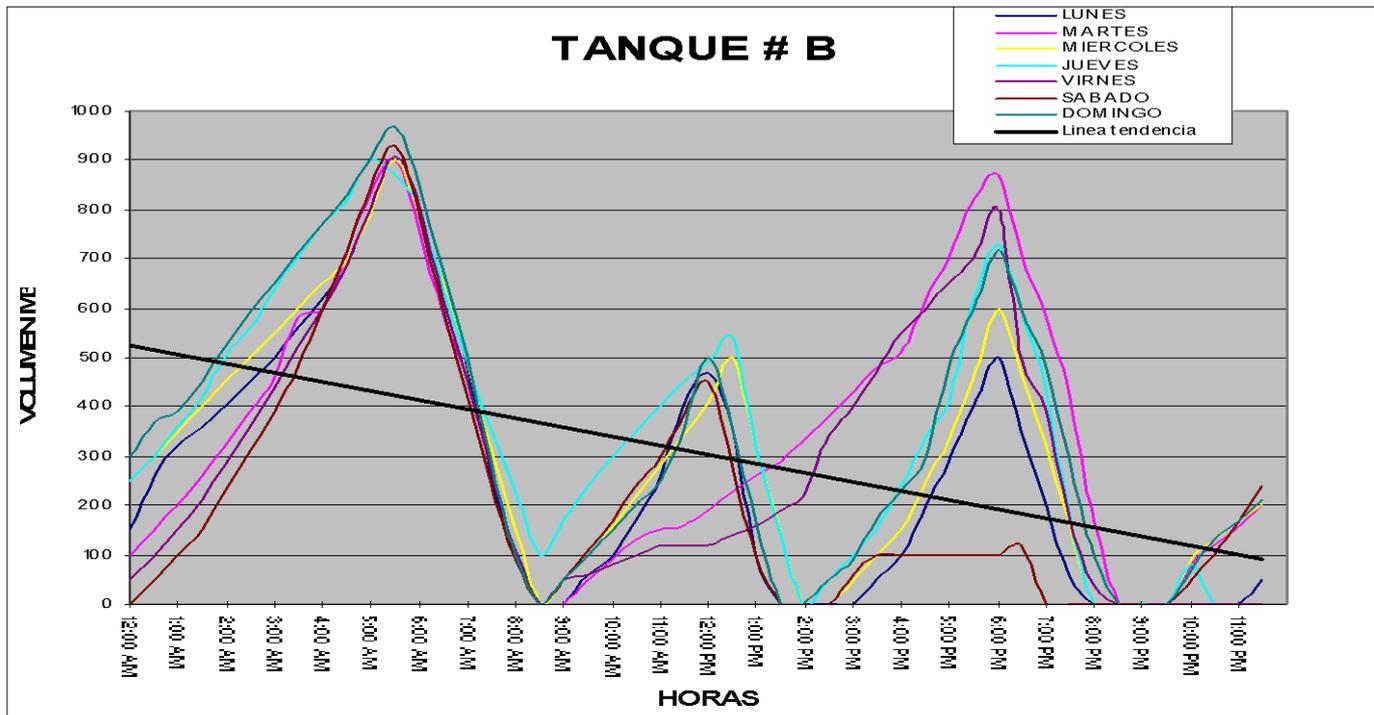


TABLA 2.25: Lectura de los niveles de agua en la reserva la Saboya (Tanque C).

TANQUE # C 1000 m3														
	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
HORA	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	21	210	35	350	30	300	25	250	28	280	25	250	20	200
12:30 AM	27	270	42	420	36	360	30	300	35	350	30	300	25	250
1:00 AM	35	350	48	480	40	400	35	350	40	400	44	440	30	300
1:30 AM	40	400	53	530	45	450	40	400	45	450	50	500	35	350
2:00 AM	45	450	58	580	50	500	45	450	50	500	56	560	40	400
2:30 AM	50	500	63	630	55	550	50	500	55	550	62	620	46	460
3:00 AM	55	550	68	680	60	600	55	550	60	600	68	680	51	510
3:30 AM	60	600	73	730	65	650	60	600	65	650	74	740	56	560
4:00 AM	66	660	78	780	70	700	65	650	70	700	80	800	65	650
4:30 AM	73	730	83	830	75	750	70	700	75	750	85	850	70	700
5:00 AM	80	800	87	870	80	800	75	750	80	800	90	900	76	760
5:30 AM	87	870	90	900	85	850	80	800	65	650	92	920	81	810
6:00 AM	68	680	73	730	70	700	74	740	51	510	74	740	72	720
6:30 AM	56	560	57	570	56	560	58	580	36	360	59	590	55	550
7:00 AM	45	450	40	400	41	410	43	430	20	200	43	430	38	380
7:30 AM	25	250	24	240	27	270	27	270	6	60	26	260	23	230
8:00 AM	11	110	7	70	10	100	16	160	0	0	10	100	9	90
8:30 AM	5	50	0	0	0	0	7	70	4	40	0	0	0	0
9:00 AM	15	150	5	50	5	50	15	150	5	50	6	60	5	50
9:30 AM	20	200	9	90	10	100	24	240	7	70	13	130	10	100
10:00 AM	26	260	12	120	16	160	32	320	11	110	20	200	16	160
10:30 AM	30	300	15	150	21	210	36	360	15	150	28	280	21	210
11:00 AM	36	360	17	170	26	260	40	400	19	190	36	360	26	260
11:30 AM	42	420	19	190	31	310	47	470	22	220	46	460	31	310
12:00 PM	50	500	22	220	35	350	48	480	26	260	55	550	35	350
12:30 PM	41	410	24	240	39	390	52	520	30	300	39	390	20	200
1:00 PM	26	260	27	270	20	200	34	340	33	330	22	220	6	60
1:30 PM	15	150	33	330	6	60	15	150	36	360	6	60	0	0
2:00 PM	4	40	38	380	0	0	0	0	38	380	0	0	0	0
2:30 PM	8	80	44	440	6	60	6	60	42	420	8	80	8	80
3:00 PM	16	160	50	500	13	130	12	120	44	440	14	140	19	190
3:30 PM	24	240	57	570	21	210	18	180	47	470	24	240	26	260
4:00 PM	32	320	62	620	30	300	24	240	50	500	38	380	35	350
4:30 PM	37	370	67	670	32	320	30	300	53	530	40	400	42	420
5:00 PM	39	390	75	750	35	350	36	360	56	560	40	400	50	500
5:30 PM	41	410	81	810	41	410	43	430	59	590	44	440	58	580
6:00 PM	50	500	86	860	46	460	46	460	52	520	47	470	66	660
6:30 PM	36	360	73	730	32	320	40	400	38	380	59	590	50	500
7:00 PM	24	240	57	570	19	190	25	250	15	150	35	350	37	370
7:30 PM	10	100	38	380	5	50	14	140	0	0	20	200	25	250
8:00 PM	0	0	26	260	0	0	0	0	0	0	6	60	15	150
8:30 PM	0	0	5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	5	50	5	50	5	50	5	50	5	50	0	0	6	60
10:30 PM	12	120	11	110	10	100	10	100	10	100	5	50	12	120
11:00 PM	19	190	17	170	15	150	16	160	15	150	10	100	17	170
11:30 PM	26	260	23	230	20	200	21	210	20	200	15	150	22	220

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.11: Diagrama de masas tanque C.

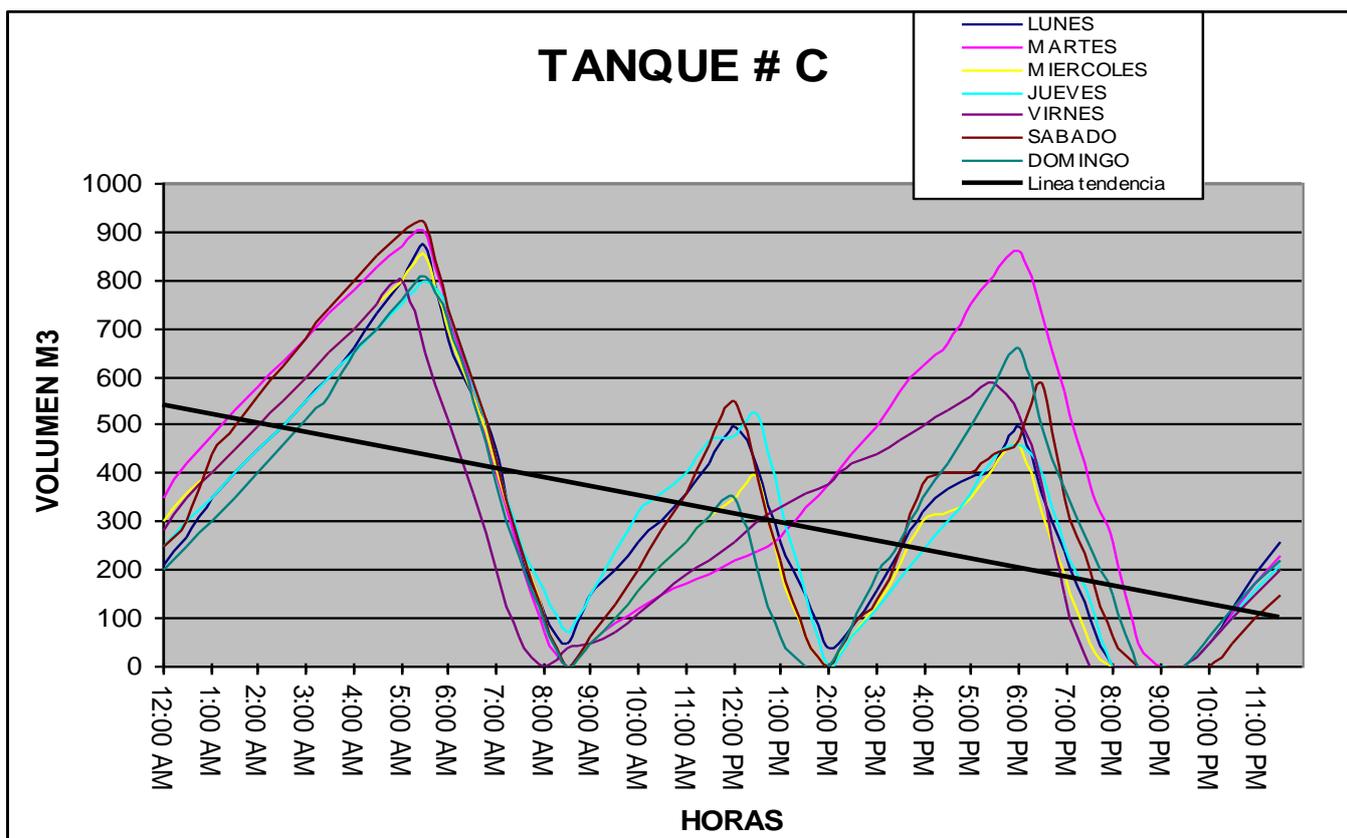


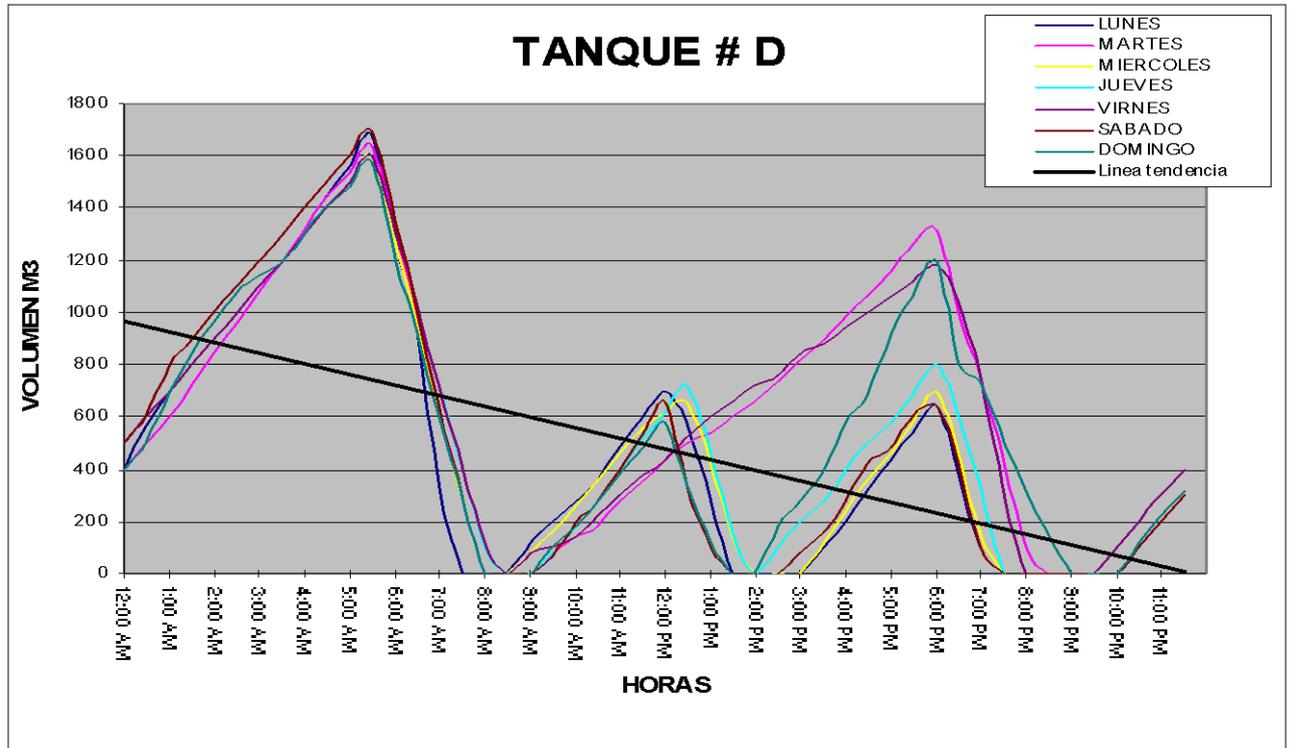
TABLA 2.26: Lectura de los niveles de agua en la reserva la Saboya (Tanque D).

TANQUE # D 2000 m3														
HORA	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	20	400	20	400	25	500	25	500	25	500	25	500	20	400
12:30 AM	28	560	25	500	30	600	30	600	30	600	30	600	25	500
1:00 AM	35	700	30	600	35	700	35	700	35	700	40	800	35	700
1:30 AM	40	800	36	720	40	800	40	800	40	800	45	900	42	840
2:00 AM	45	900	42	840	45	900	45	900	45	900	50	1000	48	960
2:30 AM	50	1000	48	960	50	1000	50	1000	50	1000	55	1100	54	1080
3:00 AM	55	1100	54	1080	55	1100	55	1100	55	1100	60	1200	57	1140
3:30 AM	60	1200	60	1200	60	1200	60	1200	60	1200	65	1300	60	1200
4:00 AM	66	1320	66	1320	65	1300	65	1300	65	1300	70	1400	65	1300
4:30 AM	72	1440	72	1440	70	1400	70	1400	70	1400	75	1500	70	1400
5:00 AM	78	1560	77	1540	75	1500	75	1500	75	1500	80	1600	74	1480
5:30 AM	84	1680	82	1640	80	1600	80	1600	80	1600	85	1700	79	1580
6:00 AM	64	1280	65	1300	63	1260	65	1300	65	1300	67	1340	60	1200
6:30 AM	46	920	49	980	47	940	51	1020	51	1020	50	1000	46	920
7:00 AM	17	340	32	640	30	600	36	720	36	720	32	640	30	600
7:30 AM	0	0	14	280	14	280	20	400	20	400	14	280	14	280
8:00 AM	0	0	0	0	0	0	5	100	6	120	0	0	0	0
8:30 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	6	120	0	0	4	80	0	0	4	80	0	0	0	0
9:30 AM	10	200	4	80	8	160	4	80	5	100	3	60	5	100
10:00 AM	14	280	7	140	13	260	9	180	7	140	10	200	9	180

10:30 AM	18	360	9	180	18	360	14	280	11	220	14	280	14	280
11:00 AM	24	480	14	280	23	460	20	400	15	300	20	400	19	380
11:30 AM	30	600	18	360	28	560	26	520	19	380	27	540	24	480
12:00 PM	35	700	22	440	31	620	31	620	22	440	33	660	29	580
12:30 PM	29	580	25	500	33	660	36	720	26	520	17	340	17	340
1:00 PM	14	280	27	540	21	420	23	460	30	600	5	100	6	120
1:30 PM	0	0	30	600	7	140	8	160	33	660	0	0	0	0
2:00 PM	0	0	33	660	0	0	0	0	36	720	0	0	0	0
2:30 PM	0	0	37	740	0	0	5	100	38	760	0	0	9	180
3:00 PM	0	0	41	820	0	0	10	200	42	840	4	80	14	280
3:30 PM	5	100	45	900	6	120	14	280	44	880	8	160	20	400
4:00 PM	10	200	49	980	12	240	20	400	47	940	14	280	29	580
4:30 PM	16	320	53	1060	18	360	25	500	50	1000	21	420	34	680
5:00 PM	22	440	58	1160	23	460	29	580	53	1060	24	480	46	920
5:30 PM	27	540	63	1260	29	580	34	680	56	1120	30	600	53	1060
6:00 PM	32	640	66	1320	35	700	40	800	59	1180	32	640	60	1200
6:30 PM	19	380	50	1000	23	460	30	600	52	1040	21	420	40	800
7:00 PM	5	100	38	760	8	160	17	340	38	760	5	100	37	740
7:30 PM	0	0	21	420	0	0	0	0	15	300	0	0	25	500
8:00 PM	0	0	5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	16	320
8:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	160
9:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	5	100	5	100	5	100	5	100	0	0	0	0
10:30 PM	5	100	10	200	10	200	10	200	10	200	5	100	6	120
11:00 PM	10	200	15	300	15	300	15	300	15	300	10	200	11	220
11:30 PM	15	300	20	400	20	400	20	400	20	400	15	300	16	320

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.12: Diagrama de masas tanque D.



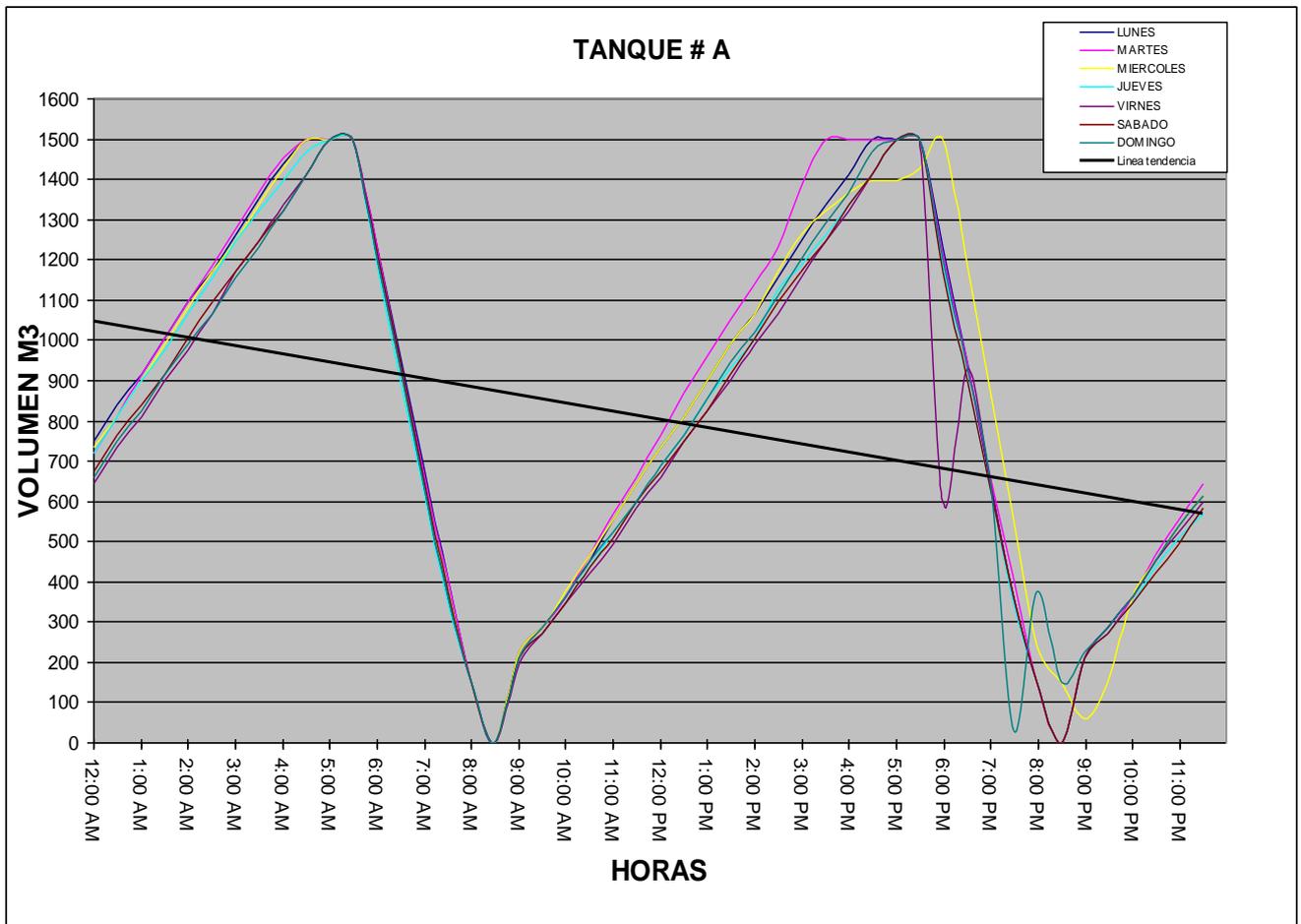
RESERVA EL CARMEN

TABLA 2.27: Lectura de los niveles de agua en la reserva el Carmen (Tanque A).

HORA	TANQUE # A1500 m3													
	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3	% NIVEL	VOL.m3
12:00 AM	50	750	48	720	49	735	48	720	43	645	45	675	44	660
12:30 AM	56	840	54	810	54	810	54	810	49	735	51	765	50	750
1:00 AM	61	915	61	915	60	900	60	900	54	810	56	840	55	825
1:30 AM	67	1005	67	1005	66	990	65	975	60	900	61	915	61	915
2:00 AM	73	1095	73	1095	72	1080	71	1065	65	975	67	1005	66	990
2:30 AM	78	1170	79	1185	78	1170	77	1155	71	1065	73	1095	71	1065
3:00 AM	84	1260	85	1275	83	1245	83	1245	78	1170	78	1170	77	1155
3:30 AM	90	1350	91	1365	89	1335	88	1320	83	1245	83	1245	82	1230
4:00 AM	96	1440	97	1455	95	1425	93	1395	89	1335	88	1320	88	1320
4:30 AM	100	1500	100	1500	100	1500	98	1470	94	1410	94	1410	94	1410
5:00 AM	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500
5:30 AM	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500
6:00 AM	82	1230	82	1230	80	1200	79	1185	80	1200	81	1215	80	1200
6:30 AM	64	960	63	945	62	930	60	900	62	930	63	945	62	930
7:00 AM	46	690	45	675	43	645	42	630	43	645	44	660	43	645
7:30 AM	27	405	27	405	25	375	23	345	24	360	25	375	24	360
8:00 AM	10	150	10	150	10	150	10	150	10	150	10	150	10	150
8:30 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	15	225	14	210	15	225	14	210	13	195	14	210	14	210
9:30 AM	19	285	19	285	19	285	18	270	18	270	18	270	19	285
10:00 AM	24	360	24	360	25	375	23	345	23	345	23	345	24	360
10:30 AM	30	450	31	465	31	465	29	435	28	420	29	435	30	450
11:00 AM	37	555	38	570	37	555	35	525	33	495	34	510	35	525
11:30 AM	43	645	44	660	43	645	40	600	39	585	40	600	40	600
12:00 PM	49	735	51	765	49	735	46	690	44	660	45	675	46	690
12:30 PM	54	810	58	870	54	810	51	765	50	750	50	750	51	765
1:00 PM	60	900	64	960	60	900	57	855	55	825	55	825	57	855
1:30 PM	66	990	70	1050	66	990	62	930	60	900	61	915	63	945
2:00 PM	71	1065	76	1140	71	1065	67	1005	66	990	67	1005	68	1020
2:30 PM	77	1155	82	1230	78	1170	75	1125	71	1065	73	1095	74	1110
3:00 PM	83	1245	92	1380	84	1260	79	1185	77	1155	78	1170	80	1200
3:30 PM	89	1335	100	1500	88	1320	84	1260	83	1245	83	1245	86	1290
4:00 PM	94	1410	100	1500	91	1365	89	1335	88	1320	89	1335	91	1365
4:30 PM	100	1500	100	1500	93	1395	94	1410	94	1410	94	1410	98	1470
5:00 PM	100	1500	100	1500	93	1395	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500
5:30 PM	100	1500	100	1500	95	1425	100	1500	100	1500	100	1500	100	1500
6:00 PM	82	1230	81	1215	100	1500	79	1185	40	600	78	1170	80	1200
6:30 PM	63	945	63	945	79	1185	60	900	62	930	60	900	62	930
7:00 PM	43	645	44	660	58	870	42	630	43	645	42	630	43	645
7:30 PM	24	360	27	405	37	555	23	345	24	360	24	360	2	30
8:00 PM	10	150	10	150	16	240	10	150	10	150	10	150	25	375
8:30 PM	0	0	0	0	10	150	0	0	0	0	0	0	10	150
9:00 PM	14	210	14	210	4	60	14	210	14	210	14	210	15	225
9:30 PM	19	285	18	270	10	150	18	270	19	285	18	270	19	285
10:00 PM	24	360	24	360	24	360	23	345	24	360	23	345	24	360
10:30 PM	30	450	31	465	30	450	29	435	30	450	28	420	30	450
11:00 PM	36	540	37	555	36	540	34	510	35	525	33	495	36	540
11:30 PM	41	615	43	645	41	615	38	570	40	600	39	585	41	615

FUENTE PROPIA

GRÁFICO 2.13: Diagrama de masas tanque A.



2.7.1 Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo al cuadro se puede concluir que en la reserva de Maldonado y Saboya, los tanques existentes son suficientes para el volumen de reserva requerido, por el contrario en El Carmen se evidencia la necesidad de construir otro tanque de igual volumen.

No existe una macro medición constante, sino puntual por lo que, los caudales de agua tratada carecen en cierta manera de confiabilidad y algunas veces de exactitud.

Se recomienda colocar válvulas de altitud o flotadoras a las entradas de los tanques para evitar desbordamientos en los tanques principalmente a las horas de la madrugada.

La EMAPAR para racionar los consumos dentro de la demanda existente deberá completar la instalación de micros medidores y adoptar una tarifa real que cubra futuros costos de inversión, operación, y mantenimiento.

Los tanques de reserva deberán contar con macro medidores con los cuales se pueda conocer con exactitud los volúmenes de agua en cada reserva.

La medición de caudal ayudaría a la sectorización hidráulica de las redes permitiendo una medición continua de los caudales de agua que se suministraría a las mismas y/o cada sector y de esta forma poder calcular índices de ANC que se ajusten a la realidad de las redes.

2.8 REDES DE DISTRIBUCION

2.8.1 INTRODUCCION

El IANC que se tiene a nivel de redes de distribución se lo realiza en base al volumen proporcionado por la EMAPAR en función a las redes catastradas mensualmente totales y de una ruta (030201) la cual tiene un seguimiento continuo por lo que es una de las rutas que posee agua prácticamente las 24 horas.

2.8.2 METODOLOGIA

Se empezó por estimar la cantidad de agua en base a la demanda, y posteriormente se comprobó con el catastro de usuarios correspondiente a la ruta (030201) que pertenece a la red 3, ya que ésta cuenta con la mayor cobertura de micromedidores instalados y, el

servicio es continuo; en base a los consumos registrados y usuarios se procedió a determinar, los porcentajes por categorías para luego determinar un consumo medio promedio.

2.8.3 REDES DE DISTRIBUCION

Existen 3 redes que son servidas por sus respectivos tanques de reserva, adicionalmente existe una red 4 (Yaruquies) que es muy independiente ya que cuenta con su propia captación, conducción y tanque de reserva, La tabla 2,28 y 2,29, se describen las características principales de cada una de las redes:

TABLA 2.28: Características principales de las redes

RED	TANQUE RESERVA	ALTURA	COTA MIN DE SERVICIO	AREA
RED 1	EL CARMEN	2816,60	2805,00	525 ha
RED 2	LA SABOYA	2817,83	2730,00	566 ha
RED 3	MALDONADO	2789,55	2728,00	466 ha
YARUQUIES	YARUQUIES	2798,60	2786,00	56 ha

FUENTE EMAPAR

La tabla 2.29 indica los distintos tipos de tubería en cada una de las redes:

TABLA 2.29: Resumen de Tipo y longitudes de Tuberías

	RED 1 (m)	RED 2 (m)	RED 3 (m)	Yaruquiez	TOTAL	%
A.C.	20.357	77.376	62.764	11.028	171.525	70.70%
H.F.	-	4.000	4.730	-	8.730	3.60%
PVC	28.368	11.204	22.735	-	62.307	25.70%
TOTAL	48.725	92.580	90.229	11.028	242.562	100.00%

A continuación se detalla cada una de las redes:

- **Red 1**, corresponde a la zona norte o alta se abastece desde el tanque de reserva El Carmen ubicado en la cota 2816.60 msnm y abastece hasta la cota 2805. msnm, cubre un área total de 525 hectáreas, está conformada por cinco distritos pitométricos (mallas principales). Esta red no presenta buenas condiciones de funcionamiento, y

comparativamente con las demás, es la que peor servicio ofrece a sus usuarios. por las siguientes razones:

Falta de capacidad en la reserva

La falta de planificación ha ocasionado que los usuarios realicen ampliaciones sin cumplir las normas mínimas de diseño, se dan casos que ciertas redes tienen presiones altas y bajas obligando a la manipulación de válvulas seccionadoras para poder cubrir especialmente los consumos y permitir que las zonas altas tengan servicio.

- **Red 2** corresponde a la zona centro o media, es la red más extensa, e incluye la zona central de la ciudad, con una extensión aproximada de 566 hectáreas. Se abastece desde la reserva de La Saboya ubicada en la cota 2817.83 msnm y abastece hasta la cota 2730 msnm. Esta subdividida en 11 distritos pitométricos. En general, el servicio es bueno en la actualidad, con la excepción de algunos barrios en los que se requiere realizar la reposición de tubería de asbesto cemento (A.C.)

- **Red 3** corresponde a la zona sur o baja, esta red se abastece desde la reserva Maldonado ubicado en la cota 2789.55 msnm y abastece hasta la cota 2728 msnm. Tiene un área de 466 hectáreas, cubierta por 6 distritos pitométricos. Debe notarse que, pese a que la extensión de esta red es menor a la red 1, el caudal que demanda es mucho mayor, debido a que en esta zona baja de la ciudad se encuentra localizado el Parque Industrial de Riobamba y su consumo representa aproximadamente el 6%. Esto justifica el mayor volumen de reserva que se tiene en este sector.

Adicionalmente se tiene la Red 4 conocida como zona Yaruquíes, esta red es la más pequeña de todas, es abastecida desde la reserva Yaruquíes y distribuye a la

parroquia urbana del mismo nombre, actualmente se abastece básicamente de la producción del pozo de Yaruquíes – Pedregal.

Como se puede deducir de la tabla mencionada, se tiene que en la ciudad de Riobamba la tubería de asbesto cemento (A.C.) es aun la más utilizada, ocupando un 70 % del total de tubería tendida a lo largo de las redes, pero hay que recalcar que la EMAPAR está haciendo obras para remplazar estas tuberías de A.C. por tubería de PVC

Adicionalmente las redes cuentan con hidrantes de 3 y 4 pulgadas, los cuales se detallan en la tabla 2.30:

TABLA 2.30: Resumen de Hidrantes

Red	Hidrantes			
	Buen estado	Mal estado	Total	Requeridos
1	55	7	62	10
2	44	15	59	8
3	90	26	116	5
4	1	2	3	2
Total	190	50	240	25

FUENTE EMAPAR

Para cumplir con la normativa de SAPYSB de ubicación de hidrantes, se requiere instalar 25 hidrantes nuevos, las fallas que se tienen en los hidrantes se debe principalmente al mal uso y manipuleo de los mismos.

Físicamente las redes presentan problemas en su operación normal debido a fugas que se dan especialmente en la tubería de AC y presiones altas ocasionadas por urbanizaciones que cuentan con presiones superiores a los 40 mca por lo que las fugas se presentan a nivel de conexiones domiciliarias.

Desde el punto de vista de calidad de las aguas, prácticamente no cumplen con lo referente a la concentración mínima de cloro libre residual conforme se muestra en la

tabla 2.31 la cual indica la presencia inclusive de coliformes lo que eventualmente pone en riesgo a la salud pública de la ciudad; haciéndose necesario que la EMAPAR implemente sistemas de desinfección a nivel de la planta y tanques de reserva.

TABLA 2.31: Resultados de análisis

Determinaciones	Unidades	Límites	Resultados
Cloro residual	mg/L	<1,0	0

Análisis Microbiológicos:

Determinaciones	Unidades	Límites	Resultados
Aerobios mesófilos	UFC/100mL	30	134
Coliformes totales	UFC/100mL	ausencia	7
Coliformes Fecales	UFC/100mL	ausencia	1

2.9 ANALISIS DE CONSUMO

Se ha utilizado datos de oferta y demanda correspondientes al año 2004 otorgados por la EMAPAR, en los cuales se muestran los consumos mensuales por categorías (Residencial, Comercial e Industrial) incluyéndose usuarios con y sin medidor.

La tabla 2.32 muestra los consumos por categorías durante un año y corresponde al 90% de la cobertura de agua potable:

TABLA 2.32: Consumos mensuales de agua potable por categorías año 2004

	RESIDENCIAL		COMERCIAL		INDUSTRIAL		TOTAL CONSUMO	
	CLTE	CSMO m3	CLTE	CSMO m3	CLTE	CSMO m3	CLTE	CSMO m3
ENERO	26085	672040	4012	178125	1012	40985	31109	891150
FEBRERO	26034	613568	4098	149873	1021	41542	31153	804983
MARZO	25940	614583	4255	148524	1058	44191	31253	807298
ABRIL	25929	642215	4289	154973	1069	47985	31287	845173
MAYO	25930	788829	4350	199655	1060	53197	31340	1041681
JUNIO	25889	858037	4395	224974	1085	59015	31369	1142026
JULIO	25878	815881	4426	212452	1106	61237	31410	1089570
AGOSTO	25865	777507	4459	193007	1149	45869	31473	1016383
SEPTIEMBRE	25862	877285	4465	209379	1158	68799	31485	1155463

OCTUBRE	25870	817896	4479	197747	1168	42836	31517	1058479
NOVIEMBRE	25890	860537	4497	228841	1198	64015	31585	1153393
DICIEMBRE	25881	795326	4505	189786	1205	89954	31591	1075066
TOTAL PROM	25921	761142	4353	190611	1107	54969	31381	1006722

FUENTE EMAPAR

Los gráficos 2.14 hasta 2.16 muestran la relación de clientes vs. consumo registrado el período analizado para cada una de las categorías

GRÁFICO 2.14: CLIENTES Y CONSUMOS RESIDENCIAL

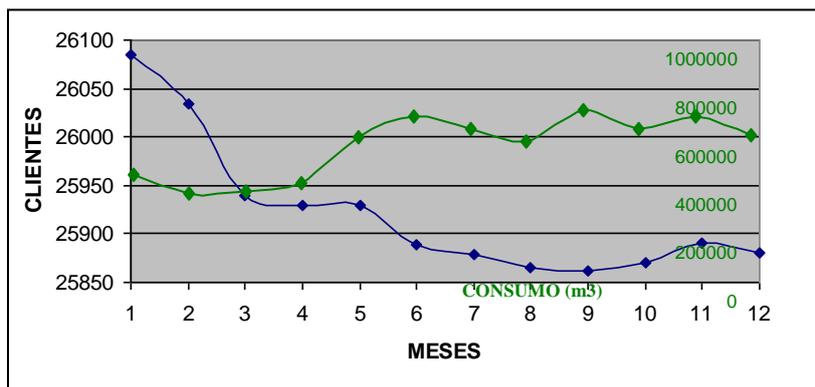


GRÁFICO 2.15: CLIENTES Y CONSUMOS COMERCIAL

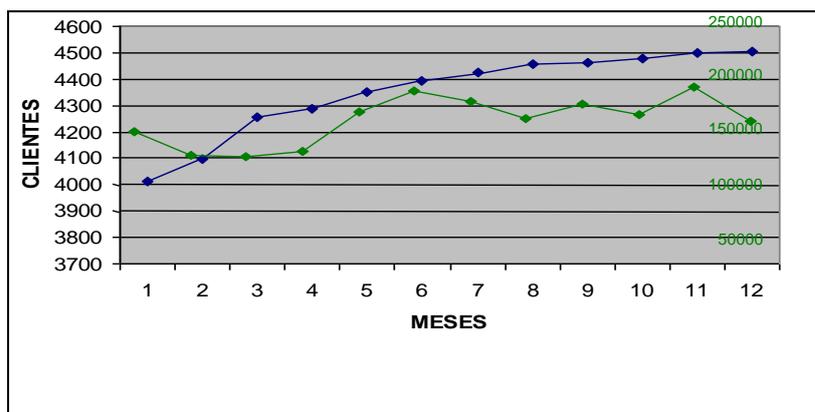
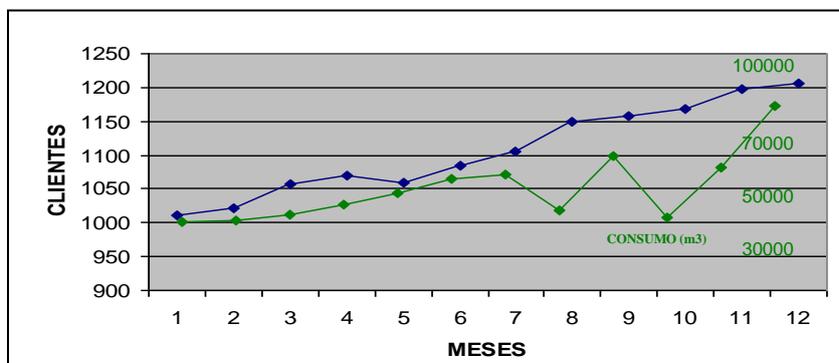


GRÁFICO 2.16: CLIENTES Y CONSUMOS INDUSTRIAL 2004





Del análisis de clientes se puede concluir que tomando en cuenta los consumos totales correspondientes a las categorías, la curva de consumo a partir del sexto mes, presenta una ocurrencia a estabilizar el consumo a pesar de que se tiene un incremento en las conexiones domiciliarias. Esta curva da entender que la ciudadanía con la colocación de micromedidores está haciendo un mejor uso del agua por lo que la tendencia de consumos medios diarios irán disminuyendo.

La categoría residencial muestra un descenso en sus usuarios debido a que la EMAPAR, ha categorizado como conexión comercial a la mayoría de las conexiones de la red 2 correspondiente al centro histórico razón por la cual una casa de vivienda que tiene su pequeño comercio ha pasado a la categoría de comercial y que conforme al gráfico 3.3 el incremento de estas es de 7% durante todo el año.

Las dotaciones y porcentajes de servicio por categorías se indican en la tabla 2.33 y grafico 2.17.

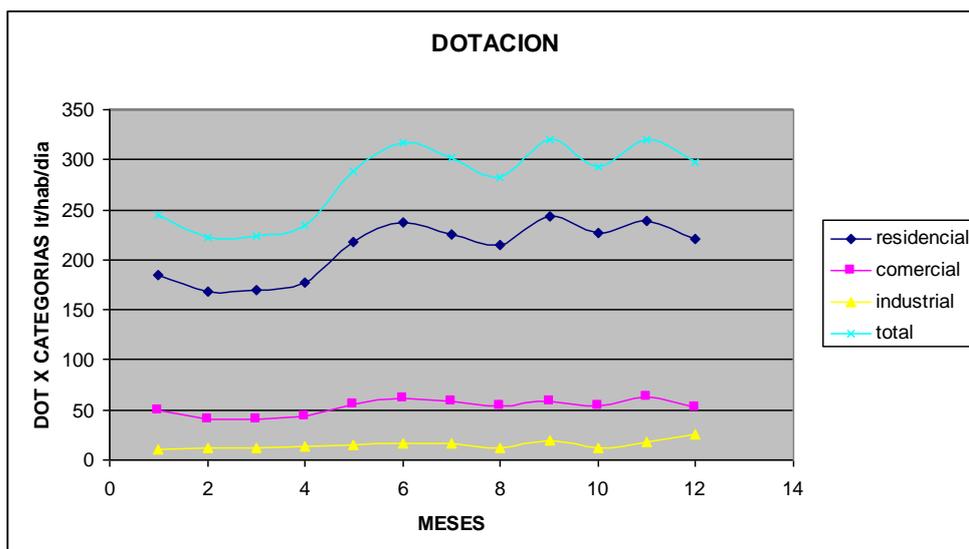
TABLA 2.33: Dotación durante el año 2004

	RESIDENCIAL		COMERCIAL		INDUSTRIAL		TOTAL	
	%	Dotación Lt /hab/día	%	Dotación Lt /hab/día	%	Dotación Lt /hab/día	%	Dotación Lt /hab/día
ENERO	75.41	185	19.99	49	4.60	11	100.00	245

FEBRERO	76.22	169	18.62	41	5.16	11	100.00	222
MARZO	76.13	170	18.40	41	5.47	12	100.00	223
ABRIL	75.99	178	18.34	43	5.68	13	100.00	234
MAYO	75.73	218	19.17	55	5.11	15	100.00	288
JUNIO	75.13	238	19.70	62	5.17	16	100.00	316
JULIO	74.88	226	19.50	59	5.62	17	100.00	302
AGOSTO	76.50	215	18.99	53	4.51	13	100.00	282
SEPTIEMBRE	75.92	243	18.12	58	5.95	19	100.00	320
OCTUBRE	77.27	227	18.68	55	4.05	12	100.00	293
NOVIEMBRE	74.61	238	19.84	63	5.55	18	100.00	319
DICIEMBRE	73.98	220	17.65	53	8.37	25	100.00	298
TOTAL PROM	75.61	210	18.93	53	5.46	15	100.00	278

FUENTE Propia

GRAFICO 2.17: Dotación durante el año 2004



De la tabla se desprende que los consumos comerciales e industriales presentan una incidencia alta si se las compara con ciudades intermedias, lo cual puede generar una distorsión en la dotación ponderada la que se vería incrementada por la falta de medidas de caudales tomados a la salida de los tanques de reserva y en las conexiones domiciliarias, debido a que no existe macro medidores a la salida de los tanques y debido a que la EMAPAR no tiene personal especializado para la lectura de los medidores y muchas de ellas son estimadas.

La dotación promedio que se obtiene para la ciudad de Riobamba, es calculada con la información de la Categoría Residencial, que además de representar casi el 83% del número total de conexiones, es el perfil que más se relaciona con el consumidor típico, considerando que se debe incrementar un porcentaje debido a que existen otras categorías como comercial e industrial, que no poseen muchas conexiones pero sin embargo tienen un consumo de agua considerable.

La tabla 2.34 nos detalla en forma clara la dotación tomando en cuenta primero solo las residenciales, luego las residenciales mas las comerciales y finalmente, la residencial mas la comercial y mas la industrial, para de esta manera sacar una dotación real promedio para la ciudad de Riobamba.

TABLA 2.34: Dotación promedio por categorías

	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
Conexiones	25921	4352	1107	31380
Consumo (m3)	761142	190611	54968	1006721
%	75.61	18.93	5.46	100.00
Dotación lt/hab/día	210	53	15	278

FUENTE PROPIA

Así tenemos que la dotación promedio para Riobamba es de 278 lt / hab / día de la cual, el 75.61% corresponde a la categoría residencial con un consumo medio de 210 l/hab*d; la comercial cubre el 18.93 % de los consumos y un per cápita de 53 lt / hab / día; la industrial representa el 5.46 % e incrementa al consumo medio diario en 15 lt / hab / día.

La dotación obtenida si se la compara con la adoptada por las normas de la SAPYSB es superior en alrededor un 21%.

Estas dotaciones se deben a:

- Deficiencias que presenta el sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, son los consumos producidos especialmente por conexiones clandestinas, conexiones directas a las redes, cuentas dobles, etc.
- Errores de medición
- Tarifas sumamente bajas

Los datos se recopilaron de la ruta 030201 (red 3 distrito 02 y ruta 1) de la ciudad de Riobamba, la cual comprende las calles indicadas en la tabla 2.35 y grafico 2.18, (información catastral y de consumos medidos).

TABLA 2.35: RUTA 030201

CALLES PRINCIPALES	CALLES SECUNDARIAS
JUNIN	EUGENIO ESPEJO
ARGENTINOS	5 DE JUNIO
JOSE DE OROZCO	TARQUI
JOSE VELOZ	JUAN DE VELASCO
	MARIANA DE JESUS

FUENTE PROPIA

GRAFICO 2.18: Ruta 030201.



FUENTE EMAPAR

Los datos de esta ruta corresponden a los meses Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

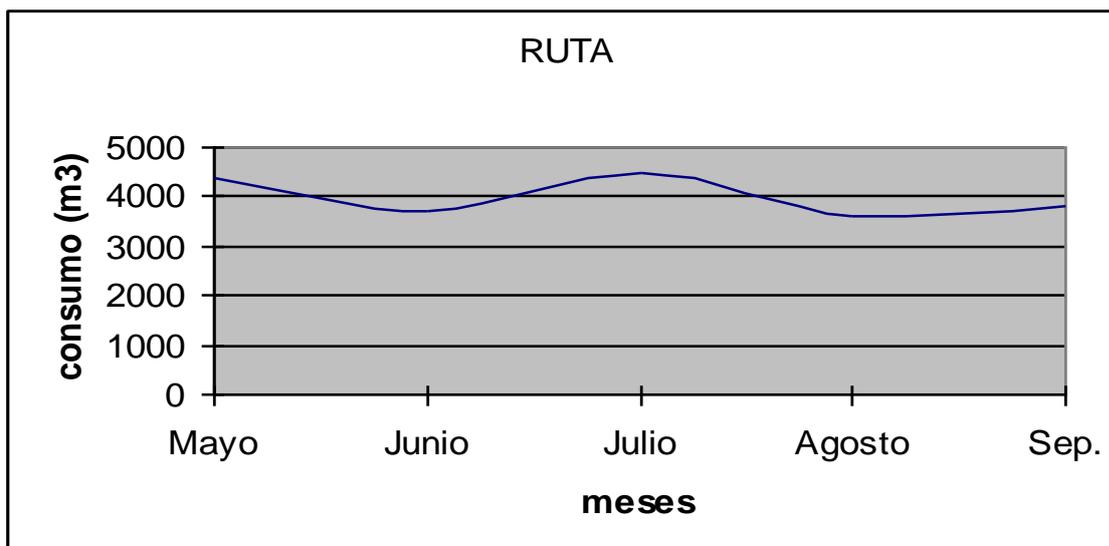
La tabla 2.36 y grafico 2.19 muestra los consumos tanto de la categoría residencial y, comercial de la ruta (030201), que se toman en cuenta para el cálculo de la dotación.

TABLA 2.36: Consumos Ruta 030201

CONSUMO (m3) consumos residenciales								
RUTA	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	TOTAL	PROM.(m3)	
Residencial	3811	3189	3859	3174	3417	17450	3490	
Comercial	574	524	627	456	419	2600	520	

FUENTE EMAPAR

GRÁFICO 2.19: Ruta 030201.



Con la finalidad de saber cuántas personas habitan por casa se realizó un levantamiento catastral de toda la ruta para obtener el número de usuarios por conexión habiéndose llegado a estimar 4.5 hab/conexión; el formato utilizado fue proporcionado por la EMAPAR como resultado se obtuvo los datos mostrados en el anexo.

El promedio de consumo de los meses presentados en la tabla es de 4010m³ con una tendencia decreciente, según el catastro realizado en la ruta 030201 existen alrededor de 102 conexiones con lo cual podremos sacar un consumo real en lt / hab / día:

La tabla 2.37 permite determinar la dotación en esta ruta la cual es de 319 lt/hab/día

TABLA 2.37: Consumos Ruta 030201

	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
Conexiones	90	12	0	102
Consumo (m³)	3490	520	0	4010
%	87.03	12.97	0.00	100.00
Dotación lt/hab/día	278	41	0	319

FUENTE PROPIA

Comparando con las dotaciones obtenidas para todo el sistema de agua potable, se puede decir que esta última es mayor y esto se debe fundamentalmente a que en esta ruta se concentran varios sectores públicos y colegios, lo cual puede distorsionar la dotación neta de la ciudad.

Con los condicionamientos indicados el presente estudio considera para la ciudad de Riobamba una dotación de 275 lt/hab/día, haciendo hincapié que esta dotación asumida se encuentra por encima de la que la ciudad debe tener y que, conforme a los datos analizados se puede deducir que en los últimos seis meses la tendencia es a disminuir la dotación debido primordialmente a la colocación de micro medidores, una mejor calidad en las lecturas ya que se prevé una disminución en los consumos estimados.

2.10 LECTURAS DE MEDIDORES

El Centro de Cómputo de la EMAPAR cuenta con una matriz de procesos para la toma de lecturas que comprenden elaboración, toma de lecturas y tiempo de las mismas como se detalla en la tabla 2.38:

TABLA 2.38: Matriz procesos de lecturas.

Nº	TAREAS	T (min)	OBSERVACIONES
1	LECTURAS		De todos los usuarios
1.1	Generación de Hoja de Lecturas	720	
1.2	Entrega lecturas a Lectores	15	
1.3	Traslado al lugar donde debe ejecutar las lecturas	15	
1.4	Toma de la lectura	14400	
1.5	Entrega de Lecturas tomadas al Centro de computo	10	
TOTALES		15160	

FUENTE EMAPAR

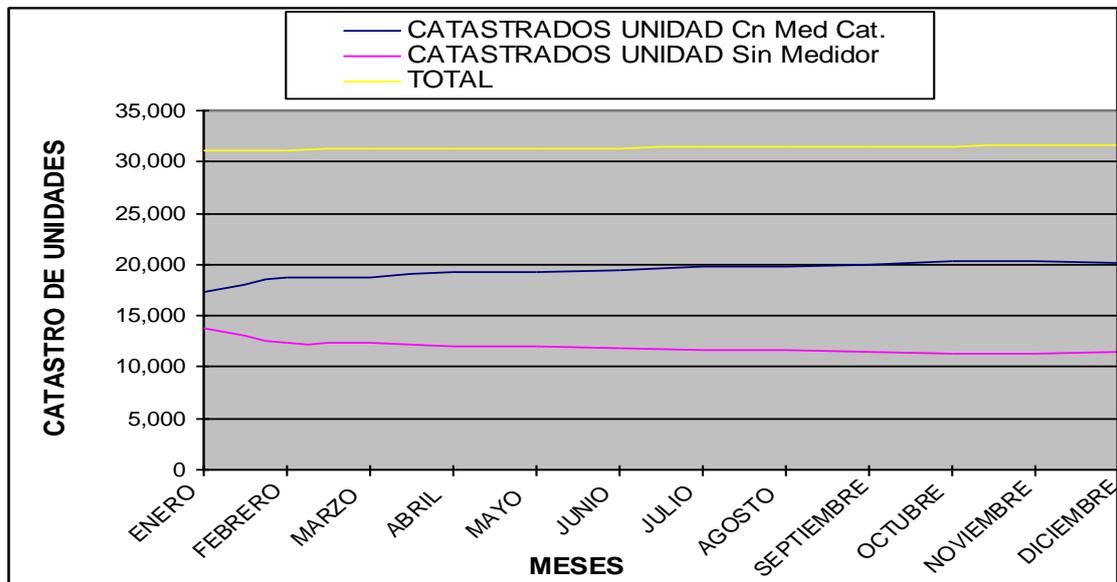
Existen cinco redes de lectura cuyo detalle de casas con medidores y sin medidores a lo largo de un año se las demuestran en la tabla 2.39y gráficos 2.20:

TABLA 2.39: lecturas año 2004

	CATASTRADOS UNIDADES			
	Cn Med Cat.	%	Sin Medidor	%
ENERO	17,407	55,95	13,702	44,05
FEBRERO	18,749	60,18	12,404	39,82
MARZO	18,806	60,17	12,447	39,83
ABRIL	19,315	61,73	11,972	38,27
MAYO	19,311	61,62	12,029	38,38
JUNIO	19,494	62,14	11,875	37,86
JULIO	19,784	62,99	11,626	37,01
AGOSTO	19,773	62,83	11,700	37,17
SEPTIEMBRE	19,909	63,23	11,576	36,77
OCTUBRE	20,283	64,36	11,234	35,64
NOVIEMBRE	20,347	64,42	11,238	35,58
DICIEMBRE	20,186	63,90	11,405	36,10
TOTAL PROMEDIO	19447	61,97	11934	38,03

FUENTE EMAPAR

GRÁFICO 2.20: Unidades Catastradas



Debido a la campaña que lleva la EMAPAR se puede determinar que el número de usuarios que no tienen medidor está disminuyendo cada vez mas, esto se debe a que

actualmente el objetivo de la empresa es de que cada conexión cuente con su micro medidor y, adicionalmente dentro del modelo de gestión de la empresa, esta cuenta con un departamento de comercialización la cual ha tomado a cargo la lectura de los mismos.

La lectura de los micros medidores se la ejecuta en función de las rutas que al momento se encuentran complementándose.

Los datos presentan cierto grado de incertidumbre ya que no existe una macromedición y en la lectura de los micromedidores se están realizando lecturas estimadas alrededor de **61.97 %** lo cual es alto. Se debe establecer que la EMAPAR recién desde el año 2003 se encuentra en el proceso de instalar micro medidores y de mejorar su sistema comercial especialmente en lo que se refiere a la adopción de una tarifa que cubra los costos de operación, mantenimiento, reposición y futuras nuevas inversiones.

2.11 ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA

IANC: Índice de Agua No Contabilizada

$$\text{IANC} = [\text{V.prod} - (\text{V.medido} + \text{V.estimado})] / \text{V.prod}$$

El índice de agua no contabilizada entonces, es la diferencia entre el volumen producido o distribuido con el volumen facturado.

Existen principalmente dos tipos de pérdidas:

Pérdidas físicas: Es la diferencia entre el caudal producido y el caudal entregado

Pérdidas comerciales: Es la diferencia entre el caudal entregado y el caudal facturado.

2.11.1 VOLUMEN PRODUCIDO:

Teniendo el promedio de caudales en la planta de tratamiento Aereadores, calculamos la cantidad de agua en m³ que produce en un mes, como los aforos se realizaron en el mes de marzo calcularemos el volumen para dicho mes:

Planta de tratamiento = 442.05 l/s

Marzo = 31 días.

Día = 24*60*60 =86400 s

M³=1000 l

$$V.\text{prod} = \frac{(442.05)l}{s} \times \frac{86400s}{1\text{día}} \times \frac{31\text{días}}{1\text{mes}} \times \frac{1m^3}{1000l} = 1183986,72m^3 / \text{mes}$$

$$V.\text{prod} = 1183986.72m^3/\text{mes}$$

2.11.2 VOLUMEN MEDIDO:

El volumen medido es el consumo durante un mes específico en m³ de toda la ciudad; se escogió el mes de marzo puesto que en ese mes se realizaron los aforos en los diferentes componentes del sistema de agua potable, como se detalla en la tabla 2.40:

Tabla 2.40: CONSUMO DEL MES DE MARZO

RESUMEN CONSUMO MARZO 2005			
Catastrados			31 658

LECTURAS			
Correctas			20 020
Incorrectas			703
POR RUTAS			
	Clientes	Consumos m3	M3 / cliente
Red 01	3 389	76 137	22.47
Red 02	9 876	374 901	37.96
Red 03	9 748	351 520	36.06
Red 04	554	17 045	30.77
Otros	8 091	345 725	
Total	31 658	1 165 328	

$$\mathbf{V.medido = Red 01 + Red 02 + Red 03 + Red 04}$$

$$\mathbf{V.medido = 819603 m3 / mes}$$

2.11.3 VOLUMEN ESTIMADO:

La EMAPAR ha impuesto un consumo estimado por acometida de 42 m³ /mes, que corresponden a una familia promedio de 5 habitantes, este valor solo se aplica a clientes que tienen conexiones directas es decir personas que no tienen medidor.

La dotación que se estima como base para el cálculo de 42m³ es de 280 l/h/d, así como se demuestra en el cálculo siguiente:

$$\text{Dotación} = 280 \text{ l/h/d}$$

$$\text{Mes} = 30 \text{ días promedio}$$

$$\# \text{ de h x acometida} = 5 \text{ h}$$

$$\text{Clientes con cuentas directas} = 8091$$

$$V.\text{estimado} = \frac{280l}{hxdía} \times \frac{30días}{1mes} \times \frac{1m^3}{1000l} \times 5h = 42m^3 / mes$$

$$V.\text{estimado} = 42 m^3 /mes \times 8091 = 339822m^3/mes$$

$$V.\text{estimado} = 339822 m^3/mes$$

Una vez obtenidas todas las incógnitas de la ecuación procedemos a calcular el IANC:

$$IANC = [V.\text{prod} - (V.\text{medido} + V.\text{estimado})] / V.\text{prod}$$

$$IANC = \frac{[1183986.72 - (819603 + 339822)]}{1183986.72}$$

$$IANC = 0.020$$

$$IANC = 2.07\%$$

2.11.4 Perdidas Físicas

Volumen entregado = 819603 m³/mes

Volumen producido = 1183986.72 m³/mes

%Perdidas físicas es = (Vol. Producido - Vol. Entregado) / Vol. Producido

$$\%Perdidas = (1183986.72 - 819603) / 1183986.72$$

$$\%Perdidas = (364383.72 / 1183986.72) * 100 = 31 \%$$

En la tabla 2.41 se detalla una desagregación de los principales componentes del ANC, siendo la principal causa las pérdidas físicas causadas por las fugas no visibles en la red,

es decir son fugas que se encuentran en el interior de los domicilios, a causa del mal uso del líquido.

Otro de los componentes son los errores ocasionados por la falta de precisión en la lectura de los medidores, por lo que se recomienda tener un buen plan de capacitación de personal que se encarga de realizar las lecturas en los medidores.

Como se mencionó en el capítulo anterior en lo referente a tanques de reserva es necesario automatizar los mismos para evitar desbordes en las reservas.

Tabla 2.41: DESAGREGACION COMPONENTES DE ANC

Promedio de Desagregación de Componentes de ANC			
Perdidas Físicas	%	Perdidas Comerciales	%
Fugas visibles en la red	6	Subfacturación micromedidores	0
Fugas no visibles en la red	15.5	Conexiones clandestinas	0.8
Desbordes en tanques	2.5	Derivaciones clandestinas	2.7
Consumos operacionales	0.5	Usos clandestinos en la red	2
Errores de precisión	6.5	Errores de precisión micromedidores	10
Total	31.00		15.50

De la tabla 2.41 se puede deducir que existen más pérdidas físicas que comerciales, la principal causa son las fugas no visibles, esto es las fugas que se producen principalmente dentro de los hogares, otra causa son los desbordes en los tanques de reserva razón por la cual en el capítulo anterior se recomendó la automatización de los mismos ya que por el momento es un operador el que está encargado de manejar manualmente las válvulas, eso causa que en horas de la madrugada especialmente existan desbordes en los tanques de reserva.

La desagregación por componentes de ANC se la realizó en conjunto con los técnicos de la EMAPAR para lo cual se recopiló información como:

- Tiempos estimados de reparación en tuberías principales y secundarias.
- Observaciones al estado de conexiones domiciliarias.
- Deficiencias en el sistema de lecturas (corrección de las mismas, entre otras).

2.11.5 DIAGNOSTICO FINANCIERO

En la tabla 3.15 que sigue, se presenta un resumen de la composición financiera y algunos datos importantes de los servicios de agua potable y alcantarillado del Ilustre Municipal de Riobamba, tomados de las liquidaciones presupuestarias de los años completos 2000, 2001, 2002 y 2003, en los cuales el servicios de agua potable y alcantarillado se encontraban integrados en el mismo programa presupuestario, y sobre los cuales se realizaron las respectivas proyecciones financieras para la formulación de alternativas de creación de la empresa de agua potable y alcantarillado (EMAPAR) ya que, anteriormente funcionaba como una dirección del Municipio (DAPAM).

TABLA 2.42: Estado de Ingresos y Egresos de Agua Potable y Alcantarillado³**(En dólares corrientes)**

INGRESOS	2000	2001	2002	2003
Tasas por servicio de agua	44.509,00	121.618,00	321.318,76	801.816.64
Conexión y reconexión	19.352,00	33.494,00	32.820,72	45.908.96
Venta de materiales y accesorios	30.292,00	9.080,00	6.546,20	8.800
Suministros	132.667,00	284.808,00	281.951,84	376.112.99
Planilla telefónica 10% Agua	158.009,00	250.343,00	410.523,10	489.271,09
TOTAL AGUA POTABLE	384.829,00	699.343,00	1'053.160,62	1'721.909.6
Tasa por servicio de alcantarillado	62.998,00	171.710,00	170.900,67	526.160
Conexión y reconexión	1.425,00	3.186,00	11.228,31	15.769.35
TOTAL ALCANTARILLADO	64.423,00	174.896,00	182.128,98	541.929.35
TOTAL AGUA Y ALCANTARILLADO	449.252,00	874.239,00	1.235.289,60	2'263.838.9
EGRESOS				
Gastos personal	136.141,26	207.236,23	284.684,00	390.089.60
Servicios	42.744,62	103.041,06	152.504,86	194.885.92
Suministros y materiales	871,97	1.257,30	6.076,58	7.441,02
Bienes muebles	2926,2	1203,56	76.471,49	68.884.25
Operación del sistema de agua	27.670,31	48.690,11	106.471,49	88.728.60
Inversión	357.763,70	841.825,59	273.317,46	356.427.25
Servicio de la deuda	146.805.03	197.652.59	511.990.06	607.178.65
TOTAL EGRESOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	714.923.09	1.400.906.3	1'411.515.9	1'620.495.62
Déficit o superávit de agua potable	- 265.671.09	- 701.563	-176.263	643.343.71
% del déficit o superávit	-37%	-50%	-12.48%	40%

Fuente: Liquidaciones presupuestarias 2000, 2001, 2002, 2003.

Como se puede observar la DAPAM presentaba un déficit financiero entre el 12.48% y el 50%, es decir que las tasas que se cobraba por los servicios no alcanzaban a cubrir los costos de administración, operación y mantenimiento, debido a que prácticamente no se cobraba el servicio. En el año 2003, recién se adoptó una tarifa básica nominal a USD 0.03 por m³

³ Cabe indicar que existe diferencia entre la información que consta en la cédula presupuestaria del 2003 y la información proporcionada por concepto de recaudación mes a mes en la DAPAM. Para efectos del análisis se utilizó la información de las liquidaciones presupuestarias.

Evidentemente este superávit financiero implicaba que el servicio funcionaba en forma irregular, situación que se agravaba debido a que, no existía una autonomía financiera que tienda a satisfacer necesidades de inversión, de operación y mantenimiento razón por la cual, se hizo necesario constituir la EMAPAR la cual tiene cierta independencia en el manejo de recursos los cuales se generan a través de un pliego tarifario.

El costo promedio por metro cúbico que actualmente la EMAPAR está facturando toma en cuenta la depreciación de los últimos años y, asciende a USD 0,10.

Las tarifas de alcantarillado están destinadas a la recuperación de los costos por acometidas y mantenimiento, aunque no existe un estudio formal que sustente el porcentaje que se está cobrando.

2.11.6 ORGANIZACIÓN INTERNA Y FUNCIONAMIENTO DE EMAPAR

El departamento financiero está conformado de las siguientes secciones:

- ◆ Contabilidad.- El sistema de contabilidad se encuentra centralizado en la unidad de contabilidad, que depende de la Dirección Financiera del Municipio. Internamente la DAPAM cuenta con un empleado responsable de contabilidad y otro dedicado a elaborar el presupuesto; llevan el registro de ingresos y gastos. Se mantienen dos programas presupuestarios específicos para el registro del movimiento financiero de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- ◆ Tesorería.- Tanto los Ingresos como los pagos que se refieren a los servicios de agua potable y alcantarillado se los realiza en el área de recaudación de la dirección de agua potable, que son parte de la tesorería del Municipio.
- ◆ Facturación.- El proceso de facturación se inicia con la impresión mensual de los títulos de crédito en la Dirección de los sistemas de Agua y alcantarillado, los

mismos que son revisados y registrados en la Sección de Rentas y enviados a la sección de tesorería para su recaudación.

- ◆ **Recaudación.-** Existen 4 ventanillas destinadas al cobro del servicio de agua potable y alcantarillado, las 3 de las cuales se encuentran ubicadas en las oficinas de la dirección de agua potable y la otra está ubicada en el Terminal Terrestre con el objeto de dar facilidades de pago a los usuarios que viven al norte – centro de la ciudad.

El proceso de facturación se hace de acuerdo al número de catastros hechos por cada mes, en este cierre se incluyen los usuarios que tienen y no tienen medidor, la tabla 2.43 y los gráficos 2.21 al 2.23, indica las lecturas tomadas en el año 2004, donde se indican el número de clientes catastrados y facturados por cada mes del año.

Tabla 2.43: LECTURAS AÑO 2004

FACTURACIÓN

CLIENTES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Catastrados	31109	31153	31253	31287	31340	31369	31410	31473	31485	31517	31585	31591
Facturados	31095	31139	31238	31273	30930	30959	30998	31061	31089	31123	31200	31207
Suspendidos	14	14	15	14	410	410	412	412	396	394	385	384
VALORES												
Planillas	163594.2	153061.2	151991.8	156273.3	144848.4	156208.3	149435.5	142460.5	157837	147150.9	159306.3	150471.4
Solicitudes	9910.34	10914.78	17999.67	10262.69	9263.58	13235.87	16786.07	9866.94	9160.22	14101.92	9977.32	12684.29
Total	173505	163976	169991	166536	154112	169444	166222	152327	166997	161253	169284	163156

RECAUDACIÓN

Planillas	134738.3	109672.7	177869	122848.1	137548.6	137543.8	145191.1	152861.1	133924.9	143841.1	128438.8	139762.8
Solicitudes	9910.34	10914.78	17999.67	10262.69	9263.58	13235.87	16786.07	9866.94	9160.22	14101.92	9977.32	12684.29
Total	144649	120587	195869	133111	146812	150780	161977	162728	143085	157943	138416	152447

CARTERA VENCIDA

Planillas	603449.6	659056.3	637613.1	667392.9	656197.5	666615.9	680102.1	680817.8	690608.2	707326.4	729123	749674.3
Solicitudes	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11	251.11
Total	603701	659307	637864	667644	656449	666867	680353	681069	690859	707577	729374	749925

GRÁFICO 2.21: medidores catastrados año 2004

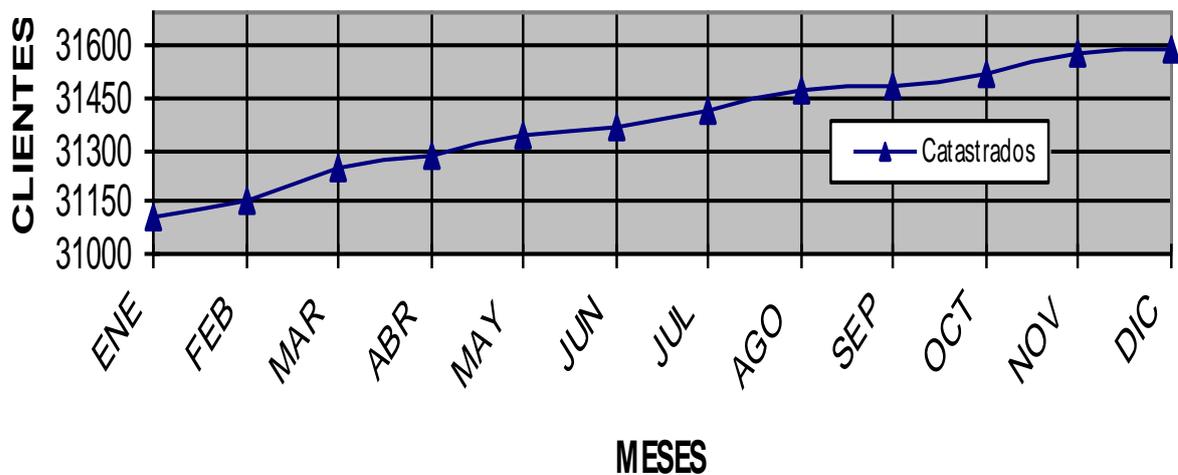


GRÁFICO 2.22: medidores suspendidos año 2004

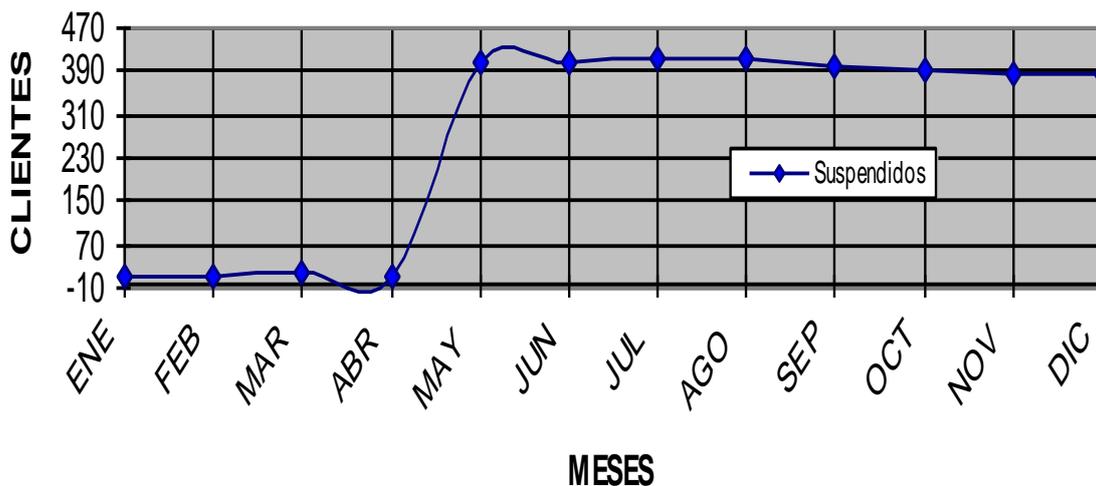
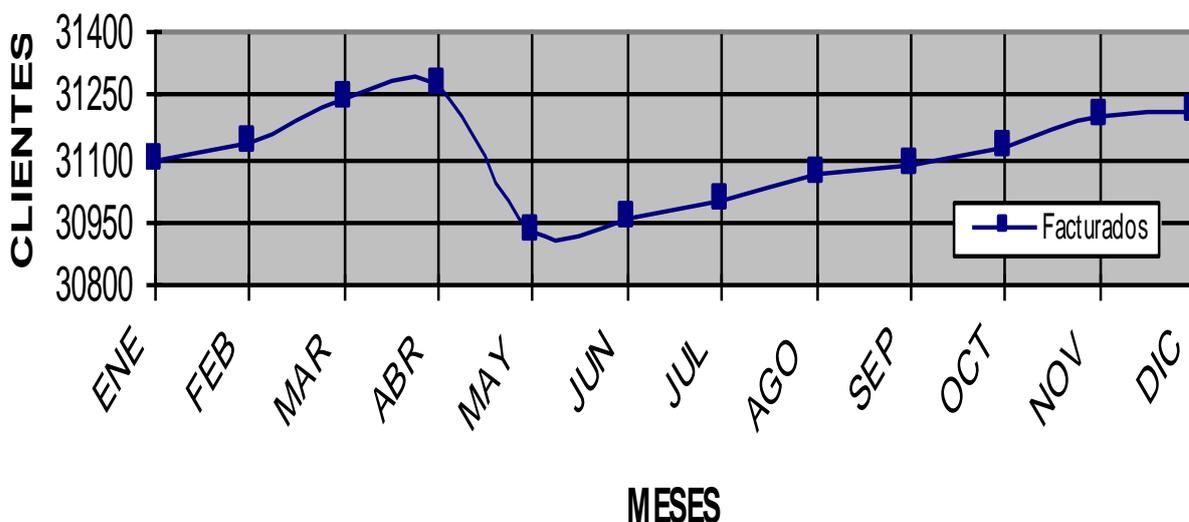


GRÁFICO 2.23: medidores facturados año 2004



2.12 ANALISIS TARIFARIO – FINANCIERO

El sistema de comercialización del agua potable de la ciudad de Riobamba, está regido por un pliego tarifario en el que los usuarios se encuentran diferenciados por categoría de uso; cada categoría tiene un costo propio si está dentro del rango básico de consumo que son hasta 20 m³, de allí en adelante se va aumentando progresivamente dependiendo del volumen consumido por cada usuario.

Hay cuatro categorías de usuarios: Residencial R1 (3ra edad), Residencial R2, Comercial e Industrial. La carta de pago del agua potable incluye otros rubros, que están obligados a pagar los usuarios, éstos son: costo del agua potable propiamente dicha, mantenimiento de la captación de Llío, alcantarillado, costos de emisión, mantenimiento en catastro y un valor por el servicio de recolección de basura; valor éste que únicamente se cobra a los usuarios del servicio Residencial R2 y R1, como se indica en el gráfico siguiente:

Foto 2.5: Foto de una Factura

CEDULA		CLAVE CATASTRAL		RUC#	
05005/6340		04125500500			
RUTA	SECUENCIA	MEDIDOR	TARIFA		
1-3-7	13500	DIRECTO	DR		
NOMBRE			T. ABONADO		
CHAVEZ COLCHA MARIA ANTONIA			3		
CUENTA		DIRECCION		F. PAGO	
SINZO EL RETAMAL		ATAHUALPA		12/07/2003	
LECT. ANTERIOR	LECT. ACTUAL	CONSUMO		FECHA EMISION	
130		0		AUG-2003	
CONCEPTO				VALOR	
CONSUMOS AGUA POTABLE				1.62	
ALCANTARILLADO				1.17	
MANTENIMIENTO LLIO				0.84	
COSTO EMISION				0.20	
RECOLECCION DE BASURA /94				0.50	
MANTENIMIENTO EN CATASTRO				0.20	
RECAUDADOR JORGE B					
VALIDO PARA SU EMISION HASTA 24/02 DEL 2004				Total Gravado IVA Tarifa 0%	
- ADQUIRIENTE -				Total Gravado IVA Tarifa %	
				Importe del Iva	
				TOTAL FACTURA	
				4.58	
				4.58	

La Tabla 2.44 muestra un resumen del pliego tarifario vigente, se han tomado únicamente los valores correspondientes a la tarifa básica, el resto de valores para usuarios sobre los 20 m³, no han sido incluidos en la mencionada tabla.

TABLA 2.44 PLIEGO TARIFARIO VIGENTE

Categoría de usuario	Rangos de consumo (básico) 20 m ³	Costo (\$)						
		Agua potable	Manten. Llio	Alcant	Costo de emisión	Recol. Basura	Mant. Catastro	Total
Residencial R1	0 – 20	0.38	0.19	0.27	0.20	0.53	0.20	1.77
Residencial R2	0 – 20	0.75	0.38	0.53	0.20	0.53	0.20	2.59
Comercial	0 - 20	0.90	0.45	0.63	0.20	0.00	0.20	2.38
Industrial	0 – 20	1.05	0.53	0.74	0.20	0.00	0.20	2.72

La factura que recibe el cliente incluye, además del consumo de agua potable los siguientes rubros:

Alcantarillado: que corresponde a 70% del consumo de agua potable para todas las categorías.

Mantenimiento Llíó: que corresponde a 50% del consumo de agua potable para todas las categorías y sirve principalmente para pagar el consumo de energía eléctrica de los pozos de Llíó.

Costo Emisión: que corresponde a un valor de USD 0.20 y sirve para cubrir los costos administrativos de la emisión de la factura.

Recolección de Basura: que corresponde a un valor de USD 0.53, que se cobra solamente a la categoría residencial 2 y residencial 1 (Tercera edad). Estos ingresos pertenecen al municipio y sólo se actúa como recaudador de dicho rubro. Este valor se incrementó en enero de 2004 por una nueva Resolución Administrativa de USD 0.50 a USD 0.53.

Mantenimiento en catastro: que corresponde a un valor de USD 0.20 para todas las categorías.

El cobro mínimo para todas las categorías es el equivalente a un consumo de 20 m³, y las tarifas se van incrementando un 10% cada 20 m³ sin que exista un tope. Este nuevo valor afecta solamente al volumen que está en ese rango. Se presenta a continuación la tabla 2.45 las tarifas que considera estos rangos de consumo.

TABLA 2.45: TARIFAS POR RANGOS DE CONSUMO

COSTO (\$)				
CONSUMO m3	RESIDENCIAL R1	RESIDENCIAL R2	COMERCIAL	INDUSTRIAL
21-40	3.60	4.41	4.57	5.27
42	3.79	4.61	4.80	5.55
41-60	5.58	6.39	6.94	8.04
61-80	7.71	8.54	9.51	11.05
81-100	10.02	10.86	12.28	14.29
101-120	12.50	13.32	15.26	17.74
121-140	15.14	15.96	18.43	21.44
141-160	17.95	18.78	21.79	25.38
161-180	20.91	21.74	25.35	29.53
181-200	24.06	24.87	29.12	33.92
201-250	32.73	33.54	39.52	46.06
251-300	42.23	43.04	50.90	59.34
301-350	52.54	53.36	63.28	73.78
351-400	63.68	64.50	76.64	89.37
401-450	75.64	76.47	91	106.13
451-500	88.44	89.27	106.34	124.04
501-1000	257.62	258.45	309.28	360.88
1001-2000	595.98	596.81	715.18	834.54
2001-3000	934.34	935.17	1121.08	1308.20

La tabla 2.46 indica el costo de planilla por consumo y costo promedio por m3 consumido, donde se incluyen todos los valores relacionados al servicio de agua potable y alcantarillado, excluyendo el valor de recolección de basura.

TABLA 2.46: COSTO POR PLANILLAS Y PROMEDIOS POR M3 DE CONSUMO

m3	COSTO DE PLANILLA POR CONSUMO			COSTO PROMEDIO POR M3 CONSUMIDO		
	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL
1	2.050	2.380	2.710	2.050	2.380	2.710
5	2.050	2.380	2.710	0.410	0.476	0.542
10	2.050	2.380	2.710	0.205	0.238	0.271
15	2.050	2.380	2.710	0.137	0.159	0.181
20	2.050	2.380	2.710	0.103	0.119	0.136
30	2.958	3.469	3.981	0.099	0.116	0.133
40	3.865	4.558	5.251	0.097	0.114	0.131
50	4.855	5.746	6.637	0.097	0.115	0.133
60	5.845	6.934	8.023	0.097	0.116	0.134
70	6.918	8.221	9.525	0.099	0.117	0.136
80	7.990	9.508	11.026	0.100	0.119	0.138
90	9.145	10.894	12.643	0.102	0.121	0.140
100	10.300	12.280	14.260	0.103	0.123	0.143

Si bien se podría considerar que se trata de una tarifa socialmente injusta, pues aquellos que consumen menos de 20 m³ pagan un valor mayor por m³, debido a los costos fijos y principalmente a que se cobra un consumo mínimo de 20 m³, se debe considerar que la forma correcta de cobrar la tarifa es en un componente fijo y uno variable, por cuanto existen costos relacionados con el mantenimiento de la red, independientemente del consumo que se tenga.

Manteniendo el concepto de un cobro fijo y uno variable, es necesario sin embargo reestructurar el pliego de tarifas para que cumpla con el propósito de estimular el ahorro de agua y corregir las distorsiones del consumo.

CAPITULO III

RECOMENDACIONES PARA LA DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1 PROGRAMA DE CONTROL DE AGUA NO CONTABILIZADA

3.1.1 Introducción

Debido al alto INAC, es necesario el tomar medidas, las cuales, deben estar enfocadas a corregir todas las pérdidas en los diferentes componentes del Sistema de Agua Potable de Riobamba, por lo que a continuación se mencionan algunas acciones correctivas para mejorar el sistema.

3.2.2 Acciones correctivas para mejoras del sistema.

La EMAPAR como acción inmediata para mejorar el sistema en cantidad y continuidad se ve en la imperiosa necesidad en crear la unidad de control de pérdidas de agua en la ciudad de Riobamba, ya que no existen programas específicos los cuales controlen las aguas no contabilizadas, las pérdidas físicas y operativas, de cada uno de estos programas específicos para cada departamento se deben definir metas e indicadores de gestión los cuales deben ser analizados mensualmente con el fin de perfeccionar el sistema.

Los programas específicos deberán ser definidos por los gerentes de cada área, jefes de departamento y directores de unidad en función a la experiencia y conocimientos que cada uno tiene de su área, aportando con medidas que reduzcan dichas pérdidas.

A continuación se presentan procedimientos operativos y de mantenimiento para los departamentos asociados con el control agua no contabilizada:

3.2.2.1 Macromedición: Se debe instalar macromedidores (caudalímetros) en:

- A la salida de las captaciones de San Pablo y Llío,

- A la entrada y salida de la planta aereadores,
- Y en la salida de los tanques de reserva.

La colocación de los mismos permitirá que el departamento de producción que se encargará de este control, pueda tener un control las 24 horas del día sobre el caudal que va por la línea de conducción, transmisión, y caudales que abastecen a las redes, con el fin de poder detectar inmediatamente las pérdidas que puedan darse por efecto de daños, fugas o conexiones clandestinas a lo largo de la tubería.

3.2.2.2 Sectorización Hidráulica: Este programa se aplica a las redes de distribución, en donde el departamento de operaciones y comercialización se encargará del control de los tanques los cuales están encargados de abastecer a redes ya definidas dentro de Riobamba, los cuales deben tener la capacidad suficiente para estas, (pudiéndose mencionar que en El Carmen encargado de la Red 1, tiene un déficit de acumulación), además de, las redes de distribución las que están ya divididas en 3 sectores, de los cuales se deberá hacer un levantamiento digital para poder definir exactamente su ubicación física en la ciudad, así de esta manera, con el volumen suministrado a estas redes se podrá comparar con el volumen facturado a sus usuarios y de esta comparación se podrá determinar el índice de aguas no contabilizadas para dicha red.

De acuerdo al IANC se podrá evaluar en qué sector hay mayores pérdidas en donde se deberá implementar programas de recuperación.

3.2.2.3 Programas de Recuperación: Este programa debe estar enfocado a disminuir las pérdidas en las redes, hasta que estas, estén totalmente controladas y simplemente sean obras pequeñas de mantenimiento.

Para este fin se debe crear el departamento de recuperación y mantenimiento en la ciudad de Riobamba, el cual deberá realizar las siguientes actividades:

- a) Recopilación de información: Se deberán reunir planos de las redes, de las zonas de servicio y de los caudales que ingresan a las redes.
- b) Investigaciones de campo y pruebas: Se deberá detectar válvulas, tuberías y otros accesorios que estén trabajando al límite por medio de pruebas hidráulicas.
- c) Incorporación, Recuperación y cambios en las redes: Se deberán colocar válvulas de control en sectores donde no existan, para conformar circuitos, con el fin de poder aislar sectores de tubería para en caso de daños, seguir brindando servicio al resto de la red, y se deberá proceder con la recuperación y si es necesario el cambio de válvulas, tuberías y accesorios en mal estado.

Para dicho proceso se deberá localizar donde se encuentran las fallas en el sistema, para lo que se utilizarán los siguientes equipos:

Equipo	Descripción
Correlacionadores	Aparato el cual se encarga de encontrar fugas en la red con márgenes de error de +/- 1m.
Geófonos	Aparato de mayor sensibilidad el cual luego del uso del correlacionador por medio de ondas sonoras se encarga de encontrar el punto exacto de la fuga

Tabla 3.1: Equipo necesario para localización de fugas en la tubería.

- d) Definición de clientes en sectores y subsectores: Se deberá catastrar a los nuevos usuarios del sistema y dar a estos su respectivo medidor y código, para de esta manera eliminar conexiones clandestinas.
- e) Macromedición, micromedición y determinación del IANC: Se hará un nuevo análisis de los volúmenes de salida de los tanques de distribución a las redes y, un análisis de los volúmenes facturados para obtener un nuevo IANC, y de esta manera poder saber en qué sector se deberá constatar si las fugas son de carácter físico o comercial y tomar medidas al respecto.

3.2.2.4 Programa de consumo de agua: Este programa se ejecutará de acuerdo a un análisis del uso y desperdicio del agua, en donde el departamento de comercialización, ya con un catastro real y en constante actualización, podrá determinar si los consumos de los usuarios sean estos residenciales, comerciales o industriales superan las dotaciones estimadas, en donde deberán pagar un valor castigado por un factor de mayoración sobre lo excedido al consumo estimado. De esta manera se podrá crear una conciencia de consumo de agua y por este motivo aumentar los horarios de servicio de la misma.

Con esta modalidad se debe tener especial énfasis en la correcta clasificación del tipo de usuarios, puesto que los costos deben estar acorde al tipo de uso que se le da al agua, con el fin de destinar las tarifas de acuerdo al impacto que dicho usuario cause a la dotación del sistema, en este caso los usuarios industriales en la ciudad de Riobamba.

3.2.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) Se recomienda a la EMAPAR poner en ejecución inmediata la construcción de la nueva línea de conducción la cual tiene una capacidad de diseño para transportar de 600 l/s lo que permitiría eventualmente a la EMAPAR introducir a la mencionada línea 100 l/s adicionales que podrían darse en condiciones extraordinarias. La tubería al ser en acero permitirá una estanquidad y minimizará las conexiones clandestinas con el fin de aumentar el caudal para la ciudad y permitir un mayor tiempo de uso por su mayor duración.

A continuación se presentan las características de la nueva conducción:

Conducción	Abscisa	Long. (m)	Diámetro(mm)	Q diseño (l/s)	Observaciones
San Pablo - T. Reserva (100m3)	0+000.00 – 0+623.00	623	450	260	válvula de control y desagüe al río guano
Llío - T. Reserva (100m3)	0+000.00 – 0+112.07	112	500	340	válvula de control y desagüe al río guano
T. Reserv (100m3) - Aereadores	0+112.07 – 1+829.90	1718	600	600	Tramo 1
	1+829.90 – 6+875.13	5045	500	600	Tramo 2
	6+875.13 – 8+724.28	1849	450	600	Tramo 3

Tabla 3.2: Características generales de la nueva línea de conducción.

b) La calidad del agua en la fuente es bastante buena, pero es responsabilidad de la EMAPAR garantizar que la calidad del agua entregada esté dentro de los parámetros para consumo humano, en tal defecto se debe realizar un monitoreo permanente y mejorar los siguientes aspectos en la planta aereadores para mejorar la calidad de agua distribuida a la ciudad:

- Se debe incrementar el número de charolas para que el sistema de aireación sea efectivo, dado pues que para el caudal de 600 l/s este sistema estará subdimensionado, a más de que en este momento necesita ser dado un urgente mantenimiento a las charolas por su mal estado.

- Es inmediato que la EMAPAR desinfecte el agua en forma continua tanto a nivel de la planta aereadores como en los tanques de reserva para que, el agua que llegan a nivel de usuario tenga una concentración de cloro libre residual mayor a 0.2 mg/l, puesto que en muestras tomadas en las redes de distribución se ha encontrado presencia de coliformes fecales, lo que, pone en riesgo la salud del consumidor final.
- c) La mejora en los procesos de captaciones, conducciones, tratamiento, tanques de reserva y líneas de distribución permitirá que la ciudad cuente con un sistema confiable y a la EMAPAR le posibilite revisar las tarifas para que estas sean unas tarifas reales, a las cuales los usuarios no pondrán mayores reparos y así poner de igual manera, precios adecuados a los tipos de usuarios de las redes.
- d) El sistema de agua potable de Riobamba, con los volúmenes captados, no debería presentar problemas de racionamiento ni de presión del líquido en la distribución a la población. No obstante, dichos problemas existen. Las principales causas son el desperdicio debido al bajo precio del agua haciendo que la demanda suba a valores tan altos que no pueden ser abastecidos por la producción efectiva y las pérdidas que se tienen por agua no contabilizada.
- e) Este servicio racionado ha obligado a que la mayoría de hogares manejen una reserva, generalmente a través de tanques plásticos elevados, lo cual se traduce en que, en términos prácticos, dichos usuarios tengan servicio permanente. Lo que provoca que cuando la ciudad se abastece, se produce un desperdicio y alto consumo a la vez: desperdicio, porque a fin de tener agua “fresca”, algunos usuarios botan el agua que existe en la reserva para renovarla (como el costo es tan bajo, no tienen problema en hacerlo) y alto consumo porque en ese momento llenan las cisternas y reservas, que no necesariamente refleja el consumo real.
- f) Al mejorar la calidad del agua y el sistema en general, se debe crear una campaña sobre la calidad del servicio y sobre el buen uso del agua, concientizando a la ciudadanía a que este es un recurso vital, el cual debe ser cuidado y por el que se debe pagar un precio justo.

- g) La instalación de micromedidores y toma real de lecturas permitirá obtener dotaciones reales, las cuales como se puede apreciar a lo largo del documento éstas tienden a disminuir, por lo que, se espera que las dotaciones bajen a las que se tienen en ciudades intermedias, y así, poder optimizar los caudales que son extraídos en las captaciones.
- h) La satisfacción con la calidad del agua en Riobamba es como percibe el cliente el servicio de agua potable y alcantarillado provisto por la EMAPAR. Se recomienda para ello implementar un sistema periódico de encuestas, donde se valoren los distintos aspectos del servicio, como cobertura, continuidad, calidad del agua, precio, atención al cliente, etc.

Es una herramienta que servirá de retroalimentación para decidir donde se deben enfocar esfuerzos y para ver si existen distorsiones entre lo que la EMAPAR entrega y la comunidad percibe. Por ejemplo, en la EMAAP Quito, estas encuestas ayudaron a determinar que aunque la calidad del agua era excelente, la comunidad no terminaba de percibirlo así y por ende en su gran mayoría, hervía el agua. El siguiente paso debería ser trabajar en una campaña para promocionar nuevamente la calidad del agua.

- i) De la información recopilada en la EMAPAR podemos anotar que:
- No existen levantamientos topográficos ni planos de implantación de las captaciones.
 - No existen planos de las conducciones. Solamente existen los del proyecto de la nueva conducción de la captación a los aereadores, pero no hay de los aereadores a las reservas.
 - Si bien hay planos de la planta de tratamiento, la ubicación y medidas no corresponden a la realidad.
 - Existen planos de las reservas, pero no están actualizados, pues se habla de estructuras como los cloradores que no existen o de medidas que no corresponden a la realidad.

- Existen planos de la red que no están actualizados. Se ha tratado de actualizar sobre los mismos planos, pero no hay un proceso formal que garantice la calidad en dicha información.

Por lo que, es de suma urgencia que proceda la EMAPAR a digitalizar todo el sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, con el fin de poder detectar fácilmente cualquier elemento que conforme este sistema.

- j) Después de la recomendación anterior se debe implementar de manera inmediata el programa de aguas no contabilizadas, descrito al inicio de este capítulo.

CAPITULO IV

**ANÁLISIS GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y
DISEÑO DE UNA ZONA CRÍTICA EN LA RED DE
DISTRIBUCION A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD PARA
ABASTECIMIENTO CONTINUO DEL SERVICIO.**

4.1 INTRODUCCION.

Luego del análisis efectuado en los capítulos anteriores vemos que el sistema en general tiene un índice de pérdidas extremadamente alto, ocasionado por desgaste y vejez en la tubería a lo largo del sistema, y sobre todo, en la red de distribución en donde tenemos el mayor porcentaje de pérdidas.

Se debe cuidar, dar constante mantenimiento y ocasionalmente reemplazar las bombas en Llío para garantizar el perfecto funcionamiento del sistema de extracción y mantener un caudal constante y uniforme para evitar problemas de abastecimiento.

De igual manera en San Pablo se debe dar constante mantenimiento de las instalaciones para prevenir problemas con los caudales.

Con el cambio de tubería iniciado en la línea de conducción comienza la recuperación de caudales muy necesarios para el mejor abastecimiento y calidad de agua potable para la ciudad.

La medida ha efectuarse inicialmente en la red es el reemplazar tubería en los sectores donde se producen fugas a nivel de conducción, transmisión y adicionalmente se debe realizar un buen mantenimiento y ampliación en la planta de tratamiento, en donde, se debe garantizar a más del volumen requerido de agua, la calidad que debe tener la misma.

Se debe incluir además un plan de seguridad y control de la red de conducción y transmisión con la finalidad de impedir las conexiones clandestinas y actos vandálicos que a lo largo del tiempo se han dado en el sistema.

Una medida a este inconveniente es la adjudicación directa de un pozo de extracción con su respectiva línea de conducción a los poblados aledaños al sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, con una adjudicación directa, y de esta manera los beneficiarios serán responsables del mantenimiento, cuidado y administración de este micro sistema, dando autonomía y el servicio de agua potable tan necesaria para todas las personas necesitadas de estos sectores.

En las redes de distribución se deberá sistemáticamente iniciar un plan de sustitución de tubería y colocación de válvulas de control en donde se deben formar micro-circuitos con la finalidad de en caso de daño no sea afectado un sector mayor con la suspensión del servicio, hasta la reparación correspondiente.

Al realizar este plan inicial de recuperación del sistema, podremos contar con un caudal para la ciudad de Riobamba de 700 l/s, de las fuentes actualmente ya en uso, el cual veremos a continuación en qué forma ayuda a nuestros requerimientos actuales y futuros.

4.2 CALCULO DEL CAUDAL NECESARIO PARA EL ABASTECIMIENTO CONTINUO DEL SERVICIO EN LOS PROXIMOS AÑOS.

Para el cálculo del caudal necesario para abastecer de agua potable a la ciudad de Riobamba en los próximos cincuenta años se debe analizar el caudal existente y comparar con la tendencia de crecimiento poblacional, a continuación se presenta la tabla de crecimiento de población.

La fórmula para el cálculo de la población futura es:

$$\text{Población Futura} = \text{Población actual} + \text{Población actual} * \text{I crecimiento} * \text{N. años}$$

TABLA 4.1 DE CRECIMIENTO DE POBLACION EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA

Datos:

Habitantes en la actualidad en la ciudad de Riobamba: 120276 Hab.

Índice de crecimiento anual (INEC) en Riobamba: 2,53 %

Población Actual	Índice Crecimiento	Años	Población Futura
120276	2,53%	5	135491
120276	2,53%	10	150706
120276	2,53%	15	165921
120276	2,53%	20	181136
120276	2,53%	25	196351
120276	2,53%	30	211565
120276	2,53%	35	226780
120276	2,53%	40	241995
120276	2,53%	45	257210
120276	2,53%	50	272425

Podemos apreciar que en la ciudad de Riobamba dentro de cincuenta años la población se duplica prácticamente, por lo cual se debe hacer un análisis de caudales por periodos para

no tener obras sobredimensionadas en corto plazo y programar obras oportunas para el largo plazo.

A continuación analizamos el caudal actual ideal luego de las correcciones, reparaciones y sustituciones a lo largo del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, para evaluar las necesidades a mediano y largo plazo de nuevas fuentes de abastecimiento para el incremento del caudal necesario.

$$\text{Caudal Ideal} = 700 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal Ideal} = 700 \text{ l/s} * 86400 \text{ s} = 60480000 \text{ l/día}$$

$$\text{Caudal Ideal} = 60480 \text{ m}^3/\text{día}$$

En la siguiente tabla analizaremos de acuerdo al crecimiento poblacional cual es el requerimiento de caudal en los próximos cincuenta años, tomando en cuenta que según el IEOS la dotación diaria para Riobamba es de 210 l/día/habitante.

TABLA 4.2 DE CONSUMOS POBLACIONAL DIARIO

Población (habitantes)	Años	Dotación (l/hab/día)	caudal (l/día)	caudal (m ³ /día)
120276	0	210	25257960,00	25257,96
135491	5	210	28453091,94	28453,09
150706	10	210	31648223,88	31648,22
165921	15	210	34843355,82	34843,36
181136	20	210	38038487,76	38038,49
196351	25	210	41233619,70	41233,62
211565	30	210	44428751,64	44428,75
226780	35	210	47623883,58	47623,88
241995	40	210	50819015,52	50819,02
257210	45	210	54014147,46	54014,15
272425	50	210	57209279,40	57209,28

Podemos observar que nuestro caudal ideal, es suficiente para abastecer los consumos de la ciudad de Riobamba en los próximos cincuenta años.

No se puede suplir en la actualidad esta necesidad por el hecho del mal estado de todo el sistema, produciendo pérdidas por alrededor del 50% del caudal extraído y por el mal estado en las fuentes de suministro en donde por fallas de extracción (bombeo) el caudal es menor al 75% del caudal posible y viable por utilizar.

4.3 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN LA RED DE DISTRIBUCION.

Con anterioridad se ha dicho que las redes de distribución se hallan en mal estado por lo cual se debe emprender un programa de sustitución de tubería y colocación de válvulas de control.

A continuación se presenta el resumen de tipo de tubería existente en la red de distribución.

TABLA 4.3 Resumen de Tipo y longitudes de Tuberías

	RED 1 (m)	RED 2 (m)	RED 3 (m)	Yaruquiez	TOTAL	%
A.C.	20.357	77.376	62.764	11.028	171.525	70.70%
H.F.	-	4.000	4.730	-	8.730	3.60%
PVC	28.368	11.204	22.735	-	62.307	25.70%
TOTAL	48.725	92.580	90.229	11.028	242.562	100.00%

Se observa que la red de distribución consta de tres tipos distintos de material, lo cual provoca problemas en sus ensamblajes y por su tipo tienen distintos tiempos de desgaste, a

mas de que algunos por efectos del tiempo pueden llegar a ser nocivos para la salud.

Teniendo en cuenta también que la tubería de distribución en el centro de la ciudad ya ha cumplido su vida útil.

Es necesario además realizar un análisis con las cotas de servicio de cada tanque de reserva, con el fin de tener un rango de presiones controladas, las que pueden variar desde 15 mca hasta 40 mca.

Con la finalidad de no suspender el servicio de agua se debe iniciar con un esquema de cambio, el cual reemplazará con nuevas tuberías de PVC, todas aquellas más antiguas y desde el punto más cercano a los tanques de reserva hasta los puntos más lejanos a cada red en donde no se haya sustituido la tubería anterior por la nueva de PVC.

Al término de cada tramo se realizarán las conexiones domiciliarias y se dotarán de agua las nuevas redes en el menor tiempo posible, para disminuir los efectos por suspensión del servicio en la ciudadanía.

Como medida adicional, se deben interconectar las redes de distribución a su salida de los tanques de reserva para precautelar la falta de servicio por daños o mantenimiento de dichos tanques, permitiendo ocasionalmente el uso del agua destinada a otras redes para casos emergentes.

En el anexo 4.1 vemos la distribución de las redes en la ciudad y así podremos planificar su crecimiento y evaluar las zonas de mayor consumo, dotando a estos sectores de mayor caudal.

La tendencia de crecimiento en la ciudad de Riobamba es de expansión horizontal dado que cuenta de grandes aéreas periféricas para dicho crecimiento, dejando solamente en el sector céntrico la tendencia al crecimiento vertical de la ciudad en donde debemos controlar los diseños hidráulicos de las edificaciones por la necesidad de que a partir de una cota determinada estas deben contar con sistemas de bombeo.

Las zonas de crecimiento periférico están claramente determinadas y es posible proyectar a qué red se incorporaran, por lo que se puede realizar un cálculo de crecimiento poblacional y prever las necesidades de caudal adicional a cada red o zona.

4.4 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN RESERVAS.

Para el caso de las reservas se realiza el siguiente análisis de capacidad de las mismas con los datos presentados en capítulos anteriores:

Tanque Reserva	Capacidad m3
El Carmen	1500
La Saboya A	1000
La Saboya B	1000
La Saboya C	1000
La Saboya D	2000
Maldonado A	2500
Maldonado B	2500
Yaruquies	1000
Piscin	1000
El Recreo	1000

Los últimos tanques presentados en la tabla anterior han sido construidos por la EMAPAR hace poco tiempo. Estos tanques de reserva deben ser equipados en el menor tiempo posible con el fin de aprovecharlos, y tener una mejor distribución del líquido vital en la ciudad.

4.5 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN LINEA DE TRANSMISIÓN.

Son las obras necesarias para llevar el agua potable desde la planta de tratamiento hacia las respectivas reservas.

Muchas de estas líneas serán muy cortas debido a que la planta de tratamiento se ubicaría junto a cada reserva.

4.6 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN PLANTA DE TRATAMIENTO.

Para el caso del tratamiento de agua de los pozos existentes en la ciudad y los que a futuro se pueda proyectar, se debe considerar lo siguiente:

Al ser agua subterránea, la calidad de esta se caracteriza por tener una alta dureza expresada como carbonato de calcio, debido a ello se recomienda utilizar plantas ablandadoras en donde se transformen los minerales pesados como el magnesio y el calcio en minerales suaves. Las normas recomiendan que la dureza deba estar en el orden de 100 a 150 mg/l.

Una planta ablandadora prefabricada se puede utilizar antes del ingreso a cada reserva, el proceso de tratamiento deberá ser por medio de filtros ablandadores en donde, mediante un intercambio iónico y con la utilización de resinas, se transforma los minerales como el magnesio y el calcio en minerales suaves.

Descripción del proceso en anexo 03

Actualmente los pozos Huerta y Servidores de Chimborazo llegan a la reserva la Saboya, pero se tiene perforado también el pozo Sesquicentenario que ingresa a la misma línea de impulsión, se conoce que el caudal a tratar de estos tres pozos es 120 l/s, este caudal debe pasar por una planta ablandadora antes de ingresar al tanque de reserva.

Luego del proceso de ablandamiento para el agua de los pozos, es necesario desinfectar el agua con el fin de no tener hongos, virus y bacterias y que el líquido sea apto para el consumo humano.

Esta concentración es en función del pH. Para un pH entre 6.5 y 7.4 la concentración de cloro residual combinado no debe superar 1 mg/l. Para un pH entre 7 y 8, no debe superar 1.5 mg/l. Finalmente si el pH está entre 8 y 9, el cloro combinado no puede superar 1.8 mg/l. En general, un valor de referencia para la concentración de cloro residual en agua potable es de 1,5 mg/l.

4.7 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN CONDUCCIÓN.

Las conducciones que deben ser diseñadas dependen del sitio de captación del líquido vital, se ha propuesto que se perforen varios pozos en la ciudad, desde estos sitios de captación deberá ser llevada el agua hacia la planta de tratamiento y posteriormente hacia las reservas.

4.8 DESCRIPCION DE OBRAS CIVILES NECESARIAS A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD EN FUENTES DE SUMINISTRO.

Como se ha explicado anteriormente, las fuentes de suministro que actualmente abastecen a la ciudad de Riobamba se encuentran en el sector de Llío, San Pablo, y varios pozos perforados en la ciudad.

Para cubrir el déficit de agua potable que tiene actualmente la ciudad y para el mejoramiento del sistema es necesario plantear nuevas fuentes de suministro.

En la EMAPAR existen varios proyectos realizados en años anteriores en los cuales se plantea el aprovechamiento del recurso hídrico desde el Río Collanes (ejecutado en el año 1996 por el Ing. Patricio Vargas), Proyecto Alao (este proyecto tiene algunas versiones como 1998 Ing. Narváez/Ing. Vargas, Ing Carvajal en el año 2002), Proyecto Río Blanco el cual es una variante del proyecto del Río Collanes aprovechando una mayor cantidad de agua, perforación de pozos en varios sectores de la ciudad y aprovechamiento del acuífero en el sector de Llío. Estos proyectos deben ser analizados con el fin de saber si son o no ejecutables o proponer otro sitio del cual sea factible traer el agua para servir a la ciudad de Riobamba.

La alternativa para conseguir agua para la ciudad de Riobamba que se presenta en el siguientes estudio es perforar pozos en diferentes sectores de la ciudad y conducirlos hacia los tanques de reserva (algunos de ellos ya construidos), desde los cuales se pueda distribuir el líquido vital hacia sectores de la ciudad que no cuenten con agua potable.

4.9 DISEÑO DE UNA ZONA CRÍTICA EN LA RED DE DISTRIBUCION A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD PARA ABASTECIMIENTO CONTINUO DEL SERVICIO.

4.9.1 ANTECEDENTES.

Dentro de los servicios básicos con los que debe contar toda urbanización que se encuentre dentro del perímetro urbano es de enorme importancia el suministro de agua potable. La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba

EMAPAR, exige como parte de los requisitos para la conformación del cualquier proyecto de urbanización la aprobación de los diseños de Agua Potable y Alcantarillado, es así que se debe cumplir con estos requisitos teniendo como base que el anteproyecto de urbanización ya se encuentra aprobado en la Dirección de Planificación de la Municipalidad del cantón Riobamba.

Como parte de esta política los propietarios deben realizar los estudios necesarios para dar dicho servicio, lo cual no prevé un estudio global del sector, razón por la cual en el momento de interconectarse los nuevos proyectos a las demás redes estamos cambiando las condiciones iniciales en los demás proyectos, por lo cual se disminuye básicamente la presión y el caudal necesario para la zona.

Bajo estas condiciones el departamento técnico de EMAPAR debe tener un catastro global, un estudio de redes primarias y debe impulsar la creación de las antes mencionadas para que las nuevas urbanizaciones no afecten al resto de proyectos facilitando una óptima distribución del líquido vital.

4.9.2 DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO.

La zona de diseño está ubicado al norte de la ciudad de Riobamba, se encuentra limitada por la Avenida 11 de Noviembre, la Avenida Pedro Vicente Maldonado y por el canal de riego Chambo-Guano y está conformada por la cooperativa de Vivienda San Francisco, Urbanización Covetir Servidores Públicos, a la Urbanización Sultana de los Andes y Urbanización Jardín de los Andes.

La zona es crítica por su situación geográfica dado que se encuentra limitada por un canal de riego el cual limita la conformación e integración de las redes, las cotas a las que se encuentra son altas y se causan problemas de presión dado que el sistema funciona por gravedad, la zona además es de alta expansión demográfica por lo cual debe hacerse un análisis especial.

4.9.3 INFORMACION GENERAL

En este capítulo se menciona el estudio demográfico, la información climatológica y la información urbanística.

4.9.3.1 ESTUDIO DEMOGRAFICO.-

La zona cuenta con un área de 11.42 Ha. Para el cálculo de la población futura se ha considerado que por cada hectárea llegarán a habitar 120 personas, se puede obtener una población total para el proyecto de 1375 personas.

4.9.3.2 INFORMACIÓN CLIMATOLOGICA.-

La ciudad de Riobamba tiene una precipitación media de 462 mm por año y una temperatura media de 14.7°C. La distribución anual de las precipitaciones observa un período húmedo entre febrero y junio, con máximo en abril. De junio a septiembre se presenta el período de menor precipitación, con mínimo en el mes de julio.

4.9.3.3 INFORMACIÓN URBANÍSTICA.-

La zona del proyecto ha sido aprobada por la Dirección de Planificación del Ilustre Municipio de Riobamba. Se cuenta con el levantamiento, subdivisión, adosamientos y retiros y sección de vías.

Hasta el sitio del proyecto sí existe transporte público, las líneas de buses 4, 5, 6, 13 y 14 recorren la Av. Maldonado y pasan por el centro de la ciudad de Riobamba. Se tiene además gran cantidad de tráfico por esta Avenida ya que conduce a la salida sur de la ciudad.

El terreno cuenta con factibilidad de la red de energía eléctrica y telefónica. La recolección de basura se la realizará a través de la Dirección de Higiene Municipal.

4.9.4 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.-

Al ser un proyecto de reciente creación no existe ningún sistema construido en el interior de la zona, sin embargo se analizará la alternativa de extender las redes tanto de agua potable como de alcantarillado. Para el caso del alcantarillado tanto sanitario como pluvial se cuenta con la autorización para cruzar (por sobre las paredes) el canal de riego Chambo – Guano y poder descargar las aguas servidas y pluviales a los alcantarillados existentes.

4.9.5 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.-

Al momento existe tubería de 110 mm PVC en la Av. Maldonado y en la Av. 11 de Noviembre. La propuesta para dar solución para las redes de agua potable es conectarse a esta tubería. La tubería a utilizarse será de 75, 63, 50 mm PVC, como se puede observar en los planos de diseño y en las salidas del programa de cálculo.

4.9.6 POBLACIÓN DE DISEÑO.-

Como se indicó en el punto Estudio Demográfico, la población de diseño será de 1375 habitantes, los que se calculan considerando que en cada hectárea habrán 120 habitantes.

4.9.7 DEMANDA DE AGUA.-

Para establecer el caudal de diseño se debe determinar el consumo total de agua.

El consumo es el volumen de agua utilizado por una persona en un día. La determinación del consumo total se debe hacer según datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población.

Al ser el predio a urbanizarse de características exclusivamente residencial, el agua tendrá los siguientes consumos:

Consumo doméstico.

Consumo público.

Consumo por pérdidas en la red.

Consumo por incendio.

4.9.7.1 CONSUMO DOMÉSTICO.-

Está constituida por el consumo familiar del agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, lavado de carro y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias.

Representa generalmente el consumo predominante en el diseño.

4.9.7.2 CONSUMO PÚBLICO.-

Está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos.

4.9.7.3 CONSUMO POR PÉRDIDA Y FUGAS EN LA RED.-

Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y puede llegar a representar de 10 al 15 % del consumo total. Los factores que influyen para que exista pérdidas y fugas en la red son: falta de experiencia de los trabajadores, variación de presión, instalaciones clandestinas.

4.9.7.4 CONSUMO EXTRAORDINARIO (POR INCENDIO).-

La dotación contra incendios corresponde a un periodo corto que puede ser de varias horas 5 a 8 horas. Para el presente diseño no se ha considerado la instalación de hidrantes.

4.9.8 DOTACIÓN Y CAUDALES.-

De acuerdo a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba EMAPAR, el valor de la dotación para la ciudad de Riobamba es 209 lt/hab/día, con este valor se calculará los caudales siguientes: caudal medio, caudal máximo diario, caudal máximo horario y caudal de incendios.

4.9.8.1 CAUDAL MEDIO Qm.-

El caudal medio se calcula con la población futura y la dotación media futura. (dotación = 250 l/hab/día.), es decir:

$$Q_m = \text{Población} * \text{Dotación}$$

4.9.8.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO QMD.-

El caudal máximo diario se encuentra comprendido entre el 120 y 160 % del caudal medio.

$$K_{md} = 1.20 - 1.60$$

Para nuestro proyecto empleamos, $K_{md} = 1.40$

$$Q_{MD} = K_{md} * Q_m$$

4.9.8.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO QMH.-

El valor máximo tomado hora a hora representará la hora de máximo consumo de ese día. El cual puede ser relacionado respecto al consumo medio (Q_m) mediante la expresión:

$$Q_{MH} = K_{mh} * Q_m$$

El valor de K_{mh} está comprendido entre 200 y 300 por 100, reconociéndose que en las grandes ciudades, con mayor diversificación de actividades, mayor economía, etc. se presentan consumos menos diferenciados en horas nocturnas de las diurnas.

Por lo expuesto para la ciudad de Riobamba y en nuestro caso particular del proyecto se utilizará $K_{mh} = 2$.

4.9.8.4 CAUDAL CONTRA INCENDIOS Qi.-

La probabilidad de que un incendio se produzca en la hora de máximo consumo tiene una probabilidad baja y resultaría poco económico para el diseño. En las redes que se plantean proyectarse no se considera la instalación de un hidrante.

4.9.8.5 CAUDAL DE DISEÑO Qd.-

Para el diseño se trabaja con el caudal máximo horario, pero se hace una comprobación con el caudal máximo diario más incendios.

En la siguiente tabla se presenta los cálculos de caudal en los diferentes nudos considerando el área de aportación a cada nudo. Para este caso se ha tomado como referencia una densidad poblacional de 120.40 hab / Ha.

4.9.9 PERIODO DE DISEÑO.-

El período de diseño que se adopta para un sistema de agua potable generalmente debe estar relacionado con el crecimiento estimado de la población, la vida útil de los elementos constitutivos del sistema, la capacidad económica local y las fuentes de financiamiento. Para el caso de un sistema de agua potable, el período de diseño que se adopte no debe representar un costo demasiado elevado, ni un sub dimensionamiento del sistema que pueda hacer que este quede obsoleto en poco tiempo.

Según las normas de diseño del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), y MIDUVI, el período de diseño asumido para sistemas de agua potable comprendidas en estas disposiciones debe ser 20 años, en función de los parámetros establecidos anteriormente.

4.9.10 CALCULOS DE LA RED DE AGUA POTABLE.-

4.9.10.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED.-

Como se ha indicado en párrafos anteriores, la red de agua potable para las manzanas de la zona se la realizará de acuerdo a los cálculos realizados con el programa Epanet, conectándose a la tubería de 110 mm PVC existente en el ingreso de la zona.

4.9.10.2 CAUDALES POR NUDOS

El diseño de las redes de agua potable se realiza para el caudal máximo horario, pero realizando una comprobación para el caudal máximo diario más incendio, como se indicó anteriormente. Los datos hidráulicos de las redes de agua potable se presentan en los planos correspondientes.

4.9.11 ACOMETIDAS DE LA RED DE AGUA POTABLE

En cada lote de la urbanización se instalará una acometida domiciliaria.

La conexión domiciliaria consiste en una serie de elementos que permiten derivar el agua desde la red hacia la vivienda hasta la caja en donde se encuentra el medidor. De este punto en adelante, todas las obras son propiedad del dueño del predio.

La tubería de la conexión domiciliaria debe cumplir los requerimientos de presión del sistema y su diámetro mínimo es de ½”.

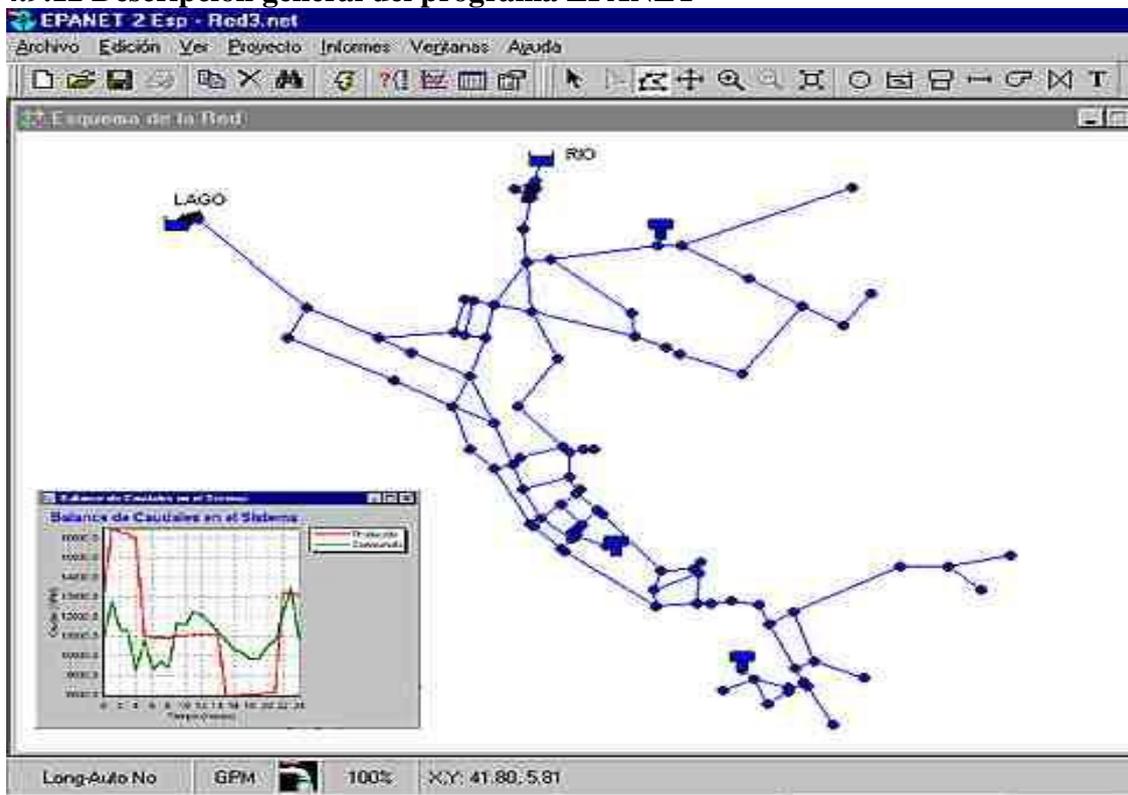
Características de los medidores de agua a ser instalados:

El medidor de agua, puede ser:

- Medidor mecánico, los cuales pueden ser volumétricos y de velocidad; estos se utilizan para acometidas con diámetros entre ½” y 1 ½”, cabe indicar que el medidor de velocidad es de menor sensibilidad que el volumétrico y también de menor costo.
- Medidor magnético, se utilizan para acometidas de diámetros superiores a 2” y en donde se requieren de mayor precisión en la medición desde el rango de caudal mínimo hasta el máximo.

Por lo expuesto se recomienda la compra de medidores mecánicos.

4.9.12 Descripción general del programa EPANET



4.9.12.1 DESCRIPCIÓN:

EPANET es un programa destinado a analizar el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de agua a presión. Ha sido desarrollado por el Laboratorio Nacional de Investigación para la Prevención de Riesgos (NRMRL).

EPANET es un programa de ordenador para Windows 95/98/NT/2000 que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las

distintas especies, puede también simular el envejecimiento del agua en la red (o tiempo de permanencia) y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

La versión Windows de EPANET proporciona un entorno integrado para editar los datos de entrada de la red, simular el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua, y analizar los resultados en una amplia variedad de formatos, entre los que se incluye el esquema de la red codificado por colores, tablas numéricas, curvas de evolución y mapas de isolíneas.

EPANET ha sido desarrollado por el Laboratorio Nacional de Investigación para la Prevención de Riesgos (NRMRL) de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU (USEPA). Como tal, es un software de dominio público que puede copiarse y distribuirse libremente.

La versión española de EPANET 2.1, la cual se identifica por el sufijo Esp, ha sido traducida por el Prof. Fernando Martínez Alzamora, responsable del grupo IDMH del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (España), con la colaboración de D. Hugo Bartolín Ayala. El trabajo ha sido financiado por Aguas de Valencia, S.A., y al igual que la versión inglesa, se ofrece como un producto de dominio público. Por consiguiente puede copiarse y distribuirse libremente. Sin embargo, a diferencia de la versión inglesa, el código fuente de la versión española no es, por ahora, de libre difusión.

4.9.12.2 PRESTACIONES:

EPANET es un producto muy completo para la realización de análisis hidráulicos en periodo prolongado, que ofrece las siguientes prestaciones:

- no existe límite en cuanto al tamaño de la red a procesar
- las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de:

a) Hazen-Williams: La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

Su formulación es: en función del radio hidráulico

$$V = 0,8494 * C * \left(\frac{Di}{4}\right)^{0,63} * S^{0,54}$$

en función del diámetro

$$Q = 0,2785 * C * (Di)^{2,63} * S^{0,54}$$

Donde:

- Rh = Radio hidráulico = Área de flujo / Perímetro húmedo = Di / 4
- V = Velocidad media del agua en el tubo en [m/s].
- Q = Caudal ó flujo volumétrico en [m³/s].
- C = Coeficiente que depende de la rugosidad del tubo.

- 90 para tubos de acero soldado.
 - 100 para tubos de hierro fundido.
 - 128 para tubos de fibrocemento.
 - 150 para tubos de polietileno de alta densidad.
- D_i = Diámetro interior en [m]. (Nota: $D_i/4$ = Radio hidráulico de una tubería trabajando a sección llena)
 - S = [[Pendiente - Pérdida de carga por unidad de longitud del conducto] [m/m]].

b) Darcy-Weisbach: La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería.

La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Darcy. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia, hasta la forma en que se conoce actualmente:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

donde h_f es la pérdida de carga debida a la fricción, calculada a partir de (f) = factor de fricción de Darcy, L/D = relación entre la longitud y el diámetro de la tubería, v = la velocidad media de flujo, g = que corresponde a la aceleración debida a la gravedad, y se supone constante (9.81m/s^2).

El factor de fricción ϕ es adimensional y varía de acuerdo a los parámetros de la tubería y del flujo. Este puede ser conocido con una gran exactitud dentro de ciertos regímenes de flujo; sin embargo, los datos acerca de su variación con la velocidad eran inicialmente desconocidos, por lo que esta ecuación fue inicialmente superada en muchos casos por la ecuación empírica de Prony.

Años más tarde se evitó su uso en diversos casos especiales en favor de otras ecuaciones empíricas, principalmente la ecuación de Hazen-Williams, ecuaciones que, en la mayoría de los casos, eran significativamente más fáciles de calcular. No obstante, desde la llegada de las calculadoras la facilidad de cálculo no es mayor problema, por lo que la ecuación de Darcy-Weisbach es la preferida.

Ejemplo:

En una tubería de 1000m de longitud y 18 pulgadas de diámetro se transporta un fluido. Se ha determinado que el factor de fricción de la tubería es de 0.03 y que la velocidad media de flujo es de 2.5m/s, si el valor de la gravedad se supone de 9.81m/s^2 calcule la pérdida por fricción.

Reemplazando los valores se llega a:

$$h_f = 0.03 \cdot \frac{1000}{18 \cdot 0.0254} \cdot \frac{2.5^2}{2 \cdot 9.81} = 20.902\text{m}$$

c) **Chezy-Manning:** La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning, en 1889:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Para algunos, es una expresión del denominado coeficiente de Chézy C utilizado en la fórmula de Chézy, $V(h) = C\sqrt{R(h) * S}$

Expresiones de la fórmula de Manning

La expresión más simple de la fórmula de Manning se refiere al coeficiente de Chézy :

$$C = \frac{1}{n} R(h)^{1/6}$$

De donde, por sustitución en la fórmula de Chézy, $V(h) = C\sqrt{R(h) * S}$, se deduce su forma más habitual:

$$V(h) = \frac{1}{n} R(h)^{2/3} \sqrt{S},$$

o

$$Q(h) = \frac{1}{n} A R(h)^{2/3} \sqrt{S},$$

siendo:

- C = coeficiente de rugosidad que se aplica en la fórmula de Chézy:
 $V(h) = C\sqrt{R(h) * S}$
- $R(h)$ = radio hidráulico, en m, función del tirante hidráulico h
- n es un parámetro que depende de la rugosidad de la pared
- $V(h)$ = velocidad media del agua en m/s, que es función del tirante hidráulico h
- S = la pendiente de la línea de agua en m/m
- A = área de la sección del flujo de agua
- $Q(h)$ = Caudal del agua en m³/s

También se puede escribir de la siguiente forma (usando el Sistema Internacional de Unidades):

$$V(h) = \frac{1}{n} * \left(\frac{A(h)}{P(h)} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

o

$$Q(h) = \frac{1}{n} * \frac{A(h)^{5/3}}{P(h)^{2/3}} * S^{1/2}$$

donde:

- $A(h)$ = Área mojada (área de la sección del flujo de agua), en m^2 , función del tirante hidráulico h
- $P(h)$ = Perímetro mojado, en m, función del tirante hidráulico h
- n = Un parámetro que depende de la rugosidad de la pared, su valor varía entre 0.01 para paredes muy pulidas (p.e., plástico) y 0.06 para ríos con fondo muy irregular y con vegetación.
- $V(h)$ = Velocidad media del agua en m/s, que es función del tirante hidráulico h
- $Q(h)$ = Caudal del agua en m^3/s , en función del tirante hidráulico h
- S = la pendiente de la línea de agua en m/m

Para el sistema unitario anglosajón:

$$V(h) = \frac{1.486}{n} * \left(\frac{A(h)}{P(h)} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q(h) = \frac{1.486}{n} * \frac{A(h)^{5/3}}{P(h)^{2/3}} * S^{1/2}$$

donde:

- $A(h)$ = Área mojada, en $pies^2$, función del tirante hidráulico h
- $P(h)$ = Perímetro mojado, en pies, función del tirante hidráulico h
- n = Un parámetro que depende de la rugosidad de la pared
- $V(h)$ = Velocidad media del agua en pies/s, que es función del tirante hidráulico h
- $Q(h)$ = Caudal del agua en $pies^3/s$, en función del tirante hidráulico h
- S = la pendiente de la línea de agua en pies/pies

El coeficiente de rugosidad n

El ingeniero irlandés Robert Manning presentó el 4 de diciembre de 1889 en el Institute of Civil Engineers de Irlanda, una fórmula compleja para la obtención de la velocidad, que podía simplificarse como $V = C * R^{2/3} * S^{1/2}$.

Tiempo después fue modificada por otros y expresada en unidades métricas como

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Cuando fue convertida a unidades inglesas, debido a que $1m = 3,2808pies$, se obtuvo su expresión en ese sistema de unidades anglosajón

$$V = \frac{1,486}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$
, manteniendo sin modificar los valores de n .

Al hacer el análisis dimensional de n se deduce que tiene unidades $TL^{-1/3}$. Como no resulta explicable que aparezca el término T en un coeficiente que expresa rugosidad, se ha propuesto hacer intervenir un factor \sqrt{g} , siendo g la aceleración de la gravedad, con lo que las unidades de n serían $L^{-1/6}$, mas propias del concepto físico que pretende representar.²

El valor del coeficiente es mas alto cuanto mas rugosidad presenta la superficie de contacto de la corriente de agua. Algunos de los valores que se emplean de n son:

Tabla del coeficiente de rugosidad n de Manning		
Material del revestimiento	Ven Te Chow	I. Carreteras ⁴
Metal liso	0,010	-
Hormigón	0,013	1/60 - 1/75
Revestimiento bituminoso	-	1/65 - 1/75
Terreno natural en roca lisa	0,035	1/30 - 1/35
Terreno natural en tierra con poca vegetación	0,027	1/25 - 1/30
Terreno natural en tierra con vegetación abundante	0,080	1/20 - 1/25

- contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- admite bombas de velocidad fija o variable
- determina el consumo energético y sus costes
- permite modelizar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.

- admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varía con el nivel)
- permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo
- puede modelizar salidas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p.ej. rociadores)
- admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

Además, como herramienta para el análisis de la calidad el agua, EPANET ofrece las siguientes prestaciones adicionales:

- modeliza el desplazamiento de trazadores no reactivos por toda la red, a lo largo del tiempo
- modeliza el avance y destino final de las sustancias reactivas cuya concentración o bien crece en el tiempo (p.ej. los subproductos derivados de la desinfección) o bien decrece (p.ej. el cloro residual)
- modeliza el tiempo de permanencia (o envejecimiento) del agua mientras discurre por la red
- permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción de caudal que llega a cada nudo de la red procedente de un nudo determinado (análisis de procedencias)
- modeliza las reacciones que tienen lugar tanto en el seno del agua como en las paredes de las tuberías
- admite reacciones de crecimiento o decrecimiento de la concentración de una sustancia hasta llegar a un valor límite
- permite definir coeficientes de reacción globales para toda la red, y modificar éstos posteriormente para determinadas tuberías
- permite considerar la inyección en cualquier punto de la red de un caudal másico o de concentración definida, variable en el tiempo
- la evolución de la calidad del agua en los depósitos puede modelizarse como una mezcla homogénea, mediante un modelo de pistón, o como un reactor de dos compartimentos.

La interfaz de usuario bajo Windows de EPANET proporciona un editor gráfico que simplifica el proceso de trazar el esquema de la red y definir las propiedades de sus componentes. Ofrece además distintas opciones para interpretar y analizar los resultados de un análisis, como son el trazado de curvas de evolución, de perfiles longitudinales o de mapas de isolíneas, la confección de tablas tabuladas con filtros, y la preparación de informes específicos orientados a la calibración, la evaluación del consumo energético o la valoración de las sustancias reactivas.

4.9.12.3 APLICACIONES

EPANET se desarrolló específicamente para ayudar a las compañías encargadas de la distribución del agua potable a controlar y mejorar la calidad del agua suministrada a los abonados a través de la red. Puede utilizarse para el diseño de programas de muestreo, realizar estudios sobre la pérdida de desinfectante y formación de subproductos derivados, o valorar las dosis de contaminante recibida por los abonados. Asimismo puede resultar una herramienta útil para valorar estrategias orientadas a mejorar la calidad del agua, como utilizar fuentes de suministro alternativas, modificar las

secuencias de bombeo que regulan el llenado y vaciado de los depósitos para reducir el tiempo de permanencia del agua en los mismos, utilizar estaciones de recloración en puntos clave de la red para garantizar los niveles de cloro de consigna, o planificar programas de rehabilitación y limpieza de tuberías.

EPANET puede utilizarse también para mejorar las características de la red hidráulica. Entre los posibles usos pueden citarse la localización y dimensionado de tuberías, bombas y válvulas, la minimización del gasto energético, la verificación de las condiciones de suministro en caso de incendio, la realización de estudios de vulnerabilidad de la red, o el entrenamiento de los operadores.

4.9.13 DISEÑO PROYECTO DE AGUA POTABLE

ZONAS *	AREA S (Ha)	DENSIDAD (hab/Ha.)	POBLACION Hab.
1	11,42	120,40	1375,00
			0,00
TOTAL	11,42		1375,00

DOTACION = 209,00 lt/hab*día

Kmd = 1,40
kmh = 2,00

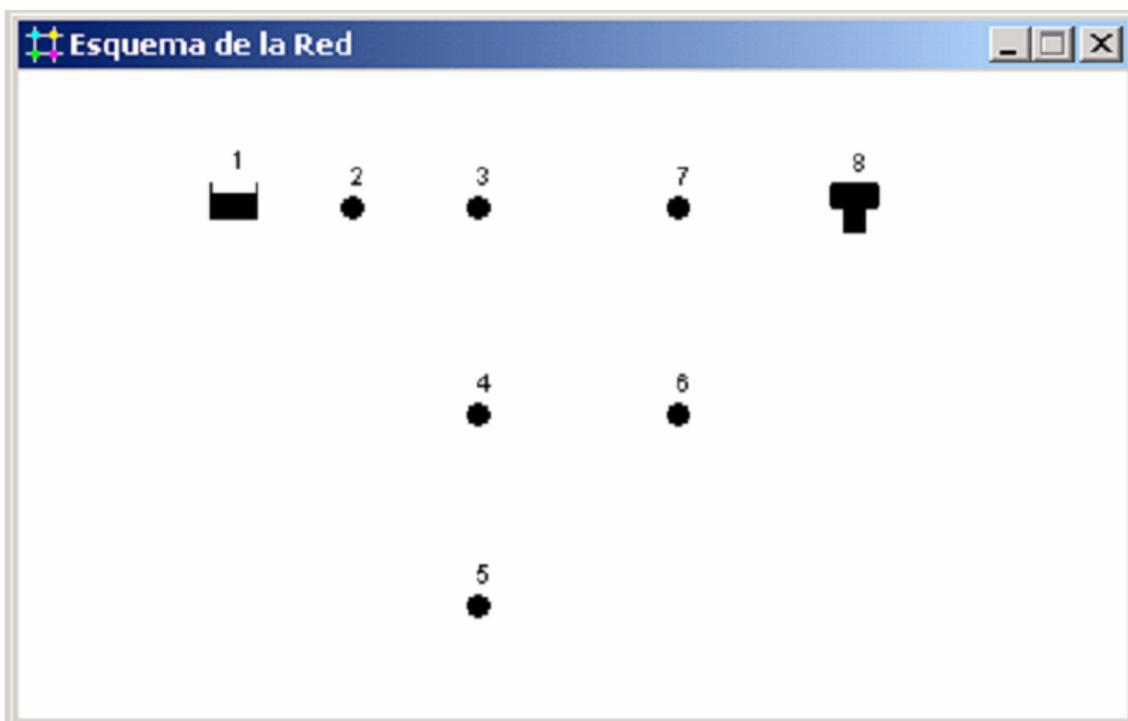
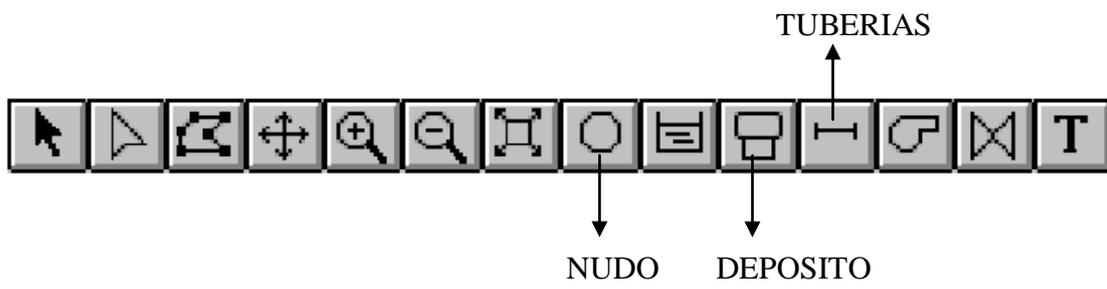
NODO	ZONA	AREA (Ha)	POBLACION (Hab.)	CAUDA L (lt/seg)	CMD (lt/seg)	CMH (lt/seg)
1	1	0,772	93	0,22	0,31	0,44
2	1	1,282	154	0,37	0,52	0,74
3	1	0,574	69	0,17	0,24	0,34
4	1	0,526	63	0,15	0,21	0,30
5	1	0,961	116	0,28	0,39	0,56
6	1	1,124	135	0,33	0,46	0,66
7	1	0,814	98	0,24	0,34	0,48
8	1	1,675	202	0,49	0,69	0,98
9	1	1,417	171	0,41	0,57	0,82
10	1	2,278	274	0,66	0,92	1,32
TOTAL URBANO		11,423	1375	3,32	4,65	6,64

* 1 Zona Urbana

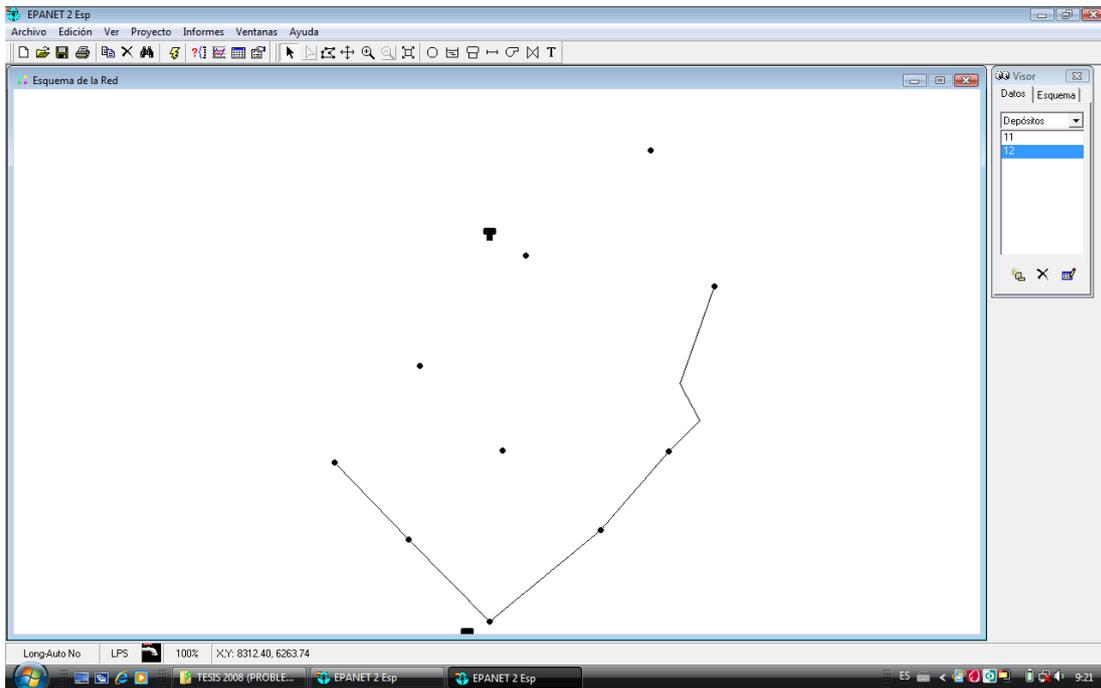
CMD Caudal máximo diario
Caudal máximo horario
CMH

Luego de calcular el caudal máximo horario con una hoja electrónica utilizando las aéreas de aportación obtenidas de los planos procedemos a emplear el programa EPANET de la siguiente manera:

Se procede a construir la red haciendo uso del ratón y de los botones de la Barra de Herramientas del Esquema, la cual se muestra a continuación.



Construcción de nuestra red:



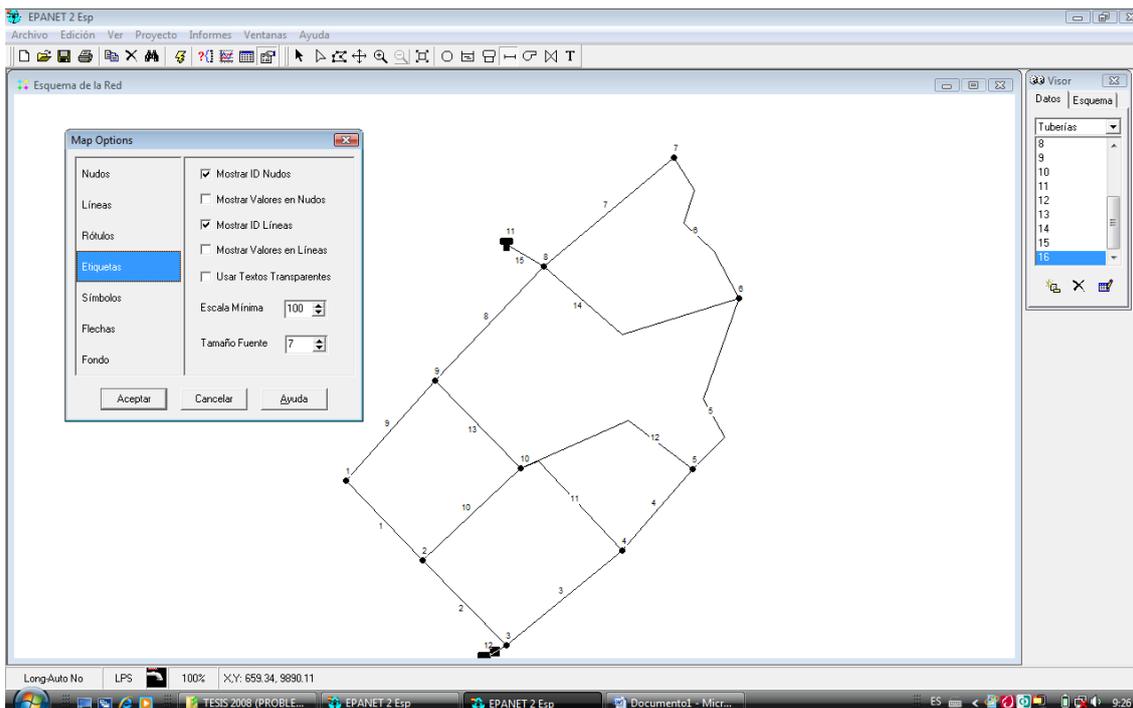
Los identificativos se generan automáticamente y de forma secuencial conforme se van



añadiendo objetos a la red. Mediante el uso de este ícono se podrá verificar si la red está bien conformada.



Se va a las opciones y activamos los identificadores de nudos y tuberías.





A continuación con el ícono seleccionar objeto vamos a cada nudo en donde se introducen los datos de cota y de demanda base el cual es el caudal máximo horario.

The screenshot shows the EPANET 2 Esp interface. On the left, a table displays the properties for 'Nudo de Caudal 1':

Propiedad	Valor
ID Nudo de Caudal	1
Coordenada X	2026.14
Coordenada Y	3159.04
Descripción	
Etiqueta	
Cota	2800
Demanda Base	0.44
Curva de Demanda	
Tipos de Demanda	1
Coefficiente del Emisor	
Calidad Inicial	
Intensidad de la Fuente	
Demanda Real	#N/A
Altura Total	#N/A
Presión	#N/A
Calidad	#N/A

The central diagram shows a network of 12 nodes and 14 pipes. Node 1 is highlighted in the 'Visor' panel on the right. The status bar at the bottom shows coordinates X:Y: 2119.31, 784.93.

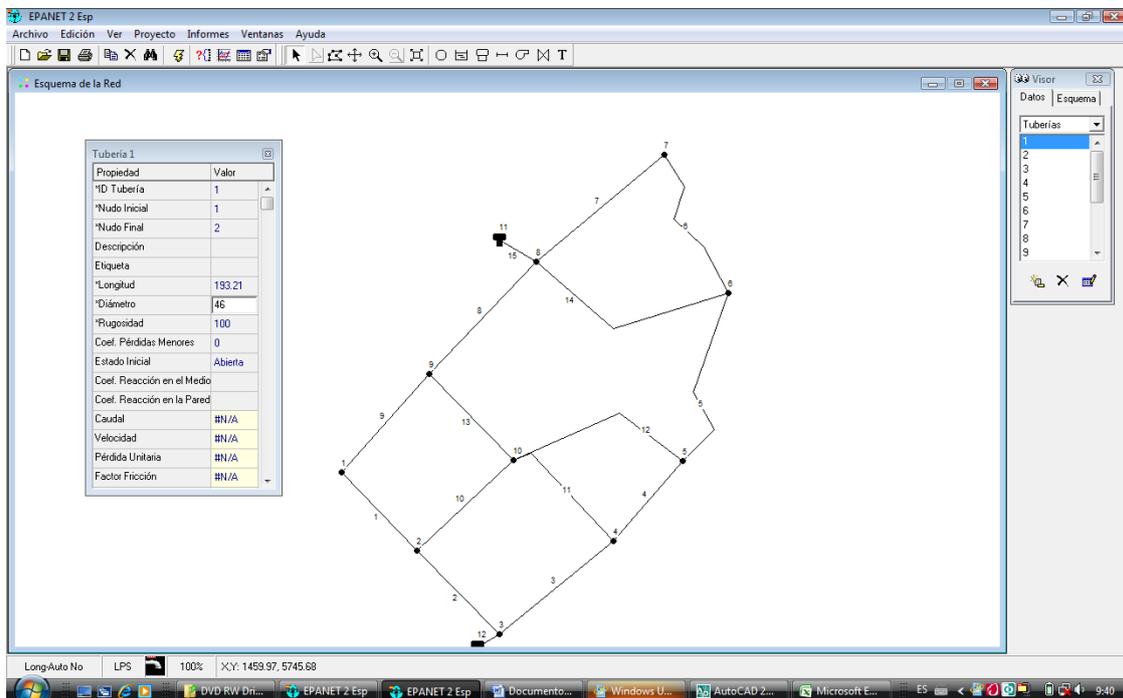
Luego de introducir los datos en todos los nudos corremos el programa el cual nos dará calculados los valores de demanda real, altura total, presión y si deseamos calidad del agua.

The screenshot shows the same EPANET 2 Esp interface after simulation. The 'Nudo de Caudal 1' properties window now shows calculated values:

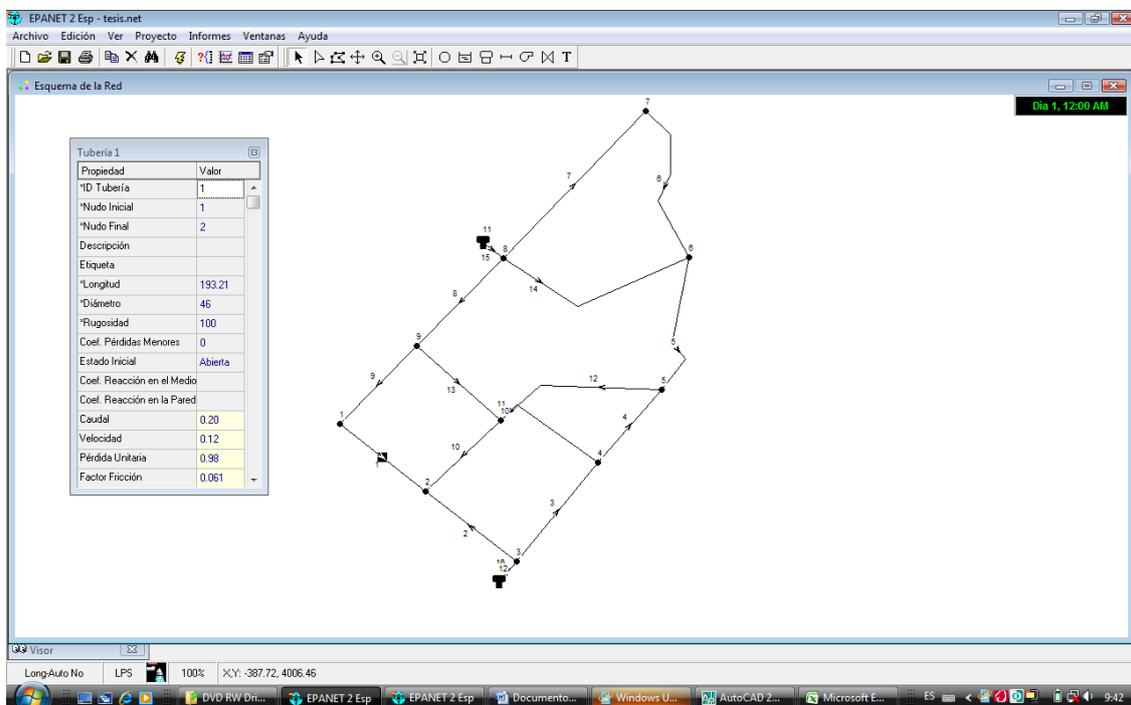
Propiedad	Valor
ID Nudo de Caudal	1
Coordenada X	758.46
Coordenada Y	3943.99
Descripción	
Etiqueta	
Cota	2800
Demanda Base	0.44
Curva de Demanda	
Tipos de Demanda	1
Coefficiente del Emisor	
Calidad Inicial	
Intensidad de la Fuente	
Demanda Real	0.44
Altura Total	2821.26
Presión	21.26
Calidad	0.00

The network diagram is the same, but the status bar at the bottom right now shows 'Dia 1, 12:00 AM' and the status bar at the bottom shows coordinates X:Y: 613.89, 2655.59.

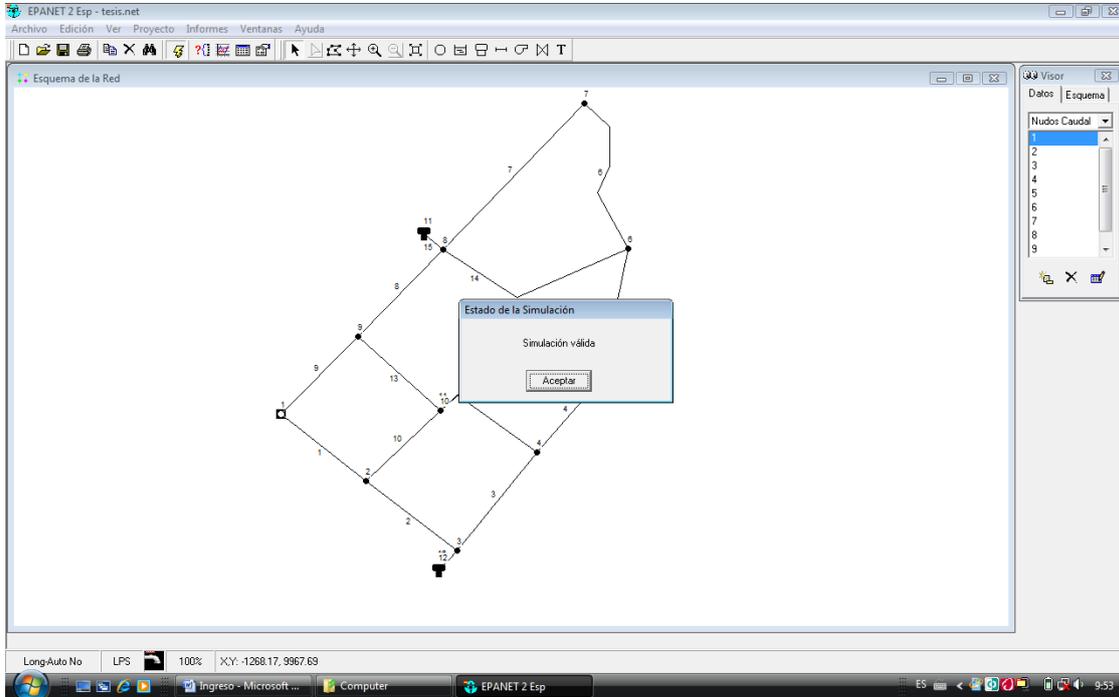
De la misma manera se procede con las tuberías donde tenemos que introducir los datos de longitud, diámetro (el cual debe ser interior) y rugosidad de acuerdo al material a emplearse.



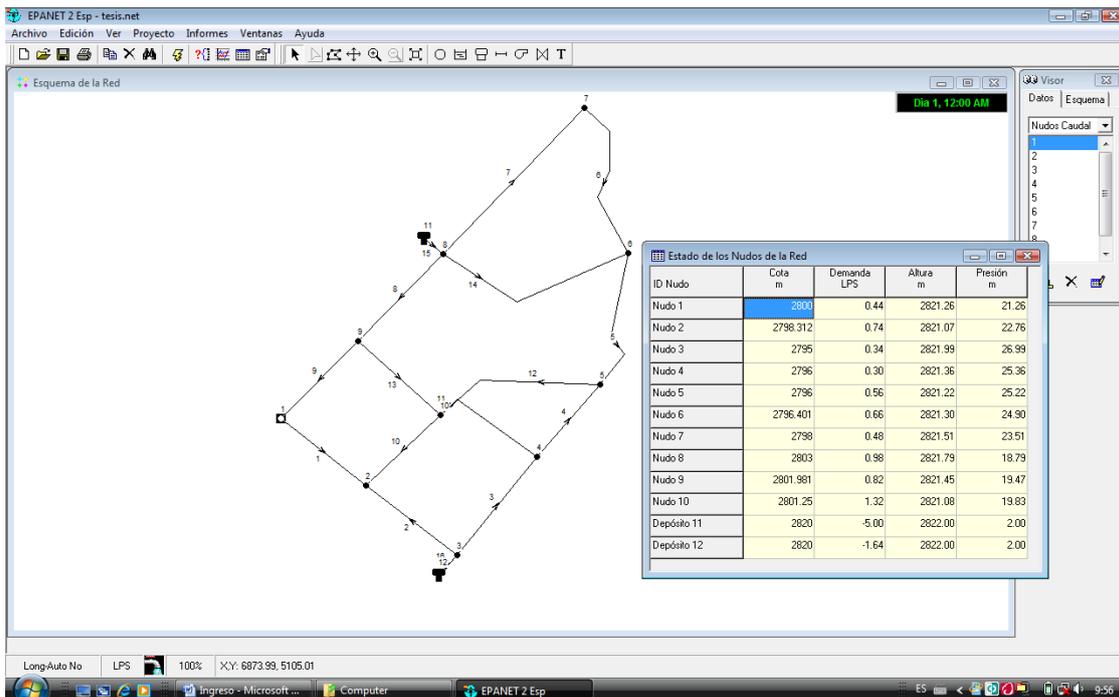
Se corre nuevamente el programa y nos da resultados de caudal, velocidad, pérdida unitaria, factor de fricción, velocidad de reacción, calidad y estado.



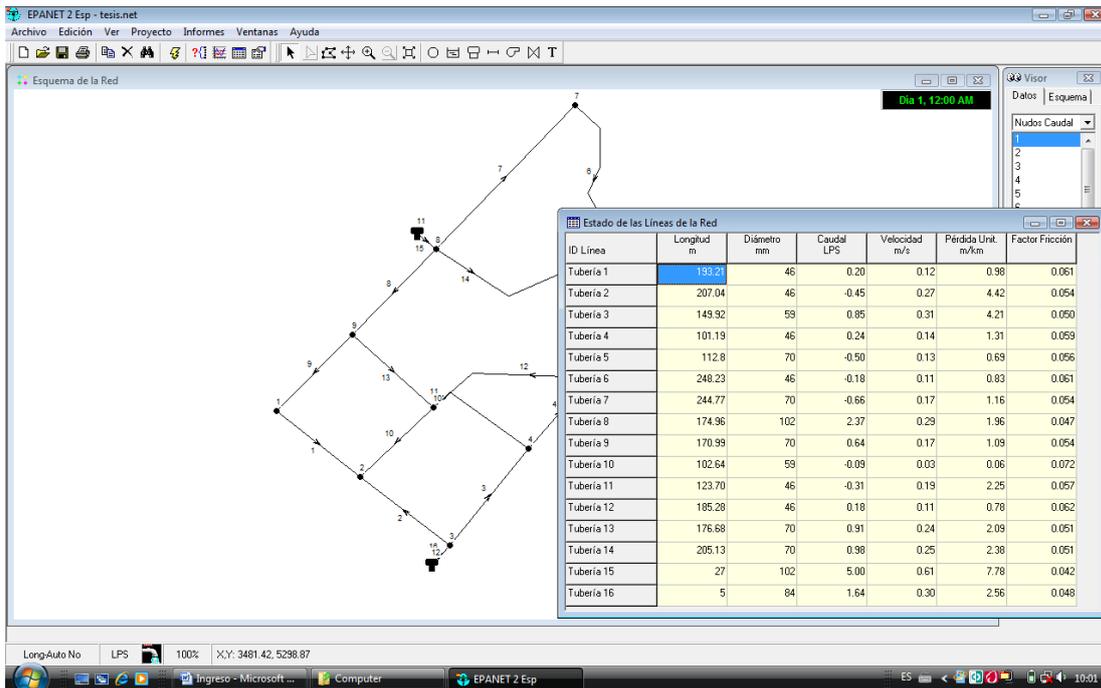
Como se puede apreciar el programa es interactivo, en donde el diseño se va estableciendo de acuerdo a los resultados que se procesan, estos deben estar dentro de parámetros ya establecidos, caso contrario se debe ir modificando los datos introducidos, generalmente el diámetro de tuberías hasta llegar al diseño definitivo.



Posteriormente mediante el uso del ícono  tablas podemos ver los estados de los nudos.



Y de igual manera el estado de las tuberías donde se puede ver los diámetros de diseño.



Estado de los Nodos de la Red					
	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	LPS	m	m
Nudo 1	2800	0.44	0.44	2821.26	21.26
Nudo 2	2.798.312	0.74	0.74	2821.07	22.76
Nudo 3	2795	0.34	0.34	2821.99	26.99
Nudo 4	2796	0.3	0.30	2821.36	25.36
Nudo 5	2796	0.56	0.56	2821.22	25.22
Nudo 6	2.796.401	0.66	0.66	2821.30	24.90
Nudo 7	2798	0.48	0.48	2821.51	23.51
Nudo 8	2803	0.98	0.98	2821.79	18.79
Nudo 9	2.801.981	0.82	0.82	2821.45	19.47
Nudo 10	2801.25	1.32	1.32	2821.08	19.83
Depósito 11	2820		-5.00	2822.00	2.00
Depósito 12	2820		-1.64		

Estado de las Líneas de la Red							
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	Factor Fricción	Estado
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km		
Tubería 1	193.21	46	0.20	0.12	0.98	0.061	Abierta
Tubería 2	207.04	46	-0.45	0.27	4.42	0.054	Abierta
Tubería 3	149.92	59	0.85	0.31	4.21	0.050	Abierta
Tubería 4	101.19	46	0.24	0.14	1.31	0.059	Abierta
Tubería 5	112.8	70	-0.50	0.13	0.69	0.056	Abierta
Tubería 6	248.23	46	-0.18	0.11	0.83	0.061	Abierta
Tubería 7	244.77	70	-0.66	0.17	1.16	0.054	Abierta
Tubería 8	174.96	102	2.37	0.29	1.96	0.047	Abierta
Tubería 9	170.99	70	0.64	0.17	1.09	0.054	Abierta
Tubería 10	102.64	59	-0.09	0.03	0.06	0.072	Abierta
Tubería 11	123.70	46	-0.31	0.19	2.25	0.057	Abierta
Tubería 12	185.28	46	0.18	0.11	0.78	0.062	Abierta
Tubería 13	176.68	70	0.91	0.24	2.09	0.051	Abierta
Tubería 14	205.13	70	0.98	0.25	2.38	0.051	Abierta
Tubería 15	27	102	5.00	0.61	7.78	0.042	Abierta
Tubería 16	5	84	1.64	0.30	2.56	0.048	Abierta

4.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de prospección hidrogeológica con el fin de aprovechar el agua que se encuentra en la ciudad de Riobamba. El agua de los nuevos pozos ingresará a las reservas que se han construido.

Se recomienda realizar los estudios de calidad de agua de los pozos, así como también realizar un análisis de tratabilidad con el fin de conocer los procesos de tratamiento necesarios para conseguir un agua de alta calidad.

Para realizar este proyecto a nivel de diseño definitivo, se deberá contar con la topografía de toda la ciudad, topografía a nivel de detalle en todos los sitios en donde se plantean obras importantes como las captaciones, los planos con curvas de nivel servirán para plantear las posibles nuevas redes considerando las cotas de servicio.

Se debe recomendar a la EMAPAR que realice los trámites de adjudicación del agua, el estudio hidrogeológico indicará el caudal aprovechable en cada pozo.

BIBLIOGRAFIA

1. Fuente EMAPAR, 2004
2. Proyecto Washed, “Estudio tarifario para sistemas de agua potable rurales en el Ecuador”, 1995, documento tecnico No. 02-OYM, Quito-Ecuador.
3. UCE, “Manual de bastecimiento de agua y alcantarillado”, 1968, facultad de ingenieria, Quito-Ecuador.
4. IEOS, UCE, “Planta de tratamiento de agua potable”, enero de 1972, Quito-Ecuador.
5. López Cualla Ricardo Alfredo, “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, febrero 1995, Santa Fe de Bogota.
6. C. Gomella – H. Guerre, “Tratamiento de aguas para abastecimiento publico”, 1977, Barcelona - España
7. IEOS, “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable, agosto 1993, Quito-Ecuador.
8. Fair Geyer y Okun, “Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales”, 1 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1976, volumen 1, Editorial Limusa México.

9. Fair Geyer y Okun, “Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales”, 1 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1976, volumen 2, Editorial Limusa México.

ANEXOS

BIOGRAFÍA

Nelson Patricio Mancheno Patiño nace un 18 de mayo de 1979 en la ciudad de Riobamba, cuyos padres son Luís Enrique Mancheno Moreano e Inés Patricia Patiño Cuadrado.

Cursa sus primeros pasos en el Jardín de Infantes ABC, en la ciudad de Riobamba (1984).

Pasa por la escuela Pensionado Olivo Quito (1985-1989) y finaliza en el Pensionado Olivo de Riobamba (1990), luego ingresa al Colegio San Felipe Neri (1991-1997),

posteriormente trasladándose nuevamente a la ciudad de Quito e ingresa en Escuela

Politécnica del Ejército a la Facultad de Ingeniería Civil, donde en la actualidad culmina

con la obtención del título de Ingeniero Civil y en la Modalidad de Estudio a Distancia en

la Facultad de Idiomas de la ESPE obtiene la suficiencia en el Idioma Inglés.

HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS

ELABORADO POR

NELSON PATRICIO MANCHENO PATIÑO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

ING. JORGE ZUÑIGA GALLEGOS

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISION Y REGISTRO

AB. LAURA LOPEZ A.

SANGOLQUI, 19 de mayo de 2010.