

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES FACTIBLES
DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA ZONA
SUR-SUR DE CARACAS**



AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y hermanos por su ayuda a lo largo de la carrera.

Al Ingeniero y tutor Rafael Guevara por su disposición, ayuda y conocimiento en la materia.

A la Ingeniero María Antonia Larez por su incondicional ayuda a lo largo de todo el proceso.

Al Ingeniero Franklin Gallardo, por su aporte de datos y conocimiento del sistema.

Al Ingeniero César Aguirre, por su aporte de datos relativos a equipos de bombeo del sector.

Al Ingeniero Gustavo Rivas, por la ayuda y apoyo brindado durante el proceso.

Al Ingeniero José Gerardo Castillo, por su atenta e incondicional colaboración.

Y a todos aquellos profesionales, profesores, alumnos y trabajadores que de alguna manera fueron una influencia en este Trabajo de Grado.

Los Autores



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO.....	6
I.1 Tipo de Investigación.....	6
I.2 Diseño de la Investigación.....	6
I.3 Descripción General.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED.....	14
III.1 Límites del Área de Servicio de la Red.....	14
III.2 Abastecimiento del Sistema de Distribución de Caracas.....	19
III.3 Alimentación y Descripción de la Red de Distribución del Sistema Sur-Sur de Caracas.....	21
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS.....	25
IV.1 Información Base.....	25
IV.2 Metodología para la Estimación de las Demandas.....	25
IV.3 Características de la Demanda.....	28
IV.3.1 Estimación de las Demandas.....	28
IV.3.2 Distribución Planimétrica de la Demanda.....	30
IV.3.3 Distribución Altimétrica de la Demanda.....	32
IV.3.4 Distribución de la Demanda por Sistemas de Funcionamiento Hidráulico Independientes.....	33
CAPÍTULO V. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	35
V.1 Descripción General.....	35
V.2 Modelaje Hidráulico.....	36
V.2.1 Simulador H2O Net.....	38



V.2.2 Características.....	38
V.2.3 Premisas para la Simulación	39
V.2.4 Construcción de los Modelos.....	40
V.3 Calibración	40
V.3.1 Mediciones de Caudales y Presiones.....	40
V.3.2 Verificación de la Curva Horaria	42
CAPÍTULO VI. DIAGNÓSTICO DE REDES.....	45
VI.1 Definición y Delimitación de los Sistemas Internos	45
VI.2 Análisis Global de la Red	51
VI.3 Análisis Interno de los Sistemas.....	55
VI.3.1 Problemas Generales Identificados	55
VI.3.2 Detección de Problemas en los Sistemas Internos.....	56
VI.3.3 Corrida del Programa	62
CAPÍTULO VII. PROPUESTAS.....	65
VII.1 Planteamiento General.....	65
VII.1.1 Criterios para la Elección de las Propuestas	65
VII.1.2 Sectorización de las Propuestas.....	67
VII.2 Ingeniería Conceptual	72
VII.3 Ingeniería Básica.....	84
VII.3.1 Criterios de Diseño	84
VII.3.2 Pre-Dimensionamiento	86
VII.3 Modelaje de las Propuestas	92
VIII. CONCLUSIONES	98
IX. RECOMENDACIONES	100
IX. BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXO A	103
Glosario	103



ANEXO B	106
Estadísticas Demográficas 1990-2011 (I.N.E.)	106
ANEXO C	108
Estudio de la Demanda en desarrollos del Sur-Sur de Caracas y en Hoyo de la Puerta.....	108
ANEXO D	111
Gráficos de Nodos, Tuberías y Equipos de Bombeo en Etapa de Diagnóstico.....	111
ANEXO E	114
Curvas Características de Bombas KSB WKL 80/4-3500rpm, KSB WKL 100/5-1750 rpm y KSB WKL 150/4-1750 rpm.	114
ANEXO F.....	118
Tablas Resumen de Propuestas de estudios anteriores: Sur-Sur (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999) y Barutaima (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008)	118
ANEXO G.....	120
Niveles de Servicio de los Desarrollos Sur-Sur	120
ANEXO H.....	123
Estudio de la Variación Horaria de la Demanda en la Red Baja de Caricuao	123
ANEXO I.....	130
Plano con Infraestructura Hidráulica actual Sur-Sur.....	130

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Datos Generales de la zona Sur-Sur de Caracas.....	15
Tabla 2. Características del Tuy I.....	20
Tabla 3. Características del Tuy II.....	20
Tabla 4. Características del Tuy III.....	20
Tabla 5. Estanques del Sistema Sur-Sur.....	23
Tabla 6. E/B del Sistema Sur-Sur.....	24
Tabla 7. Demandas Actuales y Futuras en los Desarrollos del Sur-Sur.....	29
Tabla 8. Distribución Altimétrica de la Demanda.....	32
Tabla 9. Sistemas Hidráulicamente Independientes.....	34
Tabla 10. Niveles de Servicio de HIDROCAPITAL.....	35
Tabla 11. Rango de Cotas de los Diferentes Desarrollos del Sur-Sur.....	36
Tabla 12. Datos de Campo de Válvulas Reguladoras de Presión (V.R.P.)	41
Tabla 13. Datos de Campo de Presiones en Límite de Red.....	41
Tabla 14. Datos de Campo de las Estaciones de Bombeo.....	42
Tabla 15. Datos de la Curva de Variación Horaria Empírica.....	43
Tabla 16. Sistemas Internos para el Diagnóstico de la Red.....	45
Tabla 17. Tabla de Nodos en la Hora Pico de la Red Actual.....	63
Tabla 18. Tabla de Tuberías en la Hora Pico de la Red Actual.....	64
Tabla 19. Características de las Propuestas.....	68
Tabla 20. Resumen de las Propuestas.....	90



Tabla 21. Tabla de Nodos en horas de alta y baja demanda de las Propuestas A, B y C.....	92
Tabla 22. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas A, B y C.....	93
Tabla 23. Tabla de Nodos en horas de alta y baja demanda de las Propuestas D, E y F.....	94
Tabla 24. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas D, E y F.....	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución Geográfica del Área de Estudio.....	18
Figura 2. Plano Esquemático General del Diagnóstico.	46
Figura 3. Delimitación del Sistema A.....	47
Figura 4. Delimitación del Sistema B.....	48
Figura 5. Delimitación del Sistema C.....	49
Figura 6. Delimitación del Sistema D.....	50
Figura 7. Perfil de Elevación: Fuente de Agua-Sistema A. (en línea recta).....	52
Figura 8. Perfil de Elevación: Fuente de Agua-Sistema B.....	53
Figura 9. Abastecimiento Actual y Alternativo del Sistema C.	54
Figura 10. Perfil de Elevación: Ineficiencia del Bombeo Monte Elena.....	61
Figura 11. Sectorización Propuestas Club La Contraloría.....	69
Figura 12. Sectorización Propuestas Morochos de Baruta.....	70
Figura 13. Alcance de las Propuestas.....	71
Figura 14. Perfil de Elevación: Propuesta A.....	72
Figura 15. Ubicación de Nuevos Estanques.....	76
Figura 16. Perfil de Elevación: Propuesta B.....	77
Figura 17. Perfil de Elevación: Propuesta C.....	79



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución del Área Total.....	16
Gráfico 2: Distribución Planimétrica de la Demanda por Desarrollos.....	31
Gráfico 3: Participación Porcentual de las Áreas.....	32
Gráfico 4: Distribución Altimétrica de la Demanda.....	33
Gráfico 5: Curva de Variación Horaria Empírica.....	44
Gráfico 6. Nivel de Aguas del Estanque Ojo de Agua (propuesto).....	96
Gráfico 7. Nivel de Aguas del Estanque Hoyo de la Puerta (existente).....	96
Gráfico 8. Nivel de Aguas del Estanque Hoyo de la Puerta (propuesto).....	97



SINOPSIS

El sistema de distribución de agua potable de la zona Sur-Sur de Caracas, motivo de estudio del presente Trabajo de Grado, se encuentra operando actualmente de manera poco eficiente, lo que trae como consecuencia consumos energéticos importantes y suministro intermitente e insuficiente de agua potable a la población de dicho sector.

La Tubería de distribución del Tuy III de 100" proveniente de los Estanques Morocho de Baruta atraviesa todo el sector en estudio y debería ser ella la fuente preferente de abastecimiento a dicho sector, por razones de cercanía al centro de consumo y por ser ésta la que representa hoy y en el futuro la fuente de mayor capacidad de abastecimiento a la ciudad. Asimismo, considerando que la situación actual de abastecimiento del sector es en su mayoría proveniente de fuentes del Tuy I y Tuy II, al efectuar la reconversión prevista en el presente trabajo se obtendrá como impacto positivo adicional la disponibilidad de un gasto considerable en estos sistemas también hoy en día comprometidos, producto del cambio de fuente de abastecimiento aquí propuesto.

En este estudio se presentan propuestas que buscan mejorar la distribución de agua potable en el Sector Sur-Sur de la Ciudad Capital, basados en criterios de funcionamiento hidráulico y planimétrico y apoyados en la búsqueda y organización de información en documentos de estudios previos de dicho sector, en datos obtenidos en campo del actual acueducto y en el uso de programas de computación avanzados para respaldar los cálculos de la nueva infraestructura que se requiere para realizar los cambios y las mejoras.



INTRODUCCIÓN

La zona urbana denominada Sur-Sur de Caracas, es abastecida de agua potable desde tres fuentes principales de la ciudad: los sistemas Tuy I, Tuy II y Tuy III.

Esta zona está definida como la extensa área ubicada al sur del Municipio Baruta, comprendiendo las urbanizaciones El Volcán, Monterrey, Los Guayabitos (Alto y Bajo), Barutaima, Monte Alto, Monte Pino, La Limonera, El Placer y Monte Elena; los desarrollos informales constituidos por Ojo de Agua, El Progreso y Hoyo de la Puerta; y la zona de la Universidad Simón Bolívar, y el área industrial de Ojo de Agua.

Actualmente, la operación de este sistema de abastecimiento implica un alto consumo de energía, y presenta un suministro de agua discontinuo en la mayoría de sus sectores urbanos; tanto para los sectores abastecidos por el Tuy I y II, así como también, para otros sectores cuyo abastecimiento es desde el Tuy III.

La motivación del presente trabajo es investigar, analizar y proponer soluciones, que respondan hidráulicamente a un funcionamiento de mejor eficiencia del sistema de distribución de agua potable del sector en estudio, incluyendo el uso de una infraestructura recientemente construida que no ha sido considerada en estudios previos del sector Sur-Sur de Caracas.

Objetivos

Objetivo General

Proponer mejoras a la red de distribución global del sector Sur-Sur de Caracas, planteando un abastecimiento exclusivo por medio del Sistema Tuy III, que está planimétrica y altimétricamente más cerca de las urbanizaciones en estudio, y es el sistema de mayor capacidad de envío de agua a la ciudad. Se considera que no se deberán abandonar las conexiones con el Tuy I y Tuy II, para no perder las posibilidades de enlace en situaciones de emergencia que así lo ameriten.



Al efectuar la conversión de suministro al sector Sur-Sur a través del sistema Tuy III, se logrará disponer de esos excedentes en los Sistemas Tuy I y Tuy II, de menor capacidad de abastecimiento que el Tuy III, por ser sistemas diseñados para una ciudad menos desarrollada, y en consecuencia se mejorarán los niveles de suministro en la ciudad, en los sectores de influencia directa del Tuy I y Tuy II. Probablemente estos excedentes serán de tanta importancia en el mejoramiento del suministro de agua a la ciudad, como lo será la implementación de las recomendaciones presentadas en el presente trabajo.

Objetivos Específicos

- Búsqueda y organización de información de las redes de distribución actuales.
- Definición del área de cobertura de las redes ubicadas en el sector Sur-Sur de Caracas.
- Definición de la población atendida y esperada para un horizonte de diseño de 20 años a partir de la presente fecha.
- Determinación de caudales demandados.
- Simulación hidráulica de la red de distribución con el uso de programas avanzados de modelación hidráulica.
- Diagnóstico de la red de distribución (fuente, potabilización, almacenamiento y distribución).
- Propuestas de mejoras en la red de distribución.
- Planteamiento de soluciones alternativas.

Alcance

El presente trabajo pretende establecer soluciones, que se le puedan dar a la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona Sur-Sur de



Caracas. Si bien es cierto que, el servicio al sector ha venido siendo discontinuo, pero no tan crítico para llegar a niveles de conflictos sociales, es importante señalar que ha implicado un consumo mayor de energía que otras alternativas, así como el uso ineficiente de la red de tuberías existente. Los resultados de esta investigación, pretenden aportar la posibilidad de liberar agua de los sistemas Tuy I y Tuy II, hacia zonas de su influencia directa.

De esta manera, se quiere proponer una mejor solución hidráulica desde el punto de vista conceptual, en busca de una mayor eficiencia de los sistemas de abastecimiento de agua potable en estudio, considerando la E/B del Club La Contraloría, ubicada céntricamente en la zona Sur-Sur de Caracas y recientemente puesta en servicio, así como la cercanía de la Tubería Tuy III de distribución al área de influencia del estudio. Sin embargo, el alcance de este trabajo no incluye un análisis económico de las propuestas, que deberán ser evaluadas en trabajos posteriores.

Antecedentes de la Investigación

La zona Sur-Sur de Caracas ha sido motivo de estudio por HIDROCAPITAL y algunas empresas privadas en años anteriores. Para este trabajo, se han tomado como fuente de información y referencia los siguientes proyectos:

- HIDROCAPITAL. *“Ingeniería Conceptual del Sistema Sur-Sur”*. M.G.A. Ingenieros Civiles S.C., 1999.
- HIDROCAPITAL. *“Plan Maestro Preliminar del Acueducto del Sector Sureste – Río Guaire. Municipio El Hatillo”*. M.G.A. Ingenieros Civiles S.C., 1999.
- PILPERCA. *“Ingeniería de Detalle de Aducción E/B Contraloría – Estanque La Limonera, Tubería de Acero, Diámetro 300mm. Memoria Técnica”*. G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2009.



- Urbanización Barutaima. *“Proyecto de Acueducto Interno Urbanización Barutaima, Municipio Baruta. Memoria Descriptiva”*. G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008.

En años anteriores, también se han hecho Trabajos Especiales de Grado relacionados con funcionamientos hidráulicos de otras zonas. Se han tomado como referencia los siguientes:

- U.C.A.B. Trabajo de Grado. *“Análisis del funcionamiento hidráulico del área de influencia de la E/B Calle 18 – El Valle”* (Rojas & Tablante, 2000).
- U.C.A.B. Trabajo de Grado. *“Estudio del Comportamiento Hidráulico de las Redes del Noreste de Caracas”* Junio 1996 (Álvarez & Muci, 1996).

Planteamiento del Problema

El Sistema Sur-Sur de Caracas está actualmente abastecido por fuentes de agua potable lejanas, y sistemas de distribución ineficientes que se traducen en un mayor consumo de energía. Esto se debe al incremento en la demanda de agua potable que experimentó la Ciudad de Caracas en el siglo XX, exigiendo nueva infraestructura para el abastecimiento asociada al crecimiento poblacional, dando origen a los Sistemas Tuy I, Tuy II y Tuy III¹. Además, no se ha considerado el completo aprovechamiento de obras hidráulicas recientes que se han construido en el sector, y que pudiesen mejorar el funcionamiento general del suministro de agua potable de la zona.

Justificación

Como ya ha sido mencionado anteriormente, con este estudio se pretende plantear mejoras para lograr un abastecimiento de agua potable más eficiente, y con

¹ Obras cuyos nombres están asociados a un orden cronológico de construcción.



menores fallas para las poblaciones afectadas. Las Autoridades y Organismos competentes que así lo deseen, podrán darle uso a las propuestas planteadas en este documento, en pro de una operación más adecuada del acueducto de la zona Sur-Sur de Caracas, que beneficie a la comunidad.

Adicionalmente, tanto la estructuración del trabajo como su contenido servirán para futuras investigaciones, que se quieran llevar a cabo por estudiantes de la Universidad.

Así mismo los autores de este trabajo de grado, buscan obtener su título como Ingeniero Civil de la Universidad Católica Andrés Bello, siendo éste uno de los requisitos fundamentales para optar al mismo, por lo tanto, representando una prueba del desenvolvimiento de sus destrezas y, de su capacidad para enfrentar los futuros retos en la vida profesional.



CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO

I.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación depende del alcance de la información que va a ser aportada por los resultados del presente estudio. Al analizar detalladamente el objetivo principal de este trabajo, el cual está relacionado a unas propuestas de mejora de un sistema de distribución de agua potable, con fines didácticos, se destaca que la información a ser aportada posee un alto nivel investigativo, clasificándose como un proyecto factible. Esto se justifica ya que implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio.

En este sentido, la propuesta busca brindar una solución a una necesidad existente, como lo es, contar con una red de distribución de agua potable capaz, eficiente y práctica. De esta manera esta investigación se puede definir como proyectiva, ya que su meta es solucionar un problema real para muchos habitantes de la zona Sur-Sur de Caracas, utilizando como principal herramienta un programa de simulación de funcionamiento hidráulico.

I.2 Diseño de la Investigación

El diseño de una investigación, está directamente relacionado con la forma en que se obtiene la información necesaria para realizar el trabajo. De esta manera se pueden considerar como principales criterios para evaluar el diseño de una investigación: la fuente de la cual se obtienen los datos, el control de variables y, la perspectiva temporal.

Se puede catalogar el diseño de este trabajo como mixto, documental y de campo, puesto que se fundamentó en la búsqueda de información documental existente sobre el tema, así como en función a un conjunto de mediciones realizadas



sobre las variables, que inciden en el diseño del sistema de distribución de agua potable a través del operador del acueducto.

Con respecto a la perspectiva temporal de los diseños de investigación, este trabajo se puede clasificar como un diseño contemporáneo, debido a que la información fue obtenida en un solo momento del tiempo presente; mientras que considerando el control de variables, se trata de una investigación no experimental, ya que no se efectuó una manipulación directa de las variables de estudio.

I.3 Descripción General

El primer paso consiste en recabar información acerca del sistema de distribución de agua potable (aducciones, redes de distribución, estaciones de bombeo, estanques, válvulas, etc.) que se encuentra actualmente operando en dicha zona. Se logró la obtención de levantamientos planimétricos bastante completos, de documentos con la descripción de elementos, de información sobre presiones de operación en distintos puntos de la red y de estudios² de proyectos y propuestas de modificaciones en esta red de distribución aun no ejecutados.

Luego de la fase de estudio y análisis de los documentos, se pasa a la instalación del programa en modelos hidráulicos, para la simulación del comportamiento hidráulico del sistema de distribución. En este caso se trabajó con el programa H2O Net, básicamente por ser el programa utilizado por la C.A. Hidrológica de la Región Capital, HIDROCAPITAL, en el montaje del modelo del Acueducto Metropolitano, a todos sus niveles. El H2O Net trabaja simultáneamente con el Autocad 2000, y forma una parte importante en la ejecución del trabajo, el entendimiento y buen manejo de este programa; ya que será a través de éste que se obtendrá la información técnica de las soluciones planteadas.

² Referenciados en la Bibliografía



El siguiente paso, consiste en establecer con precisión el ámbito geográfico de la red de distribución a estudiar, llevando la información obtenida anteriormente al programa H2O Net para así establecer el modelo hidráulico computarizado. Cabe destacar que, en este punto se deben hacer algunas actualizaciones a la información recabada pues, con el paso del tiempo entran en juego diversas variables, como lo pueden ser: crecimiento poblacional, lo que implica una mayor demanda, la puesta en servicio de nuevas matrices, estaciones de bombeo o estanques y, las posibles existencias de fallas sin reparar en algún tramo del sistema, entre otros. Para ello se debe hacer un trabajo de campo en el cual no únicamente se habla con el ente encargado de operar el acueducto, HIDROCAPITAL en este caso, sino que, adicionalmente es necesario hacer ciertas mediciones en puntos estratégicos o claves. Ejemplos de estas mediciones pueden ser: presiones, caudales, niveles de estanques, etc. Estos datos resultan de gran utilidad en la calibración del modelo hidráulico.

A continuación, una vez que se tienen todos los datos de campo necesarios, y el modelo estructural del sistema dibujado en Autocad con las respectivas demandas de cada desarrollo, se procede a introducir estos valores en los estanques, estaciones de bombeo, y válvulas correspondientes, para así poder tener un modelo que se asemeje a la situación real del sistema de distribución de agua potable en cuestión.

Con el modelo del sistema actualizado y razonablemente calibrado, se entra en la etapa de diagnóstico de la red de distribución actual, y planteamiento de las propuestas para la modificación del sistema en estudio, considerando por supuesto, aquellas planteadas anteriormente por HIDROCAPITAL. Las propuestas deben cumplir con los requerimientos hidráulicos según “Normas de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones” (I.N.O.S. Departamento Técnico, 1966), y además, debe ser suficientemente lógica y viable; de manera tal que pueda ser realmente considerada como solución al problema planteado.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Para la lectura de este trabajo de grado se hace de gran utilidad repasar los siguientes conceptos:

Aducción: tubería que va desde la fuente de agua hasta un primer estanque compensador. Suelen ser de acero por sus los diámetros y presiones que se manejan.

Calibración de Modelos Matemáticos: proceso mediante el cual se van comparando situaciones y mediciones reales de funcionamiento hidráulico del sistema físico, con los valores que produce el modelo, y se le van haciendo ajustes al modelo buscando que el mismo represente lo mejor posible la realidad.

Cavitación: fenómeno por el cual el agua o cualquier otro fluido alcanza su presión de vapor a temperatura ambiente, por presencia de vacío produciéndose una transformación súbita de sus moléculas, del estado líquido al estado gaseoso (vapor). Esta transformación se manifiesta como formación de burbujas o “cavidades”, que erosionan el entorno donde estén ubicadas (tuberías, aliviaderos, entre otros).

Consumo: volumen de agua realmente utilizado en un momento dado dentro del sistema de distribución de agua potable de una comunidad.

Crecimiento Poblacional: cambio en el número de personas que integran una población, experimentado a lo largo de un período de tiempo establecido, generalmente un año.



Demanda: volumen de agua que teóricamente sería requerido por los usuarios del acueducto, para satisfacer eficientemente sus necesidades. Típicamente se expresa en m^3/s o l/s .

Dotación: cantidad de agua que se requiere suministrar en un período de tiempo a cada usuario del acueducto (casa, edificio, industria, parque, etc.), para satisfacer adecuadamente sus correspondientes necesidades. La dotación doméstica típicamente se expresa en l.p.p.d. (Palacios, 2008)

Ecuaciones tras el Modelaje Hidráulico: aunque todo el análisis de la red actual y el estudio de la propuesta se hicieron a través de un programa de modelaje hidráulico, se presentan a continuación las ecuaciones que sustentan la hidráulica de conducciones a presión, así como también la parte estructural del diseño de tuberías (cálculo de espesores):

Ecuación de Continuidad	$A_1 * V_1 = A_2 * V_2$
Ecuación de Bernoulli	$H_1 = H_2 + \sum h_f + \sum h_L$
Pérdida por Fricción (Darcy Weisbach)	$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$
Pérdida Localizada	$h_L = k_L * \frac{V^2}{2g}$
Potencia Bomba	$P_B = 9.81 * \frac{Q * \gamma * H_B}{n}$
Ecuación de Barlow (presión interna)	$e = \frac{p * D}{2\sigma_t}$
Fórmula de Stewart (colapso por presión externa)	$e = 0.0075 * D$
Espesor mínimo por manejo de tubería	$e = 0.006 * D$



(Ver Anexo A para el significado de las expresiones).

Estanque Compensador: estructura cuya función es almacenar agua, y servir como amortiguación para la red de distribución, debido a las fluctuaciones que experimenta la demanda a lo largo del día. Al estanque le llega una única tubería que tiene puntos de tomas a lo largo de su recorrido y que dependiendo del caudal demandado, si es mayor o menor que el caudal medio, el estanque aportará agua al sistema o recibirá agua del sistema respectivamente.

Estanque Distribuidor: estructura cuya función es almacenar una porción del agua demandada, para compensar la variación horaria de dicha demanda. Al estanque llega una tubería de aducción cuyo flujo es siempre hacia el estanque y que no tiene tomas a lo largo del recorrido y sale una tubería a la red de distribución cuyo flujo es siempre del estanque hacia el centro de consumo.

Hidroneumático: equipo de funcionamiento electromecánico, constituido por un grupo de bombas, un tanque presurizado (neumático) y un compresor. Se establecen niveles mínimos y máximos de presión dentro del tanque presurizado en base a ciertos criterios como lo son la altura de bombeo requerida, la capacidad estructural del tanque, entre otros. Las bombas se prenden cuando la presión llega al nivel mínimo establecido producto del descenso del nivel de agua, y se apagan cuando el nivel de agua llega al nivel máximo establecido. Se utiliza una cámara de aire dentro del tanque hidroneumático, para poder absorber las diferencias de presiones producto de la operación propia del sistema. Se considera un ciclo, el proceso de arranque de la bomba estando el tanque en su nivel mínimo, hasta el alcance del nivel máximo, momento en el cual se apaga la bomba. Generalmente el sistema se diseña para que haya entre ocho y doce ciclos por hora.



Línea de Altura Piezométrica: es la carga energética que tiene el agua, como producto de la energía potencial y la presión. Generalmente la L.A.P. se mide en m.c.a. y para ello la presión debe ser dividida por el peso específico del fluido en cuestión.

Modelos Hidráulicos: representación de fenómenos, sistemas o procesos a través de fórmulas matemáticas, que intentan estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de unos datos de entrada.

Niveles de Servicio: rangos de cotas establecidos por un operador de acueducto, usualmente cada 50m para facilitar el entendimiento dentro de las complejidades altimétricas, y cumplir con los requisitos de norma de las presiones máximas (75 m.c.a.) y mínimas (20 m.c.a.) dentro de la red de distribución.

Planta Potabilizadora: conjunto o secuencia de operaciones y procesos, que tienen por finalidad modificar las características del agua cruda, para el consumo humano en función de la calidad requerida por la normativa sanitaria.

Rebombeo: proceso mediante el cual, se toma el total o una fracción de un gasto que había sido previamente bombeado a un lugar, y se envía a través de equipos de bombeo a un lugar más alto.

Red de Distribución: sistema constituido por una o varias tuberías (red), estanques de almacenamiento, válvulas, bombas y demás elementos de conexión que permitan el suministro del agua a los usuarios.



Sistema de Presión Constante: sistema electromecánico de bombeo, cuyo funcionamiento se basa en mantener una presión constante para un rango de caudales de diseño, que va de un mínimo (bomba piloto) hasta un máximo (todos los grupos de bomba actuando). Están constituidos por una serie de bombas cuyos accionamientos son en serie dependiendo de la demanda puntual, a mayor demanda hay un descenso de la presión que activa el inicio del funcionamiento de otro equipo, para así mantener el valor constante deseado y viceversa. El primer equipo de la serie siempre está prendido y se diseña para el caudal mínimo. Estos sistemas también se trabajan con bombas de velocidad variable.

Tomas Domiciliarias: tuberías (usualmente de cobre, P.V.C. o P.E.A.D.) que van desde la tubería de distribución hasta la acera frente a la “parcela usuario”. En este punto se coloca un medidor y una llave de paso.

Variaciones en el Consumo:

Estacionales: en los días de verano se consume más agua que en los días de invierno. Se ha determinado que los gastos medios diarios de verano (aproximadamente 7 meses del año) son del orden del 125% del gasto medio anual, mientras que los de invierno (aproximadamente 5 meses del año) son del orden del 80% del gasto medio anual.

Horarias: en ciertas horas del día (por ej. 5a.m.-7a.m.) se consume más agua que en otras (por ej. 1am-3am). Existen curvas (Q vs. Tiempo) que expresan la variación de la demanda durante un día llamadas “*Curvas de Variación Horaria*”. Según el I.N.O.S. el pico más alto en esta gráfica representa aproximadamente el doble (200%) de la demanda promedio diaria. El área bajo la gráfica representaría la dotación en l.p.p.d.



CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED

III.1 Límites del Área de Servicio de la Red

El ámbito geográfico del área de distribución de agua potable objeto de este estudio está definido como el sector Sur-Sur de la Ciudad de Caracas y, está conformado, por los siguientes urbanismos y desarrollos informales, al sur de la población de Baruta:

- Urbanizaciones:

El Volcán, Monterrey, Los Guayabitos (Alto y Bajo), Barutaima, Monte Alto, Monte Pino, La Limonera, El Placer y Monte Elena.

- Desarrollos No Controlados:

Ojo de Agua, El Progreso, Hoyo de la Puerta.

- Otros:

U.S.B. y áreas industriales.

Los límites geográficos del Sistema son los siguientes:

- Al Norte, con las Urbanizaciones: Manzanares, Piedra Azul, La Trinidad (sentido Oeste-Este).
- Al Sur, con el Sector “Hoyo de la Puerta III”.
- Al Este, con las Urbanizaciones: Oripoto y Pueblo del Hatillo.
- Al Oeste, con áreas montañosas principalmente.

En el proceso de delimitación de las urbanizaciones que forman parte del área en cuestión, se hizo uso de cuatro herramientas principalmente: Plano de Estereofoto 1999, Plano de Demandas Barutaima 2008 (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008), Google Earth, y Manual de Zonificación de los Municipios Baruta y el Hatillo



(Fundación Derecho Público, 1994). En el caso de los planos, ambos son digitalizados y fueron facilitados por GLG Ingenieros Consultores S.C.

Se muestra en la Tabla 1 los datos generales de la zona Sur-Sur de Caracas, donde se define la ubicación relativa dentro del sector, el uso, el área y el rango altimétrico. El área total de estudio es de aproximadamente 641Has.

Tabla 1. Datos Generales de la zona Sur-Sur de Caracas.

	Ubicación dentro del Sector Sur-Sur	Uso	Area (Ha)	% Area	Rango Altimétrico (m.s.n.m.)
<i>Barrio OJO DE AGUA</i>	Norte	Informal	28,2	4,4%	1010 a 1140
<i>Barrio del Progreso</i>	Centro	Informal	4,2	0,7%	1100 a 1160
<i>Barrio HOYO DE LA PUERTA (I y II)</i>	Sur	Informal	166,4	26,0%	1110 a 1400
<i>Monte Alto Casas</i>	Centro	Unifamiliar	3,1	0,5%	1110 a 1140
<i>Monte Alto Edificios</i>	Centro	Multifamiliar	2,0	0,3%	1100 a 1120
<i>Res. Monte Pino</i>	Norte	Multifamiliar	3,2	0,5%	1050 a 1080
<i>Zona Industrial de Ojo de Agua</i>	Centro	Industrial	13,0	2,0%	1100 a 1170
<i>El Volcán</i>	Este	Unifamiliar	32,0	5,0%	1250 a >1400
<i>Guayabitos Alto (>1300msnm)</i>	Este	Unifamiliar	31,0	4,8%	1300 a 1380
<i>Guayabitos Bajo (<1300msnm)</i>	Centro	Unifamiliar	62,0	9,7%	1190 a 1300
<i>El Placer</i>	Oeste	Unifamiliar	55,5	8,7%	1160 a 1255
<i>Monterrey</i>	Norte	Unifamiliar	20,0	3,1%	1110 a 1250
<i>USB</i>	Oeste	Educacional	71,0	11,1%	1180 a 1200
<i>Monte Elena</i>	Sur	Unifamiliar	35,0	5,5%	1150 a 1330
<i>Barutaima</i>	Centro	Multifamiliar	14,5	2,3%	1150 a 1220
<i>La Limonera</i>	Norte	Multifamiliar	100,0	15,6%	1075 a 1315
TOTAL			641,1	100%	

Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 1 se muestra la distribución porcentual del área según los desarrollos mencionados. Se evidencia como el sector Hoyo de la Puerta representa aproximadamente la cuarta parte del área total. También es oportuno explicar la diferenciación que se hizo en la Urbanización Los Guayabitos; se consideró para efectos de este estudio, Los Guayabitos Alto a aquella zona de este desarrollo por encima de la cota 1.300 m.s.n.m., y Los Guayabitos Bajo aquella por debajo de dicha cota.

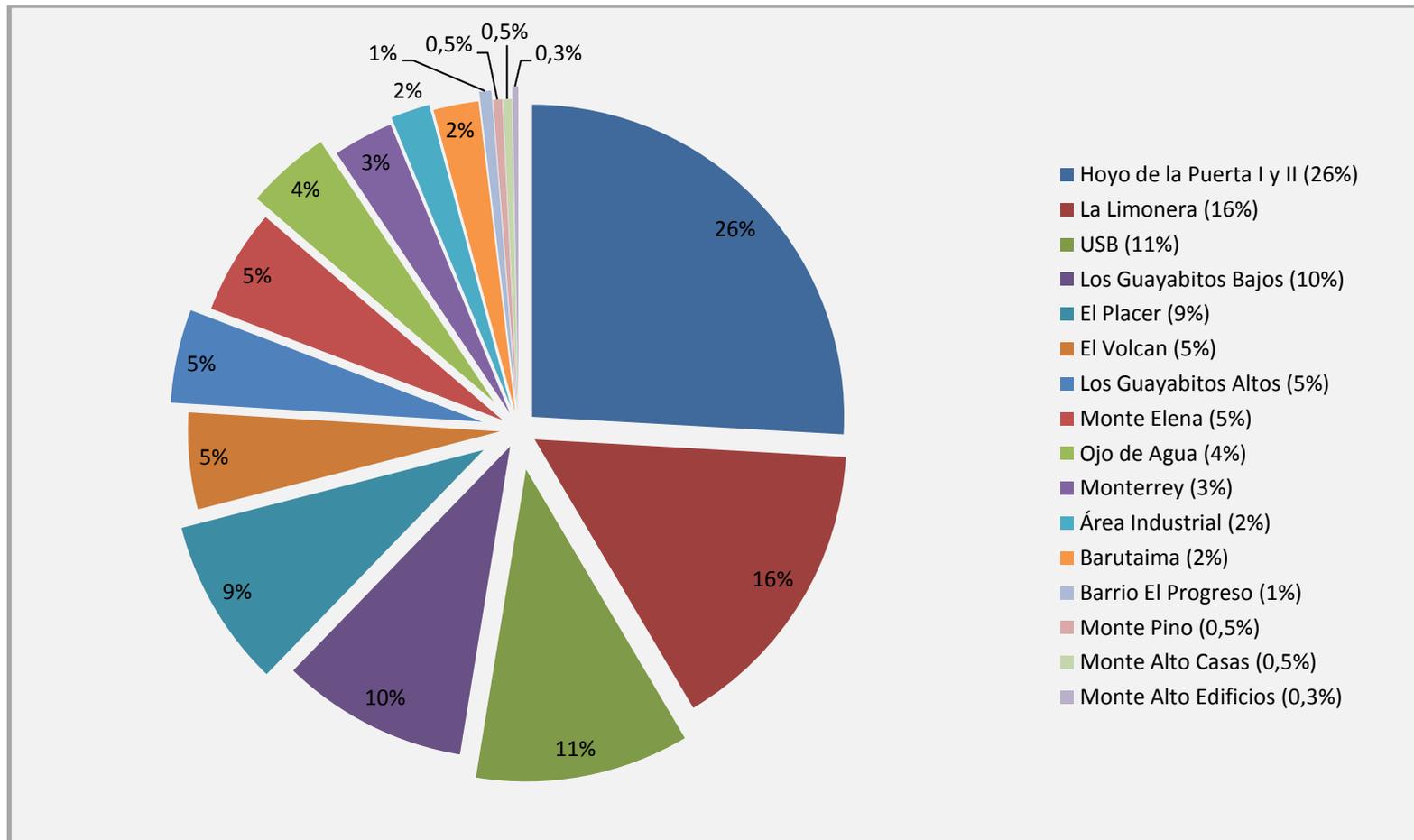


Gráfico 1: Distribución del Área Total.

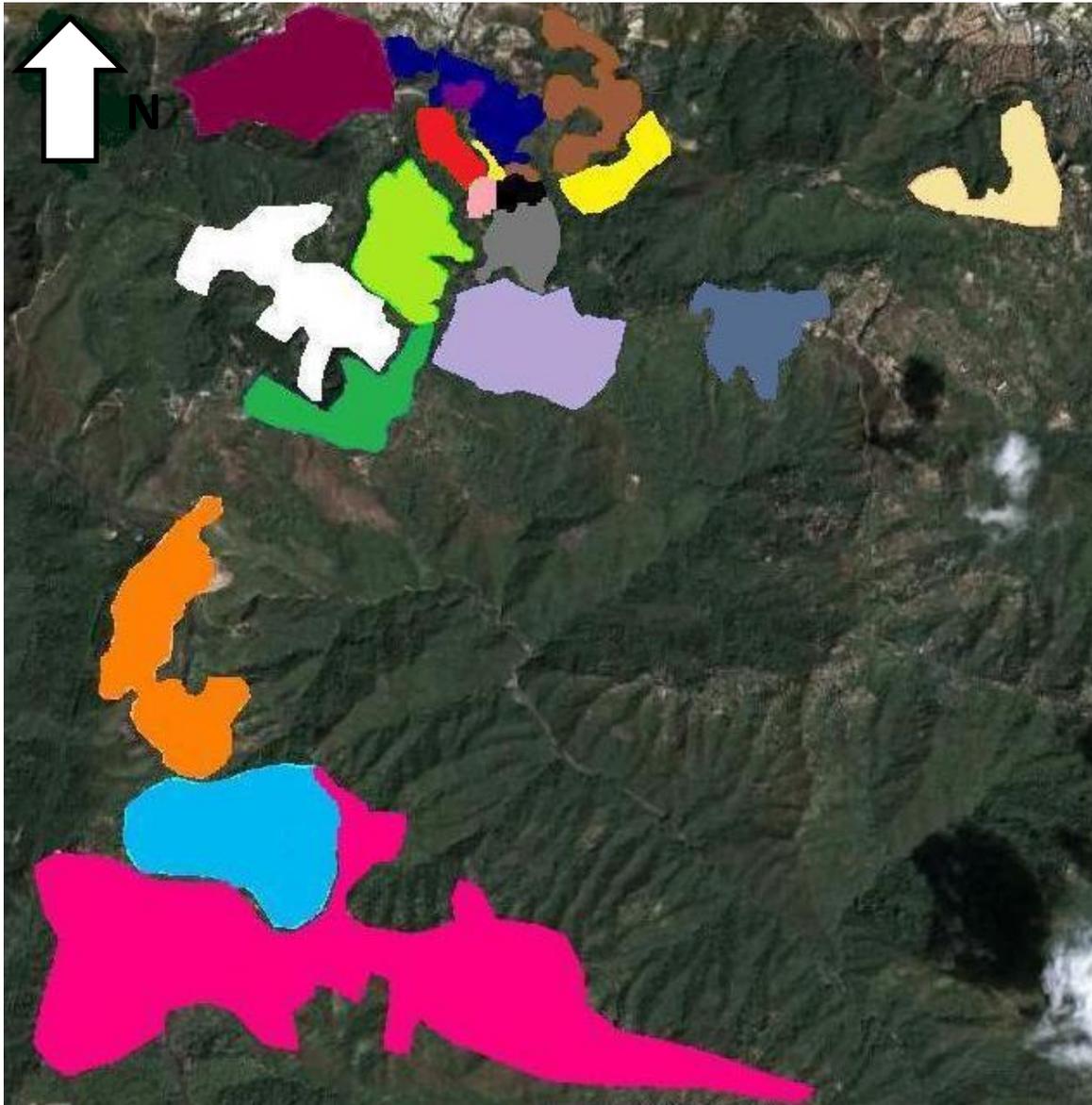
Fuente: Elaboración Propia.



Al comparar el Plano (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008) con las imágenes reportadas por Google Earth en su último vuelo de Marzo del 2011, en algunos casos se observaron crecimientos horizontales que evidenciaban el aumento en las zonas de desarrollos informales, tal es el caso de los barrios Ojo de Agua y Hoyo de la Puerta. Como consecuencia a estos crecimientos, el área total enmarcada en este estudio resultó mucho mayor a la de los planos antes mencionados.

En la Figura 1 se puede observar la distribución geográfica de los sectores señalados anteriormente, con sus respectivos usos de tierra: viviendas unifamiliares (U), viviendas multifamiliares (M), viviendas informales (Inf), parcelas educacionales (E), y parcelas industriales (Ind).

Adicionalmente, en el Anexo I, se puede observar un plano con toda la infraestructura hidráulica presente en el área de estudio.



<i>Leyenda</i>					
Área Industrial	Ind	Guayabitos Alto	U	Monterrey	U
Barrio El Progreso	Inf	Guayabitos Bajo	U	Monte Alto	M
Barutaima	M	Hoyo de la Puerta I	Inf	Monte Elena	U
Desarrollos XX y XX'	U	Hoyo de la Puerta II	Inf	Monte Pino	M
El Placer	U	Hoyo de la Puerta III	Inf	Ojo de Agua	Inf
El Volcán	U	La Limonera	M	U.S.B.	E

Figura 1. Distribución Geográfica del Área de Estudio.

Fuente: Elaboración Propia.



El desarrollo no controlado de la zona Hoyo de la Puerta resulta ser bastante extenso y se ha expandido en los últimos años hacia el sur, razón por la cual se evidencian diferentes densidades poblacionales. Así, se decidió dividir este desarrollo en 3 áreas (I, II y III) para efectos de este estudio, según se puede observar en la Figura 1, siendo la más poblada la que se encuentra al norte del barrio, y la de menor población la que se ubica hacia el sur del mismo. Estos aspectos toman mayor importancia con el avance del estudio, especialmente cuando se traten las demandas de agua en cada urbanización (Capítulo IV). Así mismo, es importante mencionar que prácticamente toda la zona llamada “Hoyo de la Puerta III” ya está siendo abastecida directamente por la tubería del Tuy III, ya que la L.A.P. de dicha tubería así lo permite. Por esta razón este sector no se consideró dentro del alcance de este trabajo.

III.2 Abastecimiento del Sistema de Distribución de Caracas

Las fuentes de abastecimiento de agua potable de Caracas constituidas por los sistemas Tuy I, Tuy II, y Tuy III, llegan a la ciudad por los siguientes puntos cardinales:

Tuy I: Oeste de Caracas.

Tuy II: Este de Caracas.

Tuy III: Sur de Caracas.

En las Tablas 2, 3, y 4 se presenta la información más importante de los Sistemas Tuy I, Tuy II y Tuy III respectivamente, para poder entender con mayor facilidad de donde se abastece la red actual (HIDROCAPITAL, Nuestros Embalses y Plantas de Tratamiento, 2011) y (Bolinaga & Colaboradores, 1999).



Tabla 2. Características del Tuy I.

	Embalse Principal	Planta de Tratamiento
	La Mariposa	La Mariposa
Ubicación:	Afuera de Caracas	Valles del Tuy
Fuentes:	Propia Cuenca y Trasvases desde el Río Tuy	Embalse La Mariposa
Capacidad:	8 MM m ³	4300 l/seg.
Destino:	Altos Mirandinos y Región Capital	Altos Mirandinos y Región Capital

Fuente: (HIDROCAPITAL, Nuestros Embalses y Plantas de Tratamiento, 2011).

Tabla 3. Características del Tuy II.

	Embalses Principales	Planta de Tratamiento
	Lagartijo, Taguaza y La Pereza	La Guairita
Ubicación:	San Francisco de Yare, Miranda	Macaracuay, Caracas
Fuentes:	Río Lagartijo, Río Taguacita, Río Taguaza y Río Tuy.	Río Tuy, Embalses Lagartijo, Taguacita, Taguaza, Quebrada Seca y La Pereza.
Capacidad:	80 MM m ³ , 170 MM m ³ , 8 MM m ³	7500 l/seg.
Destino:	Caracas, San Francisco de Yare y Santa Teresa del Tuy	Caracas

Fuente: (HIDROCAPITAL, Nuestros Embalses y Plantas de Tratamiento, 2011)

Tabla 4. Características del Tuy III.

	Embalse Principal	Planta de Tratamiento
	Camatagua	Caujarito
Ubicación:	A 5 Kms de Camatagua, Estado Aragua	Santa Teresa del Tuy
Fuentes:	Río Guárico, afluente del Río Orinoco	Embalses: Camatagua, Lagartijo. Río Tuy
Capacidad:	1573 MM m ³	15000 l/seg.
Destino:	Caracas, El Sombrero, Camatagua, San Caimiro, San Sebastián, San Juan de los Morros, entre otros. Adicionalmente riego	Gran Caracas, Charallave, Santa Lucía, Santa Teresa del Tuy

Fuente: (HIDROCAPITAL, Nuestros Embalses y Plantas de Tratamiento, 2011)



III.3 Alimentación y Descripción de la Red de Distribución del Sistema Sur-Sur de Caracas

- Sectores Abastecidos a través del Sistema Tuy I:

Los sectores Hoyo de la Puerta I y II son abastecidos por el Tuy I a través del Sistema Panamericano, proveniente del oeste de la ciudad. El sistema Panamericano es un complejo de 4 E/B, que elevan el agua desde la cota 950 m.s.n.m. a las distintas cotas de servicio del sector denominado Altos Mirandinos. De la E/B Panamericano 3 del sistema sale una derivación que va hacia Hoyo de la Puerta. La tubería de aducción que llega al Estanque Hoyo de la Puerta (Capacidad=2.400 m³, C.F.=1.390 m.s.n.m. y C.R.=1.400 m.s.n.m.) es de diámetro 10". Aguas abajo del estanque se desarrolla la red de distribución de dicho sector, constituida básicamente por tuberías de 1", 2" y 3".

- Sectores Abastecidos a través del Sistema Tuy II:

El agua del Sistema Tuy II proviene de la E/B 25 en la P.T. La Guairita en Macaracuay (este de Caracas). Por medio del Alimentador Sur llega al Estanque El Paují (Urbanización Los Naranjos) con C.F.=1.240 m.s.n.m. y CR=1.245 m.s.n.m., para luego alcanzar la E/B Oripoto II (cota=1.203 m.s.n.m.) que por rebombeo sigue a través de una tubería de 12" hasta llegar a la Válvula de las Antenas (ubicada en la "U" de El Volcán), en donde se divide en dos ramales: Ramal Volcán-Monterrey de 4" hacia el Estanque Bosque de la Virgen, y Ramal Guayabitos-Placer de 8" hacia Los Guayabitos. Cabe destacar en este punto, que existe un estanque en la Urbanización El Volcán que no se encuentra operativo en este momento.

El Ramal Volcán-Monterrey surte la Urbanización El Volcán y continúa hacia el Estanque Bosque de la Virgen (Capacidad=1.000 m³, C.F.=1.323 m.s.n.m. y C.R.=1.329 m.s.n.m.). Del estanque sale una tubería de 4" que surte a la Urbanización Granjerías la Trinidad y otra de 8" que se dirige hacia la Urbanización



Monterrey, para luego reducir su diámetro a 2" hacia una pequeña parte del sector Ojo de Agua.

En cuanto al Ramal Guayabitos-Placer, éste surte a Los Guayabitos Alto y Bajo, para luego llegar al punto de Límite de (L.R.) donde se impide el paso de agua hacia la U.S.B. (oeste). El ramal continúa hasta una bifurcación donde se divide en dos tuberías: una de 8" hacia la Urbanización El Placer, y otra de 6" que baja por la Carretera Baruta-El Placer abasteciendo parte del Barrio del Progreso, y otros desarrollos no controlados cercanos a esta zona hasta llegar a otro L.R. con el Tuy III frente a las residencias Monte Pino.

- Sectores Abastecidos a través del Sistema Tuy III:

La aducción Tuy III es de 100", viene de la E/B 33 (sur de la ciudad), llega a los Estanques Morocho de Baruta (Capacidad=45.000 m³, C.F.=1.080 m.s.n.m. y C.R.=1.092 m.s.n.m.), y luego continúa hacia el norte haciendo un largo recorrido hasta pasar por la Urbanización Manzanares, en la cual sale una derivación de 48" hacia el Este para alimentar, entre otros, los sectores bajos y medios del casco de Baruta, y finalmente llegar a la E/B Ojo de Agua (cota 989 m.s.n.m.), con una tubería de alimentación a dicha estación de 8". La tubería de descarga en esta estación es de 8" con una longitud de 450m donde posteriormente aumenta el diámetro a 10", y llega a una bifurcación donde se divide en dos: una tubería de 3" hacia el sector noreste de Ojo de Agua, y una tubería de 10" que abastece a las urbanizaciones Monte Pino, Monte Alto, la Zona Industrial de Ojo de Agua, y gran parte de los barrios de Ojo de Agua y del Progreso. Esta última tubería reduce su diámetro de 10" a 4" frente a las Residencias Monte Pino.

Por otra parte, en los Estanques Morocho de Baruta existe una E/B de I.D.E.A. (cota 1.080 m.s.n.m.), la cual se encarga de llevar el agua a través de una tubería de 8" hasta los estanques de la U.S.B., para abastecer la Universidad y la Urbanización



Monte Elena, y otro ramal también de 8” se encarga de llevar el agua hasta el Estanque de I.D.E.A., para abastecer al Instituto.

También existe una E/B en el Club La Contraloría (cota 1.061 m.s.n.m.), la cual toma el agua de la aducción de 100”, para bombear contra el Estanque La Limonera (Capacidad=4.000 m³, C.F.=1.350 m.s.n.m. y C.R.=1.358 m.s.n.m.) a través de una tubería de acero de 12” de diámetro.

En las Tablas 5 y 6 se presentan las características de los estanques de almacenamiento y compensación, así como las E/B de la red de distribución del Sur-Sur de Caracas, operada actualmente por HIDROCAPITAL.

Tabla 5. Estanques del Sistema Sur-Sur.

Estanque	Nivel de Servicio	Capacidad	Cota Fondo	Cota Rebose	Alimentado por:
		m ³	m.s.n.m.	m.s.n.m.	
Morochos de Baruta	5	45.000	1.080	1.092	TUY III
Monterrey (Bosque de la Virgen)	10	45.000	1.323	1.329	TUY II. Alimentador Sur - Ramal "El Volcan-Monterrey"
Hoyo de La Puerta	11	2.400	1.390	1.400	TUY I. Sistema Panamericano
I.D.E.A.	11	500	1.380	1.385	TUY III
La Limonera	11	4.000	1.350	1.358	TUY III. Alimentador Baruta
U.S.B.	8	-	1.230	-	TUY III. E/B I.D.E.A.
El Volcan	11	100	1.467	1.470	TUY II. Alimentador Sur - Ramal "El Volcan-Monterrey"
El Placer	9	500	1.275	1.278	TUY II. Alimentador Sur - Ramal "Los Guayabitos-El Placer"
Los Guayabitos	6	100	1.305	1.308	TUY II. Alimentador Sur - Ramal "Los Guayabitos-El Placer"
Monte Elena	9	-	1.282	1.286	TUY III. Alimentador Baruta

 Fuera de Servicio

Fuente: (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999).



Tabla 6. E/B del Sistema Sur-Sur.

E/B	Cota (m.s.n.m.)	Modelo	Ø Impulsor (mm)	Revoluciones (R.P.M.)	Grupos	
					E.S.	R
I.D.E.A.	1080	KSB WKL80/4	205	3500	1	0
Ojo de Agua	989	KSB WKL80/3	220 y (180-205)	3500	2	0
Oripoto II *	1203	KSB WKL80/3	220 y 220	3500	2	1
Club de la Contraloria	1061	KSB WKL 150/4	360	1750	1	1

* El Grupo # 1 no esta disponible, falla por rodamiento

E.S. = En Servicio, R = Reserva

Fuente: Operadoras de HIDROCAPITAL.



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS

IV.1 Información Base

Para el análisis de las demandas de las diferentes zonas en estudio se utilizó como base los siguientes trabajos previos:

1. Urbanización Barutaima. *“Proyecto de Acueducto Interno Urbanización Barutaima, Municipio Baruta. Memoria Descriptiva”*. G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008.
2. HIDROCAPITAL. *“Ingeniería Conceptual del Sistema Sur-Sur”*. M.G.A. Ingenieros Civiles S.C., 1999.

Complementados con los siguientes documentos y programas:

3. *“Manual de Zonificación de los Municipios Baruta y El Hatillo”*. (Fundación Derecho Público, 1994).
4. Levantamiento aerofotogramétrico ejecutado por ESTEREOFOTO C.A., año 1999.
5. Google Earth.

IV.2 Metodología para la Estimación de las Demandas

Para la estimación de las demandas, en el sector de estudio existen tres casos que deben abordarse con metodologías diferentes. Estos casos se enumeran a continuación:

Caso 1 - Desarrollos urbanos, cuyos estudios de estimación de demanda anteriores deben ser actualizados.

Caso 2 - Desarrollos urbanos, de los cuales no se encontraron estudios de estimación de demanda anteriores, a los cuales se les tuvo que calcular la demanda.



Caso 3 - Desarrollos recientes (en proyecto ó construcción), cuyas demandas ya han sido estimadas en sus respectivos estudios.

Las metodologías seleccionadas para el cálculo de las demandas en cada caso se explican a continuación:

Caso 1: Urbanizaciones El Volcán, Monterrey, Los Guayabitos (Alto y Bajo), Monte Alto, Monte Pino, El Placer y Monte Elena; los desarrollos informales constituidos por Ojo de Agua, El Progreso; y la zona de la U.S.B. y el área industrial de Ojo de Agua.

Se determinó si existía un crecimiento espacial (horizontal y/ó vertical) entre las fechas de los últimos estudios de demanda, y la actualidad en las diferentes urbanizaciones, utilizando comparaciones entre vuelos de Google Earth para ambas fechas, planos aerofotogramétricos, por visitas a los sitios, y a través de averiguaciones con especialistas que han estudiado estas zonas en los últimos años.

- En caso de no haber experimentado diferencias considerables entre los años comparados, se asignó un crecimiento mínimo, como producto de pequeñas y lógicas expansiones en el tiempo difíciles de cuantificar:

3% para urbanizaciones cuyo último estudio fue en 2008.

5% para urbanizaciones cuyo último estudio fue en 1999.

- En casos donde se detectó crecimiento horizontal (observado fácilmente por la vista satelital que ofrece Google Earth), y/ó crecimiento vertical (bastante frecuente en barrios donde, al no tener terrenos cercanos para construir nueva infraestructura, construyen pisos encima de los ya existentes), se cuantificaron las expansiones y se aplicaron dichos porcentajes a las demandas de las fechas bases para actualizarlas.

Se determinó el crecimiento poblacional, tomando como base la tasa promedio arrojada por el I.N.E. de: 1,7% interanual (ver Anexo B). Adicionalmente, para aquellos desarrollos que hayan presentado un crecimiento espacial considerable, se



estimó la nueva demanda en base al consumo unitario existente en el estudio específico consultado (lps/Ha de desarrollo), multiplicado por el área actual de ubicación del sector analizado.

Finalmente con estos dos tipos de crecimiento, se encontró una estimación de la demanda actual (2011), tomando como valor de referencia la demanda según: Estudio Sur-Sur (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999) y Estudio Barutaima (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008). En el caso de la U.S.B., se sabe que al tratarse de una casa de estudio no presenta un comportamiento igual al resto de los desarrollos, sin embargo por carencia de datos estadísticos que faciliten la estimación del aumento de la demanda y por consideración de criterios personales se adoptó también el índice de crecimiento del 1,7% anual arrojado por el I.N.E.

Para el cálculo de la demanda en el horizonte de diseño (año 2031), como todas las urbanizaciones y barrios de esta zona están prácticamente consolidados, se asignó un porcentaje debido al crecimiento poblacional natural (vegetativo) del 1,7% interanual sin discriminación por el uso de la tierra.

Caso 2: Hoyo de la Puerta:

Como se explicó en el Capítulo III, el extenso barrio Hoyo de la Puerta se dividió en tres sectores según las diferentes densidades poblacionales. Para el cálculo de las demandas en los sectores Hoyo de la Puerta I y II (ver Figura 1), se procedió de acuerdo a las siguientes estimaciones de densidad de población y dotación, basadas en datos suministrados por expertos en la materia:

- No. Habitantes/viv. = 8 personas por planta.
- Dotación = 350 l.p.p.d.

Se determinó en cada sector un área patrón, la cual se consideró representativa de toda la zona en cuestión. A continuación, se cuantificó el número de viviendas en el área de muestra para obtener la densidad de viviendas (viv./Ha). Por



último, con esta densidad y el área total del sector se obtuvo el número total de viviendas.

Con el número total de viviendas obtenido, teniendo la dotación, y el No. Habitantes/viv., se calculó la demanda (ver Anexo C).

Como el barrio Hoyo de la Puerta tiene suficiente espacio, para seguir creciendo geográficamente hacia el Sur Este (fuera de los sectores I y II considerados en este estudio), se consideró que el aumento de densidad poblacional en los sectores I y II, se iba a deber principalmente al crecimiento vegetativo. Es por ello que se le asignó una tasa de crecimiento del 1,7% interanual (I.N.E.).

Caso 3: La Limonera y Barutaima:

La Limonera y Barutaima son desarrollos recientes, todavía en etapas de urbanismos y/o construcción, que tienen sus propios estudios de servicios (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2009) y (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008) respectivamente. Las demandas para estos desarrollos, son calculadas en dichos proyectos y se muestran en el próximo punto: estimación de las demandas:

IV.3 Características de la Demanda

IV.3.1 Estimación de las Demandas

A continuación, en la Tabla 7 se presenta un resumen de las demandas por desarrollo, en la actualidad (2011) y en el horizonte de diseño (2031):

**Tabla 7.** Demandas Actuales y Futuras en los Desarrollos del Sur-Sur.

	DEMANDAS AÑO 2011 (l/s)	DEMANDAS AÑO 2031 (l/s)
<i>Barrio OJO DE AGUA</i>	95,3	133,5
<i>Barrio del Progreso</i>	10,7	15,0
<i>Monterrey</i>	8,8	12,3
<i>Res. Montepino</i>	4,2	5,9
<i>Monte Alto Edificios</i>	2,6	3,7
<i>Área Industrial</i>	2,8	4,0
<i>Monte Alto Casas</i>	1,4	1,9
<i>El Volcán</i>	2,7	3,8
<i>El Placer</i>	19,1	26,8
<i>USB</i>	6,4	8,9
<i>Guayabitos Alto (>1300msnm)</i>	6,4	8,9
<i>Guayabitos Bajo (<1300msnm)</i>	8,3	11,6
<i>Monte Elena</i>	6,4	8,9
<i>Barutaima</i>	3,8	3,8
<i>La Limonera</i>	22,3	22,3
TOTAL	201,1	271,3

<i>Barrio HOYO DE LA PUERTA I</i>	73,8	103,4
<i>Barrio HOYO DE LA PUERTA II</i>	26,5	37,2
TOTAL	100,4	140,6

Fuente: Elaboración Propia.

Se presenta la demanda de Hoyo de la Puerta I y II (ver Figura 1) de manera independiente, ya que en la propuesta del presente trabajo dichos sectores serán abastecidos por un sistema aparte, que no depende de los demás desarrollos estudiados. Además, esta fuera del alcance de este estudio el análisis de la red de distribución interna del mencionado barrio, limitándose únicamente a la(s) tubería(s) de aducción.



IV.3.2 Distribución Planimétrica de la Demanda

En los Gráficos 2 y 3 se puede observar la desequilibrada distribución de la demanda en función de las áreas ocupadas. La mayor demanda (57%) se concentra en el 7% del área total de la zona de estudio, caso correspondiente a los barrios. Esto hace ver, la especial importancia que se le debe dar a los desarrollos no controlados en el conjunto global de un sistema de acueductos, por ser los principales consumidores del mismo.

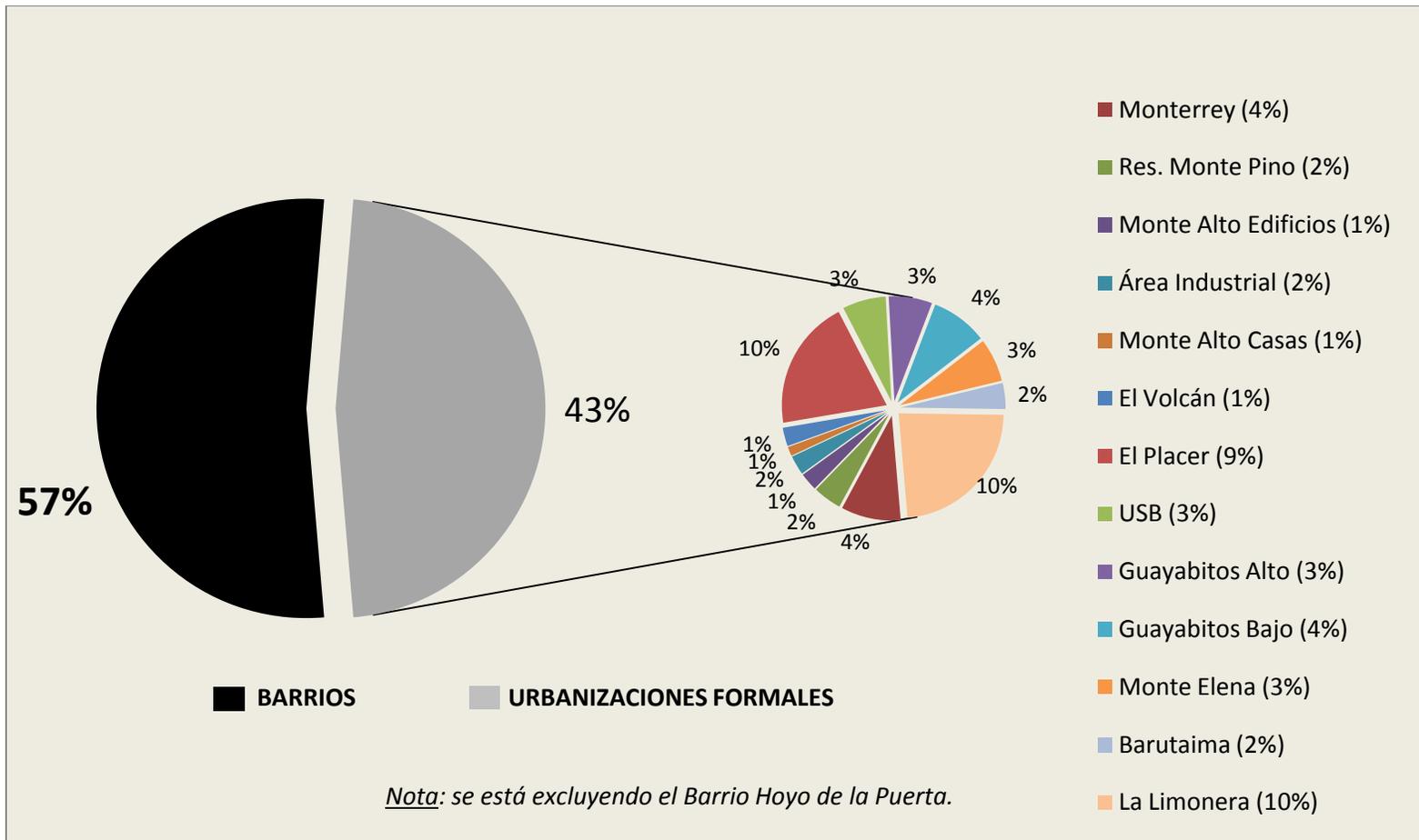


Gráfico 2: Distribución Planimétrica de la Demanda por Desarrollos.

Fuente: Elaboración Propia.

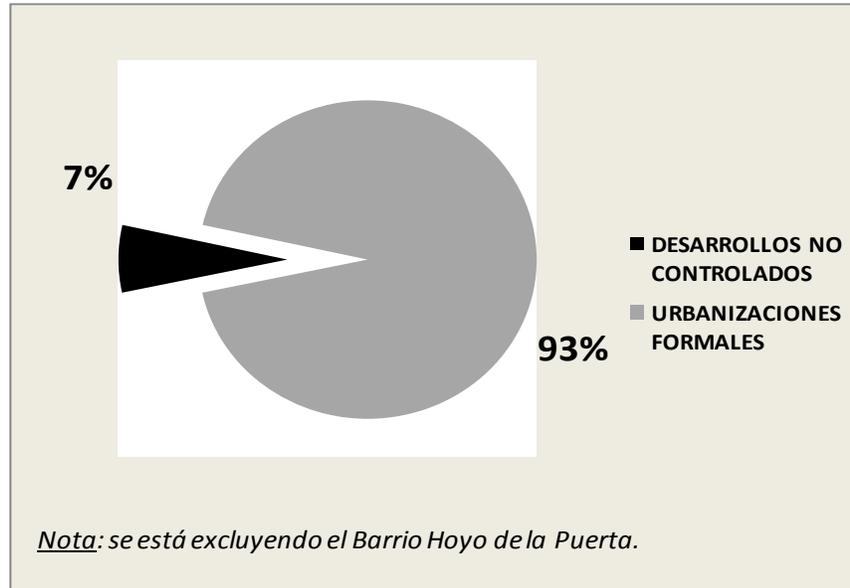


Gráfico 3: Participación Porcentual de las Áreas.

Fuente: Elaboración Propia

IV.3.3 Distribución Altimétrica de la Demanda

A continuación, en la Tabla 8 y el Gráfico 4 se muestran la distribución altimétrica de la demanda en la zona en estudio, para entender el acueducto con mayor facilidad. Es de hacer notar que no toda la demanda se deberá bombear a puntos altos, ya que se concentra mayoritariamente (58.6% de la demanda total) en los niveles de servicio 5 y 6.

Tabla 8. Distribución Altimétrica de la Demanda.

COTAS (m.s.n.m.)	Nivel de Servicio HIDROCAPITAL	Demanda (l/s)	% Demanda en base a rango de cotas
1040 a 1090	5	53,0	26,3%
1090 a 1140	6	65,0	32,3%
1140 a 1190	7	29,8	14,8%
1190 a 1240	8	28,5	14,1%
1240 a 1290	9	13,1	6,5%
1290 a 1340	10	10,4	5,1%
>1340	11	1,4	0,7%
TOTAL		201,1	100,0%

* Se está excluyendo el Barrio Hoyo de la Puerta

Fuente: Elaboración Propia.

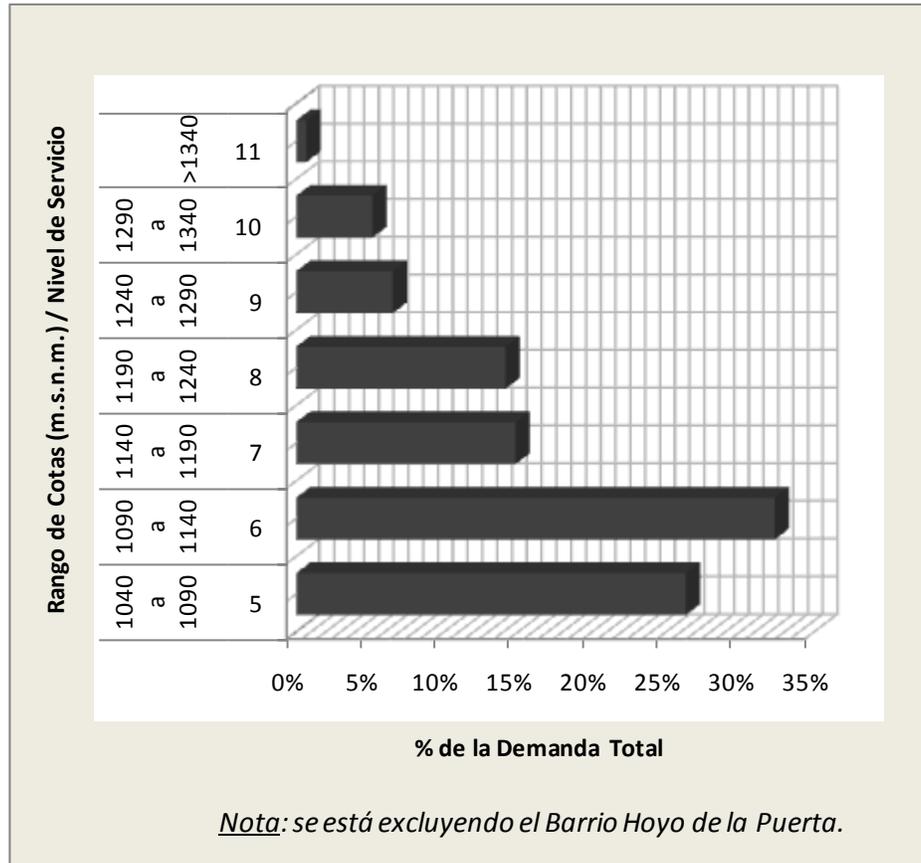


Gráfico 4: Distribución Altimétrica de la Demanda.

Fuente: Elaboración Propia

IV.3.4 Distribución de la Demanda por Sistemas de Funcionamiento Hidráulico Independientes

A continuación se presenta en la Tabla 9, la demanda dividida por sistemas que son hidráulicamente independientes entre ellos (ver Capítulo VI).



Tabla 9. Sistemas Hidráulicamente Independientes.

Sistema A.	
Urbanización	Demanda (l/s)
Barrio Hoyo de la Puerta I	92,3
Barrio Hoyo de la Puerta II	37,9
TOTAL (l/s)	130,2

Sistema B.	
Urbanización	Demanda (l/s)
El Volcán	2,7
Guayabitos Alto	6,4
Guayabitos Bajo	8,3
El Placer	19,1
20% Barrio del Progreso	2,1
xx	2,0
xx'	2,0
Monterrey	8,8
Granjerías La Trinidad	4,0
Barrio Ojo de Agua (parte alta)	6,0*
TOTAL (l/s)	61,4

Sistema C.	
Urbanización	Demanda (l/s)
Barrio Ojo de Agua	89,3
Monte Alto (casas)	1,4
Monte Alto (edif.)	2,6
80% Barrio del Progreso	8,6
Zona Industrial de Ojo de Agua	2,8
Res. Monte Pino	4,2
TOTAL (l/s)	108,9

Sistema D.	
Urbanización	Demanda (l/s)
I.D.E.A.	4,0*
U.S.B.	6,4
Monte Elena	6,4
C.D.I.	1,0**
TOTAL (l/s)	17,7

** dato obtenido por operadores del acueducto

* demandas obtenidas directamente de la calibración, teniendo la curva de la bomba y la presión en la descarga se obtiene el caudal total, que luego por diferencia se obtiene el caudal faltante.

Fuente: Elaboración Propia.



CAPÍTULO V. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

V.1 Descripción General

El área de influencia de la zona en estudio está ubicada entre las cotas 1.040 m.s.n.m. y 1.490 m.s.n.m., es decir, se encuentra en los niveles de servicio 5 al 11 de HIDROCAPITAL.

En las Tablas 10 y 11 se muestran los niveles de servicio de HIDROCAPITAL, y el rango de cotas en el que se encuentran las distintas urbanizaciones respectivamente. Adicionalmente, en el Anexo G, se puede observar un plano con las curvas de nivel en los desarrollos que conforman el Sur-Sur, el cual será de gran utilidad en los Capítulos de VI y VII, para el diagnóstico de la red actual, y las propuestas que serán planteadas.

Tabla 10. Niveles de Servicio de HIDROCAPITAL.

Nivel de Servicio	Cotas del Terreno (m.s.n.m.)		Cotas de Rebose Estanque (m.s.n.m.)
	Desde	Hasta	
4	990	1.040	1.065
5	1.040	1.090	1.115
6	1.090	1.140	1.165
7	1.140	1.190	1.215
8	1.190	1.240	1.265
9	1.240	1.290	1.315
10	1.290	1.340	1.365
11	1.340	1.390	1.415

Fuente: (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999).



Tabla 11. Rango de Cotas de los Diferentes Desarrollos del Sur-Sur.

	Rango de Cotas (m.s.n.m.)	Nivel de Servicio
<i>Barrio OJO DE AGUA</i>	1010 a 1140	4 al 6
<i>Barrio del Progreso</i>	1100 a 1160	6 y 7
<i>Monte Alto Casas</i>	1110 a 1142	6 y 7
<i>Monte Alto Edificios</i>	1100 a 1120	6
<i>Res. Monte Pino</i>	1050 a 1080	5
<i>Zona Industrial de Ojo de Agua</i>	1100 a 1170	6 y 7
<i>El Volcán</i>	1250 a >1400	9 al 11
<i>Guayabitos Alto (>1300msnm)</i>	1300 a 1380	10 y 11
<i>Guayabitos Bajo (<1300msnm)</i>	1190 a 1300	8 al 10
<i>El Placer</i>	1160 a 1255	7 al 9
<i>Monterrey</i>	1110 a 1250	6 al 9
<i>U.S.B.</i>	1180 a 1200	7 y 8
<i>Monte Elena</i>	1150 a 1330	7 al 10
<i>Barutaima</i>	1150 a 1220	7 y 8
<i>La Limonera</i>	1075 a 1315	5 al 10
<i>Barrio Hoyo de la Puerta I</i>	1110 a 1360	6 al 11
<i>Barrio Hoyo de la Puerta II</i>	1155 a 1400	7 al 11

Fuente: Elaboración Propia.

V.2 Modelaje Hidráulico

Se puede definir un modelo hidráulico como un programa de computación, en el cual se plantea la estructura espacial altimétrica y planimétrica de la red a simular, se definen las longitudes y diámetros de la tuberías, se definen estanques, E/B, y en general las condiciones de borde del sistema (alturas de estanques, características de bombas, curvas de operación de válvulas reguladoras de gasto o presión) a simular. Estos modelos tienen implícito básicamente ecuaciones de continuidad, de pérdidas y conservación de energía, y mediante aproximaciones sucesivas determinan los puntos de operación en las distintas secciones del sistema así definido, habiéndose cumplido con las ecuaciones que regulan el flujo, las condiciones de borde, y demás



parámetros. Con estos resultados se obtienen, los valores aproximados de operación de la alternativa que se pretende estudiar.

En el caso específico de un modelo hidráulico de un acueducto, éste simula el comportamiento de los parámetros importantes en aducciones y redes de distribución, como lo son: el caudal, la velocidad y la presión; simulándose de igual manera la operación, dispositivos de control (diversos tipos de válvulas, tales como de control de flujo, check, reguladoras de caudal, reguladoras de presión y otras), estaciones de bombeo y las modificaciones que pudiese sufrir la calidad del agua, siendo estos algunos de los aspectos que pudiesen mencionarse.

Para que un modelo pueda considerarse como representativo es necesario, como condición indispensable, el conocimiento de las aducciones y redes de distribución que se van a modelar, entendiéndose que el alcance mínimo deseable del conocimiento mencionado tiene que ver con el manejo de los diferentes rangos de valores de los caudales, presiones y L.A.P. propias de cada red ó sector del acueducto en cuestión, así como los niveles de servicio correspondientes a los mismos, es decir, conocer las condiciones hidráulicas básicas de funcionamiento del sistema.

En la actualidad existen diversos programas de modelaje hidráulico, presentándose a continuación los más conocidos y utilizados por las diversas empresas que manejan acueductos de ciudades:

- H2O Net.
- Bentley: WaterCAD, WaterGEMS, Hammer, SewerCAD, SewerGEMS.
- EPANET.
- WesNET.
- Entre otros.

En este trabajo de grado, como se dijo anteriormente, se hizo uso del programa **H2ONET Analyzer Versión 3.5**. (Compatibilidad con Windows XP y AutoCAD 2000)



por ser el utilizado en el montaje del modelo del Acueducto Metropolitano en todos sus niveles por HIDROCAPITAL.

V.2.1 Simulador H2O Net

”Este modelo matemático para la simulación de acueductos fue creado por la empresa norteamericana MWH Soft, Inc. y se caracteriza básicamente por una completa interface gráfica que corre el programa AutoCAD para el ambiente Windows de manera que facilita al usuario estar viendo de una manera esquemática o planimétrica e implícitamente altimétrica, el modelo de red que desea simular.” (Rojas & Tablante, 2000, pág.18)

El programa puede usarse en diversas aplicaciones de sistemas hidráulicos de abastecimiento como lo son: análisis de calidad del agua, planificación maestra, estudio operacional, control en tiempo real, revisión de bombas, horario para las bombas, respuesta de emergencia, asignación del caudal de incendio, entre otras.

Además, resulta de gran utilidad también para la simulación de una condición actual de funcionamiento (operación), basado en información de datos reales de campo ó para el diseño de nuevos sistemas y obras que estén en proyecto.

V.2.2 Características

- Es manejable y sencillo, lo cual facilita su entendimiento y uso sin ser necesario manejar conocimientos avanzados de informática.
- Se pueden representar en él todos los componentes de un sistema de abastecimiento de agua, tales como estanques, estaciones de bombeo, válvulas, redes y tuberías.
- Es capaz de optimizar el calendario de bombeo.
- Facilidad en la calibración de los modelos de redes, mediante la comparación de los resultados de la simulación con los datos reales del sistema.



- Se puede obtener un reporte de lo que ocurre en el modelo, en forma de tablas ó gráficos, bien sea de un elemento en particular, ó de todos los elementos en conjunto.

V.2.3 Premisas para la Simulación

En la simulación de redes existentes o proyectos de redes a través de modelos matemáticos, se trata de plasmar la red en el programa de la manera más simple y representativa posible, considerando ciertos aspectos y restricciones:

- Asignar nodos en: cambios de diámetros (contracción o expansión), confluencia de dos o más tuberías, ramificaciones de una tubería, o en cualquier punto donde se quiera conocer parámetros hidráulicos (presión, velocidad, caudal, etc.).
- Todas las tuberías deben comenzar y terminar en un nodo, bien sea de demanda o de conexión.
- La longitud mínima de las tuberías es de un (1) metro.
- A los nodos de demanda se les debe asignar la curva de variación horaria para afectar el consumo.
- El valor del coeficiente de Hazen-Williams (C) se adoptó igual a 100 para la mayoría de los casos; valor basado en estudios anteriores realizados en otros sistemas de Caracas con tuberías que tienen cierto tiempo de uso.
- Existen tramos puntuales de tuberías, en los que se varió el valor del coeficiente "C" antes definido, con la finalidad de obtener resultados lógicos en el modelo calibrado según los datos de campo (siempre se cumplió que $90 \leq C \leq 130$).
- Se simuló el funcionamiento de días regulares sin presencia de eventos extraordinarios como lo pudiesen ser, fallas eléctricas, reparaciones en tuberías, equipos dañados, o cualquier otro que le reste regularidad a un día.



- La unidad de tiempo utilizada para la simulación del modelo es la hora y se simuló como mínimo 24 horas.
- Las presiones negativas en los nodos son interpretadas por el programa como los m.c.a. de presión que hacen falta para que haya flujo de caudal. En caso de obtener presiones negativas en algún nodo, se debe tomar como cero y decir que en las tuberías posteriores a ese nodo el caudal que está fluyendo es cero.

V.2.4 Construcción de los Modelos

Los modelos que se realizan en H2O Net están constituidos por un conjunto de nodos unidos entre sí por vínculos (links) que pueden ser: tuberías, E/B, estanques ó cualquiera de los tipos de válvulas que posee el programa. Se debe tener mucho cuidado en la construcción del modelo, especialmente en asegurar la conectividad de los nodos, ya que de otra manera el programa arroja resultados falsos.

V.3 Calibración

Al correr el modelo, comparar las presiones obtenidas en campo con las presiones del modelo en los nodos respectivos, y observar la similitud entre estos (en promedio porque se desconoce la hora de medición), se puede afirmar que tanto la estimación de las demandas como el levantamiento de la infraestructura hidráulica de la zona han sido razonablemente precisos y cercanos a la realidad, y por ende el modelo ha sido validado.

V.3.1 Mediciones de Caudales y Presiones

La idea es que en un futuro cercano se puedan instalar equipos de medición S.C.A.D.A. los cuales registran parámetros hidráulicos, mecánicos y eléctricos, constantemente y de manera automática (sin operador) que dan información



suficiente, veraz, y continua, lo que permite tener un mayor conocimiento del acueducto en cuestión, y por ende tomar mejores decisiones en la operación, reparación y proyecto de nuevas obras. Actualmente en el acueducto metropolitano no se cuenta con los equipos, ni el personal suficiente para obtener todas las mediciones necesarias para la calibración del modelo.

A continuación en las Tablas 12 y 13 se muestran los datos obtenidos:

Tabla 12. Datos de Campo de Válvulas Reguladoras de Presión (V.R.P.)

Tuy II (E/B Oripoto II):		
V.R.P.:	Succión (m.c.a.):	Descarga (m.c.a.):
Pilakea	124	60
El Carmen	90	40
El Placer	70	30

Fuente: Operadora 5 HIDROCAPITAL.

Tabla 13. Datos de Campo de Presiones en Límite de Red.

L.R. Plan Alto:	
Por el:	Presión (m.c.a.)
Tuy III	100
Tuy II (E/B Oripoto II)	150

Fuente: Operadora 5 HIDROCAPITAL.

En la Tabla 14 se pueden observar los datos de campo obtenidos en las E/B del sistema:



Tabla 14. Datos de Campo de las Estaciones de Bombeo.

E/B	Cota (m.s.n.m.)	Altura (m)		Succión (m.c.a.)			Descarga		Grupos		Amp	Volt	Observaciones
		Mín	Máx	Mín	Prom	Máx	Prom	Máx	E.S.	R			
I.D.E.A.	1080	3	12	3	5	12	289	296	1	0	170	-	Opera aprox. 12hr./dia ***
Ojo de Agua	989	-	-	20	20	25	150	300	2	0	240	470	No operan las dos a la vez
Oripoto II *	1203	-	-	18	32	35	280	310	2	1	220	-	
Club de la Contraloría	1061	-	-	-	20	26**	290	-	1	1	-	-	Estanque La Limonera****

* El Grupo # 1 no está disponible, falla por rodamiento

E.S. = En Servicio, R = Reserva

** Sacado de estudio La Limonera Octubre 2009

*** Basado en pocas planillas recogidas en la propia E/B

**** Accionada cuando el Nivel del Estanque La Limonera está bajo

Fuente: Operadoras de HIDROCAPITAL.

V.3.2 Verificación de la Curva Horaria

En este estudio se hizo una distinción entre la etapa de diagnóstico y la etapa de diseño de las propuestas. A continuación se expone esa distinción así como también la explicación del porque no se utilizó la curva normativa propuesta por el I.N.O.S., apoyado en el Anexo H.

- Etapa de Diagnóstico: se representó la variación horaria del consumo mediante una curva obtenida por (HIDROCAPITAL, BIWATER, & M.G.A., 1993), de mediciones realizadas en la Red Baja de Caricuao, en donde los consumidores eran principalmente unidades de desarrollos multifamiliares con influencia de zonas marginales (ver Anexo H). Esta curva presenta un pico en la hora de máxima demanda de 119% del Qm mientras que la curva normativa propuesta por el I.N.O.S., llega al 200% del Qm.

La curva del I.N.O.S. está orientada hacia redes de distribución que no tienen estanques propios en las viviendas, y que por ende en la hora pico, no existe ningún tipo de amortiguación y se demanda alrededor del 200% del Qm. Ahora bien, en el Sector Sur-Sur de Caracas y en gran parte de Venezuela, los desarrollos sí tienen estanques propios que producen ese efecto de amortiguación de la demanda, que implícitamente, aplanan la curva de variación horaria diferenciándola de la curva del I.N.O.S. Además en los sectores marginales también ocurre un achatamiento de dicha curva pero no



por la presencia de estanques sino por la carencia de agua en dichos sectores lo que produce la reacción en los consumidores de mantener los grifos abiertos para cuando llegue el agua, lo que distorsiona la curva de variación de la demanda por no haber un patrón horario de consumo.

En el sector de la Red Baja de Caricuao se determinó, que ese efecto de achatamiento de la curva, se manifiesta en la hora pico, como una reducción del 200% del Q_m al 119% del Q_m aproximadamente (ver Anexo H).

La curva de (HIDROCAPITAL, BIWATER, & M.G.A., 1993) se consideró más representativa que la propuesta por el I.N.O.S., porque:

- Las características del uso de las tierras (principalmente multifamiliares con zonas de influencia marginales) de los desarrollos pertenecientes al estudio de la Red Baja de Caricuao son similares a las del Sector Sur-Sur de Caracas.

A continuación se muestra en la Tabla 15 y el Gráfico 5, la curva de variación horaria a la cual se hizo referencia.

Tabla 15. Datos de la Curva de Variación Horaria Empírica.

Horario (a.m.)	% Q_m medido	Horario (p.m.)	% Q_m medido
12-1	0,96	12-1	1,05
1-2	0,96	1-2	1,05
2-3	0,96	2-3	1,05
3-4	0,96	3-4	1,05
4-5	1,19	4-5	0,94
5-6	1,19	5-6	0,94
6-7	1,19	6-7	0,94
7-8	1,19	7-8	0,94
8-9	1,05	8-9	0,81
9-10	1,05	9-10	0,81
10-11	1,05	10-11	0,81
11-12	1,05	11-12	0,81

Fuente: M.G.A. Ingenieros Civiles, 1993.

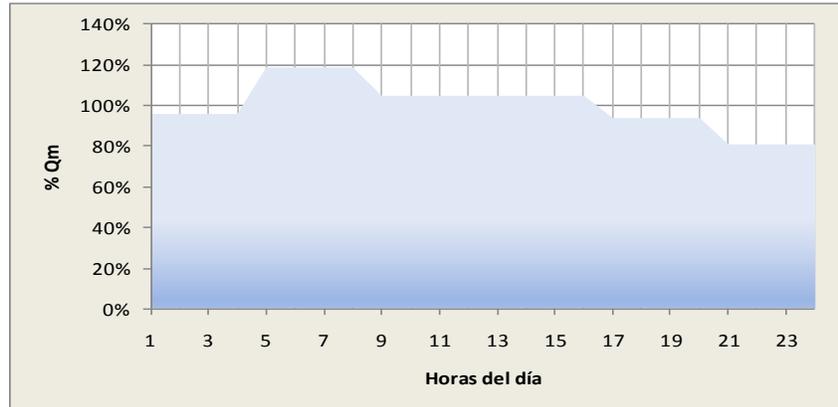


Gráfico 5: Curva de Variación Horaria Empírica.

Fuente: M.G.A. Ingenieros Civiles, 1993.

- Etapa de Diseño: se utilizó la curva obtenida en el estudio de la Red Baja de Caricuao antes mencionada, sin embargo por no ser un estudio propio de la zona Sur-Sur de Caracas, se tomó un factor de seguridad y se afectó la curva de variación horaria de tal manera que en la hora pico en vez de llegar al 119% del Qm se llegara al 130% del Qm.

A continuación se muestra en el Gráfico 6, la Curva de Variación cuyo pico es el 130% de Qm.

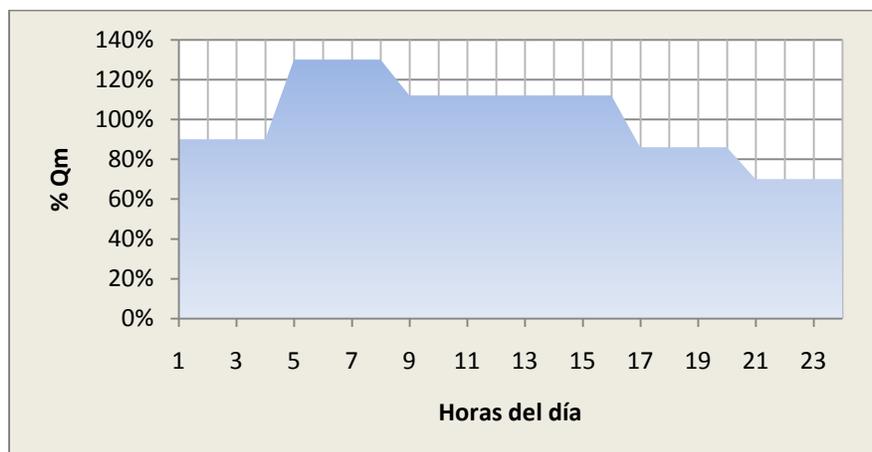


Gráfico 6: Curva de Variación Horaria usada en la Etapa de Diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



CAPÍTULO VI. DIAGNÓSTICO DE REDES

VI.1 Definición y Delimitación de los Sistemas Internos

Dentro del sistema de distribución actual de agua potable de la red en estudio, se pueden identificar cuatro sub-sistemas o sistemas internos, cuyos funcionamientos hidráulicos son independientes. Para efecto del presente capítulo se les llamó sistemas A, B, C y D.

En la Tabla 16 se muestran las características de dichos sistemas:

Tabla 16. Sistemas Internos para el Diagnóstico de la Red.

SISTEMA	Desarrollos Abastecidos	Fuente de Abastecimiento de Agua Potable	E/B del Sistema	Estanques del Sistema	Demanda Total (l/s)	Niveles de Servicio
A	Barrio Hoyo de la Puerta I Barrio Hoyo de la Puerta II	Tuy I	E/B del Tuy I	Est. Hoyo de la Puerta (operativo)	100	7 al 11
B	El Volcán Guayabitos Alto Guayabitos Bajo El Placer 20% Barrio del Progreso Monterrey Granjerías La Trinidad Barrio Ojo de Agua (parte alta) Desarrollo xx Desarrollo xx'	Tuy II	E/B Oripoto 2	<u>Est. Operativos:</u> Bosque la Virgen. <u>Est. Fuera de Servicio:</u> Guayabitos, El Placer, El Volcán.	61	7 al 11
C	Barrio Ojo de Agua Monte Alto (casas) Monte Alto (edif.) 80% Barrio del Progreso Zona Industrial de Ojo de Agua Res. Monte Pino	Tuy III	E/B Ojo de Agua	Ninguno	109	5 al 7
D	I.D.E.A. U.S.B. Monte Elena C.D.I.	Tuy III	E/B I.D.E.A.	<u>Est. Operativos:</u> I.D.E.A. y U.S.B. <u>Est. Fuera de Servicio:</u> Monte Elena.	18	7 al 10

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 2 se muestra un esquema general con todos los Sistemas definidos en este Capítulo, seguido de las Figuras 3, 4, 5 y 6 con la delimitación de cada sistema por separado e identificación de nodos y tuberías.



HOJA DOBLE CARTA CON PLANO ESQUEMATICO GENERAL

Figura 2. Plano Esquemático General del Diagnóstico.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3. Delimitación del Sistema A

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 4. Delimitación del Sistema B.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5. Delimitación del Sistema C.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6. Delimitación del Sistema D.

Fuente: Elaboración Propia.



VI.2 Análisis Global de la Red

A continuación se hace un análisis global de cada uno de los sistemas independientes ya definidos:

Sistema A

El abastecimiento actual de Hoyo de la Puerta es a través del embalse La Mariposa del Sistema Panamericano (Tuy I), encontrándose a 6,4 Km. en línea recta y 19 Km por la ruta de la tubería al oeste del desarrollo, y teniendo que vencer 440m de desnivel (1.390 m.s.n.m. – 950 m.s.n.m.) para llegar al Estanque de Hoyo de la Puerta. Por otra parte, la fuente alternativa de agua son los Estanques Morocho de Baruta que se encuentran a 4,8 Km. del Estanque Hoyo de la Puerta, y que presentan un desnivel de 310m. Es de hacer notar que la ubicación geográfica de la fuente actual, no es conveniente para abastecer este sector, y menos aún cuando ya existe una tubería de 10” proveniente de los Morocho de Baruta en dirección hacia el Estanque Hoyo de la Puerta que llega hasta el C.D.I. de Hoyo de la Puerta.

En la Figura 7 se muestra un perfil de elevación aproximado del terreno, donde se puede observar la fuente actual de agua (Embalse La Mariposa), la fuente alternativa de agua (Estanques Morocho de Baruta) y el Estanque Hoyo de la Puerta existente. También se puede observar hasta donde está construida la tubería de 10” antes mencionada (Morocho de Baruta-C.D.I.).



Figura 7. Perfil de Elevación: Fuente de Agua-Sistema A. (en línea recta)

Fuente: Google Earth / Autores.

Sistema B

Los desarrollos de este sistema ubicados al sur de la Ciudad de Caracas entre las cotas 1.110 m.s.n.m. y 1.480 m.s.n.m., son abastecidos desde la P.T. La Guairita a cota 940 m.s.n.m., por medio de la E/B 25 y rebombado de la E/B Oripoto 2 implicando un alto consumo energético, en comparación a la posible alternativa de ser abastecidos por los Estanques Morocho de Baruta a cota 1.080 m.s.n.m. Además, se debe sumar el hecho que el Sistema Tuy II está actualmente comprometido y sin posibilidad de expansión, por lo que restarle estos desarrollos a su área de influencia sería un gran alivio para dicho sistema.

Es importante destacar la gran capacidad (45.000 m³) que tienen los Estanques Morocho de Baruta, y el hecho que el Sistema Tuy IV, actualmente en construcción, llevará sus aguas a dichos estanques, concentrándose en este punto la mayor fuente de agua para Caracas, haciendo posible de esta manera el abastecimiento de todos los desarrollos comprendidos en este estudio.

Entre la fuente actual, P.T. La Guairita, y el centro de gravedad de la demanda del sistema hay aproximadamente 11 Km. de distancia con un desnivel de 340m teniendo que pasar un punto alto en la “U” de las Antenas de El Volcán, que representa un desnivel adicional de 118m. Por otra parte entre la fuente alternativa,



los Estanques Morochos de Baruta, y el centro de gravedad de la demanda del sistema hay aproximadamente 2 Km. de distancia con un desnivel de 200m.

En la Figura 8 se muestra un perfil de elevación aproximado del terreno donde se observa la fuente actual de agua (P.T. La Guairita), la fuente alternativa (Estanques Morochos de Baruta) y el centro de gravedad aproximado de las demandas del sistema en cuestión. Se observa la gran diferencia altimétrica y planimétrica mencionada anteriormente entre ambas fuentes y su destino. Esta nueva concepción de abastecimiento al Sistema B, liberaría al Tuy II de un gasto medio actual estimado en 61 l/s.



Figura 8. Perfil de Elevación: Fuente de Agua-Sistema B.

Fuente: Google Earth / Autores.

Sistema C

Este sistema aunque es abastecido por el Tuy III a través de la E/B Ojo de Agua, pudiese ser más eficiente ya que el agua para llegar a estas urbanizaciones hace un largo recorrido de 4,8 Km. por las tuberías del Tuy III (100", 48", 24" y 8"), pasando por Manzanares y el Pueblo de Baruta hasta llegar a la E/B Ojo de Agua, cuando se sabe que al comienzo de todo este recorrido la tubería de 100" del Tuy III llega a estar a bastante cercana del barrio Ojo de Agua , pudiendo existir un abastecimiento mucho más directo de tan solo 835m que implicaría menores costos en energía. En la Figura 9 se muestra lo explicado:

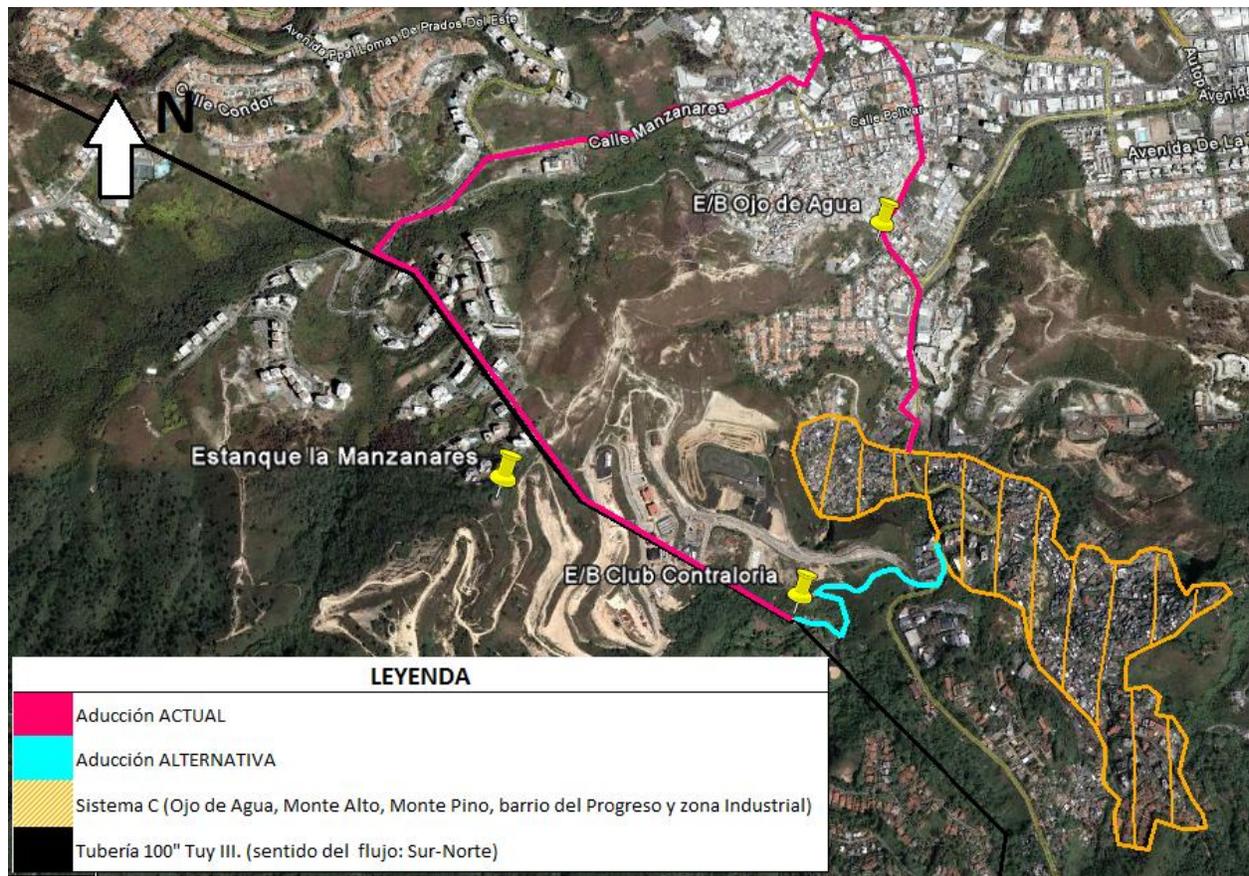


Figura 9. Abastecimiento Actual y Alternativo del Sistema C.

Fuente: Google Earth / Autores.

Sistema D

Este sector es abastecido por medio del Sistema Tuy III, E/B I.D.E.A. y resulta ser eficiente desde un punto de vista global.



VI.3 Análisis Interno de los Sistemas

VI.3.1 Problemas Generales Identificados

Algunos de los problemas que se pueden presentar en un sistema de abastecimiento de agua, son los siguientes³:

- **Presiones Bajas** en puntos altos de la red. Según la Norma de Acueductos, en su Artículo 96 dice: “En general las presiones mínimas en la red de distribución serán de 20 m.c.a., calculados con respecto al nivel de la calle y bajo la condición e hipótesis de cálculo más desfavorable.” (Álvarez & Muci, 1996, pág. 33)
- **Presiones Altas** en puntos bajos de la red. Según la Norma de Acueductos, en su Artículo 96 dice: “En general las presiones máximas en la red de distribución serán de 75 m.c.a., calculados con respecto al nivel de la calle y bajo la condición e hipótesis de cálculo más desfavorable.” (Álvarez & Muci, 1996, pág. 33)
- **Puntos situados por debajo de las E/B** que son alimentados por ésta. Este es un problema de mala concepción de las redes de distribución, debido a que los puntos por debajo de las estaciones deberían ser abastecidos por gravedad, directamente de la succión de la bomba si cumple con la presión mínima por norma en la entrada de la parcela que se quiere dar servicio.
- **Funcionamiento Intermitente de las E/B** por muchas causas; caída de la succión, alta descarga, problemas eléctricos, entre otros. (Álvarez & Muci, 1996, pág. 33)
- **Bombeo directo contra la red de distribución**, sin haber estanque que compense la variación horaria. Presenta un problema porque el punto de operación de los equipos de bombeo fluctúa durante el día, bajando su eficiencia.

³Se tomaron en cuenta algunos parámetros según “Normas de Proyectos y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones”.



- **Incrustaciones en tuberías** por su prolongado uso. Las incrustaciones pueden llegar a reducir sustancialmente el área efectiva de conducción, hasta el punto de hacer que una tubería se comporte hidráulicamente como una de menor diámetro.

VI.3.2 Detección de Problemas en los Sistemas Internos

Sistema A

El análisis y diagnóstico interno de la red de este sistema se deja para estudios posteriores, escapándose del alcance del presente trabajo ya que en este Sistema se pretende proponer una aducción diseñada para la demanda futura, aprovechando las redes actuales como distribución interna del acueducto.

Sistema B

b.1) Identificación de los Problemas

- Funcionamiento intermitente en la E/B Oripoto 2, principalmente por caída en la succión y presiones altas en la descarga (exceden los límites máximos permitidos).
- Puntos por debajo de la E/B Oripoto 2 (1.203 m.s.n.m.) que son alimentados por ésta. Incluyen partes de los desarrollos: Monterrey, Guayabitos Bajo, El Placer, Granjerías La Trinidad, y toda la parte alta de Ojo de Agua. Aproximadamente 29 l/s se están bombeando por debajo de la E/B.
- Falta de estanque que compense las variaciones horarias en el ramal Guayabitos-Placer, es decir, en este ramal se está bombeando directamente contra la red de distribución debido a que los estanques de Los Guayabitos y El Placer están fuera de servicio.
- Posible deterioro de la tubería matriz (link 11) que va desde la "U" de las Antenas de El Volcán hasta la V.R.P. Pilakea. Es de Φ 8" pero se está



comportando como una de Φ 6" con coeficiente $C=130$, para un gasto medio de 40 l/s. Dato obtenido en el modelo de simulación hidráulica.

- Tubería de Φ 4" (link 79), que va desde las Antenas de El Volcán hasta el Estanque Bosque de la Virgen. Fue diseñada junto con la E/B Oripoto 2, en un momento en que las demandas eran menores, y seguramente su capacidad suficiente para abastecer dicha demanda. Hoy en día, tanto el sistema de bombeo como la tubería son insuficientes para los gastos demandados. Ver pérdidas en Anexo D.
- La pérdida promedio es de aproximadamente 120 m.c.a. en una longitud de 1,2 Km., con velocidades promedio del orden de 2,4 m/s, fuera de Norma. La razón del pequeño diámetro de esta tubería parece ser adrede, para generar una pérdida tal que no se necesite colocar V.R.P., ya que se tiene que bombear contra el punto alto en las Antenas del Volcán, cota 1480 m.s.n.m. para llegar al estanque Bosque de la Virgen, cota 1323 m.s.n.m. Ver Anexo D.
- Presiones altas en el tramo que baja por la carretera Baruta-El Placer, nodo 76 y 78. Ver Anexo D.
- Presiones bajas en las Antenas de El Volcán, nodo 82. Ver Anexo D.

b.2) Análisis y Modelaje del Funcionamiento Actual

En el modelo se supuso que la E/B Oripoto 2 estaba funcionando con la descarga máxima obtenida en campo (310 m.c.a.). Con este dato y la succión, se puede saber cuál es la altura de bombeo y el caudal bombeado, para luego por diferencia obtener que la parte alta de Ojo de Agua está siendo abastecida con 6 l/s. Con esta suposición en las horas de alta demanda (entre 4a.m. y 8a.m.) la presión en el nodo 82 (punto alto de las Antenas de El Volcán) es negativa, significando que en estas horas no hay suficiente energía para vencer dicho punto alto, no habiendo flujo de agua hacia el Estanque Bosque de La Virgen. Esto implicaría que en las horas de menor demanda, dicho estanque demandaría un mayor gasto para suplir ese déficit. (Ver Presión del Nodo 82 en Anexo D).



La E/B Oripoto 2 está bombeando en promedio 30 l/s por grupo de bomba, trabajando entonces con una eficiencia del 70%, cuando la máxima eficiencia es de 75%. (Ver Curvas de Bombas en Anexo E).

Sistema C

c.1) Identificación de los Problemas

- Plan de regulación diario por sectores.
- Funcionamiento intermitente en la E/B Ojo de Agua, por problemas eléctricos que escapan del alcance de este trabajo.
- Sub-dimensionamiento de las tuberías internas del barrio Ojo de Agua, tanto las de Φ 3" (link 89) como las de Φ 4" (links 221, 251, 123 y 223). Grandes pérdidas por fricción.
- Abastecimiento combinado entre desarrollos formales y marginales, cuyos comportamientos son muy distintos por la ausencia de cobro del servicio en los últimos. Los desarrollos formales se ven perjudicados en un sistema como éste.
- Alta complejidad en la operación del acueducto, por insuficiente capacidad hidráulica del sistema, por la alta demanda presentada. Dificulta la operación del sector.
- Bombeo directo contra la red de distribución. No hay estanques que compensen la variación horaria de la demanda.

c.2) Análisis y Modelaje del Funcionamiento Actual

Apartando los problemas eléctricos ya mencionados, la E/B de Ojo de Agua nunca opera con los dos grupos de bombas simultáneamente. Utiliza el primer grupo, impulsor 180mm aproximadamente, para llenar columna de agua (luego de un tiempo



de inactividad por mantenimiento, racionamiento o cualquier otra razón), y abastecer cotas bajas. A continuación, una vez que la red está estabilizada y con presión, se pone en operación el segundo grupo (impulsor 220mm) abasteciendo las cotas más altas, y apagando así el primer grupo. Esto se debe a que las curvas de los grupos de bombas son muy distintas, y como la presión en la descarga es única se dificulta la operación simultánea de las mismas, por problemas de ineficiencia y caudal bombeado. (Ver Anexo E)

Este sistema tiene un plan de regulación de agua potable, en donde se entrega agua distintos días de la semana a distintas zonas del sector, ya que no tiene la capacidad suficiente para suministrar toda la demanda simultáneamente. Esto complica la operación del acueducto, por tener que estar abriendo y cerrando constantemente las válvulas, y accionando las bombas los siete días de la semana. En el modelo, se simularon dos posibles días (escenarios) en la operación de dicho sector, partiendo de la base que el grupo 2 de la E/B estaba operando y que la presión en la descarga era 310 m.c.a. (presión máxima obtenida en campo), por lo que el caudal bombeado era 28 l/s.

- *Escenario 1:* se le entrega agua únicamente a la parte media-alta de Ojo de Agua. Con estas condiciones de operación, el sector más alto que se puede abastecer es el ubicado más al sur del barrio, distribuyendo agua hasta la cota 1075 m.s.n.m. del lado este, cercano a la Urbanización Monterrey (sobre la tubería de 3") y hasta 1.090 m.s.n.m. del lado oeste, aledaño a la Carretera Monterrey (sobre la tubería de 4"). El limitado alcance hidráulico en este sistema se debe a las grandes pérdidas por fricción sobre las tuberías de 3" y 4", que para vencerlas se debe limitar el caudal bombeado, para así tener suficiente energía. Es decir, cuando se quiera bombear a cotas más altas, el caudal a bombear será menor y viceversa.
- *Escenario 2:* se le entrega agua a los desarrollos formales Monte Pino, Monte Alto y Zona Industrial de Ojo de Agua, quedando así capacidad hidráulica en el Sistema para abastecer a una parte del barrio. La magnitud del caudal



adicional destinado al barrio, dependerá de la ubicación del sector al cual se quiere abastecer por dos razones: diferencia altimétrica y recorrido que tenga que hacer el agua. A mayor diferencia de cota, menor será el caudal hidráulicamente posible de suministrar, y dependiendo si el sector se encuentra sobre la tubería de 3" o de 4", las pérdidas por fricción serán mayores y el caudal hidráulicamente posible de conducir será menor.

Este problema de abastecimiento se debe a falta de capacidad en la conducción. Una demanda tan importante no puede ser conducida por tuberías de 3" o 4", porque las pérdidas son exageradamente grandes y las velocidades generalmente fuera de Norma. Para tener una idea, en una tubería de 3", con un caudal de 30lps, y una $C=100$, las pérdidas por fricción están en el orden de los 880m/km, con velocidades de 6,6 m/s, y para tuberías de 4" en el orden de los 215m/km con velocidades de 3,7 m/s.

Sistema D

d.1) Identificación de los Problemas

- Deficiente abastecimiento de agua potable en la U.S.B. y Monte Elena⁴.
- Operación de la E/B dependiente de la condición del Estanque I.D.E.A.; cuando el estanque llega a su C.R. se apaga la bomba. El funcionamiento hidráulico de un sistema conformado por varios desarrollos, no debe depender de la condición hidráulica de uno sólo, ya que los otros se ven perjudicados.
- E/B propia de Monte Elena es redundante, ya que si la E/B de I.D.E.A. está diseñada para llegar al Estanque de I.D.E.A., Nivel de Servicio 11, no hace falta otra E/B para abastecer la Urbanización Monte Elena que se ubica en Niveles de Servicio inferiores al 11 (7 al 10), y que además se encuentra más cercana de dicha E/B. La E/B Monte Elena tenía sentido cuando este Sistema

⁴ Demostrado en el análisis y modelaje del funcionamiento actual y corroborado por testimonios de profesores y estudiantes de la Universidad.



se abastecía por el Tuy II, a través de la E/B Oripoto 2, pero con el Sistema actual planteado pierde toda la utilidad, y representa un gasto energético importante. La Figura 10 ilustra lo antes explicado.

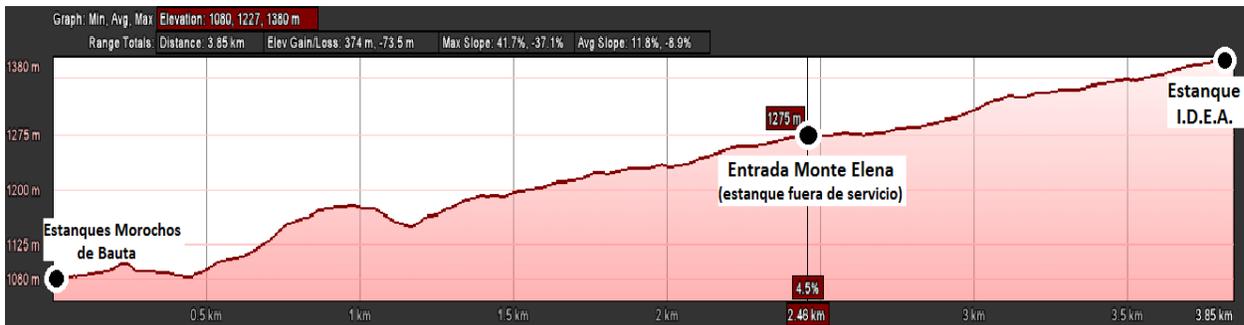


Figura 10. Perfil de Elevación: Ineficiencia del Bombeo Monte Elena.

Fuente: Google Earth / Autores.

d.2) Análisis y Modelaje del Funcionamiento Actual

Al modelar este sector, con las presiones de descarga de la E/B I.D.E.A., y con las horas de operación diaria de la misma, se calcula el caudal que se está suministrando a la red. Con una descarga de 420psi (la máxima obtenida en campo) equivalente a 296 m.c.a., restándole la succión de 4,20m.c.a., la altura de bombeo sería de 73m/etapa que está asociado a un caudal de bombeo de 30,5 l/s. Como la operación no es 24hr/día, sino 12hr/día, el mencionado caudal representa $Q = 15,25$ l/s en 24hr.

En la entrada de la U.S.B., la tubería de 10" (link 147) que viene de la E/B I.D.E.A. se divide en dos tuberías de 8", una para I.D.E.A. y el C.D.I. (link 157), y otra que va a los Estanques de la U.S.B. (link 151) responsable de conducir el caudal de la propia Universidad más el de la Urbanización Monte Elena. Esta segunda tubería tiene una V.R.C. en la entrada de la Universidad. Como la operación del bombeo de este sistema depende de la condición del Estanque I.D.E.A. (dato obtenido a través de los operadores del acueducto en la visita de campo), la V.R.C. debe dejar fluir un



gasto tal que el caudal que siga por la tubería de 8" (link 151) hacia el I.D.E.A. tenga suficiente energía para llegar a dicho estanque. Por esta razón el gasto conducido en el ramal de Monte Elena-U.S.B. será la diferencia del total menos el de I.D.E.A. y C.D.I., es decir, de 20,5 l/s durante 12hr/día que representan 10,25 l/s en 24hr/día. Este caudal representa el 80% de la demanda estimada para la U.S.B. y Monte Elena, es decir existe un déficit en esta entrega. Esta cifra de 80% de gasto medio abastecido, se cree es optimista, porque de las consultas efectuadas a los usuarios, los niveles de insuficiencia de abastecimiento parecieran ser mayores.

VI.3.3 Corrida del Programa

En las Tablas 17 y 18 se presentan los resultados a la hora pico de los nodos y tuberías respectivamente.



Tabla 17. Tabla de Nodos en la Hora Pico de la Red Actual.

ID	Demanda (l/s)	Cota (m.s.n.m.)	L.A.P. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)
12	0	1,398.00	1,479.63	81.63
30	22.73	1,260.00	1,277.86	17.86
48	0	1,249.00	1,316.36	67.36
60	0	1,300.00	1,366.22	66.22
64	0	1,250.00	1,316.77	66.77
72	0	1,094.00	1,314.86	220.86
82	0	1,480.00	1,463.36	-16.64
84	0	1,323.00	1,290.47	-32.53
94	0	1,000.00	1,268.11	268.11
96	0	1,003.00	1,267.75	264.75
98	0	1,100.00	1,080.91	-19.09
100	0	1,053.00	1,140.11	87.11
102	4.57	1,335.00	1,381.53	46.53
104	3.05	1,333.00	1,384.80	51.8
106	0.99	1,320.00	1,367.79	47.79
108	2.96	1,306.00	1,366.21	60.21
110	0.99	1,290.00	1,319.00	29
112	4.94	1,290.00	1,318.47	28.47
120	2.38	1,152.00	1,314.94	162.94
122	2.38	1,135.00	1,314.86	179.86
126	0	1,080.00	1,264.89	184.89
132	0	1,099.00	1,151.43	52.43
136	1.19	1,199.00	1,412.89	213.89
156	0	1,135.00	1,414.30	279.3
170	0	1,199.00	1,413.28	214.28
174	0	1,238.00	1,410.46	172.46
176	7.62	1,220.00	1,410.42	190.42
178	7.62	1,200.00	1,410.42	210.42
180	0	1,270.00	1,412.90	142.9
188	10.47	1,245.00	1,290.40	45.4
194	3.21	1,415.00	1,480.78	65.78
200	4.76	1,310.00	1,290.46	-19.54
228	2.38	1,150.00	1,151.43	1.43
230	0	1,077.00	1,163.92	86.92
232	2.5	1,170.00	1,315.49	145.49
234	4.76	1,380.00	1,412.63	32.63
236	119	1,000.00	1,386.05	386.05
246	7.14	1,140.00	1,290.45	150.45
248	21.42	1,075.00	1,080.82	5.82
256	11.9	1,090.00	1,151.87	61.87

Fuente: H2O Net.



Tabla 18. Tabla de Tuberías en la Hora Pico de la Red Actual.

ID	De Nodo	Al Nodo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas HL (m)	HL/1000 (m/km)	Rugosidad-C
11	12,00	184	1.379,99	150	47,48	2,69	65,89	47,75	130
13	14	64	269,9	200	29,99	0,95	1,7	6,31	115
51	54	50	191,25	200	39,86	1,27	2,64	13,83	100
55	58	52	560,2	200	39,86	1,27	7,75	13,83	100
57	56	58	193,13	200	44,43	1,41	3,26	16,9	100
59	50	60	118,87	200	38,88	1,24	1,57	13,2	100
61	62	14	62,7	200	34,93	1,11	0,52	8,36	115
63	64	48	66,27	200	29,99	0,95	0,42	6,31	115
65	10	70	312,4	150	7,26	0,41	0,75	2,4	100
69	78	72	361,81	150	0	0	0	0	100
73	74	76	504,97	150	4,76	0,27	0,56	1,1	100
75	76	78	275,13	150	2,38	0,13	0,08	0,31	100
79	82,00	84	1.244,77	100	22,37	2,85	172,89	138,89	100
85	92	94	431,7	200	35,7	1,14	4,87	11,28	100
87	94	96	93,41	250	35,7	0,73	0,36	3,8	100
89	242	100	734,71	75	0	0	0	0	100
91	250	98	301,77	75	0	0	0	0	100
117	134	126	590,28	250	35,7	0,73	2,25	3,8	100
123	254	132	217,91	100	2,38	0,3	0,48	2,2	100
147	156	158	604,57	250	21,18	0,43	0,88	1,45	100
149	160	156	213,38	200	21,18	0,67	0,92	4,29	100
151	170	180	939,65	200	5,95	0,19	0,39	0,41	100
157	172	174	699,19	200	15,23	0,48	1,63	2,33	100
165	180,00	136	1.563,06	250	1,19	0,02	0,01	0,01	100
169	202	56	271,97	200	47,48	1,51	5,2	19,11	100
181	192	12	213,52	300	69,85	0,99	1,16	5,42	100
201	212,00	192	1.897,56	300	73,07	1,03	11,17	5,89	100
217	12	82	843,45	150	22,37	1,27	16,26	19,28	100
221	130	230	247,24	100	35,7	4,55	81,53	329,74	100
223	230	100	185,75	100	21,42	2,73	23,81	128,16	100
227	164	234	975,89	200	4,76	0,15	0,26	0,27	100
245	100	250	113,8	75	21,42	4,85	59,2	520,23	100
251	230	254	198,41	100	14,28	1,82	12,01	60,53	100

Fuente: H2O Net.

Nota: identificación de nodos y tuberías referenciadas en las Figuras 3, 4, 5 y 6. Los nodos y tuberías del Sistema D (Figura 6), no representan la situación actual, ya que se modeló tal como si la bomba de I.D.E.A. funcionase 24hr/día, y en la realidad opera 12hr/día.



CAPÍTULO VII. PROPUESTAS

VII.1 Planteamiento General

En el presente capítulo se plantean seis (6) propuestas para mejorar el sistema de distribución de agua potable de la zona Sur-Sur de Caracas. Se suspende el abastecimiento por el Tuy I y Tuy II, proponiendo un abastecimiento de todos los desarrollos por el Tuy III en donde se dejan conexiones entre los sistemas viejos y los propuestos para casos excepcionales que lo ameriten, dejando como producto, una red mallada con fuentes alternativas de agua potable.

Este capítulo tiene por finalidad establecer, soluciones conceptuales a los problemas diagnosticados y realizar un dimensionamiento preliminar de la nueva infraestructura explicada a lo largo del mismo. Por lo tanto, las dimensiones resultantes de este estudio no pretenden ser definitivas y se recomienda un estudio posterior más detallado, para definir con exactitud estos valores, en el cual se incluya adicionalmente un análisis económico.

En el Anexo F se muestran algunas tablas para resumir las propuestas planteadas en los estudios del Sur-Sur (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999) y Barutaima (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008).

VII.1.1 Criterios para la Elección de las Propuestas

- Se parte de la premisa que los Estanques Morochos de Baruta siempre tienen agua, es decir, que la cota más desfavorable para el diseño de los elementos sujetos a ellos, será la cota de fondo de los mismos, 1.080 m.s.n.m. En ningún caso se considerará la posibilidad que los estanques se vacíen y la L.A.P. del sistema esté determinada por el régimen a canal aguas abajo de los mismos. Premisa sustentada por la gran cantidad de agua que le llegará a estos



estanques en un futuro (por la adición del Tuy IV al sistema) así como también por la gran capacidad compensadora de los mismos.

- Los nuevos grupos de bombeo que se requieran, serán localizados de manera tal de tener la menor cantidad posible de ubicaciones físicas de E/B, con la finalidad de optimizar futuros costos de operación y mantenimiento para HIDROCAPITAL y en busca de simplificar el manejo del sistema. De esta manera se trata de utilizar los lugares de las E/B ya existentes, Club de La Contraloría e I.D.E.A., dependiendo cual sea más conveniente para distintos desarrollos basados en las áreas de influencia de las mismas.
- Las nuevas líneas de bombeo deben establecerse en base a niveles de servicio, de manera tal que cada grupo de bombas trabaje para llevar el agua a rangos de cotas que no varíen más de 50 metros aproximadamente. Esto con la finalidad de cumplir con las presiones máximas y mínimas en la red de distribución sin hacer uso de V.R.P. En aquellos casos donde se haga difícil la sectorización altimétrica de las demandas en conjunto con los nuevos equipos de bombeo, se combinarán niveles de servicio, y en los niveles más bajos deberán implementarse V.R.P. Ver Anexo G.
- Aquellos casos en los que existan niveles de servicio, cuya demanda de agua potable sea una pequeña parte del caudal medio transportado por la aducción, y con cotas considerablemente mayores a la cota donde se concentra la mayor parte de la demanda, se debe tratar de implementar hidroneumáticos o sistemas de presión constante en cotas estratégicas capaces de elevar la energía del agua para alcanzar esas cotas máximas. No se justifica el diseño de una E/B de un sistema global para la cota más alta en este tipo de situaciones, ya que se estaría desperdiciando la energía.
- Las dimensiones de las tuberías y los parámetros de los equipos de bombeo necesarios, se obtendrán a través del programa H2O Net con el modelo hidráulico previamente calibrado.



VII.1.2 Sectorización de las Propuestas

En base a los criterios expuestos en el punto anterior se establecen seis (6) propuestas denominadas A, B, C, D, E y F, cuyos puntos de partida son el Club de La Contraloría para tres de ellas, y Los Morochos de Baruta para las otras tres.

En la Tabla 19 y las Figuras 11, 12, y 13, se muestran las características y sectorización de estas propuestas respectivamente. Cabe destacar que se hizo un modelo, para las tres propuestas cuyo punto de partida es el Club de La Contraloría y otro modelo distinto, para las otras tres propuestas cuyo punto de partida son Los Estanques Morochos de Baruta, lo que implica que las identificaciones de los nodos y tuberías se repiten, así que se debe tener cuidado al plano que son referidos.



Tabla 19. Características de las Propuestas.

PROPUESTA	Desarrollos Abastecidos	Fuente de Abastecimiento de Agua Potable	E/B del Sistema	Estanques del Sistema	Qm Total 2031 (l/s)	Niveles de Servicio
A	Barrio Ojo de Agua (<= 1045 m.s.n.m.)	Tuy III	No Tiene	No Tiene	53	4 y 5
B	Barrio Ojo de Agua (> 1045 m.s.n.m.) Monte Pino Monte Alto Zona Industrial de Ojo de Agua	Tuy III	E/B La Contraloría I	<u>Est. Nuevo:</u> Ojo de Agua (ubicado en Monterrey).	96	5 al 7
C	La Limonera Monterrey Granjerías La Trinidad	Tuy III	E/B La Contraloría II	<u>Est. Existentes:</u> La Limonera y Bosque de la Virgen.	41	5 al 10
D	El Placer Barrio del Progreso Desarrollos XX y XX' Barutaima Los Guayabitos (Alto y Bajo) U.S.B. Monte Elena El Volcán I.D.E.A.	Tuy III	E/B Morochos Norte	<u>Est. Nuevo:</u> Barutaima. <u>Est. Existentes:</u> El Placer, Los Guayabitos, U.S.B., Monte Elena, El Volcán, e I.D.E.A.	100	6 al 11
E	Hoyo de la Puerta II Parte de Hoyo de la Puerta I	Tuy III	E/B Morochos Sur I	<u>Est. Existente:</u> Hoyo de la Puerta.	63	7 al 11
F	La mayor parte de Hoyo de la Puerta I	Tuy III	E/B Morochos Sur II	<u>Est. Nuevo:</u> Hoyo de la Puerta.	78	7 al 11

Fuente: Elaboración Propia.



HOJA DOBLE CARTA CON FIGURA DE
SECTORIZACION DE PROPUESTAS. PROPUESTA
CONTRALORIA

Figura 11. Sectorización Propuestas Club La Contraloría.

Fuente: Elaboración Propia.



HOJA DOBLE CARTA CON FIGURA DE
SECTORIZACION DE PROPUESTAS. PROPUESTA
MOROCHOS DE BARUTA

Figura 12. Sectorización Propuestas Morochos de Baruta.

Fuente: Elaboración Propia.



HOJA CARTA CON FIGURA DE ALCANCE DE PROPUESTAS.

Figura 13. Alcance de las Propuestas.

Fuente: Elaboración Propia.



VII.2 Ingeniería Conceptual

VII.2.a. Propuesta A

Desarrollo abastecido: Barrio Ojo de Agua Bajo (cota ≤ 1.045 m.s.n.m.)

El desarrollo abastecido está separado de la fuente de agua por una colina, lo que permite establecer dos soluciones conceptuales: bombear contra un estanque ubicado cercano al punto alto para luego abastecer por gravedad al barrio, ó un abastecimiento directo por gravedad, lo que implicaría la implementación de una tubería a través de un H.D.D. (ver Figura 14). Cada una de estas dos propuestas conceptuales tienen a su vez muchas variantes, que deben ser sometidas a un cuidadoso análisis económico para decidir cuál es la solución más factible. La propuesta por gravedad representa en términos económicos una gran inversión inicial pero unos costos anuales prácticamente nulos, mientras que la solución por bombeo contra el punto alto, representa una inversión inicial considerablemente menor pero unos costos anuales asociados a operación, mantenimiento y energía considerables. Por motivos académicos en el presente trabajo, se decidió analizar la propuesta por gravedad, por ser éste un caso distinto a todos los estudiados en las otras propuestas (bombeo contra un estanque), sin embargo, como se dijo antes, será necesario el adecuado estudio económico para definir su factibilidad. De esta manera, para efectos de este trabajo, se llamará Propuesta A, a la solución por gravedad.



Figura 14. Perfil de Elevación: Propuesta A.

Fuente: Google Earth / Autores.



Infraestructura

- Abastecimiento por gravedad a través de una tubería (link 127) alimentada por la aducción de 100" proveniente de los Estanques Morochos de Baruta a nivel del Club de La Contraloría.
- Tubería nueva (link 47) paralela a la tubería de 10" actual, con conexiones a ésta, controladas mediante válvulas de sectorización y de control direccional de flujo (check). La nueva tubería sigue rodeando el norte de Ojo de Agua hasta que empieza correr en paralelo (link 135, 133 y 131) a la tubería de 3" al Este del desarrollo.
- El L.R: que va a separar la Propuesta "A" de la "B" dentro de la red de distribución (tuberías existentes), se establece en la tubería de 10" que sube por la carretera hacia Monte Pino, mediante una válvula de cierre. L.R. destacado por un círculo gris en la Figura 11.
- Sistema H.D.D. para la tubería nueva que atraviesa la colina al principio de la aducción (link 127)

Funcionamiento e Implicaciones

- Eliminación de la E/B Ojo de Agua.
- La infraestructura de la red actual quedaría como red de distribución.
- Interconexión de la red de Tuy III, entre el Alimentador Manzanares y la aducción por gravedad propuesta desde el Club La Contraloría.
- Fortalecimiento del sistema al norte de Ojo de Agua, aumentando las presiones en las tuberías de distribución de las urbanizaciones Piedra Azul y pueblo de Baruta. Esto, producto del "loop" formado entre el Alimentador Manzanares y la aducción por gravedad propuesta, que desplaza el equilibrio hidráulico hacia el norte de Ojo de Agua, englobando los desarrollos mencionados.
- La separación de las conexiones entre la tubería de aducción que rodea el barrio, y las tuberías existentes que servirán como red de distribución, serán



calculadas de manera tal que las viviendas más alejadas a dichas conexiones, se les garantice la presión mínima para su correcto abastecimiento.

Se pretende que la tubería de aducción no sea intervenida por tomas domiciliarias en toda su longitud, y que las únicas salidas que tenga, sean las conexiones mencionadas, que serán controladas y operadas por HIDROCAPITAL. El objetivo es tener una tubería controlada completamente por el operador del acueducto, y que la decisión de entregar agua al barrio sea voluntaria y no obligada, es decir, que no sea por motivos hidráulicos sino de otra índole tal como la de restringir la dotación para crear consciencia en el malgasto del agua.

Debe tomarse en cuenta que la zona más al noroeste de Ojo de Agua (zona reciente), se encuentra ubicada a una cota tal, que para el horizonte de diseño podría estar comprometido su abastecimiento, por lo que se recomienda mejorar la red de distribución interna de este sector para así disminuir las pérdidas por fricción y garantizar un buen abastecimiento.

VII.2.b. Propuesta B

Desarrollos abastecidos: Ojo de Agua (>1.045 m.s.n.m.), Monte Pino, Monte Alto, Zona Industrial de Ojo de Agua.

Infraestructura

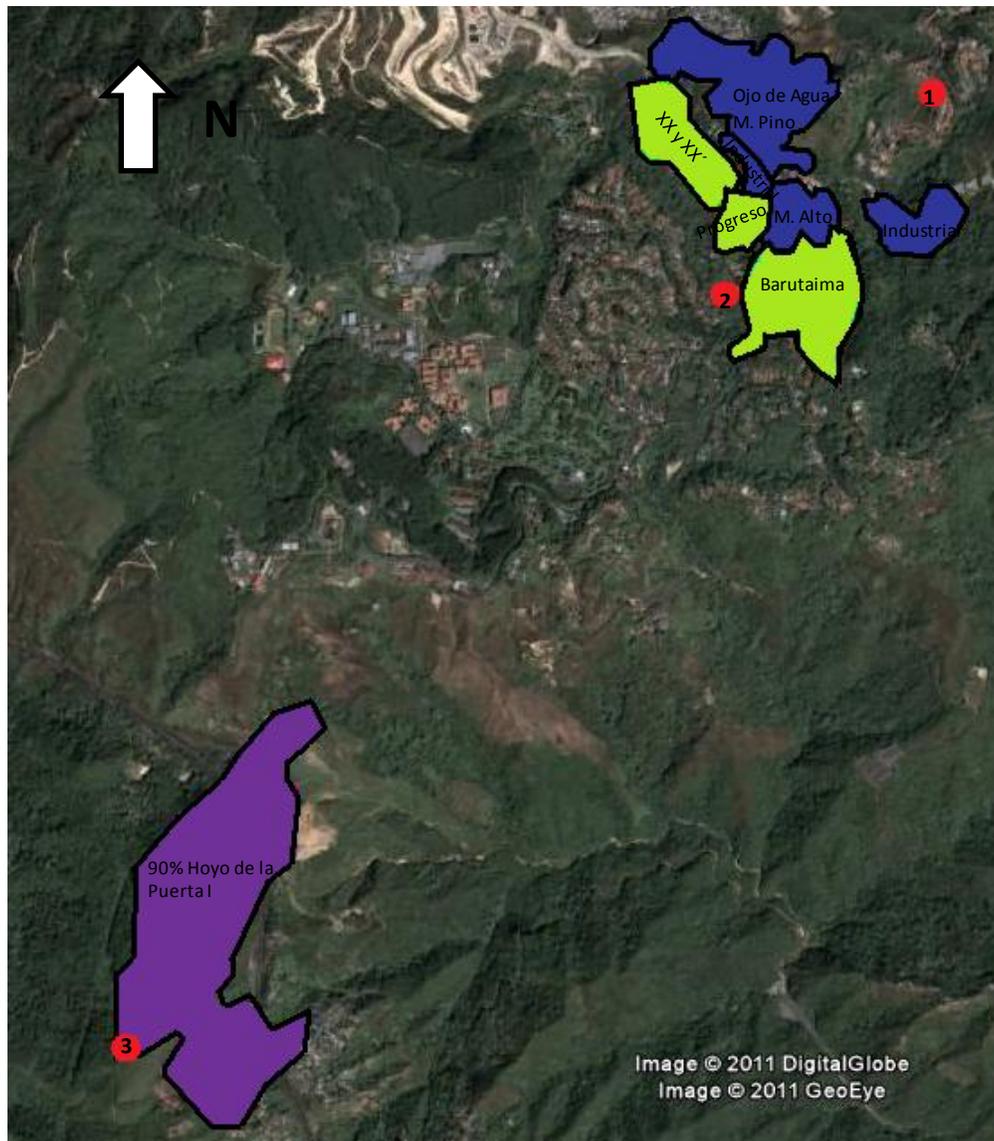
- Construcción de un nuevo estanque compensador, llamado Estanque Ojo de Agua, ubicado en la urbanización Monterrey con C.F.= 1.163 m.s.n.m. (Ver Figura 15).
- Construcción de E/B La Contraloría I, ubicada en el Club de la Contraloría.
- Tubería nueva, paralela a la de 4" ya existente en la Carretera Monterrey, con conexiones entre ellas controladas mediante válvulas de sectorización, de



control direccional de flujo (check), y V.R.P. (aquellos casos en que sea necesario).

Funcionamiento e Implicaciones

- La infraestructura de la red actual quedaría como red de distribución.
- Sistema diseñado para el año 2.031 lo que implicaría un funcionamiento distinto en los años que le preceden. Estanque amortiguará la variación horaria en el horizonte de diseño, sin embargo, en años anteriores servirá como relevo de la E/B propuesta, es decir, E/B funcionará menos de 24hr/día en los años iniciales.
- Se establece el L.R. con la propuesta “D” en el nodo donde llega la tubería de 6” ubicada en la Carretera Baruta-El Placer. Mismo L.R. existente en la actualidad, llamado Plan Alto.
- Alivio de la demanda que presenta el Sistema Tuy II (pequeña parte del Barrio Ojo de Agua).
- L.R. entre propuestas “A” y “B” es hidráulico y no físico (ver Figura 11). En el área enmarcada entre los nodos 40 y 70 se va a establecer un equilibrio hidráulico (igualación de presiones) dentro de la red interna del barrio (seguramente está toda interconectada) que dependerá de la presión en ambos nodos y de la configuración interna del enmallado. Las V.R.P. de la Propuesta “B” más cercanas al área de influencia de la Propuesta “A”, se pueden manipular de manera que la presión fijada aguas abajo de la válvula, sea tal que asegure que el equilibrio hidráulico se produzca en una zona determinada, cuidando siempre que el área de influencia por gravedad no se vea disminuida considerablemente.



Leyenda		
1	Estanque Ojo de Agua	Área Cobertura Estanque 1
2	Estanque Barutaima	Área Cobertura Estanque 2
3	Estanque Hoyo de la Puerta	Área Cobertura Estanque 3

Figura 15. Ubicación de Nuevos Estanques.

Fuente: Google Earth / Autores.



El diseño de las tuberías propuestas que se encuentran entre la E/B y el estanque, es complejo debido al carácter compensador que tiene el estanque (tiene una única tubería que sirve de entrada y salida). Las tuberías se ven afectadas por la curva de variación horaria en distintos grados dependiendo de diversos factores como lo son la ubicación respecto al estanque, a la E/B y a los nodos de demanda. Desde otro punto de vista, una misma tubería funciona como aducción en ciertas horas del día y como red de distribución en otras, al funcionar como una aducción se diseña de manera distinta a una tubería de distribución; el diseño definitivo es complejo y se obtendrá del modelo.

Las V.R.P. se deberán implementar en las conexiones donde la presión supere los 75 m.c.a. Para ello se debe correr el modelo en la situación más desfavorable que sería la hora de menor demanda y la presión en la succión de la bomba en el mayor valor posible.

En la Figura 16 se muestra el perfil de elevación de la aducción de esta propuesta.



Figura 16. Perfil de Elevación: Propuesta B.

Fuente: Google Earth / Autores.

VII.2.c. Propuesta C

Desarrollos abastecidos: La Limonera, Monterrey, y Granjerías La Trinidad.



Infraestructura

- Construcción de E/B La Contraloría II, ubicada en el Club de la Contraloría, con un grupo de bombas independiente al de la Propuesta B.
- Se establecen dos tuberías que salen del mismo equipo de bombeo: la primera (ya existente de 12", link 63) contra el Estanque La Limonera, y otra nueva (link 101) contra el Estanque Bosque de la Virgen. Esta última va siguiendo la carretera Monterrey que llega hasta Monte Alto y sigue para la urbanización Monterrey hasta llegar al estanque Bosque de la Virgen.

Funcionamiento e Implicaciones

- Las tuberías ya existentes en Monterrey y Granjerías La Trinidad serán usadas como red de distribución.
- Los estanques La Limonera y Bosque de la Virgen, funcionan como estanques distribuidores. El primero exclusivamente para la urbanización La Limonera, y el segundo para las urbanizaciones Monterrey y Granjerías La Trinidad.
- Se corta el suministro al estanque Bosque de la Virgen por el Tuy II, por lo tanto, la tubería de 4" que llega a dicho estanque desde las Antenas, quedaría para ser utilizada sólo en casos de emergencia. De esta manera se alivia la demanda que presenta actualmente el Sistema Tuy II (Urbanizaciones Monterrey y Granjerías La Trinidad).

Tanto el Estanque La Limonera como el Estanque Bosque de la Virgen, se agruparon dentro de la misma propuesta, por tener características similares; gran desnivel con respecto a la E/B y caudales medios en el orden de los 20 l/s. Como recientemente se pusieron en funcionamiento unos equipos de bombeo nuevos para La Limonera, se consideraron como equipos de bombeo para esta propuesta aunque no sean los más apropiados, porque representarían un ahorro importante en la inversión inicial de otros equipos.



La tubería de aducción propuesta (link 101) se diseña para el 1,25Qm por existir compensación horaria del Estanque Bosque de la Virgen.

En la Figura 17 se muestra el perfil de elevación de la aducción de esta propuesta.



Figura 17. Perfil de Elevación: Propuesta C.

Fuente: Google Earth / Autores.

VII.2.d. Propuesta D

Desarrollos abastecidos: El Placer, Barrio del Progreso, Desarrollos XX y XX', Barutaima, Los Guayabitos (Alto y Bajo), El Volcán, Monte Elena, U.S.B., e I.D.E.A.

Infraestructura

- Construcción de un nuevo estanque distribuidor en Barutaima responsable de Barutaima, Barrio del Progreso y desarrollos XX y XX' (Figura 15).
- Construcción de la E/B Morocho Norte ubicada al lado de los Estanques Morocho de Baruta.
- Sistemas de presión constante ó hidroneumáticos para llegar al Estanque de I.D.E.A. por una parte, y a Los Guayabitos Alto, El Volcán y Las Antenas por el otro.
- Rehabilitación de los estanques: El Placer, Los Guayabitos, El Volcán y Monte Elena que se encuentran actualmente fuera de servicio.



- Ampliación de aquellos estanques que así lo requieran, para poder satisfacer las demandas en el horizonte de diseño.
- Se deben cambiar los diámetros de las tuberías de aducción que van desde la E/B propuesta hasta la entrada de El Placer, de 8" a 10" de diámetro, ya que las pérdidas en el horizonte de diseño se incrementan considerablemente y son determinantes en la elección de los equipos de bombeo.

Funcionamiento e Implicaciones

- La distribución se hará a través de la infraestructura actual del sistema, utilizando las tuberías y válvulas ya existentes.
- Urbanizaciones quedan siendo abastecidas por E/B cuyas áreas de influencia corresponden lógicamente con sus ubicaciones.
- Alivio de la demanda actual en el Sistema Tuy II (El Placer, Barrio del Progreso, Desarrollos XX y XX', Los Guayabitos, y El Volcán).
- Los L.R. de este sistema se establecen: al este de la Urbanización El Volcán sobre la tubería matriz de 12", y en el nodo donde llega la tubería de 6" ubicada en la Carretera Baruta-El Placer, actualmente llamado L.R. Plan Alto.
- Al ser un sistema integrado por varios estanques distribuidores, no hace falta diseñarlos todos considerando la demanda de incendio. Se consideró pues, los estanque más altos como los responsables de almacenar el volumen correspondiente a incendio. Estos resultaron ser el Estanque Los Guayabitos y el Estanque de I.D.E.A.

VII.2.e. Propuesta E

Desarrollos abastecidos: Hoyo de la Puerta II y parte de Hoyo de la Puerta I.

Infraestructura

- Construcción de la E/B Morocho Sur I ubicada al lado de los Estanques Morocho de Baruta, con un grupo de bombas diferente al de la Propuesta D.



- Implementar una tubería nueva que salga de la E/B y llegue al Estanque Hoyo de la Puerta existente.
- Uso del Estanque de Hoyo de la Puerta existente como estanque distribuidor.

Funcionamiento e Implicaciones

- La tubería de 10" que llega al Estanque Hoyo de la Puerta con agua proveniente del Sistema Panamericano, quedaría para ser utilizada sólo en casos de emergencia.
- Se alivia la actual demanda que presenta el Sistema Tuy I.
- Se utiliza la red actual como sistema de distribución.
- El Estanque Hoyo de la Puerta existente se utilizaría como estanque distribuidor.

En esta propuesta se manejan desniveles, distancias y caudales importantes, razón por la cual las pérdidas por fricción son determinantes en el cálculo de los equipos de bombeo, diámetro de tuberías y caudal de diseño.

VII.2.f. Propuesta F

Desarrollo abastecido: mayor parte de Hoyo de la Puerta I.

Infraestructura

- Construcción de un nuevo estanque distribuidor en Hoyo de la Puerta, llamado Estanque Hoyo de la Puerta nuevo, para complementar la capacidad del estanque ya existente. C.F.: 1.355 m.s.n.m.
- Construcción de la E/B Morochos Sur II ubicada al lado de los Estanques Morochos de Baruta, con un grupo de bombas diferente al de la Propuesta D y E.



- Continuación de la tubería de 10” que actualmente llega al C.D.I. desde Monte Elena, hasta los Estanques Morochos de Baruta y ampliación desde el C.D.I. hasta Hoyo de la Puerta nuevo.

Funcionamiento e Implicaciones

- Se alivia la actual demanda que presenta el Sistema Tuy I.
- Se utiliza la red actual como sistema de distribución.

Se estima que el sector Hoyo de la Puerta tenga una demanda importante para el año 2031, razón por la cual la capacidad del Estanque Hoyo de la Puerta existente será insuficiente para distribuir el agua demandada por todo este desarrollo. De esta manera, se decide construir un nuevo estanque ubicado en la parte más alta del sector Hoyo de la Puerta I (hacia el noroeste), capaz de distribuir el agua que demanda gran parte de Hoyo de la Puerta I (Figura 15)

En esta propuesta se estableció el caudal de diseño, sabiendo que éste sería la diferencia entre el caudal total demandado por Hoyo de la Puerta, menos el caudal ya distribuido mediante la Propuesta E. De esta manera se pueden diseñar los tramos de tubería que faltan para completar la aducción, y el nuevo estanque a construir.

Se parte de la premisa que el equilibrio hidráulico en Hoyo de la Puerta, ocurrirá en un zona entre ambos estanques tal que las demandas usadas para cada propuesta (E y F) se asemejen a las verdaderas, determinadas por el equilibrio hidráulico. Esta premisa se pudiese forzar, creando un L.R. físico, que no es más que la interrupción del enmallado interno entre dos sectores que se quiere sean abastecidos por dos fuentes distintas. De no ser posible estas opciones, se pudiese construir el nuevo estanque propuesto, al lado del Estanque de Hoyo de la Puerta ya existente, de manera tal que no existan dos fuentes de suministro de agua que establezcan un equilibrio hidráulico que se tenga que estimar o forzar.



De cualquier manera, para efectos de este estudio se parte de la premisa que el L.R. real es similar al supuesto.



VII.3 Ingeniería Básica

VII.3.1 Criterios de Diseño

Para el diseño de la nueva infraestructura deben tomarse en cuenta los criterios de diseño según (I.N.O.S. Departamento Técnico, 1966), así como también los parámetros ya establecidos en el punto VI.3.1, con la finalidad de evitar que el nuevo sistema planteado, presente problemas de funcionamiento.

A continuación se mencionan los diversos criterios de diseño que fueron considerados:

- **Caudal de Diseño en Tuberías y equipos de bombeo:** en todos los casos se debe considerar el 125% del Q_m transportado, debido al incremento de consumo que se experimenta en los meses de verano. Adicionalmente, de no existir estanque (caso de gravedad o cualquier otro) se deberá diseñar para el caudal pico, que tal como se explicó en el apartado V.3.2.-Verificación de la Curva Horaria, se considera para la etapa de diseño la curva obtenida empíricamente por (HIDROCAPITAL, BIWATER, & M.G.A., Curva de Variación Horaria, 1993) afectada por un factor de seguridad tal que incremente el pico de 119% del Q_m al 130% del Q_m por tratarse de un estudio que no es propio de la zona. En cualquier caso la curva del I.N.O.S. se considera no representativa.
- **Estanques:** los estanques se deben calcular de manera tal de poder almacenar el volumen asociado a los gastos mayores al Q_m en un día, más la capacidad extra por incendio. La norma al sugerir la curva de variación horaria del I.N.O.S., dice que la capacidad debe ser igual al: 40% del consumo total diario, más 230 m³ correspondientes a incendio en viviendas unifamiliares continuas ó viviendas multifamiliares (equivale a 16 l/s en 4 horas continuas) y que adicionalmente, en los casos en que exista bombeo, se le debe sumar a la capacidad del estanque el 25% del consumo total diario, y de existir también rebombeo, un 12,5% extra del consumo total diario. Como en este estudio, se



está trabajando con una curva de variación horaria mucho más achatada que la del I.N.O.S., se calcularán los estanques para el 20%⁵ del consumo total diario en vez del 40%, manteniendo los otros criterios iguales (incendio, bombeo y rebombeo).

- **E/B:** en la Norma (I.N.O.S. Departamento Técnico, 1966) se dice que deben ser diseñadas de manera tal que estén operativas durante dos (2) turnos diarios, lo que implica que trabajarán 16 horas al día. Sin embargo por estarse manejando caudales considerables, el diseño según la norma incrementaría todas las obras y elementos nuevos en un 50%, lo que para este trabajo se considera injustificadamente antieconómico y por lo tanto se establece un horario de operación de las E/B de 24hr/día.
- Los diseños de las E/B se hacen para la condición más desfavorable, que es cuando el estanque aguas abajo está en su nivel máximo y el estanque aguas arriba en su nivel mínimo.
- Todas las E/B deben tener su bomba de reserva la cual debe ser capaz de suplir como mínimo el 30% del Qm.
- Se deben aprovechar los equipos de bombeo existentes que estén en buen estado tal como el de la E/B de I.D.E.A. (WKL80/4-205mm, 3500 R.P.M.) y los dos de la E/B del Club de la Contraloría (WKL150/4-360mm, 1750 R.P.M.).
- Es importante recalcar que los equipos de bombeo nuevos que se proponen han sido calculados para el horizonte de diseño, año 2031, por lo tanto, estos deben irse implementando cronológicamente según vaya creciendo la demanda y operando un cierto número de horas al día, tal que el estanque correspondiente surta a los desarrollos en las horas que la bomba no está en funcionamiento.

⁵ En la curva con la que se trabajó la etapa de diseño para este estudio, el volumen asociado a los gastos mayores al Qm representan el 9% del consumo total diario. Con 20% se está del lado de la seguridad.



- **Velocidad Máxima en Tuberías:** debe ser menor a los 2 m/s en las tuberías de aducción que serán dimensionadas, para controlar las pérdidas por fricción durante la conducción. Es un parámetro flexible.
- La L.A.P. de la tubería de 100" del Tuy III en el Club de la Contraloría usada para el diseño de los elementos sujetos a ella, será la resultante para las condiciones más desfavorables. Estas condiciones serán con el nivel de los estanques Morochos de Baruta en 1.080 m.s.n.m. y con la incorporación del Tuy IV a los estanques. Las pérdidas por fricción para un caudal de 14 m³/s (valor supuesto considerando incorporación del Tuy IV), un coeficiente de Hazzen Williams C=100 y una longitud de 2,6Km (desde los Estanques Morochos de Baruta hasta E/B del Club de la Contraloría) están en el orden de los 8m para una tubería de 100". Así pues la L.A.P. en el Club de la Contraloría para las condiciones más desfavorables, se tomó como 1.072 m.s.n.m.

VII.3.2 Pre-Dimensionamiento

VII.3.2.a. Propuesta A

- **Qdiseño** = 86 l/s.
- Alcance: cota \leq 1.045 m.s.n.m.
- Nueva tubería 14" (Links 127 y 47) y longitud de 750m de acero, en el tramo que va desde el Club La Contraloría hasta el punto más Norte del Barrio, a través de un sistema H.D.D.
- Nueva tubería 10" (Links 135, 133 y 131) de acero a partir del punto más Norte del Barrio hacia el Este, por la Vía Ojo de Agua, paralela a la tubería de 3" ya existente. Longitud de 508m.
- Válvulas de sectorización: V.R.C.
- H.D.D. de aproximadamente 200m de longitud. Para una tubería de diámetro 14" y para esa longitud, se ejecutaría con equipos de excavación horizontal



direccionados de diámetro 15” o 16”, mejor conocidos como H.D.D, que van dejando la tubería con el avance de la perforación.

VII.3.2.b. Propuesta B

- **Qdiseño** variable.
- **Hdiseño** variable.
- Equipos de bombeo sugeridos: WKL100/5 (230mm), 1.750 R.P.M. 3 operativos + 1 reserva. *Eficiencia 72% - 74%*.
- Nueva tubería 14” (Link 75) de acero en el tramo que va desde E/B Club La Contraloría I hasta la Urbanización Monte Pino. Longitud de 930m.
- Nueva tubería 12” (Link 77) de acero a partir de la Urbanización Monte Pino recorriendo la Carretera Monterrey. Longitud de 250m.
- Nueva tubería 10” (Link 87) de acero en el tramo después de la de 12”, siguiendo por la Carretera Monterrey. Longitud de 230m.
- Nueva tubería 8” (Links 89 y 125) de acero en el tramo después de la de 10”, hasta el nuevo estanque propuesto. Longitud de 1.670m.
- Nueva tubería 10” (Link 83) de acero. Ver ubicación en Figura 11. Longitud de 195m.
- Nueva tubería 6” (Link 85) de acero. Ver ubicación en Figura 11. Longitud de 120m.
- Nueva tubería 8” (Links 95 y 93) de acero. Ver ubicación en Figura 11. Longitud de 340m.
- Estanque Ojo de Agua (compensador): Capacidad 3.950 m³, C.F.: 1.163 m.s.n.m., C.R.: 1.173 m.s.n.m., Diámetro: 22,5m. Material propuesto: concreto postensado. Ver ubicación en Figura 15.
- Válvulas de sectorización: V.R.C.
- V.R.P.: con especificación de presión fija aguas abajo.



VII.3.2.c. Propuesta C

- **Qdiseño** = 50 l/s.
- **Hdiseño** = La Limonera 288m (1.358m-1.072m+2m).
- Equipos de bombeo sugeridos: WKL150/4-360mm, 1.750 rpm. 1 operativo + 1 reserva. *Eficiencia 58%*.
- Nueva tubería 10" (Link 101) de acero en el tramo que va desde E/B Club La Contraloría II hasta el Estanque Bosque de la Virgen. Longitud de 4.550m.

VII.3.2.d. Propuesta D

- **Qdiseño** = 125 l/s.
- **Hdiseño** = 285m (1.310m-1.080m+55m).
- Equipos de bombeo sugeridos: WKL80/4-205mm, 3.500 R.P.M. 4 operativos + 1 reserva. *Eficiencia 71%*.
- Nueva tubería 10" (Links 133 y 95) de acero en el tramo que va desde Estanques Morochos de Baruta hasta el L.R. El Placer. Longitud de 540m.
- Estanque Barutaima (distribuidor): Capacidad 950 m³, C.F.: 1.235 m.s.n.m. Material propuesto: concreto postensado. Ver ubicación en Figura 15.
- Ampliación del Estanque El Placer, de 500 m³ a 1.000 m³.
- Ampliación del Estanque Los Guayabitos a 650 m³
- Sistema de presión constante ó hidroneumático sobre la carretera principal de Los Guayabitos, en una cota inferior a los 1.310 m.s.n.m. (frente al Estanque Los Guayabitos) para el rebombeo de la demanda de Los Guayabitos Alto y El Volcán, cuyo gasto medio total es de 12,7 l/s. Este sistema debe ser diseñado considerando la variación horaria.
- Sistema de presión constante ó hidroneumático dentro de I.D.E.A., para el rebombeo del caudal contra su propio estanque. Representa un caudal medio aproximado de 6 l/s.



VII.3.2.e. Propuesta E

- **Qdiseño** = 77,5 l/s.
- **Hdiseño** = 336m (1.400m-1.080m+16m).
- Equipos de bombeo sugeridos: WKL80/4-220mm, 3.500 R.P.M. 2 operativas + 1 reserva. *Eficiencia 74%*.
- Nueva tubería 14" (Link 131) de acero, desde E/B Morochos Sur I hasta Estanque Hoyo de la Puerta. Longitud de 5.200m.

VII.3.2.f. Propuesta F

- **Qdiseño** = 98 l/s.
- **Hdiseño** = 362m (1.368m-1.080m+74m).
- Equipos de bombeo sugeridos: WKL80/4-220mm, 3.500 R.P.M. 3 operativos + 1 reserva. *Eficiencia 72%*
- Nueva tubería 10" (Link 129) de acero, desde la entrada de I.D.E.A. hasta los Estanques Morochos de Baruta, para completar la aducción ya existente de 1.580m de longitud. Longitud de 1.100m.
- Nueva tubería 14" (Link 127) de acero, desde el C.D.I. hasta el Estanque Hoyo de la Puerta Nuevo. Longitud de 1.580m.
- Estanque Hoyo de la Puerta Nuevo (distribuidor): Capacidad 3.280 m³. C.F.: 1.360 m.s.n.m., C.R.: 1.368 m.s.n.m. Material propuesto: concreto postensado. Ver ubicación en Figura 15.

A continuación, en la Tabla 20, se presenta un resumen de la Ingeniería Básica de todas las propuestas planteadas en el presente Capítulo.



Tabla 20. Resumen de las Propuestas.

Propuesta:		Cambios:
A	PARÁMETROS	* Qd = 86 lps.
		* Abastecimiento a sectores con cota ? 1045 m.s.n.m. (40% Ojo de Agua).
	NUEVO	* Tubería 14": La Contraloría-Punto más Norte de Ojo de Agua (Links 43, 45 y 47); 1723m.
		* Tubería 10": a partir del Punto más Norte de Ojo de Agua (Links 49 y 57); 508m.
		* Válvulas de sectorización: V.R.C.
* Sistema H.D.D. para la implementación de aproximadamente 200m de la tubería de 14".		
B	PARÁMETROS	* Qd variable
		* Hd variable
	NUEVO	* Bombeo (3+1): WKL100/5-230mm; 1750 rpm.
		* Tubería 14": E/B Club La Contraloría I-Monte Pino (Link 75); 930m.
		* Tubería 12": A partir de Monte Pino por la Carretera Monterrey (Link 77); 250m.
		* Tuberías 10": Links 87 y 83; 230 y 195m respectivamente.
		* Tuberías 8": Links (89, 125) y (95, 93); 1670 y 340m respectivamente.
		* Tubería 6": Link 85; 120m.
		* Estanque Ojo de Agua: 3950 m ³ ; C.F.: 1163 m.s.n.m.; C.R.: 1173 m.s.n.m.; Diámetro 22,5m.
* Válvulas de sectorización: V.R.C.		
* V.R.P.: especificación de presión fija aguas abajo.		
C	PARÁMETROS	* Qd = 50 lps.
		* Hd = 288m. (La Limonera determinante).
	NUEVO	* Bombeo (1+1): WKL150/4-360mm; 1750 rpm.
		* Tubería 10": E/B La Contraloría II-Estanque Bosque de la Virgen (Link 101); 4550m.

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 20. Resumen de las Propuestas (Continuación).

Propuesta:	Cambios:	
D	PARÁMETROS	* Qd = 125 lps.
		* Hd = 285m.
	NUEVO	* Bombeo (4+1): WKL80/4-205mm; 3500 rpm.
		* Tubería 10": E/B Morochos Norte-L.R. El Placer (Links 133 y 95); 540m.
		* Estanque Barutaima: 950 m ³ ; C.F.: 1235 m.s.n.m.
		* Sistema de Presión Constante o Hidroneumático: Los Guayabitos Alto y El Volcán (12,7 lps).
		* Sistema de Presión Constante o Hidroneumático: I.D.E.A. (6 lps).
	EXISTENTE	* Ampliar Estanque El Placer: 500 a 1000 m ³ .
		* Ampliar Estanque Los Guayabitos: 650 m ³ .
E	PARÁMETROS	* Qd = 77,5 lps.
		* Hd = 336m.
	NUEVO	* Bombeo (2+1): WKL80/4-220mm; 3500 rpm.
		* Tubería 14": E/B Morochos Sur I-Estanque Hoyo de la Puerta (Link 131); 5200m.
F	PARÁMETROS	* Qd = 98 lps.
		* Hd = 362m.
	NUEVO	* Bombeo (3+1): WKL80/4-220mm; 3500 rpm.
		* Estanque Hoyo de la Puerta: 3280 m ³ ; C.F.: 1360 m.s.n.m.; C.R.: 1368 m.s.n.m.
	EXISTENTE	* Completar tramo de tubería: entrada I.D.E.A.-Morochos (Link 129); 10"; 1100m.
		* Completar tramo de tubería: C.D.I.-Estanque Hoyo de la Puerta Nuevo (Link 127); 14"; 1580m.

Fuente: Elaboración Propia.



VII.3 Modelaje de las Propuestas

En las Tablas 21 y 22 se presentan los resultados de los nodos y tuberías en horas de alta y baja demanda de las propuestas A, B y C. (Club Contraloría).

Tabla 21. Tabla de Nodos en horas de alta y baja demanda de las Propuestas A, B y C.

Alta demanda. 4am					Baja Demanda 4pm.				
ID	Demanda (l/s)	Cota (m.s.n.m.)	L.A.P. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)	ID	Demanda (l/s)	Cota (m.s.n.m.)	L.A.P. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)
30	0,00	1.010,00	1.069,72	59,72	30	0	1.010,00	1.070,93	60,93
34	0,00	1.003,00	1.069,52	66,52	34	0	1.003,00	1.070,84	67,84
40	0,00	1.035,00	1.068,00	33	40	0	1.035,00	1.070,13	35,13
44	0,00	1.020,00	1.068,13	48,13	44	0	1.020,00	1.070,19	50,19
54	0,00	1.086,00	1.159,63	73,63	54	0	1.086,00	1.170,39	84,39
62	0,00	1.100,00	1.157,27	57,27	62	0	1.100,00	1.166,29	66,29
66	0,00	1.080,00	1.157,09	77,09	66	0	1.080,00	1.168,05	88,05
68	0,00	1.052,00	1.153,82	101,82	68	0	1.052,00	1.166,52	114,52
70	0,00	1.042,00	1.151,67	109,67	70	0	1.042,00	1.165,52	123,52
74	0,00	1.110,00	1.149,71	39,71	74	0	1.110,00	1.164,61	54,61
78	0,00	1.060,00	1.152,49	92,49	78	0	1.060,00	1.165,90	105,9
80	0,00	1.090,00	1.156,85	66,85	80	0	1.090,00	1.166,94	76,94
88	22,50	1.329,00	1.361,19	32,19	88	22,5	1.329,00	1.361,19	32,19
110	0,00	1.012,00	1.068,44	56,44	110	0	1.012,00	1.070,34	58,34

Fuente: H2O Net.



Tabla 22. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas A, B y C.

Alta demanda. 4am.									
ID	De Nodo	Al Nodo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas HL (m)	HL/1000 (m/km)	Rugosidad-C
47	30	34	134,04	350	52	0,54	0,2	1,48	100
63	86	26	1360	300	27,5	0,39	1,31	0,97	100
75	52	54	925,38	350	125,07	1,3	6,95	7,51	100
77	54	66	250,31	300	98,01	1,39	2,54	10,14	100
83	66	68	191,74	250	80,36	1,64	3,27	17,06	100
85	68	70	117,95	150	21,68	1,23	2,15	18,19	100
87	66	80	229,78	250	17,65	0,36	0,24	1,03	100
89	80	62	185,96	200	-14,95	0,48	0,42	2,25	100
93	68	78	47,17	200	58,68	1,87	1,33	28,28	100
95	78	74	290,83	200	32,6	1,04	2,77	9,53	100
101	86	88	4531,42	250	22,5	0,46	7,34	1,62	100
125	62	7006	1482,69	200	-24,08	0,77	8,07	5,44	100
127	7000	30	600,8	350	86,55	0,9	2,28	3,8	100
131	44	40	215,9	250	13,04	0,27	0,13	0,59	100
133	110	44	147,68	250	26,08	0,53	0,31	2,13	100
135	34	110	140,74	250	52	1,06	1,07	7,63	100

Fuente: H2O Net.

Tabla 22. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas A, B y C. (Continuación)

Baja demanda. 4pm.									
ID	De Nodo	Al Nodo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas HL (m)	HL/1000 (m/km)	Rugosidad-C
47	30	34	134,04	350	34,45	0,36	0,09	0,69	100
63	86	26	1360	300	27,5	0,39	1,31	0,97	100
75	52	54	925,38	350	111,72	1,16	5,64	6,1	100
77	54	66	250,31	300	93,8	1,33	2,34	9,35	100
83	66	68	191,74	250	53,24	1,08	1,53	7,97	100
85	68	70	117,95	150	14,36	0,81	1	8,49	100
87	66	80	229,78	250	40,55	0,83	1,11	4,81	100
89	80	62	185,96	200	18,95	0,6	0,65	3,49	100
93	68	78	47,17	200	38,88	1,24	0,62	13,2	100
95	78	74	290,83	200	21,6	0,69	1,29	4,45	100
101	86	88	4531,42	250	22,5	0,46	7,34	1,62	100
125	62	7006	1482,69	200	12,9	0,41	2,54	1,72	100
127	7000	30	600,8	350	57,35	0,6	1,07	1,78	100
131	44	40	215,9	250	8,64	0,18	0,06	0,28	100
133	110	44	147,68	250	17,28	0,35	0,15	0,99	100
135	34	110	140,74	250	34,45	0,7	0,5	3,56	100

Fuente: H2O Net.



Nota: para las Tablas 21 y 22, la identificación de nodos y tuberías están referenciadas en la Figura 11.

En las Tablas 23 y 24 se presentan los resultados de los nodos y tuberías en horas de alta y baja demanda de las propuestas D, E y F, cuyos puntos de partida son los Estanques Morocho de Baruta.

Tabla 23. Tabla de Nodos en horas de alta y baja demanda de las Propuestas D, E y F.

Alta demanda. 4am					Baja Demanda 4pm.				
ID	Demanda (l/s)	Cota (m.s.n.m.)	L.A.P. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)	ID	Demanda (l/s)	Cota (m.s.n.m.)	L.A.P. (m.s.n.m.)	Presión (m.c.a.)
30	100,75	1.350,00	1.398,68	48,68	30	66,65	1.350,00	1.396,51	46,51
56	127,4	1.300,00	1.362,40	62,4	56	84,28	1.300,00	1.361,29	61,29
74	0	1.199,00	1.344,38	145,38	74	0	1.199,00	1.344,38	145,38
76	11,12	1.286,00	1.341,07	55,07	76	11,12	1.286,00	1.341,07	55,07
78	11,12	1.240,00	1.343,39	103,39	78	11,12	1.240,00	1.343,39	103,39
80	0	1.250,00	1.327,24	77,24	80	0	1.250,00	1.327,24	77,24
82	33,5	1.270,00	1.324,06	54,06	82	33,5	1.270,00	1.324,06	54,06
84	0	1.300,00	1.320,47	20,47	84	0	1.300,00	1.320,47	20,47
86	14,5	1.310,00	1.320,24	10,24	86	14,5	1.310,00	1.320,24	10,24
88	0	1.250,00	1.325,81	75,81	88	0	1.250,00	1.325,81	75,81
90	0	1.271,00	1.341,12	70,12	90	0	1.271,00	1.341,12	70,12
92	31	1.230,00	1.320,79	90,79	92	31	1.230,00	1.320,79	90,79
100	16,25	1.300,00	1.320,39	20,39	100	16,25	1.300,00	1.320,39	20,39
104	7,5	1.320,00	1.340,66	20,66	104	7,5	1.320,00	1.340,66	20,66
110	0	1.200,00	1.370,72	170,72	110	0	1.200,00	1.369,32	169,32
112	0	1.271,00	1.409,97	138,97	112	0	1.271,00	1.408,97	137,97
114	2,28	1.200,00	1.370,32	170,32	114	1,51	1.200,00	1.369,13	169,13

Fuente: H2O Net.



Tabla 24. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas D, E y F.

Alta demanda. 4am.									
ID	De Nodo	Al Nodo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas HL (m)	HL/1000 (m/km)	Rugosidad-C
61	112	110	1552,5	250	99,39	2,02	39,25	25,28	100
95	74	80	733,39	250	95,25	1,94	17,14	23,37	100
99	88	82	518,3	250	33,5	0,68	1,75	3,38	100
103	80	84	791,91	200	30,75	0,98	6,77	8,56	100
109	74	78	758,21	200	11,12	0,35	0,99	1,3	100
111	74	90	963,08	200	18,62	0,59	3,26	3,38	100
117	90	104	730,25	200	7,5	0,24	0,46	0,63	100
127	110	7012	1579,61	350	97,11	1,01	7,43	4,71	100
129	46	112	1100,92	250	99,39	2,02	27,84	25,28	100
131	42	7014	5171,85	350	77,02	0,8	15,85	3,06	100
133	98	74	704,37	250	125	2,55	27,22	38,64	100
141	88	92	142,65	150	31	1,75	5,03	35,25	100

Fuente: H2O Net.

Tabla 24. Tabla de Tuberías en horas de alta y baja demanda de las Propuestas D, E y F. (Continuación)

Baja demanda. 4pm.									
ID	De Nodo	Al Nodo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas HL (m)	HL/1000 (m/km)	Rugosidad-C
61	112	110	1552,5	250	99,94	2,04	39,65	25,54	100
95	74	80	733,39	250	95,25	1,94	17,14	23,37	100
99	88	82	518,3	250	33,5	0,68	1,75	3,38	100
103	80	84	791,91	200	30,75	0,98	6,77	8,56	100
109	74	78	758,21	200	11,12	0,35	0,99	1,3	100
111	74	90	963,08	200	18,62	0,59	3,26	3,38	100
117	90	104	730,25	200	7,5	0,24	0,46	0,63	100
127	110	7012	1579,61	350	98,43	1,02	7,62	4,82	100
129	46	112	1100,92	250	99,94	2,04	28,12	25,54	100
131	42	7014	5171,85	350	77,96	0,81	16,21	3,13	100
133	98	74	704,37	250	125	2,55	27,22	38,64	100
141	88	92	142,65	150	31	1,75	5,03	35,25	100

Fuente: H2O Net.

Nota: para las Tablas 23 y 24, la identificación de nodos y tuberías están referenciadas en la Figura 12.

En las Figuras 18, 19 y 20, se pueden observar la oscilación del nivel de aguas en los estanques Ojo de Agua (propuesto), Hoyo de la Puerta (existente) y Hoyo de la Puerta (propuesto).

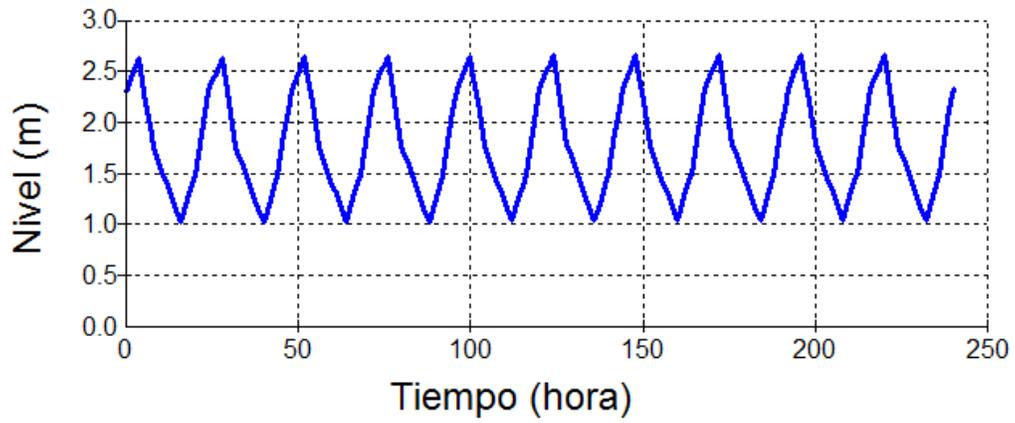


Gráfico 6. Nivel de Aguas del Estanque Ojo de Agua (propuesto)

Fuente: H2O Net.

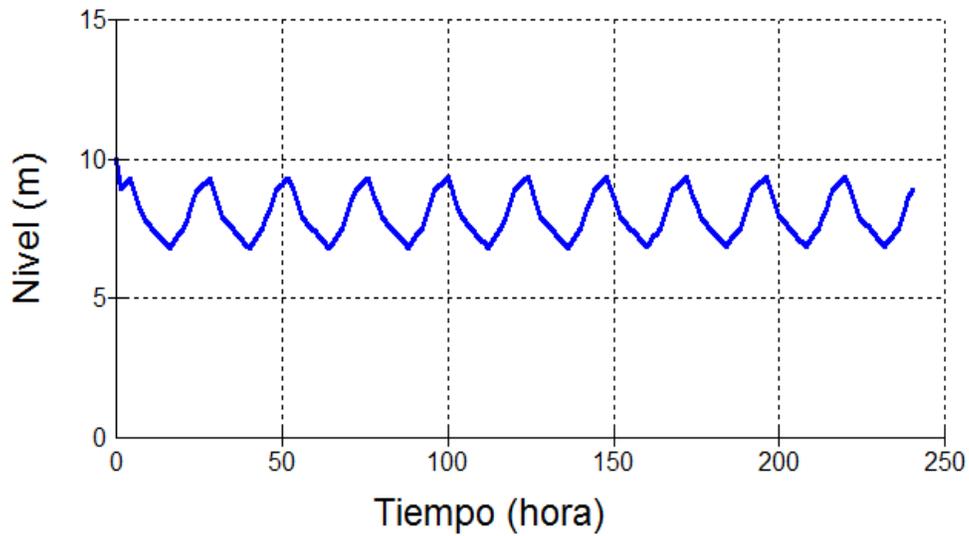


Gráfico 7. Nivel de Aguas del Estanque Hoyo de la Puerta (existente)

Fuente: H2O Net.

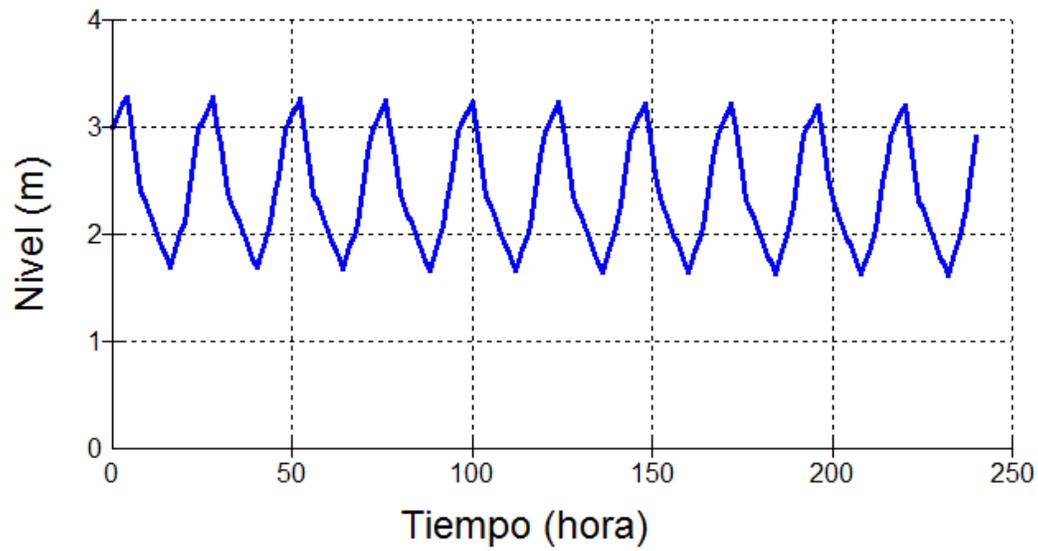


Gráfico 8. Nivel de Aguas del Estanque Hoyo de la Puerta (propuesto)

Fuente: H2O Net.

En las tres figuras antes expuestas se puede observar la función compensatoria de estos estanques, y la capacidad que tienen de reserva para incendio o para cualquier otra eventualidad, como lo puede ser una interrupción del funcionamiento regular del bombeo por ejemplo.



VIII. CONCLUSIONES

El presente Trabajo de Grado permite establecer las siguientes conclusiones:

- Las propuestas para abastecer los sectores urbanos en estudio desde el Sistema Tuy III, planimétrica y altimétricamente más cercano que los Sistemas Tuy I y II, implican un ahorro importante en energía eléctrica y en costos de operación y mantenimiento.
- En general, los desarrollos no controlados se caracterizan por ser los principales consumidores de los sistemas de distribución de agua potable, debido a la falta de incentivo en el uso racional del agua por su condición de gratuidad, por estar construidas las redes de distribución de manera espontánea, sin atender a parámetros normativos y estándares de construcción. Adicionalmente debido a la falta de inversión en los últimos años en el sistema de distribución de agua de la ciudad, el suministro en general es intermitente, sin atender a esquemas preestablecidos, lo que resulta en un desperdicio de agua adicional al no tener la población que reside en estas zonas no controladas, un horario definido de abastecimiento, lo que propende a un almacenamiento ineficiente de este recurso. En este trabajo se estudian dos grandes desarrollos no controlados, los barrios Ojo de Agua y Hoyo de la Puerta, y se plantean soluciones con infraestructura nueva capaz de abastecer continuamente a estos sectores en conjunto con los otros sectores planificados que integran el sistema.
- Se plantearon seis (6) propuestas, tres (3) de ellas con punto de partida en el Club de la Contraloría y las otras tres (3) en los Estanques Morocho de Baruta de manera de aprovechar las ubicaciones físicas de las E/B existentes en las cercanías de la tubería de distribución del Tuy III.
- La E/B Ojo de Agua opera bajo unas condiciones precarias. Trabaja con problemas eléctricos importantes y con dos equipos con curvas de operación muy diferentes. Con la propuesta A y B, se puede sacar de operación esa E/B,



eliminándose así un problema de operación complejo que existe en la actualidad.

- Entre las tuberías de aducción propuestas para Ojo de Agua y la red de distribución existente, se establece la inclusión de válvulas V.R.C., para tratar de controlar el desperdicio de agua presente en estos desarrollos.
- Se aprovecharon los 3 equipos de bombeo existentes que están en buen estado, para las propuestas planteadas en este trabajo que mejor se adaptaran: dos WKL150/4 (360mm) de 1.750 R.P.M. para la E/B Contraloría II (propuesta C), y una WKL80/4 (205mm) de 3.500 R.P.M. para la E/B Morochos Norte (propuesta D).
- Ha sido uno de los criterios en este trabajo, el buscar opciones alternativas de funcionamiento y regulación de las zonas no controladas, que permitan integrar su abastecimiento a los mismos esquemas y conceptos utilizados en las zonas controladas. De allí se plantea que la posibilidad de controlar a través de V.R.C., el ingreso de agua a estas zonas, permitirá negociar con la comunidad organizada allí presente, la manera como les será entregada el agua y en qué cantidad, a fin de que ellos puedan concluir que el exceso de consumo o desperdicio de uno ira en contra del otro.



IX. RECOMENDACIONES

- En un futuro cercano, un porcentaje importante de la ciudad de Caracas será abastecida por los Estanques Morochos de Baruta, por concentrarse allí las aguas provenientes de las fuentes de los Sistemas Tuy III y Tuy IV. Por ello resulta recomendable, iniciar acciones en el sistema de distribución de la ciudad de Caracas que permitan el aprovechamiento más eficiente de estas aguas. Una de estas acciones, sería comenzar por la implementación de las propuestas en los acueductos de los desarrollos descritos, en razón a su cercanía a la tubería de distribución de los Estanques Morochos de Baruta.
- Por lo comprometido que se encuentran los Sistemas Tuy I y Tuy II, por la carencia de potencial de expansión de los mismos y por la futura demanda que existirá en las áreas de influencia de ellos, es recomendable la ejecución de las propuestas planteadas en el presente trabajo que implique alivios considerables en dichos sistemas. El Sistema Tuy I se aliviaría en 100 l/s, mientras que el Sistema Tuy II se aliviaría en 60 l/s aproximadamente.
- En próximos análisis más detallados, se deberán estimar los costos de las soluciones aportadas por este estudio, así como establecer un plan de inversión en el tiempo en función de las prioridades a atender, las cuales deberán seleccionarse en función del mayor índice de mejoramiento de servicio por bolívar invertido.
- En la actualidad la información de campo es escasa. Se recomienda la implementación de sistemas S.C.A.D.A. o similares más económicos, para poder disponer de información precisa que redundará en un mejor análisis y conclusión del sistema.
- La propuesta A, que pareciera una exageración con la implementación de una tubería de 14" de diámetro y 200m de largo a través de un H.D.D., se debe someter a un análisis económico para determinar su factibilidad, ya que el caudal que se estaría manejando por gravedad, es cercano a los 60 l/s, que en



el horizonte de diseño establecido (2031) representa un gran ahorro en energía, operación, y mantenimiento de la E/B que se necesitaría como alternativa.

- Crear una concientización del uso que se le da al agua potable en los desarrollos no controlados; para ello se recomienda la medición y el cobro del servicio, lo que finalmente permitirá integrar estos sistemas al suministro planificado de la ciudad.



X. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., & Muci, M. (1996). *Estudio del Comportamiento Hidráulico de las Redes del Noreste de Caracas*. Caracas: UCAB.
- Bolinaga, J. J., & Colaboradores. (1999). *Proyectos de Ingeniería Hidráulica*. Caracas: Fundación Polar.
- G.L.G. Ingenieros Consultores S.C. (2009). *Ingeniería de Detalle de Aducción E/B Contraloría - Estanque La Limonera, Tubería de Acero, Diámetro 300mm. Memoria Técnica*. Caracas.
- G.L.G. Ingenieros Consultores S.C. (2008). *Proyecto de Acueducto Interno Urbanización Barutaima, Municipio Baruta. Memoria Descriptiva*. Caracas.
- HIDROCAPITAL. (2011). *Nuestros Embalses y Plantas de Tratamiento*. Obtenido de <http://www.hidrocapital.com.ve>.
- HIDROCAPITAL, BIWATER, & M.G.A. (1993). *Curva de Variación Horaria*. Caracas.
- I.N.O.S. Departamento Técnico. (1966). *Normas de Proyecto y Especificaciones de Materiales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua de Urbanizaciones*. Caracas.
- M.G.A. Ingenieros Civiles. (1999). *Ingeniería Conceptual Sistema Sur-Su. Informe No DI-FH-9903*. Caracas: HIDROCAPITAL.
- M.G.A. Ingenieros Civiles. (1998). *Plan Maestro Preliminar del Acueducto del Sector Sureste - Río Guaire. Municipio El Hatillo*. Caracas: HIDROCAPITAL.
- Palacios, A. (2008). *Acueductos, Cloacas y Drenajes*. Caracas: Publicaciones UCAB.
- Rojas, J. F., & Tablante, F. (2000). *Análisis del Funcionamiento Hidráulico del Área de Influencia de la E/B Calle 18 - El Valle*. Caracas: UCAB.



ANEXO A

Glosario

Glosario General:

- C.D.I.: Centro de Diagnóstico Integral.
- C.F.: Cota de Fondo.
- C.R.: Cota de Rebose.
- E/B: Estación de Bombeo.
- H.D.D.: Horizontal Directional Drilling (Excavación Horizontal Direccionada).
- I.D.E.A.: Instituto de Estudios Avanzados.
- I.N.E.: Instituto Nacional de Estadística.
- I.N.O.S.: Instituto Nacional de Obras Sanitarias.
- I.S.O.: Organización Internacional para la Estandarización.
- L.A.P.: Línea de Altura Piezométrica.
- l.p.p.d.: Litros Por Persona por Día.
- l.p.s.: Litros Por Segundo.
- L.R.: Límite de Red.
- m.c.a.: Metros de Columna de Agua.
- m.s.n.m.: Metros Sobre el Nivel del Mar.
- p.s.i.: Pound Square Inch (Libras por Pulgada Cuadrada).
- P.E.A.D.: Polietileno de Alta Densidad.
- P.T.: Planta de Tratamiento.
- P.V.C.: Poli Cloruro de Vinilo.
- Qm: Caudal Medio.
- R.P.M.: Revoluciones Por Minuto.
- S.C.A.D.A.: Supervisory Control And Data Adquisicion.
- U.S.B.: Universidad Simón Bolívar.



V.R.C.: Válvula Reguladora de Caudal.

V.R.P.: Válvula Reductora de Presión.

Glosario de Ecuaciones:

A: Área de Flujo.

D: Diámetro de la Tubería.

E: Espesor de la Tubería.

F: Factor de Fricción de Darcy Weisbach. Se obtiene por el Diagrama de Moody.

G: Aceleración de la Gravedad.

H: Altura Total de Energía.

H_B: Altura de Bombeo.

H_f: Pérdida por Fricción.

H_L: Pérdida Localizada.

K_L: Coeficiente Empírico que considera la magnitud de la Pérdida. Tabulado en las bibliografías.

L: Longitud de la Tubería.

η : Eficiencia de la Bomba.

P: Presión Interna.

P_B: Potencia de Bomba (en Watts).

V: Velocidad del Flujo.

γ : Peso Unitario del Fluido que está siendo bombeado.

σ_t : Esfuerzo de trabajo del material de la Tubería.



ANEXO B

Estadísticas Demográficas 1990-2011 (I.N.E.)



Principales Indicadores	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Habitantes/Km ²	21,53	22,04	22,54	23,05	23,55	24,05	24,55	25,05	25,55	26,04	26,53	27,02	27,52	28,01	28,51	29,00	29,50	29,99	30,48	30,97	31,46	31,95
Esperanza de Vida	70,92	71,12	71,31	71,51	71,64	71,77	71,90	72,03	72,16	72,28	72,40	72,52	72,64	72,78	72,98	73,18	73,38	73,58	73,76	73,94	74,12	74,30
Hombres	68,09	68,28	68,48	68,68	68,80	68,92	69,04	69,16	69,29	69,41	69,53	69,65	69,77	69,90	70,09	70,28	70,47	70,66	70,86	71,04	71,22	71,40
Mujeres	73,91	74,10	74,30	74,49	74,63	74,77	74,91	75,05	75,17	75,30	75,43	75,56	75,69	75,81	76,01	76,21	76,41	76,61	76,80	76,99	77,18	77,37
Tasa de Fecundidad	3,23	3,19	3,15	3,10	3,06	3,02	2,98	2,94	2,91	2,87	2,83	2,79	2,76	2,72	2,69	2,65	2,62	2,58	2,55	2,52	2,49	2,45
Tasa de Mortalidad Infantil ^{1/}	25,38	24,62	23,86	23,10	22,62	22,14	21,66	21,18	20,70	20,06	19,42	18,78	18,14	17,50	17,16	16,82	16,48	16,14	15,80	15,46	15,12	14,78

Nota: - Proyección base censo 1990 - Las proyecciones de la mortalidad infantil están basadas en datos provenientes del Censo 2001, Encuesta Nacional de Población y Familia 1998 (ENPOFAM 98) y registros de nacimientos y defunciones correspondientes al año 2001 y años anteriores. No se incorpora para su estimación datos registrados a partir del año 2002, por lo tanto no refleja el impacto de políticas sociales y económicas realizadas en los últimos diez años.

^{1/}: Por cada 1.000 nacidos vivos registrados

Tasa Crecimiento Interanual: 1,7%



ANEXO C

Estudio de la Demanda en desarrollos del Sur-Sur de Caracas y en Hoyo de la Puerta



Estudio de la Demanda de desarrollos del Sur-Sur de Caracas

	AREA (Ha)	DEMANDA (l/s)					
		2008 * (lps)	Crecimiento Espacial (%)	Tasa Crecimiento Interanual (%)	2011 (lps)	Tasa Crecimiento Interanual	Futuro (2031) (lps)
Barrio Ojo de Agua	10.3	33.38	20%	0%	40.1	1.7%	56.12
	6.3	20.40			24.5		34.29
	5.1	16.53			19.8		27.79
	2.3	7.45			8.9		12.52
	1.1	0.22			0.3		0.37
	1	0.20			0.2		0.34
	2.1	1.22			1.5		2.05
Barrio del Progreso	4.2	10.20	5%		10.7		15.00
Monterrey	20	8.10	3%	1.7%	8.8	1.7%	12.28
Res. Monte Pino	3.2	3.88			4.2		5.88
Monte Alto Edificios	2	2.43			2.6		3.68
Área Industrial	13	2.63			2.8		3.99
Monte Alto Casas	3.1	1.25			1.4		1.89

* Estudio realizado por GLG Ingenieros Consultores en Julio del 2008.

	AREA (Ha)	DEMANDA (l/s)					
		1999 * (lps)	Crecimiento Espacial (%)	Tasa Crecimiento Interanual (%)	2011 (lps)	Tasa Crecimiento Interanual	Futuro (2031) (lps)
El Volcan	32	2.1	30%	0%	2.7	1.7%	3.8
El Placer	55.5	15	5%	1.7%	19.1		26.8
USB	71	5			6.4		8.9
Guayabitos Alto (>1300msnm)	31	5			6.4		8.9
Guayabitos Bajo (<1300msnm)	62	6.5			8.3		11.6
Monte Elena	35	5			6.4		8.9

* Estudio realizdo por M.G.A. Ingenieros Civiles en Mayo de 1999 para HIDROCAPITAL

*Estudio de la Demanda en el Sector Hoyo de la Puerta*

Área #:	Color:	Área Total (Ha):	Área Muestra (Ha):	# Viviendas Muestra:	Densidad Área (viv/Ha):	# Viviendas Total:	Plantas por Vivienda:	# Personas por Planta:	Dotación (lppd):	Demanda (l/s):
I	Naranja	74.31	1.383	53	38	2848	1	8	350	74
II	Turquesa	92.09	6.61	84	13	1170	1	8	350	27
Total (I+II):		166.4							Total (I+II):	100

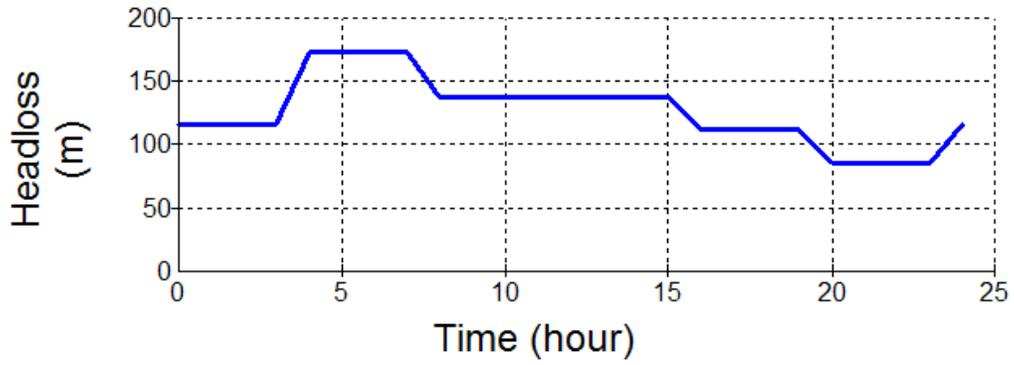


ANEXO D

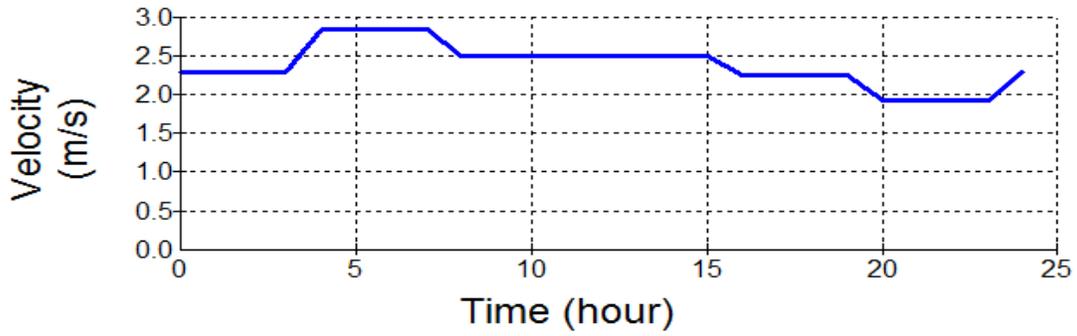
Gráficos de Nodos, Tuberías y Equipos de Bombeo en Etapa de Diagnóstico



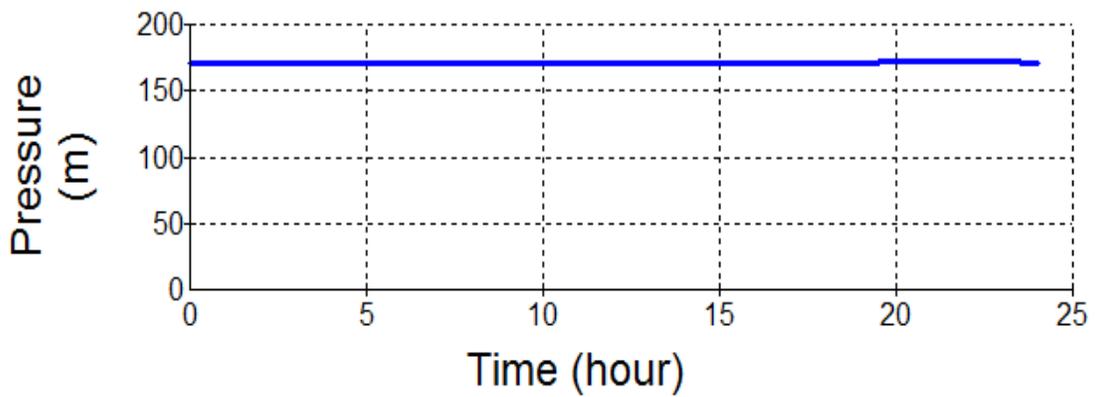
Pipe 79



Pipe 79

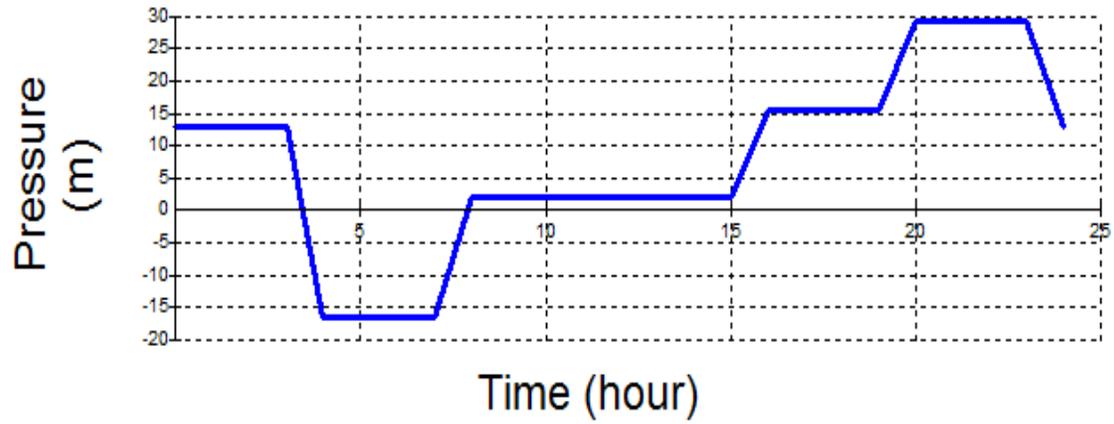


Junction 76

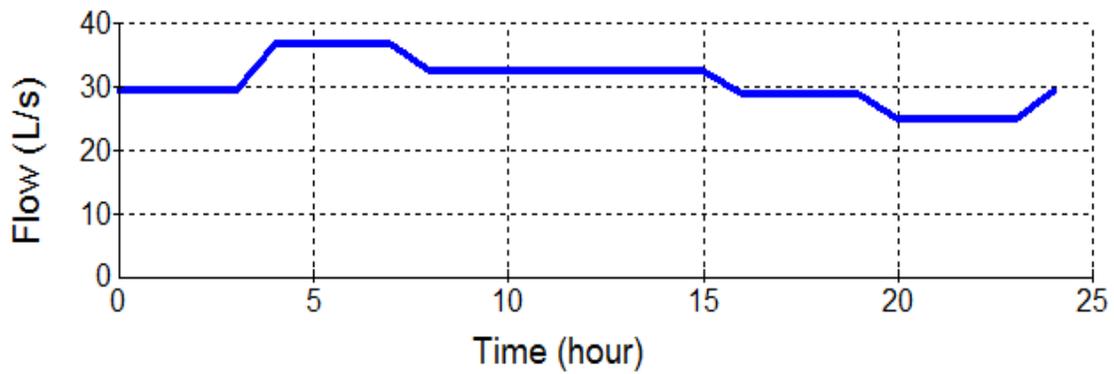




Junction 82



Pump 5007. E/B Oripoto 2 (grupo 1)





ANEXO E

Curvas Características de Bombas KSB WKL 80/4-3500rpm, KSB WKL 100/5-1750 rpm y KSB WKL 150/4-1750 rpm.



WKL 80



WKL 100



WKL 150



ANEXO F

Tablas Resumen de Propuestas de estudios anteriores: Sur-Sur (M.G.A. Ingenieros Civiles, 1999) y Barutaima (G.L.G. Ingenieros Consultores S.C., 2008)



Resumen Propuestas Estudio Sur-Sur				
Documento:	Alternativa:	Opción:	Descripción:	
Sistema Sur-Sur Ingeniería Conceptual	1) Morochos de Baruta-Los Guayabitos	Única	<ul style="list-style-type: none"> * E/B Los Morchos de Baruta contra Estanque Guayabitos. * E/B Los Guayabitos contra Tanquilla Volcán. * Se eliminan las E/B Oripoto I y II. * E/B rebombeo contra Estanque Hoyo de la Puerta. 	
	2) Morochos de Baruta-Monte Elena	Única	<ul style="list-style-type: none"> * E/B Los Morchos de Baruta contra Estanque Monte Elena. * E/B rebombeo contra Estanque Hoyo de la Puerta. * No se puede abastecer a Oripoto en condiciones de Emergencia. 	
	3) Sin incluir Hoyo de la Puerta	3.1) Morochos de Baruta-Los Guayabitos		<ul style="list-style-type: none"> * E/B Los Morchos de Baruta contra Estanque Guayabitos. * E/B rebombeo Los Guayabitos contra Tanquilla Volcán. * Se eliminan las E/B Oripoto I y II.
		3.2) Morochos de Baruta-Monte Elena		<ul style="list-style-type: none"> * E/B Los Morchos de Baruta contra Estanque Monte Elena.
		3.3) Bombeo de Oripoto		<ul style="list-style-type: none"> * Se eliminan la E/B Oripoto I. * Se alimenta el área de influencia de la E/B Oripoto I con la E/B Oripoto II.

Resumen Propuestas Estudio Barutaima		
Documento:	Alternativa:	Descripción:
Urbanización Barutaima, Municipio Baruta. Proyecto de Acueducto Interno. Memoria Descriptiva	1) Rehabilitación E/B Ojo de Agua	<ul style="list-style-type: none"> *Rehabilitación E/B Ojo de Agua. * Instalación 2 nuevas bombas 4 etapas. * Modificación bombas ya existentes, agregándoles 1 etapa. * No permite bombeo contra Estanque Bosque de la Virgen. * Se cubre toda la demanda asociada Estanque Bosque de la Virgen.
	2) Nueva E/B Club La Contraloría	<ul style="list-style-type: none"> * Construcción E/B La Contraloría para sustituir E/B Ojo de Agua. * Bombeo contra Estanques Bosque de la Virgen y La Limonera. * 4 bombas principales + 1 de reserva.
	3) Nueva E/B Club La Contraloría manteniendo E/B Ojo de Agua	<ul style="list-style-type: none"> * Construcción E/B La Contraloría manteniendo E/B Ojo de Agua. * Bombeo contra Estanques Bosque de la Virgen y La Limonera. * 2 grupos de bombas, 1 para cada Estanque. * Cada grupo de bombas: 1 bomba principal + 1 bomba de reserva.
	4) E/B Manzanares manteniendo E/B Ojo de Agua	<ul style="list-style-type: none"> * Modificación E/B Manzanares manteniendo E/B Ojo de Agua. * Bombeo desde E/B Manzanares contra Estanque La Limonera. * 2 bombas principales + 1 bomba de reserva.
	5) E/B Manzanares con nueva E/B Estanque Manzanares, manteniendo E/B Ojo de Agua	<ul style="list-style-type: none"> * Modificación E/B Manzanares manteniendo E/B Ojo de Agua. * Construcción de nueva E/B en Estanque Manzanares. * Bombeo desde E/B Manzanares contra Estanque Manzanares. * Bombeo desde el Estanque Manzanares contra Estanque La Limonera. * Se bombea desde Estanque Manzanares la demanda de La Limonera y área de influencia Estanque Bosque de la Virgen. * 4 bombas principales + 1 de reserva en E/B Manzanares. * 2 bombas principales + 1 de reserva en Estanque Manzanares.



ANEXO G.

Niveles de Servicio de los Desarrollos Sur-Sur



Niveles de Servicio Norte



Niveles de Servicio Hoyo de La Puerta



ANEXO H.

Estudio de la Variación Horaria de la Demanda en la Red Baja de Caricuaio















ANEXO I.

Plano con Infraestructura Hidráulica actual Sur-Sur

