

Informe Final
Volumen I
Secciones 1, 2, 3 y 4
Estudios y diseños del proyecto
abastecimiento de agua potable para el
Sector Oeste del Acueducto Metropolitano
de San José
Licitación 2006LG-000065-PRI
Marzo de 2008



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

	<i>Informe Final</i>
	<i>Volumen I Secciones 1, 2, 3 y 4</i>
	<i>Estudios y diseños del proyecto abastecimiento de agua potable para el Sector Oeste del</i>
	<i>Acueducto Metropolitano de San José</i>
<i>Licitación 2006LG-000065-PRI</i>	<i>Marzo de 2008 i</i>
1. Introducción.....	1
<i>Sección 1 Memoria descriptiva</i>	<i>3</i>
1. Definición de las obras a diseñar	4
1.1 Optimización del “Estudio de la situación Sector Oeste AM”	4
1.2 Justificación de las modificaciones propuestas.....	4
1.2.1 Ubicación de la Estación de Bombeo Principal	5
1.2.2 Distribución de caudales	6
1.2.3 Beneficios y ventajas de las modificaciones	8
2. Descripción detallada de las obras diseñadas	10
2.1 Introducción.....	10
2.2 Nomenclatura de los planos de las obras	10
2.3 Descripción de las líneas de conducción	15
2.3.1 Línea de conducción Potrerillos – Santa Ana	15
2.3.2 Línea de impulsión Estación de Bombeo de Santa Ana – Tanque Cementerio de Escazú	20
2.3.3 Línea de conducción Estación de Bombeo Santa Ana – Tanque futuro Cerro Minas	22
2.3.4 Línea de conducción desde Interconexión con Puente Mulas 1 (Honduras) a tanque de Pozos	23
2.3.5 Línea de conducción Tanque Entierillos -Tanque El Cementerio - Interconexión Puente Mulas Escazú	23
2.3.6 Línea de conducción desde Puente Mulas Escazú a Tanque Entierillos	25
2.3.7 Línea de conducción desde interconexión Puente Mulas hasta el tanque Santa Ana.....	25
2.3.8 Línea de conducción desde tanque Salitral a tanque Cerro Minas	26
2.3.9 Línea de conducción desde tanque Brasil a tanque VILLACON.....	27
2.4 Descripción de las líneas de distribución.....	28
2.4.1 Línea de distribución Tanque Cerro Minas a red de Santa Ana.....	28
2.4.2 Línea de distribución Tanque Santa Ana con red de Santa Ana.	29
2.4.3 Línea de distribución Planta San Antonio Tanque Entierillos	30
2.4.4 Línea de distribución Pozos a Lindora (Valle del Sol).	31
2.5 Resumen de las líneas de conducción y distribución	32
2.6 Estaciones de bombeo.....	34
2.6.1 Estación de Santa Ana	34
2.6.1.1 Concepción de la estación de bombeo.....	34
2.6.1.2 Sistemas contra golpe de ariete	35
2.6.1.3 Sistemas eléctricos y de control	35
2.6.1.4 Edificio de la estación	36
2.6.1.5 Estructura metálica y sistema de grúa viajera.....	37
2.6.1.6 Obras complementarias	37
2.6.2 Estación de Bombeo Brasil.....	37
Informe Final Marzo 2008	ii

2.6.2.1	Concepción de la estación de bombeo.....	37
2.6.2.2	Sistemas eléctricos y de control	38
2.6.2.3	Obras complementarias de la estación.....	38
2.6.3	Estación de Bombeo Mirador	38
2.6.3.1	Concepción de la estación de bombeo.....	38
2.6.3.2	Sistemas eléctricos y de control	39
2.6.3.3	Obras complementarias de la estación.....	39
2.7	Sistema de control operacional	39
2.7.1	Componentes del sistema.....	41
2.7.1.1	Puertos Ethernet	42
2.7.1.2	A Cerro Minas:.....	42
2.7.1.3	A Cementerio:	42
2.7.1.4	Entradas analógicas: 4-20 mA.....	42
2.7.1.5	Entradas digitales:	42
2.7.1.6	Salidas digitales:.....	42
2.7.2	Operación automática del sistema.....	43
2.7.3	Monitoreo del sistema:.....	43
2.8	Esquemas de los tanques del proyecto.....	43
2.8.1	Tanque Pozos de Santa Ana.....	44
2.8.2	Tanque de Cerro Minas.....	44
2.8.3	Tanque Brasil.....	45
2.8.4	Tanque VILLACON	45
2.8.5	Tanque Planta San Antonio de Escazú.....	45
2.8.6	Tanque Entierrillos	46
Sección No 2 Memoria de Cálculo.....		47
1. Introducción.....		48
2. Cálculo hidráulico		48
2.1	Diámetro económico óptimo en líneas de bombeo	49
2.2	Diseño hidráulico líneas y estaciones de bombeo.....	50
2.2.1	Línea de Pozos Potrerillos – Santa Ana (POSTA).....	50
2.2.1.1	Campo de pozos Potrerillos.....	50
2.2.1.2	Línea principal.....	50
2.2.1.3	Cálculo hidrológico de la avenida máxima del río en el paso del Río Virilla	50
2.2.2	Línea de EB Santa Ana – tanque El Cementerio (STACE)	52
2.2.3	Línea de EB Santa Ana – tanque Cerro Minas (STACM)	53
2.2.4	Tanque Salitral – tanque Cerro Minas (SLTCM).....	53
2.2.5	Tanque Honduras – tanque Pozos (THTPO).....	54
2.2.6	Puente Mulas – tanque Santa Ana (PMTSA).....	54
2.2.7	Cementerio Escazú – tanque Entierrillos (ENTCE).....	54
2.2.8	Tanque Brasil – tanque VILLACON (TBTCV)	54
2.2.9	Tanque Santa Ana – red Santa Ana – tanque Cerro Minas (TSASA).....	54
2.2.10	Tanque Entierrillos – tanque planta San Antonio (ENTPS).....	54
2.3	Diseño hidráulico de las estaciones de bombeo.....	55
2.3.1	Estación de bombeo Santa Ana.....	55
2.3.2	Estación Brasil	55
2.3.3	Estación El Mirador	55
2.4	Resultados de los cálculos hidráulicos.....	56
3. Cálculo de golpe de ariete.....		56
3.1	Línea Pozos – Tanque de la E. B. de Santa Ana	56

3.1.1	Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete.....	58
3.1.2	Análisis del sistema con protecciones contra golpe de ariete	59
3.2	Línea E. B. de Santa Ana – Tanque Cementerio	62
3.2.1	Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete.....	62
3.2.2	Análisis del sistema con protecciones contra golpe de ariete	63
3.3	Línea E. B. de Santa Ana – Tanque Cerro Minas	66
3.3.1	Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete.....	66
3.3.2	Protección propuesta contra golpe de ariete.....	67
4.	Cálculo estructural de las tuberías	67
4.1.1	Espesor de las tuberías	67
4.1.2	Pasos aéreos con tubería de acero autosoportada.....	68
5.	Parámetros y criterios de Diseño de las líneas de tubería	68
5.1	Diseño geométrico	69
5.1.1	Parámetros para el diseño geométrico	69
5.1.2	Diseño de curvas horizontales.....	69
5.1.3	Deflexiones verticales.....	71
5.1.4	Ángulos mixtos	71
5.1.5	Pendientes	71
5.2	Presiones.....	71
5.2.1	Presiones de trabajo y de golpe de ariete	71
5.3	Velocidad en tuberías	72
5.4	Profundidad de tuberías	72
5.4.1	Presiones de trabajo y de golpe de ariete	72
5.4.2	Presiones de prueba	72
5.4.2.1	Presión de prueba para tuberías de hierro dúctil o acero:	72
5.4.2.2	Presión de prueba para tuberías de PEAD:.....	73
5.5	Colocación de válvulas	73
5.5.1	Válvulas de aire	73
5.5.2	Válvulas de limpieza.....	73
5.5.3	Válvulas de seccionamiento de líneas.....	73
6.	Cálculos eléctricos	74
7.	Cálculo estructural de las obras civiles.	74
7.1	Estación de bombeo Santa Ana	74
7.2	Puente sobre el río Virilla	75
7.3	Bloques de anclaje	75
Sección No 3 <i>Manual de Operación y Mantenimiento de las Obras diseñadas ...</i> 76		
1.	Introducción.....	77
2.	Operación del sistema	77
2.1	Macromedición y control operacional	77
2.2	Operación del sistema principal Pozos – E.B. Santa Ana – Tanques El Cementerio y Cerro Minas. 78	
2.3	Operación de otras líneas y tanques.....	80
2.3.1	Línea Sistema Puente Mulas – Tanques Honduras y Pozos.....	80
2.3.2	Línea Sistema Puente Mulas – Tanque existente de Santa Ana.....	80
2.3.3	Línea Tanque Santa Ana – Red de Santa Ana – Tanque Cerro Minas.....	80
2.3.4	Línea Salitral - Tanque Cerro Minas.....	81
2.3.5	Tanque Brasil.....	81

2.3.6	Tanque VILLACON	81
2.3.7	Tanque Planta San Antonio de Escazú.....	82
2.3.8	Tanque Entierrillos	82
2.4	Mantenimiento de las obras propuestas	82
2.4.1	Catastro de redes e inventario de equipos e instalaciones.....	83
2.4.2	Mantenimiento de líneas de tubería y de válvulas	83
2.4.3	Mantenimiento de tanques	84
2.4.4	Mantenimiento de equipos de bombeo	84
2.4.5	Mantenimiento de sistemas eléctricos de telecomunicaciones.....	85
2.4.5.1	Introducción.	85
2.4.5.2	Mantenimiento Correctivo.....	85
2.4.5.3	Mantenimiento preventivo de sistemas eléctricos y de telecomunicaciones.	85
2.4.6	Mantenimiento de edificaciones	86
Sección No 4		
	<i>Escala de Precios y Cantidades, presupuesto de las obras.....</i>	88
1.	Introducción.....	88
2.	Costos unitarios	89
3.	Costos totales	89
4.	Resumen de los costos totales	89

1. Introducción

El siguiente documento consiste en el *Borrador del Informe Final* de los **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PROYECTO ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR OESTE DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE SAN JOSÉ**, el cual consta de varios volúmenes, divididos en secciones y anexos, que contienen todos los documentos conforme con los Términos de Referencia elaborados por el AyA.:

Volumen I: Contiene las siguientes secciones:

- **Sección No 1:** Memoria descriptiva del proyecto en todos sus componentes.
- **Sección No 2:** Memorias de cálculo de los diseños.
- **Sección No 3:** Manual de operación de las obras y sistemas del proyecto
- **Sección No 4:** Escala de precios y cantidades, presupuesto de obras

Volumen II: Contiene las especificaciones técnicas especiales

- **Sección No 5:** Especificaciones técnicas adicionales y/o especiales necesarias para la ejecución de las obras.

Volumen III: Contiene los Anexos del Informe que consisten:

- **Anexo 1:** Informe Geológico y Geotécnico, de la Empresa **INGEOTEC, S.A.** (Ingenieros Consultores-Geotecnia y Materiales).
- **Anexo 2:** Levantamientos topográficos del proyecto, por la empresa **GEOTOP Centroamericana LTDA.** Para este Anexo 2, se entrega el levantamiento de forma digital, así como los libretas de campo topográficas correspondientes, con sus fichas técnicas de los bancos de nivel, más copia digital en CD, de la poligonal con coordenadas y elevaciones de todos los puntos.
- **Anexo 3:** Cálculos Hidráulicos y espesores de las tuberías
 - A. Cálculo hidráulico de los múltiples de las Estaciones de Bombeo
 - B. Curvas de resistencia
 - C. Resultados Watercad
 - D. Cálculos de los grosores de las tuberías
- **Anexo 4:** Cálculos del Sistema Eléctrico
 - A. Cálculos eléctricos
 - B. Requerimientos de los tableros Tipo A
- **Anexo 5:** Cálculos estructurales
 - A. Estación De Bombeo Santa Ana
 - B. Paso Río Virilla

- **Anexo 6:** Estimaciones de Costos y Presupuestos
 - A. Formato Volumen 5 A y A
 - B. Cotizaciones de Proveedores
 - C. Proyectos fuera de Costa Rica
 - D. Cálculos de Presupuesto

Volumen IV: Planos

Diseños finales de todas las obras incluidas en esta licitación, que incluye los planos constructivos de todas las obras definidas como diseños definitivos. Asimismo, se adjuntan planos de diseños preliminares de los tanques terminales de este proyecto, tales como: Tanque de Pozos de Santa Ana, Tanque de Cerro Minas en Santa Ana, Tanque Brasil de Mora, donde se incluye también la estación de bombeo del mismo nombre, tanque de VILLACON en Ciudad Colón, Tanque de la planta de San Antonio de Escazú y Tanque Entierrillos en Escazú.

Sección 1

Memoria descriptiva

1. Definición de las obras a diseñar

Las obras objeto de este proyecto de diseño, están basadas en el **Estudio de la situación de abastecimiento de agua potable en el Sector Oeste del Área Metropolitana de San José¹ (Estudio de la situación Sector Oeste AM)**, contratado por el AyA en el año 2002, el cual –de acuerdo con los Términos de Referencia- fue verificado, revisado y optimizado por nuestra empresa HIDROTECNIA, habiendo sido el replanteamiento resultante aprobado por el Comité Director del AyA en nuestro Informe Preliminar.

La modificación propuesta y definida de mayor relevancia fue el cambio del sitio de la estación de bombeo principal y lo que ello implicó, de su ubicación original en el terreno del AyA en Potrerillos de San Antonio de Belén, a la ciudad de Santa Ana, tal como se explica a continuación.

1.1 *Optimización del “Estudio de la situación Sector Oeste AM”*

Tal como lo solicitaron los Términos de Referencia, el presente estudio se inició con la revisión y la verificación de las características de las estaciones de bombeo², los trazados de las líneas de impulsión³ y de los caudales de diseño⁴.

Esta verificación se realizó mediante el análisis de la documentación del Estudio de la situación Sector Oeste AM antes indicado, recorridos de campo, análisis hidráulico utilizando WaterCad y varias consultas y reuniones con el AyA, lo cual se refleja en las minutas e informes mensuales del proyecto.

Como resultado de esta primera parte de los estudios se llegó a optimizar la propuesta del Estudio de la situación Sector Oeste AM, obteniendo un ahorro significativo en la inversión requerida para ejecutar el proyecto según se verá adelante.

1.2 *Justificación de las modificaciones propuestas*

Del análisis realizado se evidenciaron dos aspectos susceptibles de mejorar, los cuales corresponden a la justificación básica de las modificaciones propuestas. Estos aspectos fueron:

¹ Elaborado por la empresa consultora CONCESA SA.

² Punto 6.1 a, c, ch y d de los Términos de Referencia (T de R)

³ Punto 6.2 a de los T de R

⁴ Punto 6.2 b de los T de R

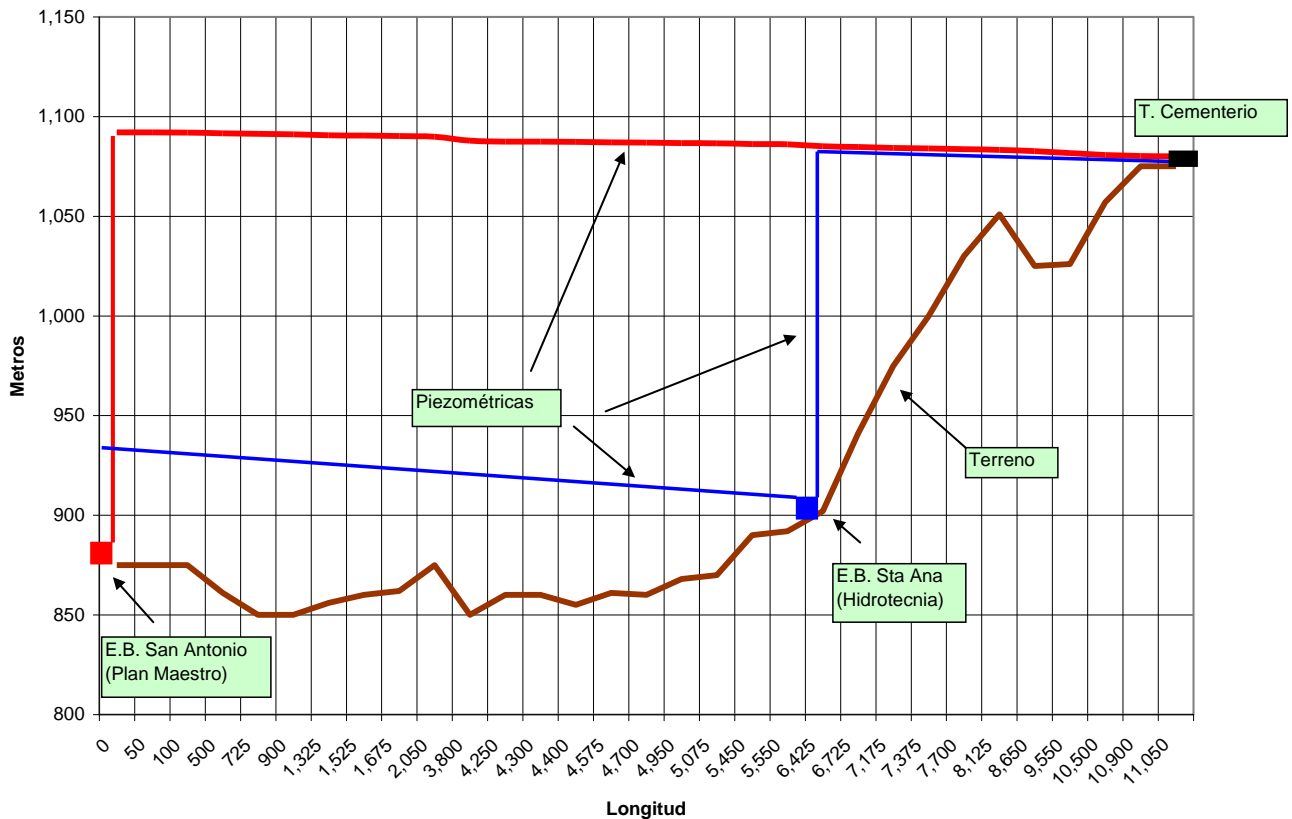
1.2.1 Ubicación de la Estación de Bombeo Principal

De acuerdo con el Estudio de la situación Sector Oeste AM, la estación de bombeo – conocida en ese Estudio como Estación de Bombeo San Antonio- estaría ubicada en el terreno propiedad del AyA cercano al Campo de Pozos de San Antonio, desde donde se impulsaría directamente el agua hasta el Tanque Cementerio en Escazú.

El perfil a lo largo del trazado propuesto por el Estudio de la situación Sector Oeste AM así como de cualquier otra opción razonable de trazado sería bastante similar: Según se muestra en el esquema de la Figura 1.2.1.1, a partir del sitio propuesto para la Estación de Bombeo San Antonio, por unos 6,500 m discurre a lo largo de terreno bastante plano aproximadamente entre las cotas 875 y 910, para luego ascender para cruzar el Alto de Las Palomas y llegar al Tanque Cementerio, en Escazú.

Figura 1.2.1.1

Líneas piezométricas según sitio de ubicación de la Estación de bombeo



En la figura se esquematizan también las líneas piezométricas, en donde se puede observar claramente que la construcción de la Estación de Bombeo en San Antonio implica poner alta presión sobre este primer tramo de 6,500 m, antes del ascenso hacia el

Alto de Las Palomas, requiriéndose tubería de mayor espesor, K-9 según se establece en el Estudio de la situación Sector Oeste AM.

Si la Estación de Bombeo se construye más cerca al tramo ascendente, las líneas piezométricas se aproximan más a la forma del perfil y por lo tanto al terreno, por lo que las presiones a lo largo de las tuberías son considerablemente menores, pudiendo colocarse tubería K-7 en gran parte del trayecto.

Lo que se explica y se ilustra en la figura para las líneas piezométricas, cobra mayor relevancia al considerar las sobrepresiones por golpe de ariete.

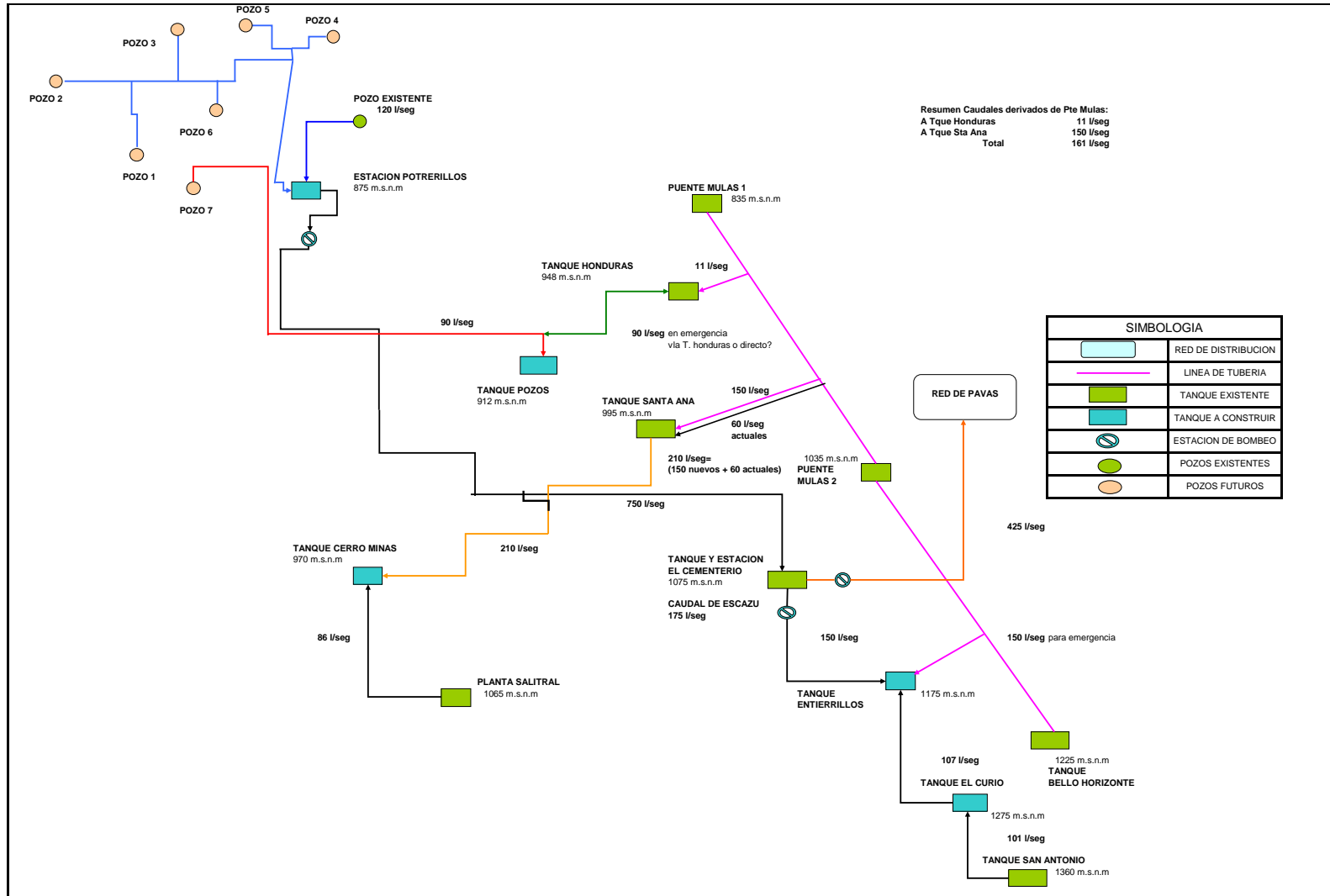
Por otro lado, la ubicación de la Estación de Bombeo en Santa Ana, permite que los equipos de bombeo de los pozos actuales puedan impulsar el agua hasta ella sin variar su condición de trabajo actual.

1.2.2 Distribución de caudales

Con el proyecto propuesto, el abastecimiento de Santa Ana, Ciudad Colón y Escazú, continuará a partir de las fuentes locales y del sistema de Puente Mulas, a los que se agrega la nueva fuente de los pozos de San Antonio. Las fuentes locales han perdido peso específico conforme las ciudades han crecido y ahora son abastecimientos marginales y para zonas pequeñas localizadas, en tanto que las otras dos, son y serán las fuentes principales, razón por la que en el Estudio de la situación Sector Oeste AM se observan interrelaciones en el abastecimiento desde estos dos sistemas. Para clarificar esta situación, se esquematizaron en la Fig. 1.2.2.1 los caudales que aporta cada zona, observándose lo siguiente:

- De acuerdo con el Estudio de la situación Sector Oeste AM, desde Puente Mulas se abastecerían zonas por las que atraviesa el nuevo sistema, en tanto éste conduce agua hacia zonas que puede abastecer el Sistema de Puente Mulas. Concretamente, 150 l/seg pasarían de Puente Mulas al Tanque de Santa Ana -sin que ello incremente la posibilidad de impulsión en Puente Mulas-, en tanto que ese mismo caudal debe ser impulsado y rebombeado por el nuevo sistema hasta el tanque de Entierrillos, en Escazú, cerca de la línea de impulsión de Puente Mulas No 2.
- A su vez, este caudal de 150 l/seg desde Puente Mulas hacia el Tanque de Santa Ana, deberá ser pasado hasta el Tanque de Cerro Minas, atravesando incluso la nueva línea de impulsión San Antonio – Cementerio Escazú.
- Bajo este esquema de distribución de caudales, el tanque de Santa Ana queda prácticamente como tanque de paso, inutilizado como tanque de distribución.
- Debido a la alta presión en la línea de impulsión San Antonio – Cementerio, el Tanque de Pozos de Santa Ana debería abastecerse desde una línea independiente a ser construida desde el Campo de Pozos.

Fig. 1.2.2.1 Distribución de Caudales según Estudio de la situación Sector Oeste del Area Metropolitana



Esta distribución de caudales fue optimizada, tomando además en cuenta la nueva ubicación propuesta para la Estación de Bombeo principal –en Santa Ana-, así como las nuevas presiones en la tubería de impulsión desde los pozos de San Antonio. Ello llevó a la distribución de los caudales y líneas que se muestra en la Figura 1.2.2.2, manteniéndose invariable el caudal total propuesto a derivar desde el sistema de Puente Mulas hacia las zonas objeto de diseño.

Bajo esta nueva distribución se mantiene la propuesta de diseño y construcción de algunas líneas, pero modificándose su prioridad de uso, según se menciona a continuación:

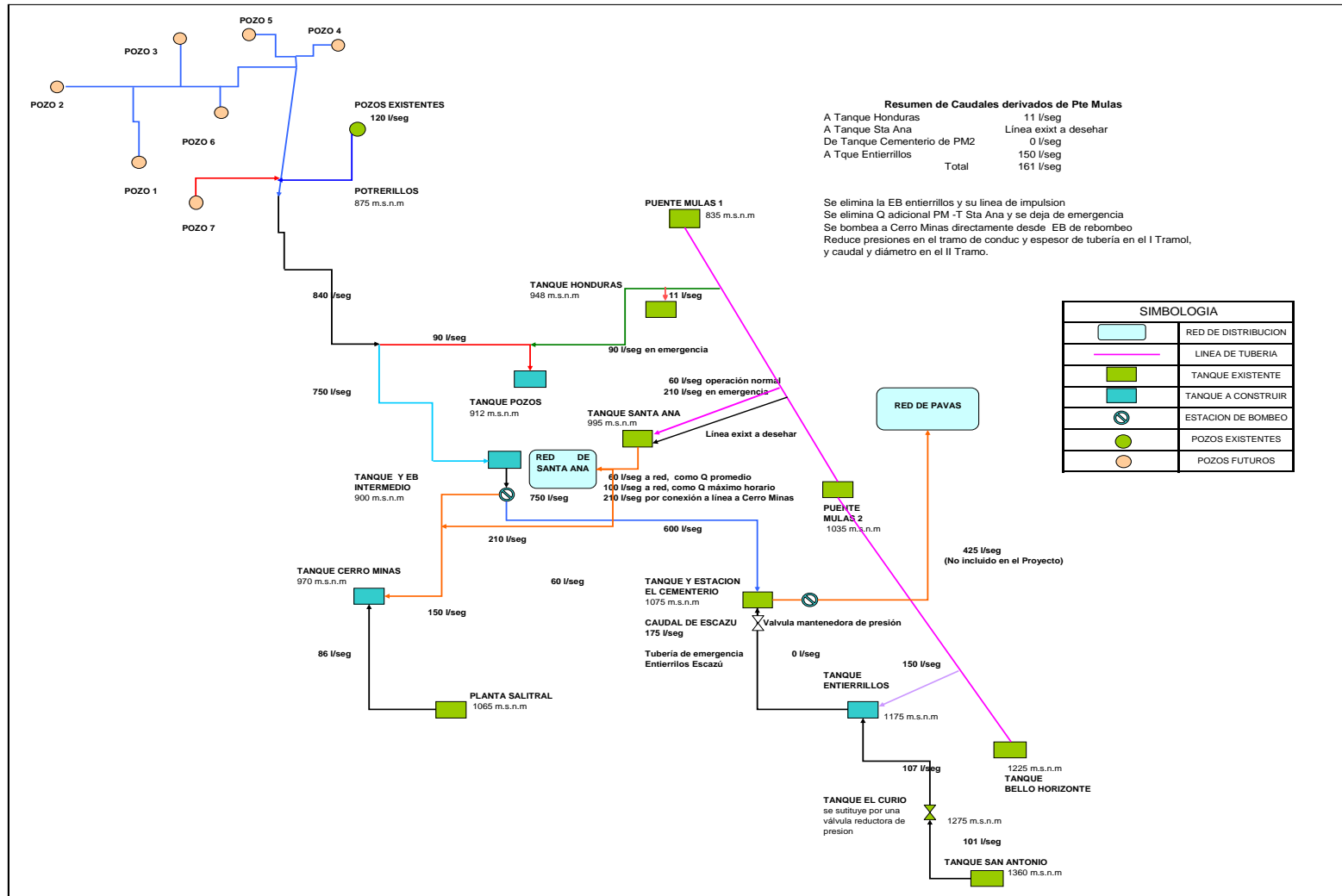
- La tubería entre la línea de Puente Mulas y el tanque de Santa Ana tendrá capacidad para transportar hasta 210 l/seg en casos de emergencia. Sin embargo, normalmente operará con un caudal de 60 l/seg.
- La nueva tubería de salida del tanque de Santa Ana operará normalmente como línea de distribución hacia la red de Santa Ana. Sin embargo, se conectará a la línea de impulsión hacia el tanque de Cerro Minas, para en caso de emergencia transportar a este tanque y a la red de Santa Ana hasta unos 210 l/seg.
- Entre la línea de impulsión de Puente Mulas y el tanque a ser construido en Pozos tendrá capacidad para transportar 90 l/seg. Empero, normalmente estará cerrada y operará solo en casos de emergencia. Normalmente el tanque de Pozos se abastecerá desde la nueva línea de los pozos de Potrerillos a la Estación de Bombeo de Santa Ana.
- La tubería entre el tanque de El Cementerio de Escazú y el tanque Entierrillos operará por gravedad, del segundo hacia el primero, contrario a la propuesta original del Estudio de la situación del Sector Oeste AM. Esta tubería funcionará normalmente cerrada, y en caso de emergencia podría transportar hasta 150 l/seg desde el sistema de Puente Mulas.

1.2.3 Beneficios y ventajas de las modificaciones

Como resultado de las modificaciones anteriores, así como de otras de menor relevancia, algunas a solicitud del AyA, tal como la eliminación del paso por el tanque El Curío, se han obtenido los siguientes beneficios:

- Disminución del espesor de tubería K9 a K7, en 3,500 metros de tubería de 900 mm, del primer tramo Potrerillos - Santa Ana.
- Reducción del diámetro y clase, de 900 mm K9 a 700 mm K7, de 1,980 metros de tubería, del primer tramo Potrerillos - Santa Ana.
- Reducción del diámetro de 900 mm a 800 mm, en el segundo tramo Santa Ana Escazú, con una longitud de 4,800 metros.
- Eliminación de la Estación de Bombeo propuesta de Cementerio de Escazú para el tanque de Entierrillos
- Reducción de diámetro de 400 mm a 300 mm de la línea de Cementerio Entierrillos, con una longitud de 1,900m.

Fig 1.2.2.2 Distribución de caudales propuesta para el diseño



- Disminución de las presiones de operación en la línea de impulsión principal entre San Antonio y Santa Ana.
- Mantener en uso el tanque de Santa Ana, como tanque de distribución y de reserva y no sólo como tanque de paso.

2. Descripción detallada de las obras diseñadas

2.1 *Introducción*

Con base en la anterior modificación y optimización del proyecto base, las obras que se diseñaron se han dividido según los diferentes rubros, tal como se propone en el Volumen 5 “Rubros de Pago para la Contratación de Obras”, según la lista que se indica a continuación:

- 300 Líneas de conducción
- 400 Líneas de distribución
- 800 Estaciones de bombeo

Empero, dentro de las mismas estaciones de bombeo existen obras de diferentes rubros, tales como tanques, sistemas de control entre otras, que se detallan en esta descripción y que se desglosan según cada rubro indicado en el Volumen 5.

2.2 *Nomenclatura de los planos de las obras*

Con base en esta división de obras, según los rubros del Volumen 5, cada una de las líneas de conducción, distribución, así como las estaciones de bombeo, se les ha asignado una nomenclatura por medio de siglas, que contiene las iniciales del sitio de inicio y de fin de cada tramo, en el caso de líneas de tuberías, o si se refiere a una estación de bombeo (EB), se identifica con las letras EB e inmediatamente después las iniciales del sitio donde se ubica la estación de bombeo o sitio que abastecerá. De la misma manera, cada una de estas obras, para fines de clasificar los planos, se han definido tal como se indica a continuación:

- GE: Plano general de la obra, donde se indica su ubicación, los planos que contiene, y datos generales.
- PZ: Planos de tuberías con líneas piezométricas, para aquellas conducciones que lo requieran.
- PP: Planos de tuberías donde se indican la planta y perfil
- DE: Planos de tuberías donde se indican los detalles de las interconexiones especiales de la línea en particular.

Se ha definido otra clasificación de planos referente a la línea de tubería del Campo de Pozos de Potrerillos a la estación de bombeo de Santa Ana, que por la naturaleza de sus obras, se ha subdividido de la siguiente forma:

- PO: Planos en los que se indica la ubicación de los nuevos pozos y la interconexión con la línea principal de 900 mm que sigue hasta la estación de Santa Ana, así como las interconexiones internas con los pozos existentes.
- PR: Planos especiales del paso del río Virilla, con sus detalles constructivos.

En el Cuadro 2.2.1, se muestra esta nomenclatura, que se explica para cada tramo o estación, según lo que se describe a continuación.

Cuadro 2.2.1: Nomenclatura de las obras

300 LÍNEAS DE CONDUCCIÓN		
Nomenclatura	Punto Inicial	Punto final
POSTA (1)	Potrerrillos	Santa Ana
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PO: Planos de campo de pozos Potrerillos	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	PR: Planos paso del río Virilla	
	DE: Detalles de interconexiones de red y otras	
STACE	Santa Ana	Cementerio Escazú
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
STACM	Santa Ana	Cerro Minas
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
THTPO	Tanque Honduras	Tanque Pozos
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
ENTCE (2)	Tanque Entierillos	Cementerio Escazú
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	

300 LÍNEAS DE CONDUCCIÓN		
Nomenclatura	Punto Inicial	Punto final
PMTSA	Puente Mulas	Tanque Santa Ana
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
SLTCM	Salitral	Cerro Minas
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
TBTCV	Tanque Brasil	Tanque Villacon
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
400 LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN		
CMRSA	Cerro Minas	Santa Ana
	GE: Plano general de ubicación	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones a la red	
TSASA	Tanque Santa Ana	Santa Ana
	GE: Plano general de ubicación	
	PZ: Plano de línea piezométrica	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones	
TPSEN	Tanque P. San Antonio	Tanque Entierrillos
	GE: Plano general de ubicación	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones a la red	
POLIN	Calle de Pozos	Lindora
	GE: Plano general de ubicación	
	PP: Planos planta y perfil de la línea	
	DE: Detalles de interconexiones a la red	

300 LÍNEAS DE CONDUCCIÓN		
Nomenclatura	Punto Inicial	Punto final
800 ESTACIONES DE BOMBEO		
EBSTA	Santa Ana	
	GE: Plano general de ubicación	
	AC: Planos de arquitectura y civiles	
	ME: Planos mecánicos	
	ES: Planos estructurales	
	EL: Planos eléctricos	
EBBRA (3)	Brasil	
	GE: Plano general de ubicación	
	CM: Planos civiles y mecánicos	
	EL: Planos eléctricos	
EBMIR (4)	Mirador	
	GE: Plano general de ubicación	
	CM: Planos civiles y mecánicos	
	EL: Planos eléctricos	

- (1) Esta obra comprende la entrada al tanque de Pozos, la salida de distribución del mismo tanque para la comunidad de Pozos de Santa Ana, así como la tubería de distribución sobre la calle principal de esta población según se explica adelante.
- (2) Estos planos contienen dos tramos, uno referido a la línea de conducción desde El Cementerio hasta el futuro tanque de Entierrillos, y luego de este tanque hasta la red de Escazú, que se conecta de la línea de 600 mm de Puente Mulas en su segundo tramo San Rafael-Belo Horizonte.
- (3) Esta estación de bombeo servirá para abastecer a la población de Piedades de Santa Ana.
- (4) Esta estación de bombeo se ubicará en el tanque El Cementerio y tendrá como propósito abastecer a la parte alta de Escazú, propiamente al sector El Mirador

En la figura 2.2.1, se muestra la ubicación de las obras mencionadas.

Figura 2.2.1

2.3 Descripción de las líneas de conducción

2.3.1 Línea de conducción Potrerillos – Santa Ana

Esta línea comprende desde el inicio en el Campo de Pozos de Potrerillos en Belén (terreno del CNP adquirido por AyA), hasta la estación de bombeo ubicada en Santa Ana. Este tramo se divide en diferentes ramales: para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **POSTA**, que significa Potrerillos-Santa Ana

Campo de pozos Potrerillos

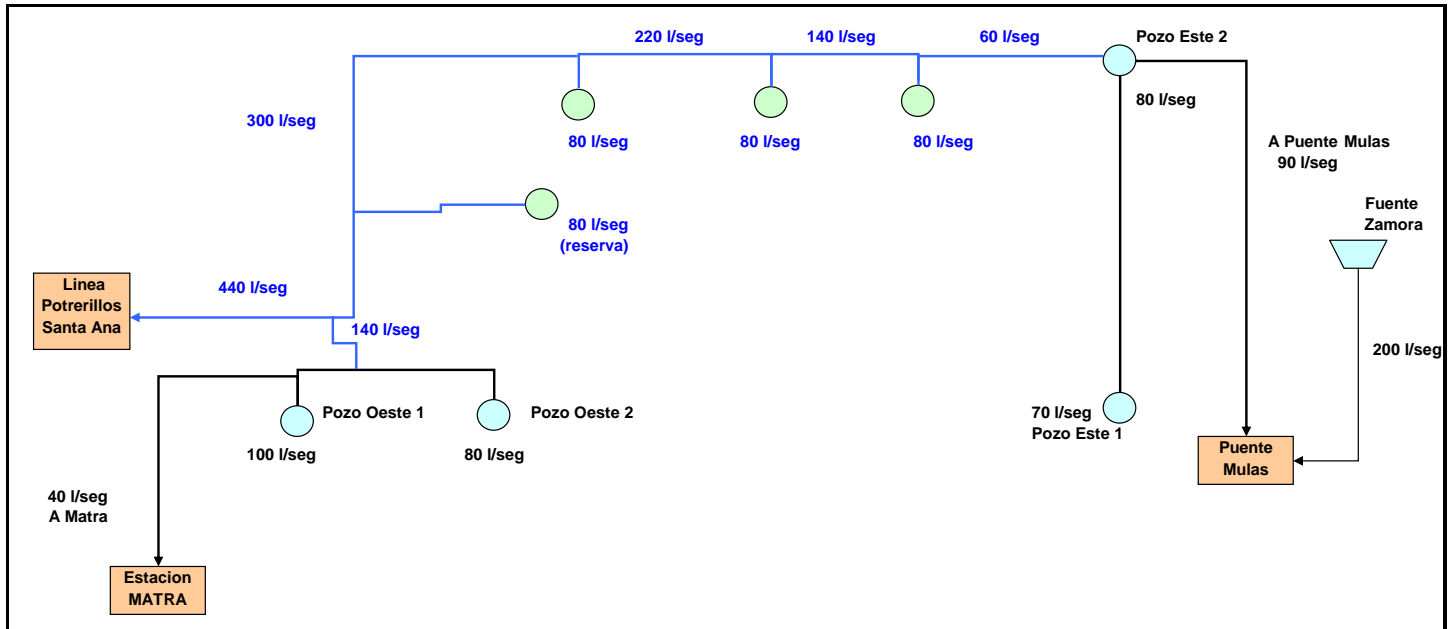
Como parte de los diseños del presente proyecto se contempla que en el terreno adquirido del CNP, en donde el AyA ha perforado 4 pozos que son aprovechados para las estaciones de bombeo Puente Mulas y de MATRA, se perforen 4 pozos adicionales, y en conjunto con los existentes, sean aprovechados para las dos estaciones de bombeo mencionadas así como por la nueva objeto del presente diseño y que se ubicará en Santa Ana. Por tanto la operación del sistema será como se explica a continuación.

- Los cuatro pozos existentes, así como los futuros, deberán estar interconectados, de manera tal que se puedan trasegar los caudales para las diferentes estaciones de bombeo, según la capacidad hidráulica de los equipos de los pozos y las cargas de cada sistema.
- En la actualidad existe una producción de 150 l/seg de los dos pozos al este del terreno que se destina al sistema Puente Mulas y los otros dos, unos 180 l/seg, para los sistemas de MATRA y Puente Mulas (40,140) totalizando 330 l/seg.
- Para los 4 pozos adicionales se asume un caudal de explotación de 80 l/seg cada uno, es decir un caudal adicional de 320 l/seg, de los que solamente 240 l/seg estarán en operación.
- De lo anterior se concluye que el caudal total a producirse en este campo de pozos será de 570 l/seg (330+240).
- Se espera que el caudal de la Fuente Zamora sea de 200 l/seg cuando se pueda volver a utilizar, permitiendo incrementar en este valor, la disponibilidad de agua para el nuevo sistema de Potrerillos-Santa Ana, esto es, con los nuevos pozos: 440 l/seg (200 +240). Los 200 lts/seg se inyectarían en Puente Mulas y se liberan del campo de pozos para ser dosificados en el sistema nuevo diseñado.
- Utilizando todos los pozos existentes como propuestos en este Campo de Pozos de Potrerillos (CNP), se tendría un caudal total de unos 570 l/seg., de los cuales 440 l/seg serían para la Estación de bombeo Santa Ana, 90 l/seg para Puente Mulas y 40 l/seg para la estación en MATRA, para lo cual en estos dos últimos casos se seguirían utilizando las tuberías existentes de 300 mm.
- Se espera que el caudal total para el nuevo sistema de Potrerillos- Santa Ana sea de 840 l/seg, distribuidos en 750 l/seg para la EBSTA y 90 l/seg para el tanque de Pozos.

- En conclusión, una vez perforados los 4 pozos en el terreno actual del A y A adquirido del CNP, se deberán perforar pozos adicionales en la zona, para obtener un caudal de 400 l/seg que complete los 840 l/seg.

El esquema siguiente, Figura 2.3.1 explica gráficamente lo expuesto anteriormente.

Fig 2.3.1: Distribución de caudales para el campo de pozos Potrerillos



Con base en el esquema anterior se realizó la corrida correspondiente en WaterCad, con los siguientes resultados:

- Desde la interconexión de los pozos del Este con la nueva línea azul hasta la interconexión con los pozos del Oeste, tubería de HD de 500mm, para una longitud de 323 m. Luego se amplía a 600 mm HD, hasta interconectar con la tubería de 900 mm HD, con una longitud de 90 m.
- Antes de la conexión con la tubería de 900 mm, se colocará un medidor de caudal electromagnético de 600 mm.
- Las interconexiones internas, al este y al oeste, serán de 250 mm de HD. En ambas interconexiones se colocarán válvulas sostenedoras de presión para regular el caudal de los pozos existentes hacia la nueva línea de conducción.
- De igual forma, según los cálculos del golpe de ariete en la línea desde este campo de pozos a la Estación de Bombeo de Santa Ana, se requiere de una cámara de aire antiarriete de 15 m³ para una presión de 10 kg/cm², con un diámetro de conexión de 500 mm. Esta cámara se propone ubicar aproximadamente a la mitad de la longitud de la línea nueva de tubería de 500 mm HD, dentro del propio campo de pozos.

Potrerillos a Puente Río Virilla

Esta línea de impulsión inicia frente al portón sur del terreno del AyA en Potrerillos. Se ha proyectado por la margen este de la carretera San Antonio-Santa Ana, con tubería de 900 mm de diámetro, de HD. El primer obstáculo es el paso por el Río Bermúdez el cual se realizará por debajo del cauce, por medio de tubería de acero protegido con concreto, para continuar sobre la orilla citada, con sus respectivas válvulas para limpieza y de aire. Luego continúa en HD de 900 mm, paralela a una hilera de árboles de ciprés existentes y/o sobre la cuneta existente de la carretera hasta la entrada de la calle Potrerillos. A partir de esta entrada, la tubería se colocará en la cuneta de la carretera hasta el puente del río Virilla sobre la misma margen de la carretera. Para esto, la cuneta deberá ser removida por el contratista y la zanja se deberá profundizar sobre el lado este, es decir, sobre el talud de la carretera, para luego conformar el mismo talud y la cuneta en las mismas condiciones originales. Una vez superada la cuneta la tubería será colocada sobre terreno cercano al puente del río Virilla.

Paso sobre el río Virilla

La tubería, a su ingreso a las cercanías del puente sobre la carretera, mediante una junta flexible de transición, pasará de H. D. a acero, inmediatamente anclado mediante una pantalla frontal, para luego descender por la margen del Río hasta la cota de 805 m.s.n.m, con soportes y apoyos de tramos autoportados de tubería, tal como se muestra en la figura 2.3.2.

El puente consistirá en una armadura tipo “cercha” que utiliza el propio tubo de acero como cuerda inferior de la estructura, con elementos adicionales como cuerdas superiores, verticales, diagonales y transversales, en tubos, que conformarán el resto de la armadura del puente.

En un extremo del puente se colocará una unión flexible provista de dos rótulas, lo que permitirá movimientos en todos los sentidos así como movimiento en axial, a fin de proteger al puente de asentamientos o deformaciones del terreno por sismo u otras condiciones. Se instalará una válvula de compuerta para limpieza de la tubería.

Ambos extremos de la tubería en la zona del puente estarán provistos de sendos bloques de anclaje contra el talud natural.

El puente estará colocado sobre dos pilares de concreto reforzado cuyas dimensiones serán de 6.25 m² de área y una altitud de 7.7 m y 8.91 m, como mínimo y como máximo. La longitud del puente será aproximadamente unos 38.3 m. **Es de mencionar, que estas altitudes y longitudes no son definitivas, dado, que el levantamiento topográfico fue realizado por medio de triangulación por medio de laser, en razón de que existe una arborización densa, que deberá ser removida para la construcción definitiva, el contratista de la obra deberá verificar in situ la topografía sugerida.**

Luego del puente sobre el río a cota de 805 m.s.n.m, la tubería de acero continuará ascendiendo el talud en forma similar a su descenso, autoportada y apoyada sobre bloques de concreto, incluyendo un tramo que cruzará aéreo sobre el camino de servicio y el canal de la CNFL, para rematar antes de salir nuevamente a la cuneta de la carretera con otra pantalla de anclaje y una junta de transición acero-HD.

Figura 2.3.2

A fin de verificar que a la altura propuesta para el puente no se tuviera riesgo ante crecientes del río, se realizó un análisis hidrológico de avenidas máximas. En la Sección Memoria de Cálculo de este documento se presentan los resultados de este análisis.

Puente Río Virilla entrada de Pozos de Santa Ana

La tubería continuará en H.D. bajo la cuneta y/o el inicio del talud este de la Radial San Antonio – Santa Ana, hasta llegar a las fábricas de Empaques Santa Ana y otras contiguas en donde por existir mayor espacio se instalará al este de la cuneta. Al llegar a la calle antigua de Pozos de Santa Ana, la tubería tendrá un desvío de 90° y continuará por el centro de la vía sobre todo este sector. A unos 79 metros de este desvío de la carretera principal, la tubería tendrá un paso por debajo de una alcantarilla de cuadro, siempre con tubería de HD de 900 mm.

Pozos de Santa Ana hasta derivación hacia tanque Pozos

La tubería continúa por la misma calle principal de Pozos de Santa Ana, la cual se encuentra asfaltada en su totalidad, hasta la interconexión para la derivación hacia el tanque propuesto para la población de Pozos de Santa Ana. Esta derivación será de 400 mm de HD, y tendrá una longitud de unos 800 metros, primero utilizando una de las calles transversales de la calle principal, para después llegar al sitio de tanque, por una calle de tierra, que sirve en la actualidad de servidumbre de líneas de energía eléctrica del ICE. La entrada que se propone para esta tubería de 400 mm al tanque de Pozos, es mediante una válvula mariposa con actuador, de manera tal, que ella cierre cuando el tanque se ha llenado, tal como se explica más adelante en el sistema de control centralizado del sistema.

Este mismo trazado para la entrada al tanque de Pozos, será utilizado para la tubería de distribución de salida del tanque hacia Pozos de Santa Ana, mediante una tubería de 300 mm de HD, para lo cual se propone que ambas tuberías se coloquen en la misma zanja.

Interconexión de tanque Pozos a reducción de 900 a 700 mm (cerca de la Autopista)

Luego de esta interconexión la tubería de 900 mm HD continúa por el centro de la calle principal de Pozos, dado que las tuberías existentes se encuentran a los lados y sobre el sector oeste se encuentra tubería del ICE de fibra óptica

Es de señalar que este tramo sobre la calle principal de Pozos de Santa Ana, desde el desvío de carretera San Antonio-Santa Ana (Empaques Santa Ana), en la misma zanja de la tubería de 900 mm se deberá colocar tubería de distribución que se conectará de la tubería de 300 mm descrita con anterioridad, y se interconectará a las tuberías existentes del AyA, cada cierta distancia. Esta tubería será de PEAD de 200 mm de diámetro y se colocará hasta la salida a la carretera principal Santa Ana-San Antonio en la parte sur, con dirección a Valle del Sol, tramo que se explica más adelante.

Antes de llegar a la autopista de San José Ciudad Colón, la tubería principal cambia de diámetro de 900 mm a 700 mm en HD, en el estacionamiento topográfico de 3+700 m

Cruce de autopista y Río Corrogres

Luego de este cambio de diámetro, la tubería se desvía hacia el este como unos 214 metros, donde cruzará la autopista. Antes de iniciar el cruce, se realizará la transición HD-Acero, mediante junta flexible de transición y anclaje de pantalla en la tubería de acero.

El cruce se propone realizarlo con tubería de acero de 700 mm, dentro de una camisa de tubería de acero de 850 mm. La tubería de mayor diámetro se podrá colocar mediante túnel, sea excavado a mano delante del frente de la tubería, -la cual se irá empujando mediante gatos hidráulicos conforme avanza la excavación- o mediante túnel excavado con maquinaria, o por cualquier otro método a criterio del contratista, pero siempre sin romper el asfalto ni interrumpir el servicio de tránsito de la autopista. Dentro de la tubería de mayor diámetro, se colocará la tubería de acero de 700 mm, la cual estará provista de separadores/deslizadores que facilitarán su empuje dentro de la tubería de camisa.

Una vez al lado sur de la pista, la tubería continuará con material acero para cruzar –encamisada en concreto- por debajo del cauce el Río Corrogres, sobre la calle aledaña a la Autopista. Luego del paso del río se vuelve a realizar la transición a tubería de HD tal como ya se ha indicado en casos similares, para continuar hasta llegar a la calle principal de Pozos a Santa Ana, luego del túnel de carretera a Pozos bajo la autopista.

Cuadrante de Santa Ana.

Al retomarse la carretera a Pozos, la tubería se desvía 90° al sur y continúa por esta calle rumbo a Santa Ana hasta llegar al cuadrante de Santa Ana en su sector noroeste, tramo en el cual se propone colocarla sobre el centro de la calle. Una vez que se llega al cuadrante la tubería se colocará en la avenida 5 al norte del cuadrante de Santa Ana, para luego enrumbar hasta el sur una cuadra, doblar al este otra cuadra, para finalmente doblar dos cuadras al sur hasta llegar al sitio propuesto para la estación de bombeo principal de Santa Ana.

2.3.2 Línea de impulsión Estación de Bombeo de Santa Ana – Tanque Cementerio de Escazú

Esta línea inicia en la estación de bombeo en Santa Ana y concluye en el tanque El Cementerio en Escazú. Al igual que la anterior, esta línea se describe según sus diferentes tramos.

Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **STACE**, que significa Santa Ana-Cementerio.

Tramo inicial hasta el comienzo del ascenso al Alto de Las Palomas

La tubería sale de la Estación de Bombeo para ser colocada al costado sur de la Avenida 1 de Santa Ana en el diámetro propuesto de 800 mm. Inicia con tubería de acero y sigue en este material hasta salvar –por debajo y en camisa de concreto- de nuevo el paso del Río Corrogres.

Este paso bajo el Río Corrogres, el mismo se propone hacerlo por el alineamiento donde se encuentra el paso peatonal del puente, para lo cual éste se deberá remover o demoler, según la conveniencia del contratista y las indicaciones del ingeniero inspector, así como varias infraestructuras de tuberías existentes, las cuales también necesariamente se tendrán que

remover y restituir posteriormente. El paso se propone por debajo del cauce con varios codos de acero y luego se deberá construir el paso peatonal, mejor o igual al que existía así como todas las tuberías de pluvial que existen. Al igual que los otros pasos, la tubería se protegerá mediante la colocación de concreto reforzado en su exterior.

Luego del paso del Río la tubería cambia de acero a HD en forma análoga a la descrita anteriormente para pasos similares y continúa por el lado sur sobre el borde de zona verde existente en la actualidad, hasta cruzar por debajo del cauce, la Quebrada Pilas, cuyo cruce existente es mediante alcantarilla de cuadro. Se propone este cruce por el lado sur de la alcantarilla, para luego volver a retomar el centro de la calle de la Avenida 1, la cual empieza a tomar el ascenso hasta el Alto de las Palomas. Todo este tramo se encuentra asfaltado.

Tramo por calle de tierra y urbanización Valle del Sol

Este tramo corresponde a la primera parte del ascenso hacia el Alto de Las Palomas. Una vez que se termina el asfalto y termina el cuadrante de Santa Ana, se continúa por la calle prolongación de la Avenida 1, calle de tierra con una longitud aproximada de 323 metros. Luego de este tramo, empieza la Urbanización Valle del Sol cuyas calles se encuentran asfaltadas con una capa de poco espesor, calles por donde se propone instalar la tubería de 800 mm de HD, hasta llegar al sitio donde se ubica la aguja de entrada de la urbanización citada

Tramo de Urbanización Valle del Sol hasta la antigua Fábrica Paco.

Luego que se sale de La Urbanización Valle del Sol, la tubería continuará sobre la carretera antigua San José-Santa Ana, en donde se propone colocarla sobre su costado, pero aún dentro del pavimento. Se llega hasta el Alto de Las Palomas para luego continuar en descenso y plano, hasta llegar a la esquina conocida como “Paco” en San Rafael de Escazú. Antes se deberán cruzar un par de alcantarillas, una pequeña y otra de cuadro, lo que se propone hacerlo por debajo del cauce, con la misma tubería de HD de 800 mm.

Fábrica de Paco hasta Río Convento

En esta esquina la tubería enrumba hacia el sur por la Calle Convento de San Rafael proponiéndose su instalación sobre el centro de la misma. Es de señalar que esta calle contiene varias tuberías del AyA y la calzada es sumamente estrecha. De acuerdo con la información recibida del AyA las tuberías son dos de 100 mm, una de 200 mm y otra de 300 mm.

Antes de llegar al Río Convento, la nueva tubería se cruza al lado este de la calle para cruzar el río por debajo del cauce por ese mismo sector. Este paso será en acero y se encamisará en concreto como en anteriores pasos de río.

Río Convento hasta el Tanque El Cementerio

Luego del paso del río Convento, la tubería se colocará sobre el lado este hasta un punto donde se propone colocarla más hacia el lado oeste, de tal forma de evitar las tuberías de mayor diámetro que se encuentran instaladas por el AyA. La tubería ingresará al tanque El Cementerio por la servidumbre existente y la propuesta es colocarla desde la calle principal hasta esta servidumbre con pendiente de ascenso ininterrumpida, para lo cual la profundidad de la zanja alcanzará los 4 metros en parte de los últimos metros de este tramo.

Entrada al tanque El Cementerio

La entrada al tanque El Cementerio se propone efectuarla con tubería de acero y con una reducción a 600 mm, para lo cual se deberá remover una de las losas viguetas pretensadas del tanque, para introducir la tubería por ese boquete y luego chorrear de nuevo la loseta con concreto colado en sitio. La tubería de entrada tendrá gasas de acero que se adherirán a la pared del tanque y a la vez contendrá una unión flexible con anclaje, de manera tal que ésta contenga flexibilidad y además sea una estructura estable.

2.3.3 Línea de conducción Estación de Bombeo Santa Ana – Tanque futuro Cerro Minas

Esta línea comienza en la estación de bombeo de Santa Ana y va hasta el tanque a construir en Cerro Minas. Esta línea se describe según diferentes tramos. Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **STACM**, que significa Santa Ana-Cerro Minas.

Tramo en Cuadrante de Santa Ana

Inicia en la estación Santa Ana sobre la Calle 1, donde se colocará una ampliación de diámetro de 350 a 400 mm de HD con rumbo a Salitral. En la primera cuadra se interconectará con la tubería de 400 mm HD que proviene del tanque Santa Ana (línea **TSASA** que se explica adelante). La tubería se propone colocarla por el centro de la misma calle 1 hasta la avenida 8, última calle del cuadrante.

Tramo Cuadrante hasta Calle Machete.

La tubería continúa sobre la calle que va hacia Salitral, para lo cual se propone la colocación por el centro de la calle, dado que sobre esta misma calle, existen varias tuberías del AyA así como del ICE sobre los costados. La tubería dobla hacia el oeste al llegar a la calle Machete.

Calle Machete hasta tanque a construir en Cerro Minas

Esta calle es bastante estrecha por lo cual se propone colocar la tubería cerca del costado norte, hasta llegar el paso del Río Uruca, el que se propone cruzarlo a través de los aletones del puente. Para este cruce se deberá realizar boquetes en los dos aletones del puente, los que deberán repararse una vez que se coloque la tubería.

La tubería cruzará mediante tubería de acero autosoportada en los aletones del puente con juntas de transición HD-Acero en sus extremos.

Luego de pasar este puente la tubería se colocará nuevamente en el centro de calle hasta llegar al sitio propuesto para el tanque Cerro Minas.

Es de indicar que el tramo de la Calle Machete incluirá también la tubería de 200 mm de PEAD que proviene del Tanque Salitral que se describe más adelante. El paso sobre el Río Uruca se realizará de igual forma que la tubería anterior.

2.3.4 Línea de conducción desde Interconexión con Puente Mulas 1 (Honduras) a tanque de Pozos

Esta línea inicia con la interconexión propuesta a la línea existente Puente Mulas a Escazú, cercana al tanque existente de Honduras de Pozos de Santa Ana y continúa hasta el tanque propuesto para Pozos. Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **THTPO** que significa tanque Honduras-Tanque de Pozos.

Derivación de la tubería de Puente Mulas

La derivación propuesta consiste en la instalación de una tee reducida de 900x300 mm de HD de la tubería existente de Puente Mulas a Escazú, para luego colocar una válvula reductora de presión e inmediatamente después derivar para el tanque Honduras con una tubería de 100 mm de HD, con otra válvula sostenedora de ese mismo diámetro. Toda esta derivación estará ubicada en una caja de válvulas.

Línea de conducción hasta el tanque Pozos a construir

Luego la línea de 300 mm HD se conduce por la calle de Honduras-Guachipelín hasta llegar a una servidumbre propiedad del AyA, que comunica con la calle cercana al sector de Real de Pereira, en el cual se encuentra ubicado el sitio para el tanque de Pozos de Santa Ana, al costado de la servidumbre del ICE que se mencionó anteriormente en la descripción de la línea de **POSTA**. Todo el primer tramo está asfaltado hasta la servidumbre. Luego de esta servidumbre, las calles están asfaltadas con pavimento de poco espesor. Se propone que la tubería se coloque en centro de la calle. En la parte final del tramo la calle es de tierra.

Entrada al tanque de Pozos

No obstante que esta interconexión no es parte del presente diseño definitivo, se propone para la entrada de este tanque según esta línea de conducción, instalar una válvula sostenedora de presión para mantener los caudales derivados de la línea Puente Mulas en el orden de los 90 l/seg y además permita que la línea hacia atrás se mantenga llena. En las especificaciones técnicas se detallan las características de esta válvula.

2.3.5 Línea de conducción Tanque Entierrillos -Tanque El Cementerio - Interconexión Puente Mulas Escazú

Esta línea inicia en el tanque El Cementerio en Escazú y va hasta el tanque propuesto de Entierrillos en la parte alta de la ciudad e incluye la interconexión con una derivación de la línea de Puente Mulas que se ubica en el centro de la ciudad de Escazú. Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **ENTCE** significa Cementerio-Entierrillos-Red Escazú.

Es de señalar que el flujo del agua en esta línea de conducción será por gravedad desde tanque Entierrillos al tanque Cementerio, inverso al estacionamiento topográfico.

Tramo de sitio propuesto de tanque Entierrillos a calle principal Escazú-San Antonio.

La tubería se inicia por gravedad desde el tanque Entierrillos y sale por la calle del mismo nombre con rumbo noroeste. La tubería a instalar es de 300 mm HD. Este tramo incluye tanto la tubería de entrada que proviene del centro de la ciudad desde la conexión de Puente Mulas, la tubería de salida del tanque para la ciudad, así como la tubería de limpieza y rebose del nuevo tanque propuesto. Cuando se llega a la carretera principal que conduce a San Antonio de Escazú, se debe tener en cuenta que existen otras tuberías del AyA que son parte de la red de distribución.

Tramo de la calle principal Escazú-San Antonio.

Una vez estando en la carretera principal a San Antonio a unos 30 metros, la tubería se desvía hacia el oeste sobre una calle que su caracteriza por la estrechez y que además contiene varias curvas y dos pasos de las quebradas Cruz y Masilla. Ambos puentes se propone cruzarlos mediante tubería de acero autosoportada, por los laterales del puente aguas abajo o sector norte del mismo.

Tramo desde la calle cercana a barrio Chirca hasta el cuadrante de Escazú

Al terminar esta calle, la tubería se conduce hacia el norte rumbo al cuadrante de Escazú sobre la calle que intercepta la calle 6 del cuadrante. Se propone localizar este tramo de tubería en el centro de la calle donde la mayor parte está asfaltada, pero con la posibilidad de instalarla sobre uno de los costados donde exista menor posibilidad de romper asfalto.

Cuadrante de Escazú.

Al llegar al cuadrante se ingresa por la calle 6 hasta llegar a la avenida central, que conduce hacia el oeste al cementerio de la ciudad. Todo el tramo está asfaltado y la propuesta es colocar la tubería por uno de los costados de la calle.

Entrada tanque El Cementerio y conexión con el tanque.

Al llegar a la entrada principal del tanque El Cementerio la tubería se colocará en la zona verde para no romper el asfalto de la entrada en su totalidad, excepto la parte donde se deberá interconectar al tanque.

La interconexión del tanque será similar a la entrada de la tubería de este mismo tanque, que proviene de la estación de Santa Ana. Es decir, en la losa del tanque se deberá remover una de sus losetas para insertar el tubo de 300 mm de acero y adherirlo sobre las paredes del tanque. Asimismo, la tubería de acero será soldada a las varillas que se proponen como losa de techo, que sustituirá la loseta a remover.

Antes de ingresar al tanque, se deberá instalar una válvula sostenedora de presión / altitud, de tal forma de mantener la presión atrás desde el tanque Entierrillos. La válvula se ubicará en una caja con sus respectivos accesorios. Las características se detallan en las especificaciones técnicas de esta válvula

2.3.6 Línea de conducción desde Puente Mulas Escazú a Tanque Entierrillos

No obstante que este tramo es independiente de la anterior línea, se propone construirlo dentro de este mismo proyecto, dado que se utilizarían las mismas zanjas en la salida o entrada del Tanque Entierrillos. La línea de inicio desde la avenida 10 y calle 1 de Escazú, donde se ubica una derivación de la tubería de Puente Mulas en su tramo Escazú - Belo Horizonte, que se encuentra conectado a la red de esa misma ciudad, en un diámetro de 600 mm de HD. La tubería se conduciría sobre la calle a San Antonio hasta llegar al tanque nuevo de Entierrillos, por lo cual en su último tramo se utilizaría la misma zanja de la línea Entierrillos-Cementerio. Todo el tramo sería de 350 mm HD.

La entrada al tanque Entierrillos incluiría una válvula sostenedora de presión para regular la entrada a este tanque, de tal forma que el caudal sea de 150 l/seg. Las características de la válvula se indican con detalle en las especificaciones técnicas de este informe.

2.3.7 Línea de conducción desde interconexión Puente Mulas hasta el tanque Santa Ana

Esta línea inicia en la interconexión propuesta a partir de la línea existente de Puente Mulas a Escazú, cercana a la autopista San José-Ciudad Colón, continúa hasta el tanque existente de Santa Ana. Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **PMTSA** que significa Puente Mulas – tanque Santa Ana.

Tramo en calle paralela a la autopista

La interconexión de derivación se realizará en el lado norte de la autopista San José-Ciudad Colón al frente de las instalaciones de la tienda de Mi Pequeño Mundo. En la línea de Puente Mulas Escazú, se colocará una tee reducida de 900x400 mm, con sus respectivas juntas flexibles para de seguido instalar una válvula de compuerta de 400 mm. La presión en este punto, -de acuerdo con la información de las corridas del modelo del sistema, suministradas por AyA-, es del orden de 55 m.c.a, por lo que no se requiere regulación o control mediante válvula hidráulica.

Luego de la derivación, la tubería se colocará sobre la calle paralela al costado norte de la autopista, para continuar hasta la intersección de esta vía con la calle que conduce a Guachipelín. Por tanto, esta calle será atravesada para pasar esta tubería hasta llegar a la parte de tierra o lastre de la misma calle paralela de la autopista. Todo el tramo será de 400 mm de HD.

Tramo Calle de tierra hasta el tanque Santa Ana

Por esta calle de tierra -muy posible con presencia de roca- dado que uno de los sondeos que se realizaron se detectó a poca profundidad-, la tubería asciende paralela a la autopista hasta llegar a una curva, que la desvía para luego descender y llegar al tanque existente de Santa Ana por su costado norte. Esta calle era el camino antiguo de Guachipelín a Santa Ana. Este tramo será de 400 mm HD.

Entrada al tanque Santa Ana

La entrada a este tanque está prevista realizarla por la losa del techo, similar a las ya descritas en el tanque El Cementerio, para lo cual se propone igual, remover una de las losetas para sustituirla por concreto reforzado una vez que se introduzca el tubo, que en este caso será de 400 mm de acero.

Antes de ingresar al tanque se instalará una válvula mantenedora de presión y de altitud, para regular los caudales desde la interconexión de la línea de Puente Mulas- Escazú y además mantener la tubería de toda esta derivación llena, dado que existe un sifón entre la interconexión y el tanque Santa Ana. La válvula estará dentro de su respectiva caja de concreto.

Para efectos de regular el caudal de entrada, que oscilaría de los 60 l/seg hasta los 210 l/seg, se propone colocar antes de la válvula antes mencionada, un medidor de caudal electromagnético de 400 mm. El caudal permanente será de 60 l/seg.

2.3.8 Línea de conducción desde tanque Salitral a tanque Cerro Minas

Esta línea inicia en el tanque de Salitral de Santa Ana y va hasta el tanque a construir en Cerro Minas y será de 200 mm PEAD. El propósito de esta tubería es de conducir el caudal sobrante, -cuando la planta de tratamiento de Santa Ana esté en su mayor producción y el tanque de Salitral, no la pueda almacenar-, hasta el tanque de Cerro Minas. A esta línea se le ha denominado **SLTCM** (Salitral Cerro Minas).

La conducción tendrá en el tanque Salitral, una salida particular, dado que la idea es aprovechar el rebose del tanque Salitral, para lo cual se propone una toma en el tanque del tipo rebalse, a una elevación menor del rebalse propiamente dicho, para lo cual se tendrá que perforar la pared del tanque en su parte norte, por medio de una tubería de acero, con todos los requerimientos constructivos que conlleva una perforación de este tipo, dado que se trata de un tanque antiguo y no se tienen planos estructurales del mismo. El boquete deberá ser rellenado con concreto que contenga aditivos para la fragua rápida y adherentes sobre concretos viejos. Además se deberá verificar la estructura de la pared antes de realizar cualquier tipo de perforación.

Luego del tanque, la tubería atraviesa una quebrada afluente del Río Uruca, lo cual se propone realizar por debajo, con tubería de PEAD, mediante excavación con tubería encamisada, o si las condiciones lo permiten y según criterio del Contratista y de la supervisión, mediante perforación con “topo”.

La tubería se propone colocarla en el centro de la calle, ya que por ambos lados de esta hay varias tuberías del AyA. La línea llega hasta la calle de Paso Machete, para continuar hasta el tanque Cerro Minas, según tramo que se describió con anterioridad.

La entrada al tanque Cerro Minas no incluye ningún tipo de válvula, ya que lo que se desea es la entrada del agua sobrante del tanque de Salitral, cuando este llegue a su máxima capacidad y esté por rebalsar. Este flujo no será permanente. Asimismo, el no colocar ninguna válvula de entrada al tanque, no existirá la posibilidad de que la línea opere a presión a todo lo largo, por lo que se ha utilizado tubería de PEAD para presiones no mayores de 70 m.c.a.

2.3.9 Línea de conducción desde tanque Brasil a tanque VILLACON

Esta línea inicia en el tanque propuesto de Brasil y la estación de bombeo para Piedades de Santa Ana, con una tubería propuesta de 200 mm PEAD y sigue hasta el tanque VILLACON en Ciudad Colón. Para fines de nomenclatura a esta línea de conducción se le ha denominado con las siglas **TBTVC** que significa tanque Brasil a tanque VILLACON.

Conexión al tanque Brasil

El tanque Brasil se conectará desde la tubería de 200 mm PVC existente que proviene de la estación de bombeo MATRA y después del tanque Cerro Minas una vez que el proyecto entre en operación, según se describe adelante, desde la carretera San José - Ciudad Colón. La tubería de entrada será de 200 mm PEAD hasta el tanque.

Sobre la línea existente de 200 mm PVC, el AyA deberá instalar una válvula sostenedora de presión para que el agua pueda ingresar al tanque Brasil y a la vez que sea reductora de presión para el tramo de la tubería que sigue hasta Ciudad Colón, dado que la misma abastece a todo este sector y que llega hasta el nuevo tanque para dicha ciudad.

Tramo inicial desde el tanque Brasil

El sitio del tanque Brasil está ubicado en las cercanías de la entrada a Piedades y Brasil sobre la carretera a Ciudad Colón. La calle es de tierra en muy mal estado y se llega hasta la carretera mencionada. Se propone que esta conducción se coloque por el sector norte de esta vía. El primer cruce será por medio de topo y luego se doblará hacia el oeste sobre el espaldón de la carretera hasta llegar donde se inicia la calle aledaña, para una longitud de este tramo de unos 100 metros.

Tramo sobre la calle aledaña hasta el puente de la Quebrada Copey

Sobre esta calle se colocará la tubería que deberá atravesar varios trayectos en tierra, otros de aceras o zonas verdes y otros por entre árboles de ciprés antes de llegar al puente.

Puente de Quebrada Copey hasta cruce de Quebrada Muerte.

El puente se cruzará por medio de tubería de acero y de ahí se volverá a colocar en la calle aledaña a la carretera, en donde tendrá recorridos de tierra o zonas verdes y otras se tendrá que utilizar el espaldón de la carretera, para lo cual se cortará asfalto o parte de la cuneta.

Quebrada Muerte hasta sector de asfalto y cruce de Restaurante La Choza de Joel.

Luego del paso de la Quebrada Muerte la tubería se colocará por las márgenes de la carretera que contienen zonas verdes hasta llegar al sector donde no existe posibilidad de utilizar este tipo de zonas.

Esta parte sobre el asfalto se propone sobre el espaldón o en su caso utilizar el ancho de la cuneta para colocar la tubería. En ambos casos se deberá restablecer una vez colocada la tubería las mismas condiciones preexistentes, sea del espaldón o de la cuneta. El último tramo será por zonas verdes o carretera hasta llegar al Restaurante La Choza de Joel, donde se cruzará la tubería por medio de topo nuevamente.

Tramo de la calle antigua a San José, que conduce a tanque VILLACON

Luego de cruzar la carretera se colocará la tubería por el costado norte de la calle antigua a San José, hasta llegar al tanque de VILLACON, el cual contendrá una válvula de altitud para cierre de la tubería una vez se llene el tanque.

2.4 Descripción de las líneas de distribución

2.4.1 Línea de distribución Tanque Cerro Minas a red de Santa Ana

Para los fines de nomenclatura se ha designado a esta línea las siglas de **CMRSA**, que significa tanque Cerro Minas a red de Santa Ana.

Tramo inicial tanque a válvula reductora de presión

La línea inicia en el tanque Cerro Minas con tubería de 400 mm HD y se colocará por la calle de asfalto, sobre la calle Machete. Este tramo tendrá una longitud de 800 metros y llegará hasta la calle que se conecta con el extremo sur del cuadrante.

En este sitio la línea se reducirá en su diámetro de 400 mm HD a 250 mm PEAD y para reducir presiones en la red, se colocará una válvula reductora de presión de este mismo diámetro.

Tramo reductora de presión a interconexión a red sobre la calle Santa Ana-Piedades

Luego de la válvula reductora la línea continúa en 250 mm PEAD, y se colocará en la calle que continua hacia el norte hasta encontrar la calle Santa Ana-Piedades, sobre la calle Machete, donde se interconectará con la tubería existente de 250 mm de PVC.

Antes de llegar a esta intersección, existe una derivación hacia el oeste sobre una calle paralela de la Santa Ana-Piedades, que se conectan al final con esta misma calle, donde se deberá interconectar con la tubería existente de 250 mm de PVC.

Tramo de la calle Río Oro

A unos 25 metros al oeste de la conexión anterior se deberá interconectar la tubería de 250 mm de PVC existente, con una nueva de 200 mm PEAD, que se instalará sobre la calle de Río Oro hasta llegar a la carretera de San José-Ciudad Colón. Ahí se interconectará con la tubería de 200 mm PVC que conduce el agua en la actualidad desde la estación de bombeo de MATRA, dejando una válvula de compuerta cerrada aguas arriba, de tal forma que el agua de Cerro Minas continúe hasta el tanque Brasil y hacia Ciudad Colón.

Tramo de la válvula reductora de presión con red de Santa Ana en el sector suroeste de la red

Este tramo inicia de la calle Machete, y se propone que este tramo sea de 250 mm PEAD. Se conectará a la red de Santa Ana en el sector suroeste del cuadrante. Antes de alcanzar el sitio de estas interconexiones, la tubería cruzará el Río Uruca, lo se propone hacerlo en acero

autosoportado, sobre el lado norte del puente. Para ello se deberán realizar boquetes en los aletones del puente con los sistemas constructivos explicados con anterioridad.

Al llegar a la primera calle del cuadrante la tubería de 250 mm PEAD se conectará con la tubería existente de 200 mm PVC, así como en la esquina extrema del cuadrante, avenida 8, se conectará a la tubería existente también de 200 mm PVC.

2.4.2 Línea de distribución Tanque Santa Ana con red de Santa Ana.

Esta línea al igual que la anterior, originalmente debía ser exclusiva de conducción, pero con el nuevo esquema propuesto en este estudio, pasó a ser una línea de distribución y eventualmente conducción hasta el tanque de Cerro Minas. Para efectos de nomenclatura se le ha llamado **TSASA**

Tramo de salida y sobre la autopista San José Ciudad Colón.

La línea se iniciará en una caja existente en el tanque de Santa Ana que tiene una prevista de 300 mm de diámetro con una brida ciega. La interconexión se hará, colocando una brida nueva de 300 mm de HD, luego instalar una válvula de compuerta de ese mismo diámetro para ampliar a diámetro a 400 mm HD. La tubería, de 400 mm HD, cruza la autopista por medio de túnel o topo –en forma similar a como se describió el paso de la misma autopista, en el caso de la línea POSTA-, solo que en este caso la camisa será de acero de 550 mm de diámetro y la tubería interior, será la línea de 400 mm. Luego del cruce, la línea continuará al costado sur de la Autopista, sobre zona verde y calle aledaña, hasta llegar unos metros al oeste del restaurante MACHU PICHU, en donde sigue hacia el sur, sobre la calle de tierra existente, siguiendo la misma ruta de la tubería existente de 250 mm de PVC.

Tramo de calle de tierra hasta Urbanización de la Calle Chinchilla.

Sobre esta calle de tierra la tubería se colocará en el centro de la misma hasta llegar a la Urbanización de la Calle Chinchilla, con el cuidado de no romper la tubería existente de 250 mm PVC.

Tramo de Urbanización de la Calle Chinchilla, hasta intersección con línea STACE.

La tubería en este tramo se colocará sobre el centro de la calle, siendo este tramo un trayecto recto que posibilitará colocarla sin mayor contratiempo. Al llegar a la Avenida 1 de la ciudad de Santa Ana, donde se colocará la tubería de impulsión STACE, se deberá instalar una válvula reductora de presión, para luego interconectar la tubería existente de 250 mm PVC, que proviene del tanque Santa Ana por esa misma calle, de tal forma que se reduzca las presiones al ingresar a red.

Tramo reductora de presión a interconexión con línea de Santa Ana-Cerro Minas

Luego de esta interconexión, la tubería de 400 mm HD continua hacia el oeste por la Avenida 1 de Santa Ana, para lo cual se aprovechará en parte del tramo, la misma zanja de STACE, tal como se muestran en los planos de diseño.

Antes de llegar al paso de Río Corrogres, esta línea se desvía hacia el sur 100 metros y luego dobla hacia el oeste, para cruzar el mismo por debajo.

La línea finaliza con la interconexión de esta línea con la impulsión Santa Ana - Cerro Minas (STACM), para cual se deberá instalar una válvula de compuerta, que generalmente operará cerrada.

2.4.3 Línea de distribución Planta San Antonio Tanque Entierrillos

Esta línea originalmente era de conducción, pero al reubicarse el sitio para la construcción del tanque El Curío a la parte alta de la planta de San Antonio, se transformó en una de distribución, que para los efectos de nomenclatura se le ha denominado **ENTPS** (Tanque Entierrillos Tanque Planta San Antonio)

Tramo de Tanque San Antonio hasta calle del Curío.

La línea inicia en el tanque San Antonio, el cual será abastecido desde la planta del mismo nombre a través del tanque existente techado con láminas de HG. Se anota que este terreno es bastante abrupto y el diseño del tanque deberá considerar estas condiciones topográficas.

Luego de llegar a la calle, la tubería se colocará sobre la calle oeste del tanque hasta encontrar otra que se conduce hacia el oeste, en la cual se deberá cruzar el puente del Río Agrés, lo cual se propone realizarlo al lado norte, a través de perforaciones en los aletones del mismo, con los mismos detalles constructivos anteriores, siendo la tubería para este cruce de acero, autosoportado.

La tubería continúa por la misma calle anterior hasta llegar a la calle El Curío. La línea deberá pasar bajo las alcantarillas de una quebrada, la cual se propone realizar con la tubería de PEAD.

Tramo de calle Curío hasta primera reductora de presión.

Al llegar a esta calle la tubería se colocará en el extremo opuesto de las tuberías principales del AyA, 150 mm PVC, con el fin de evitar en lo posible roturas del asfalto. Se debe realizar un paso de la misma quebrada anterior, el cual -por su profundidad- se podrá realizar a un metro de profundidad, como excavación normal de zanja.

Unos 200 metros antes de llegar al tanque Curío (fuera de operación), se deberá colocar una válvula reductora de presión, para luego interconectar la nueva línea a la tubería existente de 150 mm PVC, esto con el fin de reducir presiones en la red e ir abasteciendo de esta nueva tubería.

Tramo de primera reductora de presión a segunda reductora de presión.

La tubería continúa por el sector este de la calle Curío y se cruza al lado oeste de la misma al llegar a una calle de tierra, cerca de la plaza de San Antonio (unos 200 m), debido a que la tubería existentes del AyA se encuentra colocada al lado este en esta calle de tierra, y de ahí hasta el tanque de Entierrillos.

Frente a la plaza o parque de San Antonio, se deberá instalar otra válvula de reductora de presión y la línea se interconectará luego a la tubería existente de 150 mm PVC.

Tramo de segunda reductora de presión a tanque Entierrillos.

Después de esta segunda reductora, la tubería continúa sobre el lado opuesto de la tubería existente, primero sobre parte del cuadrante de San Antonio, para luego doblar al oeste y luego al norte con rumbo al tanque Entierrillos. Antes deberá cruzar dos brazos del Río Chiquero, para lo cual se propone colocar la tubería por debajo del cauce, con recubrimiento de concreto, sobre el costado oeste, en ambos casos. Estos cruces se encuentran a unos 140 metros del tanque de AyA conocido como El Naranjal.

La línea continúa hasta llegar al sitio del tanque Entierrillos sobre la calle del mismo nombre, y en este sitio se propone antes de ingresar al tanque, una válvula sostenedora de presión, dado que la línea distribuye desde la segunda reductora a todo este sector.

2.4.4 Línea de distribución Pozos a Lindora (Valle del Sol).

Esta línea es la continuación de la tubería de distribución, 200 mm PEAD; que se instalará con las líneas de POSTA sobre el sector de Pozos de Santa Ana, tal como se describió anteriormente en las líneas de conducción. La nomenclatura de esta línea es **POLIN**, es decir desde Pozos de Santa Ana hasta Lindora o Valle del Sol.

Tramo de calle principal de Pozos a carretera San Antonio - Santa Ana

La tubería se inicia desde la calle de Pozos sobre el sector sur de este tramo y se cruza hacia el norte, dado que existen tuberías existentes del AyA y del ICE, que afectaría su colocación sobre el lado sur.

Tramo cruce de carretera San Antonio Santa Ana hasta reducción a tubería de 150 mm

La carretera citada se cruzará por medio de topo u otro método que evite la excavación de zanjas en la vía, teniéndose cuidado dado que existen tuberías del ICE sobre este sector.

La línea continúa sobre el lado norte pero deberá cruzar al sur antes de llegar al puente de la Quebrada Rodríguez el cual se cruzará por medio de tubería de acero autosoportado, según las mismas indicaciones constructivas anteriores de paso de ríos elevados. Sobre este puente pasan varias tuberías, incluyendo una del ICE, que cruza al lado norte de la salida del puente. Por tanto, nuestra recomendación es continuar sobre el lado sur hasta el final de la línea en Valle del Sol.

A unos 1000 m del cruce de la Quebrada Rodríguez, la tubería se reduce de 200 mm a 150 mm en PEAD.

Tramo reducción a tubería de 150 mm hasta Valle del Sol

La tubería continúa sobre el lado sur y se interconecta con la existente en varios puntos para distribuir el agua a ese sector de Valle del Sol, tal como se muestra en los planos de diseño.

2.5 Resumen de las líneas de conducción y distribución

En el Cuadro 2.5.1 se muestra un resumen de las líneas de conducción y distribución, según los tramos que se han descrito, y con referencia a los planos de diseño de cada una de ellas.

Cuadro 2.4.1: Resumen de las líneas de conducción y distribución.

TRAMO	Ø mm	MATERIAL	EST. INICIAL	EST. FINAL	LONGITUD EN M
POSTA					
CAMPO DE POZOS POTRERILLOS	500.00	HD	0+000.00	0+310.11	310.11
	600.00	HD	0+310.11	0+397.69	87.58
POTRERILLOS - PUENTE VIRILLA	900.00	HD	0+000.00	0+640.00	640.00
PASO DEL RÍO VIRILLA	900.00	ACERO	0+640.00	0+855.00	215.00
PASO VIRILLA - ENTRADA POZOS	900.00	HD	0+855.00	1+264.67	409.67
ENTRADA POZOS - INTERCONEXIÓN 400 mm Ø	900.00	HD	1+264.67	2+423.08	1,158.41
INTERCONEXIÓN 400 mm Ø - ENTRADA Y SALIDA DE TANQUE POZOS	400.00	HD	0+000.00	0+818.06	818.06
	300.00	HD	0+818.06	0+000.00	818.06
ENTRADA Y SALIDA T. POZOS - REDUCCIÓN 900mm Ø -700mm Ø	900.00	HD	2+423.08	3+740.00	1,316.92
REDUCCIÓN - CRUCE DE AUTOPISTA	700.00	HD	3+740.00	3+905.00	165.00
CRUCE DE AUTOPISTA - QUEBRADA CORROGRES	700.00	ACERO	3+905.00	4+075.00	170.00
QUEBRADA CORROGRES - ESTACIÓN DE BOMBEO	700.00	HD	4+075.00	5+975.31	1,900.31
8,009					
STACE					
ESTACIÓN DE BOMBEO - CALLE DE TIERRA	800.00	ACERO	0+000.00	0+140.00	140.00
	800.00	HD	0+140.00	0+702.17	562.17
CALLE DE TIERRA - CARRETERA SAN JOSÉ SANTA ANA	800.00	HD	0+702.17	1+625.02	922.85
CARRETERA SAN JOSÉ SANTA ANA - ANTIGUA FABRICA PACO	800.00	HD	1+625.02	3+433.82	1,808.80
ANTIGUA FABRICA PACO - RÍO CONVENTO	800.00	HD	3+433.82	3+827.04	393.22
RÍO CONVENTO	800.00	ACERO	3+827.04	3+877.04	50.00
RÍO CONVENTO - TANQUE CEMENTERIO	800.00	HD	3+877.04	4+789.40	912.36
4,789					
STACM					
ESTACIÓN DE BOMBEO - CUADRANTE	400.00	HD	0+000.00	0+493.83	483.83
	400.00	HD	0+493.83	1+432.46	938.63
PASO MACHETE - TANQUE CERRO MINAS	400.00	HD	1+432.46	1+869.42	436.96
1,859					
THTPO					
DERIVACIÓN DE TUBERÍA PUENTE MULAS - TANQUE POZOS	300.00	HD	0+818.10	1+980.00	1,161.90
1,162					

TRAMO	Ø mm	MATERIAL	EST. INICIAL	EST. FINAL	LONGITUD EN M
ENTCE					
TANQUE ENTIERRILLOS - CARRETERA SAN ANTONIO	300.00	HD	1+884.03	1+746.17	137.86
CARRETERA SAN ANTONIO - QUEBRADA CRUZ	300.00	HD	1+746.17	1+430.95	315.22
QUEBRADA CRUZ - CUADRANTE ESCAZÚ	300.00	HD	1+430.95	1+186.20	244.75
CUADRANTE ESCAZÚ - TANQUE CEMENTERIO	300.00	HD	1+186.20	0+000.00	1,186.20
TANQUE ENTIERRILLOS - ESCAZÚ CENTRO	350.00	HD	0+000.00	0+583.45	583.45
2,467					
PMTSA					
PARALELA A AUTOPISTA SANTA ANA SAN JOSÉ	400.00	HD	0+040.06	0+483.29	443.23
CALLE DE TIERRA - TANQUE SANTA ANA	400.00	HD	0+483.29	1+340.18	856.89
1,300					
SLTCM					
TANQUE SALITRAL - ENTRADA A PASO MACHETE	200.00	PEAD	0+000.00	1+755.41	1,755.41
1,755.41					
TBTVC					
TANQUE BRASIL - CONEXIÓN TUBERÍA EXISTENTE	200.00	PEAD	4+216.73	4+119.15	97.58
CONEXIÓN TUBERÍA EXISTENTE - QUEBRADA COPEY	200.00	PEAD	4+119.15	2+928.80	1,190.35
QUEBRADA COPEY - QUEBRADA MUERTE	200.00	PEAD	2+928.80	1+900.00	1,028.80
QUEBRADA MUERTE - RESTAURANTE LA CHOZA DE JOEL	200.00	PEAD	1+900.00	0+592.72	1,307.28
RESTAURANTE CHOZA DE JOEL - TANQUE VILLACON	200.00	PEAD	0+592.72	0+000.00	592.72
4,217					
CMRSA					
TANQUE CERRO MINAS - REDUCTORA DE PRESIÓN	400.00	HD	1+869.40	2+652.90	783.50
REDUCTORA DE PRESIÓN - RED SOBRE LA CALLE PIEDADES	250.00	PEAD	2+652.90	4+398.85	1,745.95
TRAMO DE RIO ORO	200.00	PEAD	0+000.00	0+844.95	844.95
REDUCTORA DE PRESIÓN - RED SANTA ANA SECTRO SURESTE DE LA RED	250.00	PEAD	0+000.00	0+455.63	455.63
3,830					
TSASA					
TANQUE SANTA ANA - SOBRE AUTOPISTA CIUDAD COLÓN SAN JOSÉ	400.00	HD	0+000.00	0+664.65	664.65
CALLE DE TIERRA - URBANIZACIÓN CHINCHILLA	400.00	HD	0+664.65	1+224.61	559.96
URBANIZACIÓN CHINCHILLA - INTERCONEXIÓN CON STACE	400.00	HD	1+224.61	2+093.73	869.12
INTERCONEXIÓN CON STACE - INTERCONEXIÓN CON CERRO MINAS	400.00	HD	2+093.73	2+601.06	507.33
2,601					
TPSEN					
TANQUE SAN ANTONIO - PRIMERA REDUCTORA DE PRESIÓN	200.00	PEAD	2+500.68	1+541.49	959.19
PRIMERA REDUCTORA DE PRESIÓN - CALLE CURIO	200.00	PEAD	1+541.49	1+350.17	191.32
CALLE CURIO - SEGUNDA REDUCTORA DE PRESIÓN	200.00	PEAD	1+350.17	0+888.28	461.89
SEGUNDA REDUCORA DE PRESIÓN - TANQUE ENTIERRILLOS	200.00	PEAD	0+888.28	0+045.39	842.89
2,455					

TRAMO	Ø mm	MATERIAL	EST. INICIAL	EST. FINAL	LONGITUD EN M
POLIN					
CARR.PRINCIPAL DE POZOS - CARR. DE SAN ANTONIO-SANTA ANA	200.00	PEAD	2+440.13	1+989.96	450.66
CARRETERA DE SAN ANTONIO-SANTA ANA - REDUCCIÓN DE 200-150 mm Ø	200.00	PEAD	1+989.96	0+590.47	1,399.49
REDUCCIÓN DE 200-150 mm Ø - VALLE DEL SOL	150.00	PEAD	0+590.47	0+000.00	590.47
					2,441
GRAN TOTAL					36,887

2.6 Estaciones de bombeo

2.6.1 Estación de Santa Ana

Según se explicó al principio del informe, el propósito de ubicar esta estación de bombeo en la ciudad de Santa Ana, fue el de disminuir la carga de bombeo en el primer tramo de la tubería de conducción desde Potrerillos, según estaba planteado originalmente, aprovechando a la vez la carga de bombeo del campo de pozos actual y futuro de Potrerillos. La estación tiene como fin rebombear el agua recibida desde los pozos, hasta el tanque El Cementerio en Escazú (existente) así como al futuro tanque de Cerro Minas para abastecer desde éste a la población de Santa Ana y a parte de Ciudad Colón. Como se indicó con anterioridad, esta estación de bombeo se ha denominado como **EBSTA**.

2.6.1.1 Concepción de la estación de bombeo

La intención de la estación de bombeo es recibir el agua desde el campo de pozos de Potrerillos directamente a través de las cargas de los propios equipos de bombeo instalados en ellos y rebombear aproximadamente los 750 l/seg, que se requieren para abastecer a los tanques de El Cementerio y Cerro Minas, 600 l/seg para el primero y 150 lts/seg para el segundo.

Antes de que el agua llegue a la estación en Santa Ana, se requiere abastecer el tanque de Pozos de Santa Ana, tal como se describió con anterioridad, para lo cual de la línea principal se derivará una línea de tubería de 400 mm HD, por lo que el campo de pozos deberá tener una capacidad de 840 l/seg.

El agua desde el campo de pozos ingresará a un tanque de 612 m³, al lado del sistema de bombeo, el cual servirá de succión-carga para los equipos de bombeo.

La estación se ha diseñado con el siguiente número de bombas y caudales:

- Bombeo Santa Ana – Cementerio Escazú: Ocho equipos de bombeo para un caudal de 100 l/seg, con cargas de bombeo que oscilarían entre los 183 m.c.a. a los 192 m.c.a., para un total de seis equipos que estarán en operación y dos de reserva.
- Bombeo Santa Ana – Cerro Minas: Dos equipos de bombeo para un caudal de 150 l/seg, con cargas de bombeo que oscilarían entre los 80 m.c.a. a los 84 m.c.a.. Un equipo estaría en operación y uno de reserva.
- Se instalarán variadores de frecuencia para dos de los motores hacia El Cementerio, de tal forma que puedan compensar variaciones de caudal por salidas/entradas de operación de los pozos de Potrerillos o por variaciones estacionales u operativas de sus caudales.
- Todos los equipos serán sumergibles para reducir el sonido del medio ambiente en la vecindad de la estación, colocados en barriles de acero.
- Todos los barriles serán de 600 mm de diámetro, de acero.
- Las líneas de descarga de los equipos al tanque El Cementerio serán de 300 mm de acero, y para el tanque Cerro Minas de 350 mm.

2.6.1.2 *Sistemas contra golpe de ariete*

La estación de bombeo incluirá dos sistemas para mitigar el fenómeno de las transientes hidráulicas que se producen al parar bruscamente los equipos de bombeo:

- En el grupo de bombeo al tanque El Cementerio se instalará una cámara de aire antiariete, que consiste en un tanque de acero con aire/agua que aportará caudal al sistema durante la onda inicial de presión negativa, disminuyendo en consecuencia la sobrepresión positiva y amortiguándola adicionalmente al recibir caudal durante ésta. Dicho tanque tendrá un volumen de 25 m³.
- Para el grupo de bombas al tanque Cerro Minas, se propone una válvula anticipadora de golpe de ariete, colocándose dos de ellas, -una redundante- por razones de seguridad. Estas válvulas abrirán una vez que detecten la caída de presión al iniciarse la onda negativa, estando abiertas al regresar la onda positiva, por lo que la aliviarán, descargando agua hacia la tubería de succión de 900 mm que conecta con el tanque.

2.6.1.3 *Sistemas eléctricos y de control*

La estación estará dotada de un sistema moderno de alimentación eléctrica así como de su sistema de control, que se resume de la siguiente forma:

- La operación de la Estación de Bombeo tendrá su control central, desde la acometida eléctrica hasta los sistemas de operación de los equipos de bombeo.
- La estación tendrá sistemas de iluminación exterior en los sectores en donde se ubican las válvulas y las tuberías de descarga, de tal forma que la misma sea la adecuada para trabajos nocturnos. Por separado, tendrá iluminación exterior que iluminará el edificio y las zonas verdes a su alrededor, el cual resaltará la fachada de la estación.
- La acometida eléctrica será subterránea y el sistema de transformadores en seco encapsulado, los sistemas de los tableros de control, los sistemas de control operacional, estarán ubicados dentro del edificio que se explica más adelante.
- La estación de bombeo tendrá un sistema contra incendio para los diferentes sectores de la estación:
 - Por detección en toda la estación
 - De supresión con gas inerte en dos áreas independientes: en el primer nivel, en donde se ubican los transformadores y los tableros y en el segundo piso donde se ubica el sistema de control.
 - De igual forma se propone un sistema de alarma para las zonas exteriores. Para tales fines se proponen extintores de agua por medio de un hidrante que se colocarán dentro del área de las instalaciones.
- Se tendrá un sistema de seguridad por cámaras de televisión el cual estará conectado al sistema de control operacional de la estación.
- La estación contará con un sistema de protección contra rayos así como el sistema de comunicación por radio, que se deberá instalar para la comunicación con los demás elementos de este sistema de suministro, tales como los tanques de El Cementerio, el campo de pozos Potrerillos, tanque Cerro Minas y tanque de Pozos.
- El sistema de control será por medio de sensores de caudal, nivel y presión de las tuberías de entrada, de succión, del nivel de tanque y del caudal y presión de las impulsiones hacia los dos tanques.

2.6.1.4 Edificio de la estación

El edificio contendrá varias salas o áreas, de la siguiente forma:

- Una sala en la que se ubicarán la acometida eléctrica con su transformador respectivo y sistemas de protección, así como los tableros de control de las bombas. Todas las acometidas eléctricas en esta sección serán subterráneas o aéreas. Esta sala tendrá dos accesos, uno por medio de un portón corredizo con una altura suficiente para que ingrese un montacargas y pueda remover el transformador, que sería el elemento más grande que se instalaría dentro de la misma. Este portón principal estaría al frente de la calle que rodea el edificio. Por otro lado, se contará con un portón lateral de menos tamaño, a través del cual podrían pasar los tableros de control. Se propone que ambos portones sean herméticos para evitar la salida del ruido interno del transformador, no obstante que los índices de

ruidos serán bajos. La altura de esta sala será de 4.5 metros en la parte más alta y de 2.5 metros en la parte más baja, sobre la que se ubicará la segunda planta. El área de esta parte baja es de unos 95 m².

- La segunda planta del edificio contendrá el sistema de control en una de sus divisiones, donde se ubicarán los sistemas de computadoras para operar la estación de bombeo. Contará con una sala de reuniones donde se propone colocar un proyector para observar el sistema de control de la estación y las conexiones con los demás elementos que se conectan a ella. A efecto de darle un mayor confort a los operadores del sistema, esta parte alta tendrá una pequeña cocina para calentar alimentos. El área total de esta planta es de 49 m².

2.6.1.5 Estructura metálica y sistema de grúa viajera

Los barriles dentro de los que se ubicarán las bombas, los motores, las líneas de succión y las tuberías y accesorios de descargas estarán bajo cubierta, conformada por una estructura metálica que le dará protección a estos sistemas de la lluvia y del sol. Aprovechando esta estructura, se instalará una grúa viajera que permitirá izar y mover los equipos de bombeo de los barriles, así como cualquier otro elemento de las tuberías de descarga. La grúa tendrá movimiento de traslación y hacia los lados, de tal forma que los equipos u otros accesorios, puedan ser colocados en camiones, que se podría ubicar en cualquiera de las dos calles de acceso laterales. Toda la estructura estará soportado por 6 columnas a ser construidas de tubos de acero, con una altura de 7.5 m y su techo tendrá de unos 270 m² de área.

2.6.1.6 Obras complementarias

La estación contará con las siguientes obras accesorias:

- Cerramiento con muros y verjas decorativas y de protección, con sus respectivos portones y puertas de acceso.
- Calles internas de asfalto, con aceras y cordón y caño.
- Zonas verdes iluminadas.
- Sistema de aguas servidas por medio de tanque séptico
- Sistema de evacuación pluvial de las aguas lluvia y para los desfogues de la limpieza de tanques y bombas.

2.6.2 Estación de Bombeo Brasil

El diseño de esta estación de bombeo -que servirá para abastecer a la población de Piedades de Santa Ana-se ha basado en un área estimada según un lote propuesto indicado por el AyA, aún no adquirido

2.6.2.1 Concepción de la estación de bombeo

La concepción de la estación se ha realizado por medio de los datos que fueron suministrados en los Términos de Referencia. Para esto se asumió una tubería de 150 mm de HD hasta una de las partes altas de la comunidad de Piedades, ubicándose un tanque existente para los efectos

del análisis hidráulico mediante el software WaterCad. Sin embargo, la estación operará contra la red de Piedades, a interconectar en un punto determinado por el Departamento de Operación del AyA.

Una vez realizado el cálculo, se determinó que para satisfacer los requerimientos indicados en los términos de referencia, la potencia requerida es 40-50 HP, para un caudal de 18 l/seg aproximadamente, con una carga de 118 m.c.a.

Por tanto lo que se propone es una succión del futuro tanque de Brasil, que alimentará un sistema de barriles con bombas con motor sumergible. Los barriles serán de 200 mm de acero. Se propone la instalación de dos equipos de bombeo, uno en operación y otro de reserva.

2.6.2.2 Sistemas eléctricos y de control

La acometida eléctrica provendrá desde la línea eléctrica ubicada sobre la carretera San José Ciudad Colón y se conectará de forma aérea por medio de postes hasta el transformador principal que estará al frente de la estación.

La estación incluirá un sistema de iluminación exterior para todo el sitio del tanque, así como de las tuberías de descarga, para el caso de trabajo nocturno.

En la caseta que se construirá al lado de la estación, se ubicarán los tableros de control y los sistemas de control. Los sistemas de control serán por medio de niveles del tanque a construir y sensores de alta y baja presión en la línea de impulsión, así como la medición del caudal a la salida de la estación.

2.6.2.3 Obras complementarias de la estación

La estación se ubicará al lado del tanque de Brasil y contará con las siguientes obras accesorias:

- Cerramiento con mallas de protección, con sus respectivos portones y puertas de acceso.
- Accesos internos de asfalto, con aceras y cordón y caño.
- Zonas verdes iluminadas.
- Sistema de evacuación pluvial
- Caseta para los sistemas de control y tableros

2.6.3 Estación de Bombeo Mirador

Esta estación, originalmente debía ser ubicada en otro sitio, pero el AyA definió ubicarla dentro del predio del tanque El Cementerio en Escazú. Se seleccionó el sector noroeste del terreno, el cual fue levantado topográficamente. Esta estación abastecerá al sector de El Mirador en el oeste de Escazú (parte alta).

2.6.3.1 Concepción de la estación de bombeo

La concepción de la estación se ha realizado a partir de los datos que fueron suministrados en los Términos de Referencia, tanto de caudal como de carga hidráulica, asumiéndose –ya que el

AyA aún no ha definido estos aspectos- la impulsión a través de una tubería de 150 mm de HD hasta un supuesto tanque en el sitio El Mirador. Empero, el sistema operará contra la red de la comunidad de Piedades., que deberá ser interconectada en un punto determinado por el Departamento de Operación del AyA

Una vez realizado el cálculo, se determinó que de acuerdo con los requisitos de los Términos de Referencia, la potencia requerida es 40-50 HP, para un caudal de 23 l/seg, con una carga de 100 m.c.a.

Se propone que el tanque El Cementerio sirva de sistema de succión de la estación alimentando dos barriles con bombas con motor sumergible. Los barriles serán de 200 mm de acero. Uno de los dos equipos estará en operación y el otro en reserva.

Se propone alimentar la succión de los barriles desde una interconexión en la tubería de limpieza del tanque existente de diámetro de 300 mm.

La línea de salida de la impulsión se propone colocarla en la misma zanja de la tubería de entrada desde la estación de bombeo de Santa Ana, a través la línea **STACE**, dentro del mismo predio del lote del tanque. Una vez se llegue a la calle pública, al salir de la servidumbre, el AyA deberá determinar el sitio de interconexión con la red de El Mirador.

2.6.3.2 *Sistemas eléctricos y de control*

La acometida eléctrica provendrá desde el sistema público ubicado sobre la calle principal de Escazú que llega hasta el propio Cementerio de la ciudad y se conectará de forma aérea por medio de postes hasta el transformador principal, que estará al frente de la estación, dentro del lote del tanque El Cementerio.

La estación contendrá sistema de iluminación exterior para todo el sitio del tanque, así como de la descargas de las tuberías de impulsión para casos de trabajos nocturnos.

En la caseta que se construirá al lado de la estación, se ubicarán los tableros de control y los sistemas de control. Esos incluirán toma de datos de niveles del tanque a construir y sensores de alta y baja presión en la impulsión de la estación, así como la medición del caudal a su salida.

2.6.3.3 *Obras complementarias de la estación*

La estación, que se ubicará en la esquina noroeste del lote, contendrá las siguientes obras accesorias:

- Accesos internos de asfalto desde la entrada al tanque existente, con aceras y cordón y caño.
- Zonas verdes iluminadas.
- Sistema de evacuación pluvial, al sistema actual del tanque.

2.7 *Sistema de control operacional*

A continuación se describe de forma general el sistema de control operacional mediante el cual se operará y controlará el conjunto de las instalaciones descritas. Este sistema se explica en

forma de esquema conceptual y el AyA tendrá que desarrollarlo una vez se construya este proyecto.

Se requiere que se cumplan las siguientes premisas de manera tal que el sistema no se quede sin agua en cualquiera de sus instalaciones o elementos, no rebalsen los tanques ni las presiones en las líneas de conducción. En la figura 2.7.1 se muestra el concepto que deberá prevalecer para la operación correcta del proyecto.

Los equipos de los pozos y de las estaciones de bombeo, con énfasis en la E.B. de Santa Ana, deberán estar controlados de manera que:

- Los niveles en el tanque de la E.B. de Santa Ana, no se acerquen al nivel de rebalse ni a su nivel mínimo. Para ello, paralelamente se controlarán los niveles de otros tanques y la producción de los pozos, de manera que la producción de estos sea aprovechada a su máximo.
- En general, los niveles de los restantes tanques deberán evitar también, tanto el nivel de rebalse, como su nivel mínimo.
- La capacidad de producción de los pozos deberá aprovecharse al máximo.
- Los caudales en el sistema deberán ser acordes con los caudales impulsados y con los caudales de diseño. El sistema deberá dar alarma si estas condiciones no se cumplen.
- De la misma manera, el sistema deberá dar alarma si las presiones no son las diseñadas de acuerdo con los equipos en operación.
- En condiciones extremas de niveles, caudales o presiones, el sistema deberá parar (paulatina y selectivamente) la operación de sus equipos de bombeo.

Figura 2.6.1.

Para cumplir los requisitos anteriores, el sistema de control operacional propuesto estará conformado por los siguientes elementos según se describe a continuación:

2.7.1 Componentes del sistema

- 1- Fuente de energía: dos UPS de 1,5 KVA y un ATS
- 2- Procesadores, 2 c/u
- 3- Switch Ethernet, 2 c/u
- 4- Unidad de entrada/salida
- 5- Pantalla de operador
- 6- Software de programación
- 7- Sistema de comunicación externa (a seleccionar de acuerdo a estudio de propagación de ondas y disponibilidad de equipos y estaciones en la red AyA)
- 8- Estaciones Ethernet, entradas y salidas: analógicas y digitales

La especificación y configuración del sistema se detalla en las láminas EBSTA EL-02 y EBSTA EL-18

2.7.1.1 Puertos Ethernet

El sistema de control tiene 13 estaciones Ethernet

2.7.1.2 A Cerro Minas:

Bomba 1: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 1

Bomba 2: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 2

2.7.1.3 A Cementerio:

Bomba 3: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 3

Bomba 4: Con variador de frecuencia, con salida a Ethernet 4

Bomba 5: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 5

Bomba 6: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 6

Bomba 7: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 7

Bomba 8: Con variador de frecuencia, con salida a Ethernet 8

Bomba 9: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 9

Bomba 10: Arrancador suave con convertidor Modbus a Ethernet 10

Tablero Principal: Ethernet 11

Centro de control de motores 1: Ethernet 12

Centro de control de motores 2: Ethernet 13

2.7.1.4 Entradas analógicas: 4-20 mA

Medición de caudal de entrada

Medición de caudal tubería hacia Cerro Minas

Medición de presión tubería hacia Cerro Minas

Medición de caudal tubería hacia Cementerio

Medición de presión tubería hacia Cementerio

Medición de nivel tanque de Santa Ana

2.7.1.5 Entradas digitales:

10 c/u señales de control de nivel del barril respectivo de cada bomba (M1 a M10)

2.7.1.6 Salidas digitales:

1 c/u hacia electro válvula de entrada número 1

2.7.2 Operación automática del sistema:

Cada estación, pozo ó tanque tendrá un sistema de comunicación externa, por el cual enviará y recibirá datos para operación propia o de otros equipos externos

Para cada sistema de comunicación externa, se debe de realizar un estudio de propagación de ondas y disponibilidad de equipos y estaciones en la red AyA, para asignar ó adquirir los equipos necesarios

Se debe de realizar la programación integral del sistema en conjunto con el cliente y tomando en consideración sus necesidades específicas

Las bombas 1 al 10, arrancarán solo una a la vez, nunca arrancarán dos o más bombas simultáneamente, ninguna bomba arrancará si existe bajo nivel en su respectivo barril ó si existe bajo nivel en el tanque de Santa Ana, la señal de arranque y pare a cada bomba será enviada por los procesadores al puerto Ethernet respectivo

Las bombas 1 y 2 hacia Cerro Minas operarán en forma alternativa nunca a la vez, la operación de las bombas depende del nivel del tanque de Cerro Minas (señal proveniente del sistema de comunicación externo por instalar)

Las bombas 3 al 10 hacia Cementerio, operarán como máximo seis bombas en forma simultánea, la operación de las bombas depende del nivel del tanque de Cementerio (señal proveniente del sistema de comunicación externo por instalar)

Las bombas 4 y 8 tienen un variador de frecuencia, operará únicamente una a la vez, nunca las dos estarán operando en forma simultánea, la velocidad será regulada de acuerdo a la señal de presión de la tubería de salida hacia Cementerio. De igual forma el variador de frecuencia actuará si existe una variación importante de niveles en el tanque de almacenamiento que abastece a los equipos de bombeo, por defectos en el campo de pozos de Potrerillos.

La válvula mariposa con actuador eléctrico número 1, opera de acuerdo al nivel del tanque de Santa Ana

2.7.3 Monitoreo del sistema:

Por medio de los puertos Ethernet de cada equipo, existirá la facilidad de monitoreo de los valores de su operación, asimismo –mediante programación previa- el sistema de control podrá ser capaz de liberar señales de alarma o comandos de acción ante eventos preprogramados

Cada usuario tendrá su código de acceso al sistema, así como su categoría de acceso a las distintas opciones de menú, el acceso se podrá realizar internamente mediante la red LAN ó externamente vía Internet

2.8 Esquemas de los tanques del proyecto

No obstante que dentro del presente proyecto no se contempla el diseño de los nuevos tanques, a continuación se presenta una indicación general de cómo deberán conectarse los mismos con las nuevas líneas y a las estaciones de bombeo.

2.8.1 Tanque Pozos de Santa Ana

Se propone que la fuente principal de este tanque sea de la derivación de la tubería de impulsión de los pozos de Potrerillos, a través de la línea de 400 mm, que se indicó anteriormente. Otra de las entradas será la tubería proveniente de la derivación de Puente Mulas, de la línea denominada como THTPO. Así, el tanque contendrá los siguientes accesorios como principales:

- Entrada de Campo de Pozos, por encima del tanque (cota 914 msnm) con una válvula de mariposa con actuador, que abrirá y cerrará según los niveles del tanque. Esta línea podrá operar en sentido contrario, es decir, eventualmente proveerá de agua a la estación de bombeo de Santa Ana, por lo cual se propone un “by pass” de salida, con válvula de retención del mismo diámetro de entrada de 400 mm.
- Entrada de línea de Puente Mulas, con una válvula combinada con pilotos de sostenedora de presión y de altitud, de tal forma que el primer piloto permita que la línea de derivación de Puente Mulas se mantenga llena, en tanto que el piloto de altitud cierre la válvula cuando el tanque se llene. La presión controlada por el piloto sostenedor de presión, permitirá regular el caudal de entrada, a 90 l/seg y para su regulación a otros caudales y control del sistema se propone colocar a la entrada del tanque un medidor electromagnético de 300 mm de diámetro.
- Salida del tanque: tubería de 300 mm para la distribución de Pozos de Santa Ana, para lo cual se deberá instalar una válvula de compuerta de salida.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se propone colocarlas al frente del tanque, y ahí según el diseño definitivo disponerlas en la Quebrada Rodríguez, que se visualiza como la más cercana

2.8.2 Tanque de Cerro Minas

La fuente principal de este tanque será la estación de bombeo de Santa Ana, y eventualmente del rebose de agua del tanque de Salitral, tal como se explicó con anterioridad. De igual forma, por la interconexión de la línea del tanque de Santa Ana existente con la línea de impulsión, se podrá abastecer de dicho tanque desde el sistema de Puente Mulas.

- Entrada desde estación de bombeo Santa Ana. Será de diámetro de 400 mm e incluirá válvula de altitud de 400 mm de diámetro para cerrar la entrada al tanque cuando la línea opere por gravedad desde el tanque de Santa Ana. En la operación por bombeo, el nivel del tanque controlará el apagado de las bombas. La tubería de entrada descargará a un nivel superior al de rebalse del tanque, para así mantener constante la carga de bombeo desde la estación.
- Entrada de tanque Salitral: Será de 200 mm de diámetro y no tendrá ninguna válvula de entrada, para evitar que la línea opere a presiones altas y considerando que el propósito de esta línea es aprovechar el eventual rebalse del tanque Salitral.
- Salida del tanque: Se propone una tubería de 400 mm, con su respectiva válvula de compuerta.

- Las tuberías de rebalse y limpieza se propone colocarlas al frente del tanque, y ahí según el diseño definitivo disponerlas en el Río Uruca que se visualiza como la opción más cercana

2.8.3 Tanque Brasil

Este tanque será abastecido a través de la línea existente de 200 mm, que actualmente proviene de la estación de MATRA y que abastece a parte de Ciudad Colón. Una vez que el proyecto entre en operación el tanque será abastecido desde el tanque de Cerro Minas, para lo cual se propone lo siguiente:

- Conexión desde la tubería de 200 mm de PVC de la carretera de San José a Ciudad Colón, por medio de una válvula sostenedora de presión y reductora a la vez, dado que a partir de ese punto seguirá abasteciendo al sistema de Ciudad Colón.
- La entrada del tanque será por medio de válvula sostenedora y de altitud, para que cierre cuando el tanque esté lleno.
- La salida será del mismo diámetro y contendrá una válvula de compuerta de 200 mm, desde donde se iniciará la tubería de conducción hasta el tanque VILLACON, línea llamada como TBTCV.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se propone por el costado oeste para después descargar hasta la quebrada San Marcos.
- Este tanque contendrá una salida para la estación de bombeo, según lo que se anotó anteriormente.

2.8.4 Tanque VILLACON

Será abastecido de la línea de conducción que proviene del tanque Brasil y contendrá los siguientes elementos:

- La entrada del tanque será por medio de válvula sostenedora y de altitud, para que cierre cuando el tanque esté lleno.
- La salida será del mismo diámetro y contendrá una válvula de compuerta de 200 mm, desde donde se iniciará la tubería distribución para parte de Ciudad Colón.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque para definir su disposición final en el diseño definitivo.

2.8.5 Tanque Planta San Antonio de Escazú

El tanque de forma preliminar se ha situado dentro del predio de los tanques existentes, terreno un poco abrupto, para lo cual se deberá realizar nivelaciones apropiadas, para su construcción. El tanque será abastecido de las tuberías que provienen del tanque techado con HG, que a su vez es abastecido de la planta de tratamiento.

- Tendrá tres entradas de 150 mm o en su defecto, unir las tres tuberías para entrar con una sola al tanque, con un diámetro que oscilaría de 250 a 300 mm. Para fines esquemáticos se han asumido tres entradas de 150 mm, con válvulas de altitud cada una.

- La salida será de 200 mm con su respectiva válvula de la compuerta, sobre el lado oeste.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque, calle lateral oeste para definir su disposición final en el diseño definitivo al Río Agrés.

2.8.6 Tanque Entierrillos

Este tanque se ha ubicado provisionalmente en el lote que el AyA contempla adquirir, sobre la calle del mismo nombre. El tanque será abastecido de la línea que proviene del tanque de la planta de San Antonio y de la derivación de la línea de Puente Mulas del centro de Escazú, según lo descrito anteriormente.

- Entrada de tanque planta San Antonio: será de diámetro de 200 mm y contendrá una válvula sostenedora de presión y además de altitud, para el cierre del tanque cuando éste se llene.
- Entrada desde la derivación del Sistema de Puente Mulas: será de 350 mm de diámetro e incluirá una válvula sostenedora de presión y de altitud, para regular el caudal de la derivación y cerrar la línea cuando el tanque se llene. Para controlar el caudal de entrada de derivación, de tal forma que se mantenga en el orden de 150 l/seg, se propone la colocación de un medidor electromagnético de 350 mm.
- Salida a tanque El Cementerio: Contendrá una válvula de compuerta de 300 mm.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque, calle Entierrillos, para definir su disposición final en el diseño definitivo a las quebradas Cruz o Masilla.

Sección No 2

Memoria de Cálculo

1. Introducción

Esta sección presenta las memorias de los cálculos hidráulicos, estructurales y eléctricos necesarios para realizar los diseños del proyecto.

2. Cálculo hidráulico

Todas las líneas se analizaron por medio del programa de WaterCad, según el esquema hidráulico, que se presenta en la Memoria Descriptiva, a las que ha denominado según se indica en el Cuadro 2.1:

Cuadro 2.1: Líneas de conducción y distribución con cálculo hidráulico

300 LÍNEAS DE CONDUCCIÓN		
Nomenclatura	Punto Inicial	Punto final
POSTA	Potrerillos	Santa Ana
STACE	Santa Ana	Cementerio Escazú
STACM	Santa Ana	Cerro Minas
SLTCM	Salitral	Cerro Minas
THTPO	Tanque Honduras	Tanque Pozos
ENTCE	Cementerio Escazú	Tanque Entierillos
PMTSA	Puente Mulas	Tanque Santa Ana
TBTCV	Tanque Brasil	Tanque Villacon
400 LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN		
TSASA	Tanque Santa Ana	Santa Ana
TPSEN	Tanque Entierillos	Planta San Antonio

En el caso de las líneas de impulsión por bombeo, el cálculo hidráulico se realizó tomando en cuenta paralelamente consideraciones económicas de manera tal de seleccionar el diámetro o combinación de diámetros que a la vez de satisfacer los requerimientos hidráulicos, condujeran a una solución que representa la de menor costo económico, considerando los costos de inversión y los de operación.

Por tal razón, se presenta adelante el criterio para el cálculo de diámetro óptimo económico y luego el resultado del análisis hidráulico.

2.1 Diámetro económico óptimo en líneas de bombeo

Se estableció el diámetro óptimo para las líneas de impulsión tal como se muestra en el Cuadro 2.1.1 para la línea de bombeo de la línea STACE.

Para cada una de las tuberías de bombeo se determinó, el diámetro más económico, de tal forma que los diámetros de las tuberías, las cargas de bombeo y las velocidades en las líneas correspondan al menor costo de la combinación del costo de la inversión más el costo de energía de bombeo.

Para cada línea se estableció el diámetro óptimo, -tal como se muestra en el Cuadro 2.1.1, donde se considera la línea de bombeo de la línea STACE- considerando el costo de la inversión en tuberías y tomando en cuenta la carga de bombeo resultante, así como el costo de la energía eléctrica por Kw/hora, el coeficiente de rugosidad de las tuberías y la eficiencia de los equipos de bombeo. En las líneas principales, el diámetro óptimo se corroboró mediante un análisis económico particular de mínimo costo de la inversión y de los costos de operación.

Cuadro 2.1.1: Diámetro óptimo para tubería de impulsión

DIAMETRO M PU \$/M	DIAMETRO OPTIMO M	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	1.0	DIAMETRO OPTIMO M	VELOCIDAD OPTIMA
CAUDAL M3/SEC		125	140	170	200	280	370	530	560	590	680	800		
0.100	0.300	0.274	0.246	0.247	0.256	0.291	0.333	0.409	0.423	0.437	0.481	0.538	0.30	1.42
0.110	0.350	0.308	0.269	0.266	0.273	0.307	0.348	0.424	0.439	0.453	0.496	0.554	0.35	1.14
0.120	0.350	0.346	0.294	0.286	0.291	0.323	0.364	0.440	0.454	0.468	0.512	0.569	0.35	1.25
0.130	0.350	0.320	0.307	0.309	0.339	0.380	0.456	0.470	0.484	0.484	0.527	0.584	0.35	1.35
0.140	0.400	0.348	0.328	0.328	0.355	0.396	0.471	0.485	0.499	0.499	0.542	0.600	0.40	1.11
0.150	0.400	0.377	0.350	0.347	0.372	0.411	0.487	0.501	0.515	0.515	0.558	0.615	0.40	1.19
0.160	0.400	0.408	0.373	0.366	0.389	0.427	0.502	0.516	0.531	0.531	0.573	0.631	0.40	1.27
0.170	0.400	0.442	0.397	0.386	0.406	0.443	0.518	0.532	0.546	0.546	0.589	0.646	0.40	1.35
0.180	0.400	0.477	0.421	0.406	0.423	0.459	0.534	0.548	0.562	0.562	0.604	0.662	0.40	1.43
0.190	0.400	0.514	0.447	0.427	0.440	0.476	0.550	0.563	0.577	0.577	0.620	0.677	0.40	1.51
0.200	0.400	0.554	0.474	0.448	0.457	0.492	0.565	0.579	0.593	0.593	0.635	0.693	0.40	1.59
0.225	0.500	0.664	0.546	0.504	0.502	0.533	0.605	0.618	0.632	0.632	0.674	0.731	0.50	1.15
0.250	0.500			0.564	0.548	0.574	0.645	0.658	0.671	0.671	0.713	0.770	0.50	1.27
0.275	0.500			0.629	0.595	0.616	0.685	0.698	0.711	0.711	0.752	0.809	0.50	1.40
0.300	0.500			0.698	0.644	0.659	0.726	0.738	0.750	0.750	0.791	0.848	0.50	1.53
0.325	0.500			0.773	0.694	0.703	0.767	0.778	0.790	0.790	0.831	0.887	0.50	1.66
0.350	0.500			0.852	0.747	0.747	0.808	0.818	0.830	0.830	0.870	0.926	0.50	1.78
0.375	0.600			0.938	0.801	0.792	0.850	0.859	0.870	0.870	0.909	0.965	0.60	1.33
0.400	0.600			1.030	0.858	0.838	0.892	0.900	0.910	0.910	0.949	1.004	0.60	1.42
0.425	0.600			1.129	0.917	0.885	0.934	0.941	0.951	0.951	0.989	1.043	0.60	1.50
0.450	0.600			1.234	0.978	0.933	0.977	0.983	0.992	0.992	1.028	1.083	0.60	1.59
0.475	0.600			1.347	1.041	0.982	1.020	1.025	1.033	1.033	1.068	1.122	0.60	1.68
0.500	0.600			1.467	1.107	1.031	1.064	1.067	1.074	1.074	1.108	1.161	0.60	1.77
0.550	0.600			1.732	1.248	1.134	1.154	1.153	1.158	1.158	1.189	1.241	0.60	1.95
0.600	0.750			1.400	1.242	1.245	1.241	1.242	1.242	1.242	1.270	1.320	0.75	1.36
0.650	0.800			1.564	1.355	1.339	1.330	1.330	1.328	1.328	1.352	1.400	0.80	1.29
0.700	0.800			1.742	1.474	1.436	1.421	1.421	1.415	1.415	1.435	1.481	0.80	1.39
0.750	0.800			1.934	1.598	1.535	1.514	1.514	1.504	1.504	1.519	1.562	0.80	1.49
0.800	0.800			2.141	1.729	1.637	1.609	1.609	1.594	1.594	1.603	1.643	0.80	1.59
0.850	0.800			2.364	1.866	1.743	1.706	1.706	1.686	1.686	1.689	1.725	0.80	1.69
0.900	0.900			2.604	2.010	1.852	1.806	1.806	1.780	1.780	1.775	1.808	0.90	1.42
0.950	0.900			2.862	2.161	1.964	1.908	1.908	1.875	1.875	1.862	1.891	0.90	1.49
1.000	0.900			3.138	2.320	2.079	2.013	2.013	1.972	1.972	1.951	1.975	0.90	1.57
HORAS BOMBEO	8760													
LONGITUD DE TUBERIA m	4800													
CARGA DE BOMBEO mca	192													
C COEFICIENTE RUGOSIDAD	130													
EFICIENCIA DE BOMBAS	76%													
TASA DE INTERES	10%													
P. ENERGIA \$/Kwh	0.07													

Los costos de las tuberías para realizar este análisis, son los determinados para este proyecto tal como se presenta en la sección del presupuesto de la obra.

En el cuadro se indican en sombra los caudales de impulsión que son requeridos para el presente proyecto, donde se observa que para los caudales del campo de pozos de Potrerillos, los diámetros óptimos oscilan entre los 600 mm y 500 mm y para los caudales de la línea STACE y de la línea principal de POSTA el diámetro económico resulta en 800 mm, habiéndose utilizado precisamente este diámetro en la primera de las líneas y 900 mm y 700 mm en la segunda de ellas, en razón de requerimientos de funcionamiento hidráulico.

2.2 *Diseño hidráulico líneas y estaciones de bombeo*

2.2.1 *Línea de Pozos Potrerillos – Santa Ana (POSTA)*

2.2.1.1 *Campo de pozos Potrerillos*

Este sistema se diseñó a partir de los diámetros de las tuberías que se indicaron anteriormente y de las curvas características de los equipos de bombeo existentes, asumiendo curvas similares para los equipos de los nuevos pozos.

Según se señaló en la Memoria Descriptiva, se deberán colocar dos válvulas sostenedoras de presión, para equilibrar caudales para los diferentes sistemas de suministro, es decir, Estación de Puente Mulas, Estación de MATRA, y la Estación de Bombeo Santa Ana. Todo este campo de pozos estará a la elevación aproximada de 875 m.s.n.m.

2.2.1.2 *Línea principal*

La línea principal se determinó asumiendo el caudal total de todos los pozos de unos 840 l/seg, es decir, 750 l/seg para la EBSTA y 90 l/seg para el tanque de Pozos de Santa Ana. El tanque de la estación estará a la elevación de 898 m.s.n.m y el tanque Pozos a la elevación de 909 m.s.n.m como cota de fondo y una máxima de 914 m.s.n.m.

Por razones hidráulicas, esta línea se diseñó con dos diámetros, 900 mm y 700 mm, de tal forma que la derivación hacia el tanque de Pozos, tenga suficiente carga para llegar hasta la cota de 914 m.s.n.m. Aún, con esta reducción de diámetro, en la entrada de la estación se deberá colocar una válvula que admita cierta regulación que mantenga presión aguas arriba según los caudales que se impulsen desde el Campo de Pozos, para lo cual se ha instalado una válvula de mariposa con actuador eléctrico.

2.2.1.3 *Cálculo hidrológico de la avenida máxima del río en el paso del Río Virilla*

Para determinar los niveles máximos de este paso del río Virilla, se utilizaron los datos hidrometeorológicos de las estaciones hidrométricas de Nuestro Amo a partir de los datos de 1980, correlacionando las áreas correspondientes de esta estación y el área hasta el puente San Antonio – Santa Ana.

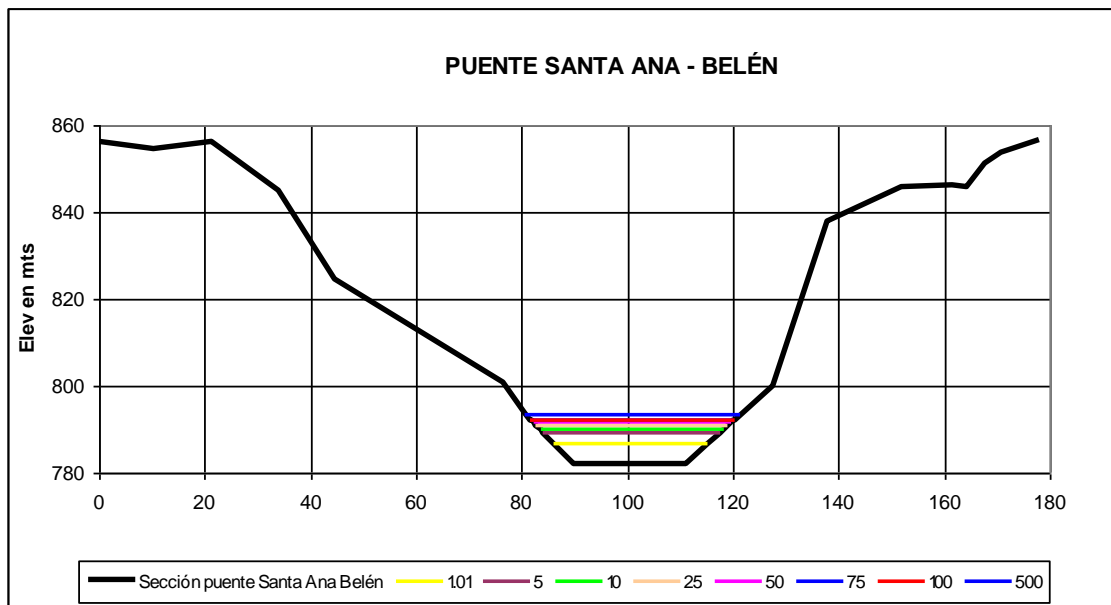
Aplicando los métodos hidrológicos por correlación de áreas y ajustándolas a las ecuaciones de distribución de Log Pearson, se obtuvo que los caudales sobre este paso de río son los que se muestran en el Cuadro 2.2.1.1 y se aprecian en la figura 2.2.1.1 para las diferentes elevaciones desde el fondo del río hasta la cota de 800 m.s.n.m. El puente se propone colocar a la cota 805 m.s.n.m.

Cuadro 2.2.1.1

Características geométricas e hidráulicas para diferentes elevaciones

Tp años	Nivel en m.s.n.m	Caudal en m ³ /seg	Área en m ²	Ancho superficial en metros	Profundidad máxima en metros	Velocidad media en m/seg	Perímetro mojado en metros	Radio hidráulico en metros
1.01	786.77	275	113.3	29.02	4.516	2.43	33.14	3.419
5	789.26	582	191.1	33.37	7.009	3.05	39.75	4.806
10	790.03	697	217.2	34.71	7.777	3.21	41.79	5.197
25	790.94	846	249.5	36.29	8.687	3.39	44.21	5.644
50	791.58	959	273.1	37.41	9.327	3.51	45.91	5.949
75	791.93	1025	286.5	38.03	9.684	3.58	46.85	6.116
100	792.19	1073	296.2	38.47	9.936	3.62	47.52	6.233
500	793.49	1339	348	40.75	11.243	3.85	50.99	6.824

Figura 2.2.1.1: Elevaciones de avenidas máximas para diferentes elevaciones



Se desprende del cuadro anterior y la figura anterior, que los niveles de agua de las avenidas máximas están muy por debajo de la cota 800 m.s.n.m y aún menos de la cota final de diseño de 805 m.s.n.m.

2.2.2 Línea de EB Santa Ana – tanque El Cementerio (STACE)

Su caudal será de 600 l/seg como promedio y su diámetro económico y diseñado es de 800 mm. Para corroborar este diámetro se efectuó un análisis económico particular de mínimo costo por medio del método del costo uniforme del agua, que asume un costo unitario según la cantidad de m³ de agua que se produzca en un sistema, con relación a los costos de inversión y de operación y mantenimiento que requiere dicho sistema, para operar normalmente a lo largo de un período de diseño. El análisis se realizó para 800 mm y 700 mm.

Los parámetros utilizados y los resultados del análisis se indican en el Cuadro 2.2.1.2, observándose que utilizar tubería de 800 mm presenta una ventaja económica con respecto a la tubería de 700 mm, para este tramo de STACE.

El cálculo realizado permite obtener el costo por metro cúbico de agua que equilibraría los costos del proyecto a valor presente, tanto anuales como de inversión, de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^n \frac{PV_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i + K_i}{(1+r)^i}$$

- Vi = Volumen de agua impulsada en el año i
 Ci = Costo anual de operación y mantenimiento en el año i.
 Ki = Costo de inversión del proyecto en el año i.
 n = Número de años del período de análisis, (2007-2037)
 r = Tasa de descuento
 P= Costo unitario (por metro cúbico) del agua en el sitio de distribución.

Despejando “P” de la ecuación anterior, resulta que:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i + K_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{(1+r)^i}}$$

Cuadro 2.2.1.2: Resumen de datos y resultados del análisis económico según diámetro para la línea STACE

Tubería de 800 mm	
Inversiones en US \$	2,832,000
Tasa de interés	10%
Costo de Kw/hora	0.070
Caudal de bombeo	611
Carga de bombeo m.c.a.	192
Costo anual porcentual de operación y mantenimiento	3%
Reposición equipos cada 5 años en %	10%
Reposición por vida útil a los 15 años en %	20%
Valor presente inversiones y costos anuales	10,284,705.38
"valor presente m3 de agua vendidos"	149,130,516.80
COSTO UNIFORME (\$/M3)	0.06896
Tubería de 700 mm	
Inversiones en US \$	2,544,000
Tasa de interés	10%
Costo de Kw/hora	0.070
Caudal de bombeo	542
Carga de bombeo m.c.a.	197
Costo anual porcentual de operación y mantenimiento	3%
Reposición equipos cada 5 años en %	10%
Reposición por vida útil a los 15 años en %	20%
Valor presente inversiones y costos anuales	9,320,899.76
"valor presente m3 de agua vendidos"	132,289,263.68
COSTO UNIFORME (\$/M3)	0.07046

2.2.3 Línea de EB Santa Ana – tanque Cerro Minas (STACM)

Su caudal será de 150 l/seg como promedio y de acuerdo con el Cuadro 2.2, el diámetro de diseño es de 400 mm, que coincide con el diámetro de la línea que proviene desde el tanque Santa Ana, que operará de forma eventual para trasegar agua de tanque a tanque (Santa Ana-Cerro Minas).

2.2.4 Tanque Salitral – tanque Cerro Minas (SLTCM)

Esta conducción es por gravedad y de acuerdo con el Estudio de la situación de abastecimiento de agua potable en el Sector Oeste del Área Metropolitana de San José⁵ (Estudio de la situación Sector Oeste AM), se requiere que transporte un caudal de 100 l/seg, para lo cual se propone mantener el mismo diámetro establecido en ese estudio de 200 mm y colocar tubería de PEAD considerando el diámetro interno y la rugosidad de estas tuberías para presiones de 70 m.c.a.

⁵ Elaborado por la empresa consultora CONCESA SA.

2.2.5 Tanque Honduras – tanque Pozos (THTPO)

El cálculo de esta línea consideró la presión de la tubería de Puente Mulas a San Rafael de Escazú para la derivación propuesta, así como la válvula reductora de presión y la válvula mantenedora de presión antes de la entrada al tanque Pozos, del tal forma que el caudal no sobrepase los 90 l/seg y la línea se mantenga llena en todo su tramo. El diámetro propuesto es de 300 mm.

2.2.6 Puente Mulas – tanque Santa Ana (PMTSA)

Al igual que la anterior, el cálculo de esta línea consideró la presión de la tubería de Puente Mulas a San Rafael de Escazú para la derivación propuesta, cerca de la autopista, así como la válvula reductora de presión y la válvula mantenedora de presión antes de la entrada al tanque Santa Ana, del tal forma que el caudal no sobrepase los 200 l/seg y la línea se mantenga llena en todo su tramo. El diámetro propuesto es de 400 mm.

2.2.7 Cementerio Escazú – tanque Entierrillos (ENTCE)

Esta línea deberá operar por gravedad desde el tanque de Entierrillos hasta el tanque de El Cementerio, para un caudal de 150 l/seg hasta 200 l/seg. Para esto se propone una tubería de 300 mm con una válvula sostenedora antes de la entrada del tanque El Cementerio, con el fin de que en su funcionamiento opere en su totalidad en régimen presurizado.

2.2.8 Tanque Brasil – tanque VILLACON (TBTCV)

Esta conducción es por gravedad y de acuerdo con el Estudio de la situación de abastecimiento de agua potable en el Sector Oeste del Área Metropolitana de San José (Estudio de la situación Sector Oeste AM), se requiere que transporte un caudal de 30 l/seg, para lo cual se propone mantener el diámetro establecido en ese estudio de 200 mm y colocar tubería de PEAD, considerado el diámetro interno como la rugosidad de estas tuberías, para presiones de 70 m.c.a.

2.2.9 Tanque Santa Ana – red Santa Ana – tanque Cerro Minas (TSASA)

Esta línea normalmente operará para un caudal promedio de 60 l/seg, el cual ingresará a la red de Santa Ana mediante una derivación de 250 mm con una válvula reductora de presión sobre la Avenida 1. Empero, por medio de una conexión con la línea de la estación de bombeo Santa Ana hasta Cerro Minas, del tanque Santa Ana hasta este último tanque se podrá transportar unos 200 l/seg y el diámetro será de 400 mm.

2.2.10 Tanque Entierrillos – tanque planta San Antonio (ENTPS)

El diseño de esta línea es por gravedad desde el tanque propuesto para la planta de San Antonio de Escazú, hasta el tanque nuevo de Entierrillos.

De acuerdo con el Estudio de la situación de abastecimiento de agua potable en el Sector Oeste del Área Metropolitana de San José (Estudio de la situación Sector Oeste AM), se requiere que

transporte un caudal de 100 l/seg, para lo que se propone mantener el diámetro definido en ese estudio de 200 mm y colocar tubería de PEAD, considerando el diámetro interno como la rugosidad de estas tuberías para presiones de 70 m.c.a. Para evitar que estas presiones sean sobrepasadas, lo cual es posible debido a la diferencia de elevación respecto al tanque San Antonio, se ha diseñado la instalación de válvulas reductoras de presión, de tal forma que las presiones en las tuberías existentes no sobrepasen los 50 m.c.a.

2.3 *Diseño hidráulico de las estaciones de bombeo*

2.3.1 *Estación de bombeo Santa Ana*

El diseño hidráulico de esta estación ha considerado los siguientes parámetros:

- En el análisis hidráulico se consideraron las pérdidas locales en accesorios y válvulas antes de cada uno de los equipos de bombeo, de manera tal que la succión de las bombas no presenten pérdidas de carga significativas. Así, el múltiple de succión de todas las bombas se ha definido como tubería de 900 mm
- Las tuberías de las líneas de descarga de cada bomba tendrán velocidades económicas. Así para la impulsión para Cerro Minas se ha considerado una descarga de 350 mm y para la descarga de la impulsión al tanque El Cementerio de 300 mm.
- La determinación del diámetro de la tubería de succión así como la del barril donde va cada equipo bomba-motor, se ha establecido según los manuales de American National Standard for Pump Intake Desing.
- Los equipos de bombeo de cada línea de impulsión -hacia El Cementerio o hacia Cerro Minas- tendrán curvas características tales que permitan impulsar los caudales requeridos y vencer la carga dinámica total incluyendo las pérdidas menores de las tuberías y accesorios.

2.3.2 *Estación Brasil*

El cálculo se ha establecido a partir de una línea de impulsión de 150 mm hasta uno de los tanques de Piedades de Santa Ana, de tal forma que la carga se asemeja a la solicitada en los TDR. La estación fue concebida de acuerdo con los siguientes criterios:

- La succión se realizará desde el tanque de Brasil con tuberías de 200 mm para evitar pérdidas de cargas mayores.
- La succión se propone de 200 mm para velocidades de 1 m/seg.
- Los equipos de bombeo propuestos consideran la carga hasta el tanque de Piedades.

2.3.3 *Estación El Mirador*

El cálculo se ha establecido a partir de una línea de impulsión de 150 mm hasta un posible tanque futuro en El Mirador, de tal forma que la carga se asemeja a la solicitada en los TDR. La estación fue concebida de acuerdo con los siguientes criterios:

- La succión se realizará desde el tanque de Brasil con tuberías de 200 mm para evitar pérdidas de cargas mayores.
- La succión se propone de 200 mm para velocidades de 1 m/seg.
- Los equipos de bombeo propuestos consideran la carga hasta la red de distribución de El Mirador.

2.4 Resultados de los cálculos hidráulicos

Todos los resultados de los cálculos hidráulicos de las líneas de conducción (impulsión y distribución) donde se pudo efectuar la corrida correspondiente, así como los cálculos de los múltiples de las estaciones de bombeo como el diámetro de los barriles, el cálculo de la curva de resistencia de la línea STACE, se presentan en el Anexo 3. Los resultados en WaterCad se presentan en forma digital con la corrida correspondiente en este mismo Anexo.

3. Cálculo de golpe de ariete

3.1 Línea Pozos – Tanque de la E. B. de Santa Ana

El análisis del golpe de ariete de esta línea ha obligado a suponer la configuración y caudales de los pozos del Campo de Pozos, el cual aún no está construido en su mayor parte. Para ello se ha tomado en cuenta la configuración y caudales de los pozos actuales y propuestos en los terrenos propios del A y A y se ha asumido un ramal hipotético para los pozos faltantes.

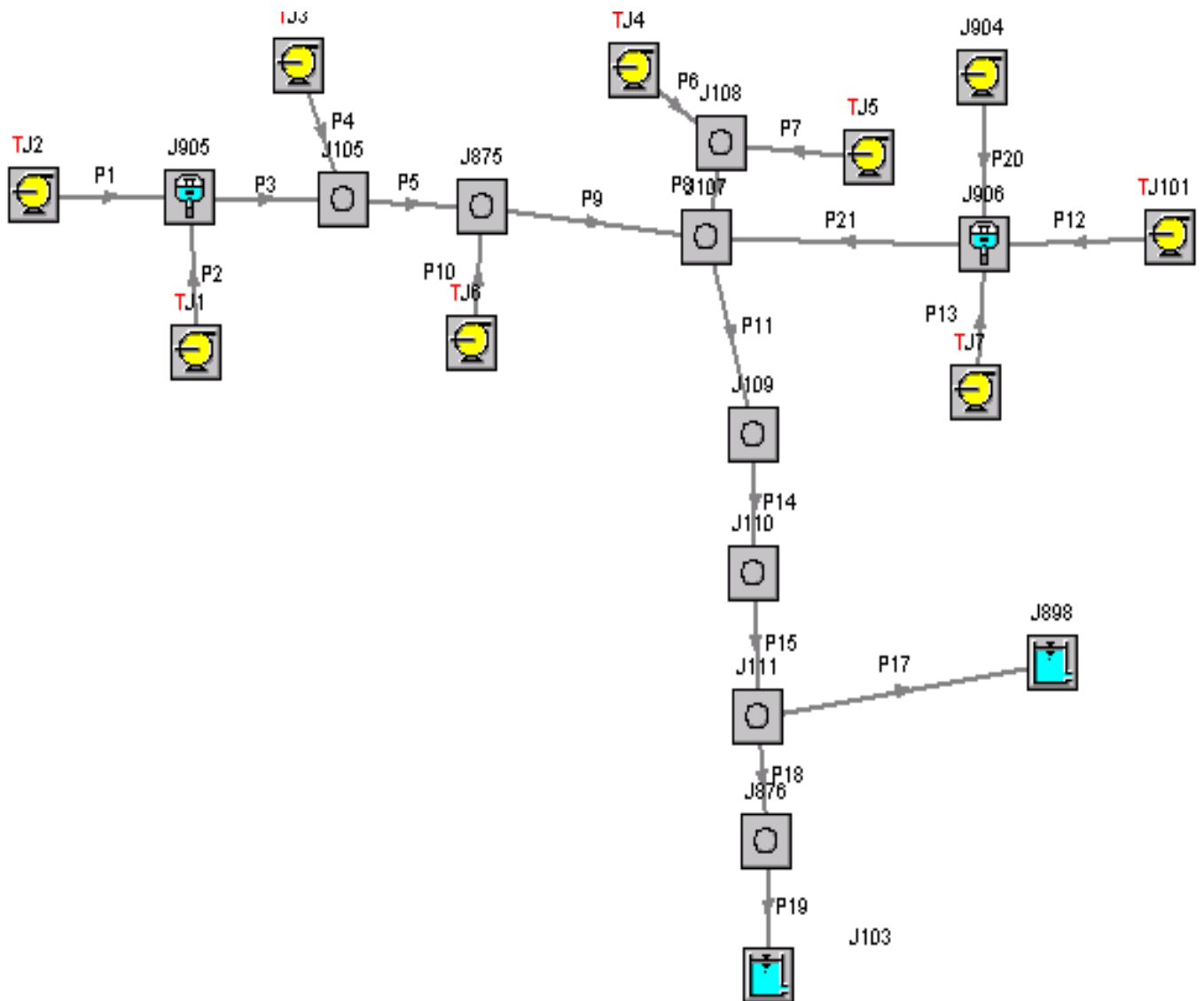
El esquema de la Fig. 3.1.1 muestra la configuración analizada:

Este esquema se explica así:

- Los símbolos TJ4, TJ5, TJ7, TJ101 y J904 representan cada uno de los pozos actuales o a construir en los terrenos del AyA en San Antonio.
- TJ1, TJ2, TJ3 y TJ6 representan hipotéticos pozos futuros, necesarios para completar el caudal de diseño. Estos pozos se han ubicado sobre hipotético nuevo ramal.
- J905 y J906 son sendas cámaras de aire a instalar en cada ramal principal del campo de pozos, y que se definen en el estudio de golpe de ariete según se presenta adelante.
- J898 y J103 son el tanque de Pozos y el tanque de la E.B. de Santa Ana a ser construidos.
- El nudo J107 representa el inicio de la línea POSTA, ubicado a unos 1,500 m del nudo inicial TJ2.
- El nudo J876 representa la reducción de 900 mm x 700 mm en la línea de conducción.
- Los restantes nudos J, representan uniones de tubería o singularidades en el perfil topográfico.

- Las líneas P, corresponden a las tuberías.

Fig. 3.1.1 Esquema de la configuración del sistema analizado



3.1.1 Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete

En las Fig. 3.1.2 y 3.1.3 se muestran las líneas piezométricas extremas en la condición de golpe de ariete sin protección. En la primera figura se muestran a partir del nudo inicial TJ2, en tanto que la segunda las muestra a partir del nudo J107 de inicio de la línea POSTA.

Se anota que los esquemas no muestran en su detalle, el paso sobre el Río Virilla.

Se concluye que en la línea principal POSTA, las sobrepresiones máximas serán del orden de 200 mca, unos 50 mca adicionales sobre el puente sobre el Río Virilla, en tanto que el problema principal provocado por el fenómeno de golpe de ariete se presenta en las líneas de los ramales de recolección del campo de pozos. Por otro lado, la presión mínima corta el terreno en toda su extensión.

Fig. 3.1.2 Líneas piezométricas extremas en el sistema (tubo 1 a 19) por golpe de ariete ante parada simultánea de todos los pozos, sin protecciones (elevaciones –eje “y”- en m.s.n.m y longitud –eje “x” en m)

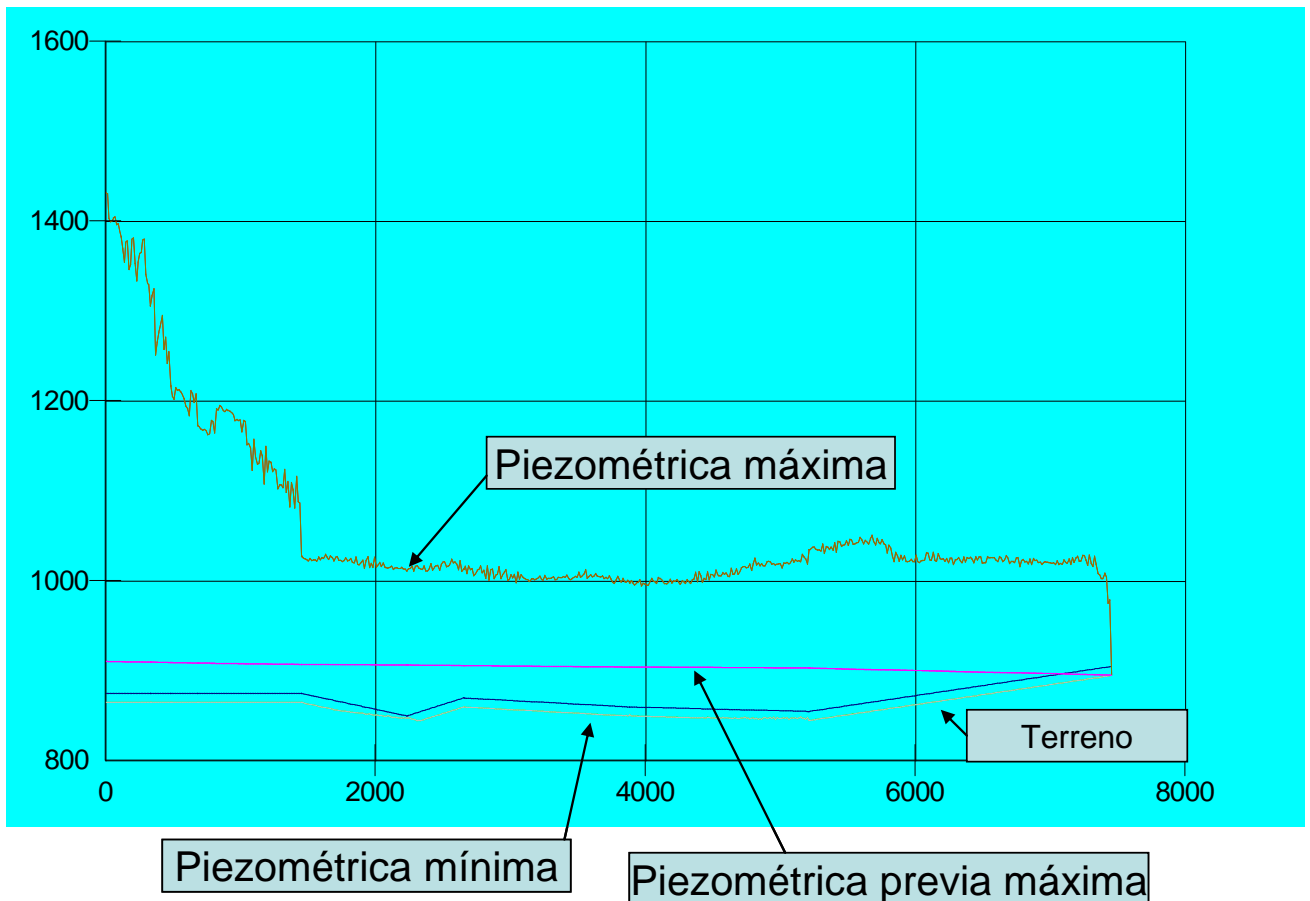
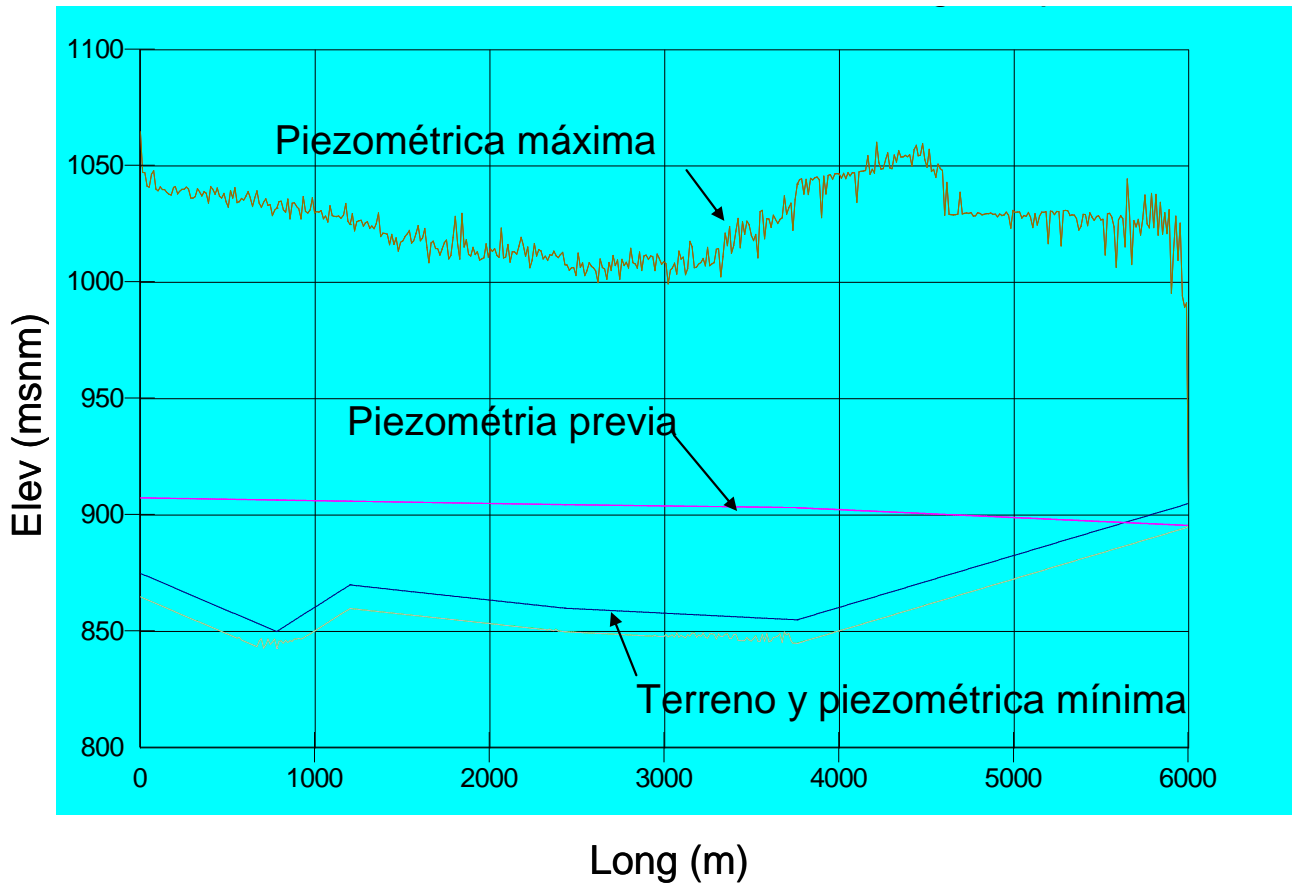


Fig. 3.1.3 Líneas piezométricas extremas en la línea POSTA (tubos 11 a 19), sin protección contra golpe de ariete



3.1.2 Análisis del sistema con protecciones contra golpe de ariete

Se analizó el sistema para evitar el principal problema, cual es la sobrepresión extrema en los ramales de recolección de los Campos de Pozos.

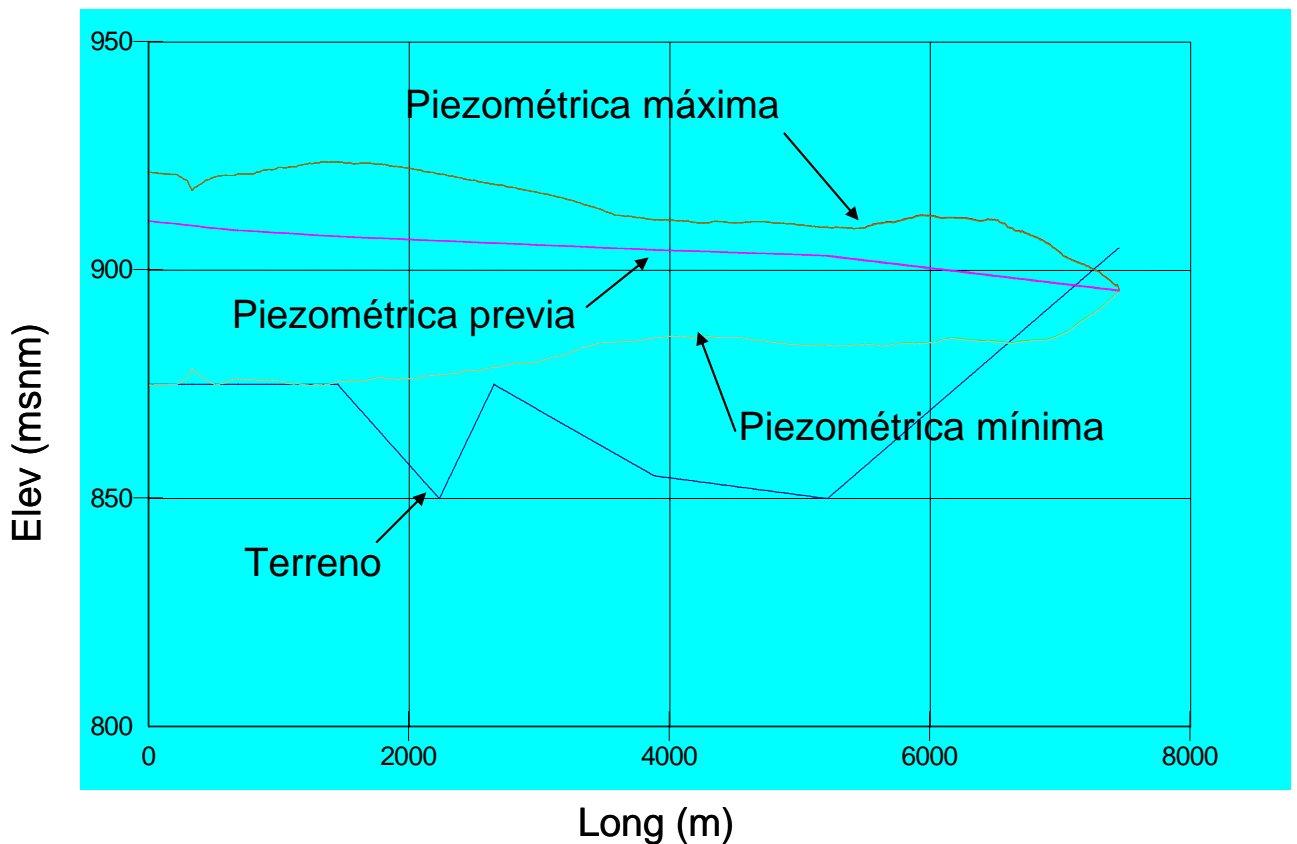
La solución propuesta consiste en la colocación de una cámara de aire de 15 m³ en cada uno de los dos ramales. En primera instancia, se colocará una cámara en el sitio de los pozos actuales

en la finca del AyA. La situación en el ramal hipotético para futuros pozos, -si bien se propone una cámara de aire similar adicional en este-, ello deberá ser corroborado de acuerdo con la ubicación y configuración de los nuevos pozos.

En la figura 3.1.4 se presentan las piezométricas máximas para todo el sistema. Se puede observar como:

- La protección reduce totalmente el impacto del golpe de ariete en todo el sistema, tanto en los ramales como en la línea principal, siendo las presiones totales inferiores a 100 mca.
- La presión mínima durante la primera fase del fenómeno transiente, es positiva prácticamente a lo largo de todo el perfil.

Fig. 3.1.4 Líneas piezométricas extremas en el sistema (tubos 1 a 19) protegido contra golpe de ariete con cámaras de aire en cada ramal de recolección del campo de pozos



En las Fig. 3.1.5 y 3.1.6 se muestra el comportamiento de la cámara de aire propuesta en el Campo de Pozos existente.

Se observa como la cámara aporta caudal durante la onda de baja presión del fenómeno para recibir durante la onda de presión alta. Se muestra también la variación del volumen de agua en la cámara.

Fig 3.1.5 Variación del caudal aportado (-)/recibido (+) por la cámara de aire durante el fenómeno

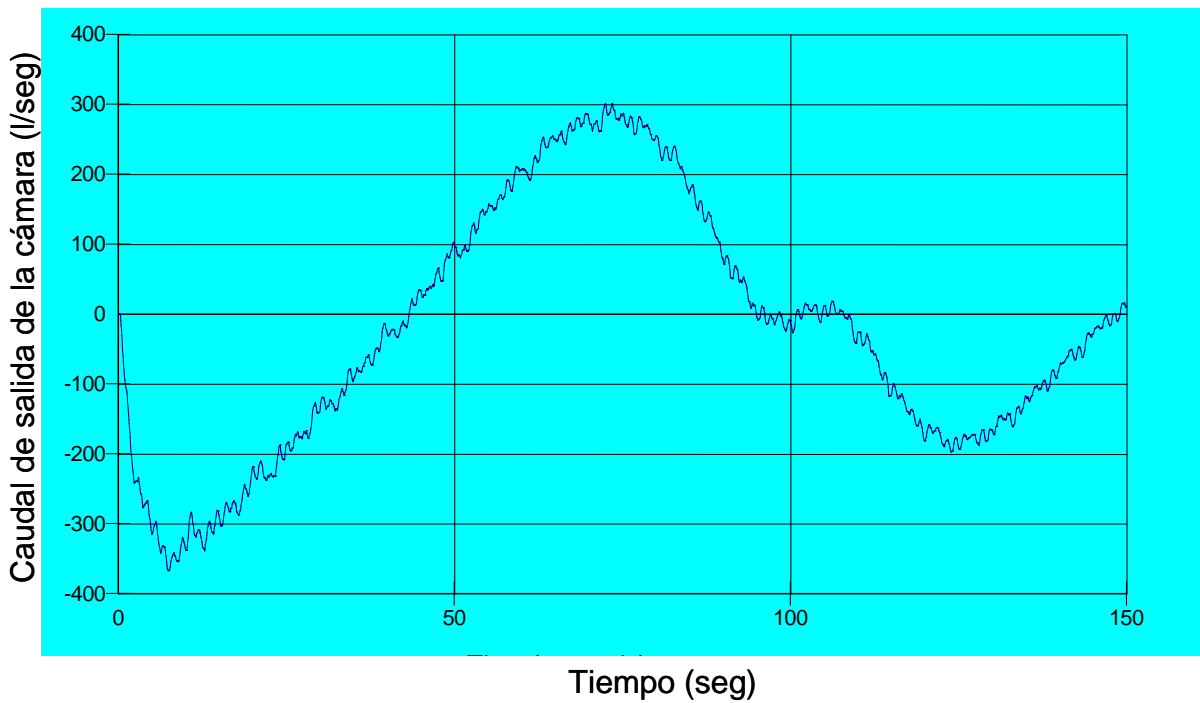
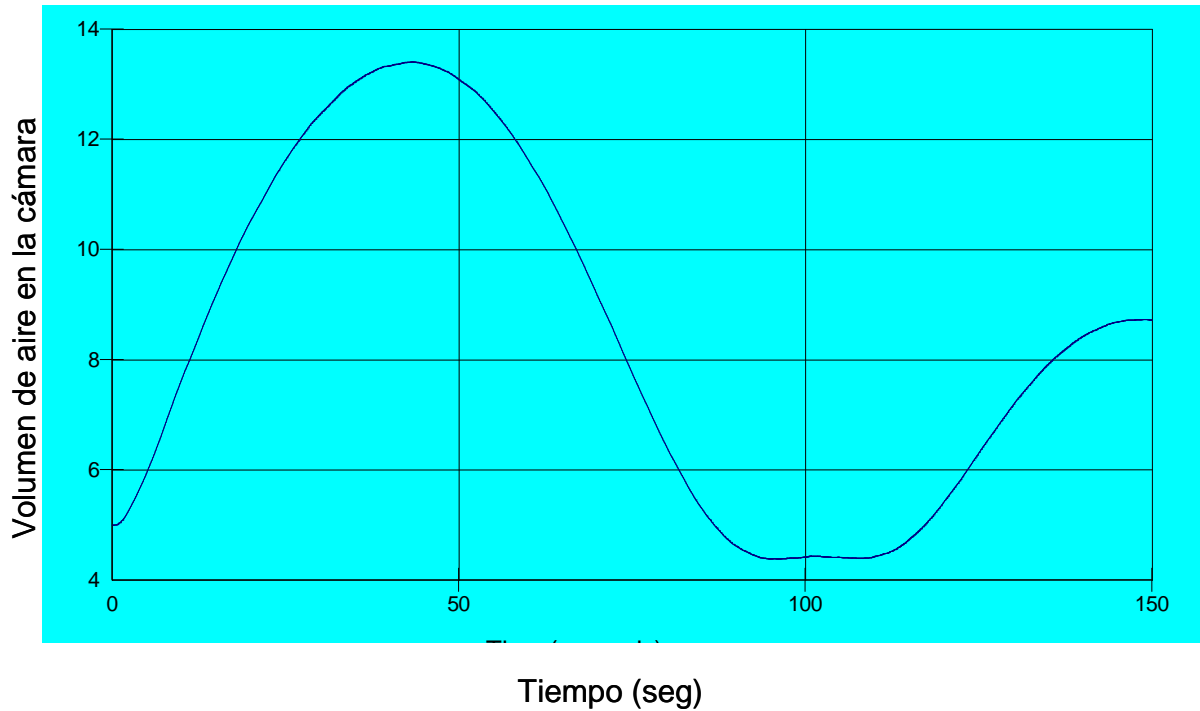


Fig 3.1.6 Variación del volumen de aire en la cámara durante el fenómeno



3.2 Línea E. B. de Santa Ana – Tanque Cementerio

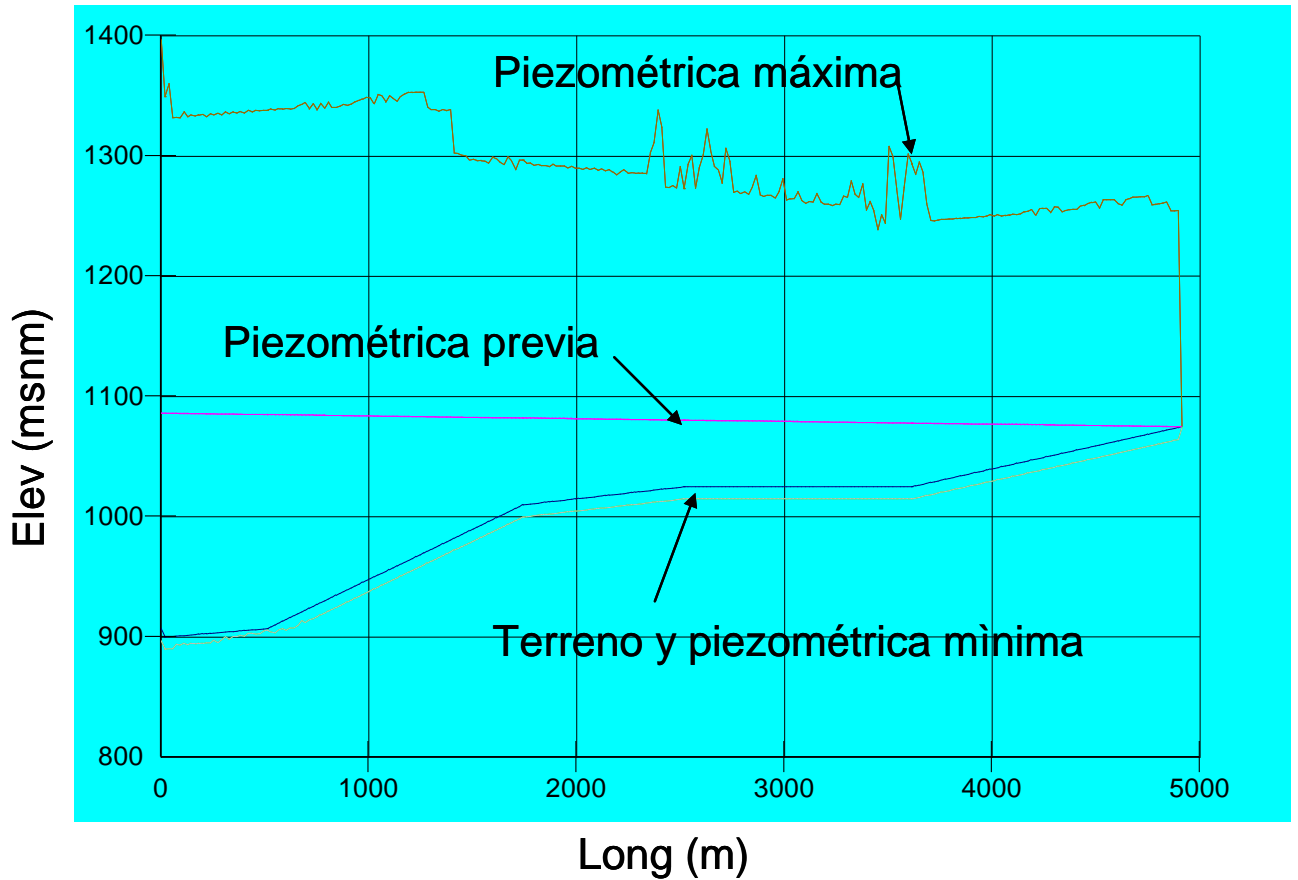
En forma similar al anterior se ha realizado este análisis, solamente que en el presente caso toda la línea está definida.

3.2.1 *Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete*

En la Fig. 3.2.1 se muestran las líneas piezométricas extremas en la condición de golpe de ariete sin protección. Nótese de la figura, como:

- Las presiones máximas alcanzan cerca de 500 m.c.a. a la salida de la estación de bombeo.
- La presión mínima corta el terreno en prácticamente toda su longitud.

Fig. 3.2.1 Líneas piezométricas extremas en la línea STACE sin protección contra golpe de ariete



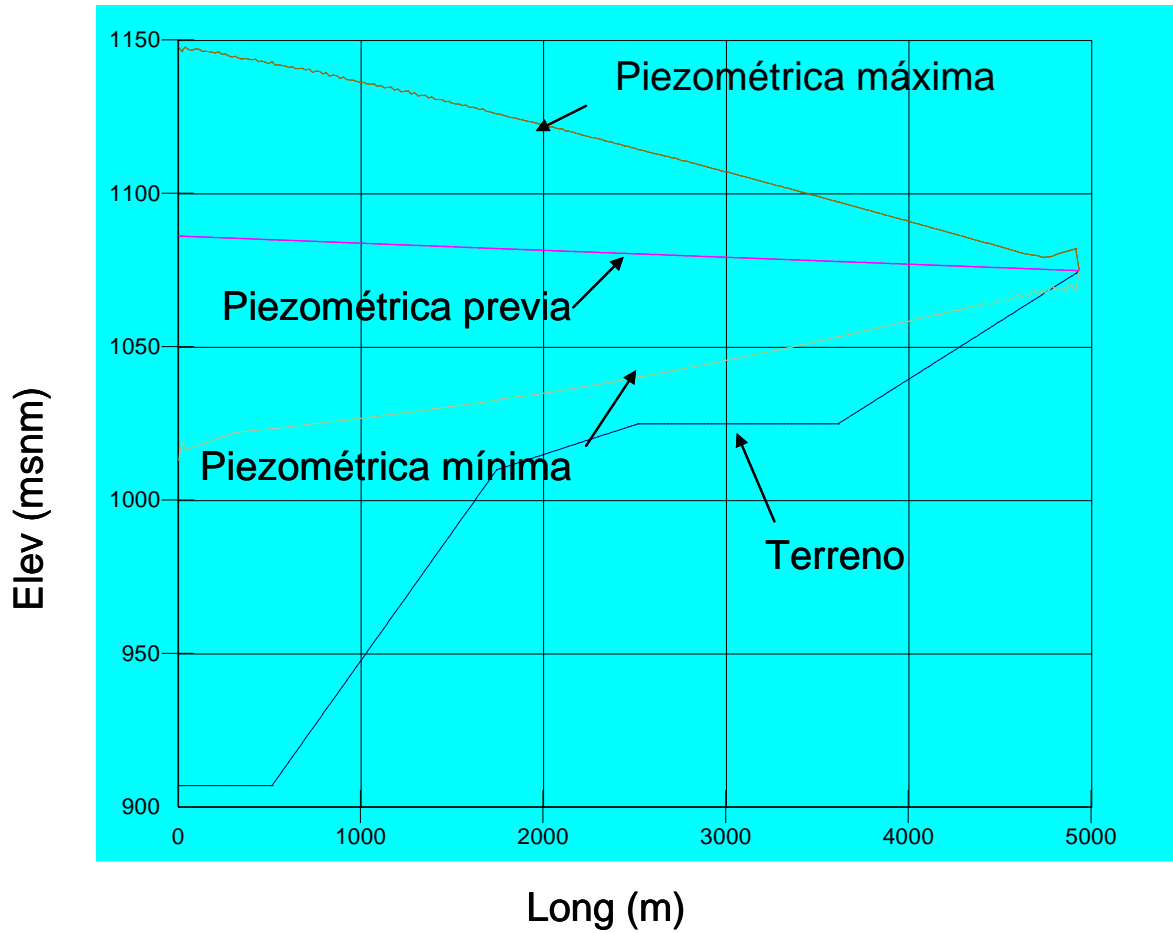
3.2.2 *Análisis del sistema con protecciones contra golpe de ariete*

Se analizó el sistema para evitar los dos principales problemas señalados, proponiéndose una solución que es la colocación de una cámara de aire de 25 m³ a la salida de la Estación de Bombeo.

En la figura 3.2.2 se presentan las piezométricas máximas con la solución propuesta. Nótese como:

- La protección reduce totalmente el impacto del golpe de ariete en todo el sistema, al orden de 250 mca a la salida de la Estación de Bombeo, disminuyendo conforme se avanza en el perfil.
- La presión mínima durante la primera fase del fenómeno transiente, es positiva a lo largo de todo el perfil.

Fig 3.2.2 *Líneas piezométricas extremas en el sistema protegido contra golpe de ariete con cámara de aire*



En las Fig. 3.2.3 y 3.2.4 se muestra el comportamiento de la cámara de aire propuesta en el Campo de Pozos existente, observándose como en el caso anterior el aporte de caudal de la cámara durante la onda de baja presión del fenómeno para recibir durante la onda de presión alta. La otra figura, muestra la variación del volumen de agua en la cámara.

Fig. 3.2.3 Variación del caudal aportado (-)/recibido (+) por la cámara de aire durante el fenómeno

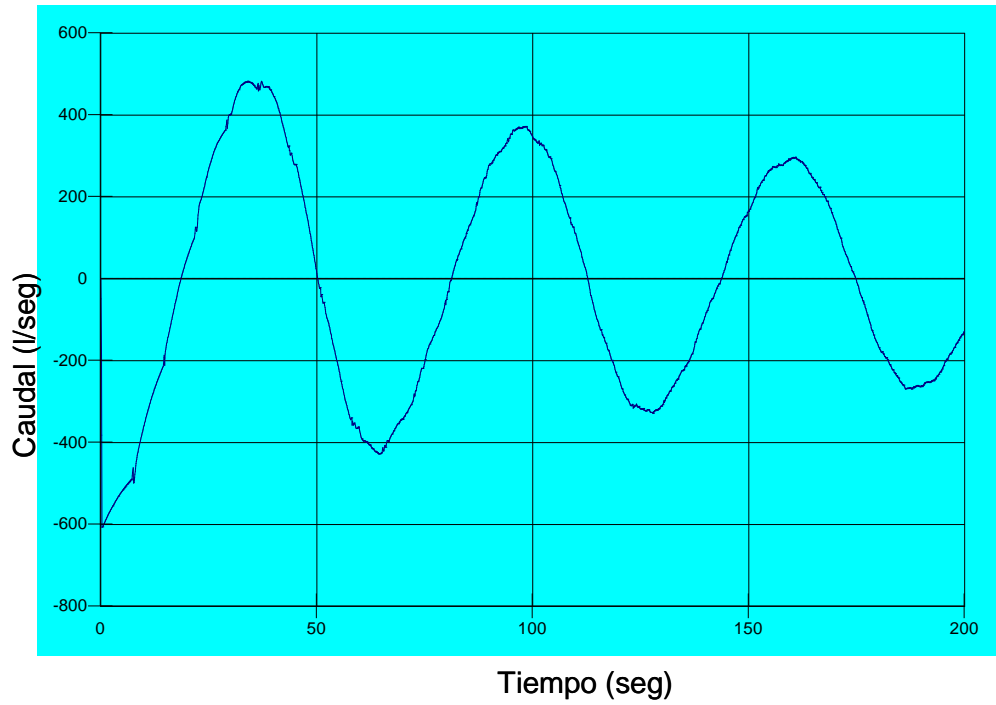
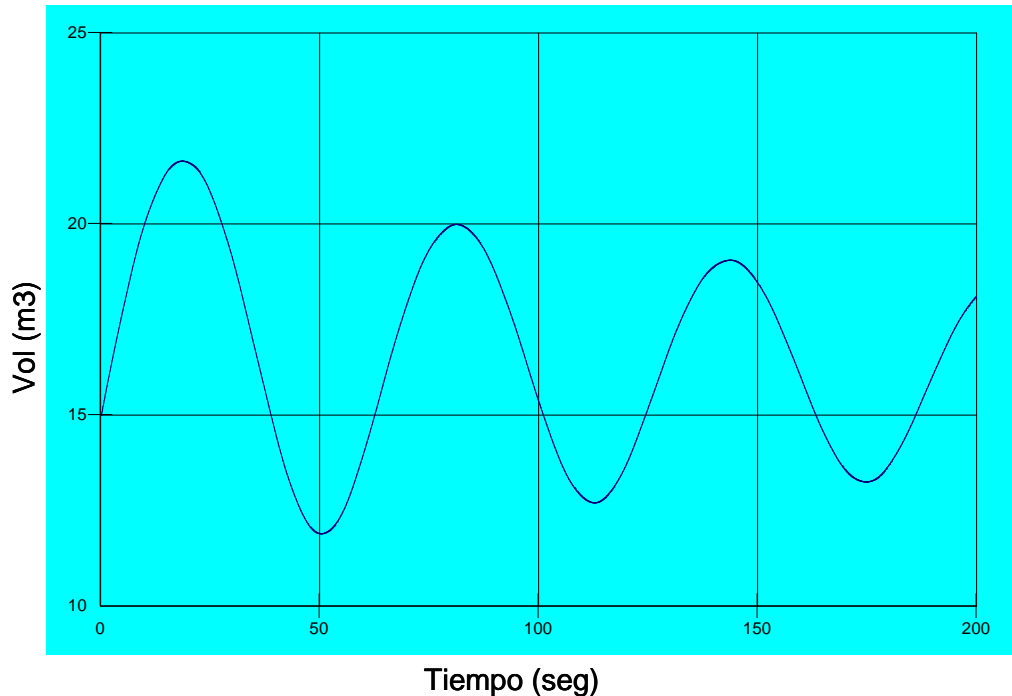


Fig 3.2.4 Variación del volumen de aire en la cámara durante la transiente



3.3 Línea E. B. de Santa Ana – Tanque Cerro Minas

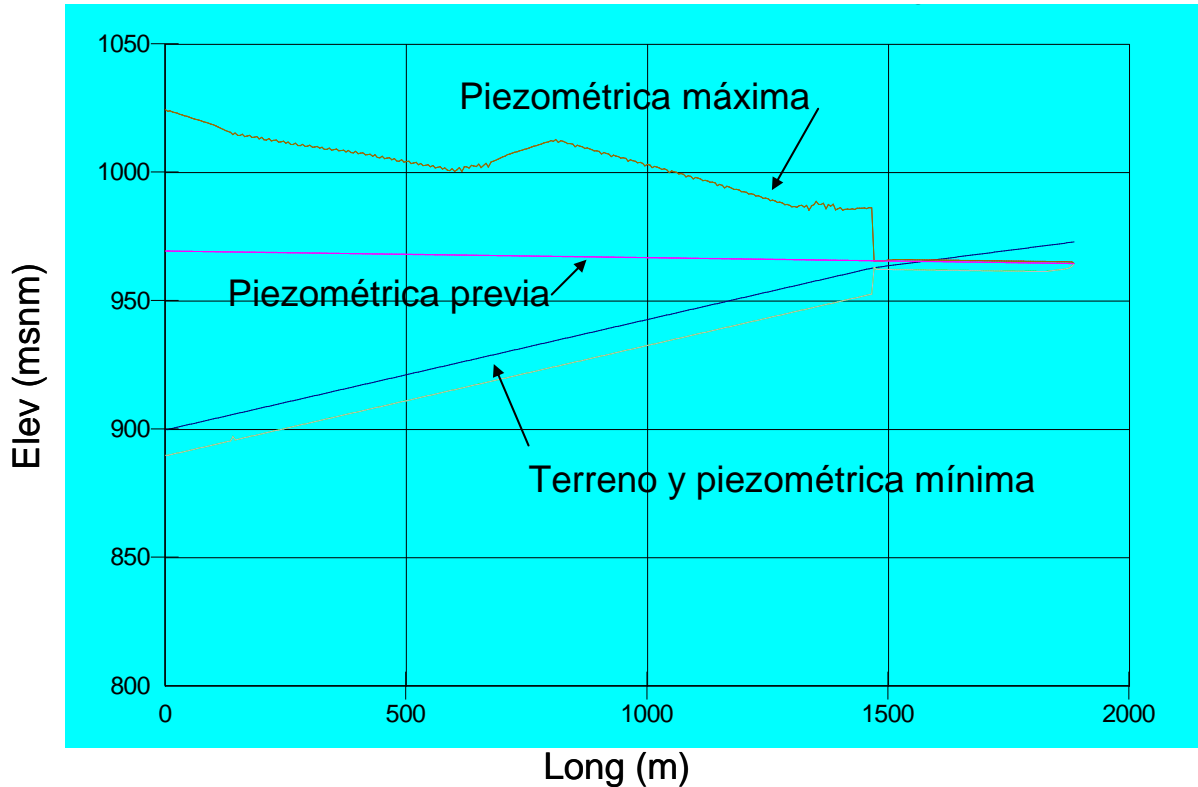
Al igual que las dos líneas de impulsión anteriores, se realizó el análisis del golpe de ariete en esta línea.

3.3.1 Análisis del sistema sin protecciones contra golpe de ariete

En la Fig. 3.3.1 se muestran las líneas piezométricas extremas en la condición de golpe de ariete sin protección. Nótese de la figura, como:

- Las presiones máximas no alcanzan valores significativos que amenacen al sistema, ya que no superan los 130 mca a la salida de la estación de bombeo.
- Sin embargo, lo anterior depende de la correcta operación de la válvula de aire ubicada en Paso Machete, en la parte más alta de la línea, la cual al abrir rompe la sobrepresión, como se observa en la caída brusca de la piezométrica máxima poco antes de la longitud 1,500.
- Una condición inconveniente que se presenta, es durante la fase de baja presión del golpe de ariete, ya que la presión cae en toda la longitud de la línea a valores atmosféricos.

Fig 3.3.1 Líneas piezométricas extremas en la línea Santa Ana – Cerro Minas sin protección contra golpe de ariete



3.3.2 Protección propuesta contra golpe de ariete

Si bien las sobrepresiones no son críticas, se presentan situaciones inconvenientes, las cuales se propone resolver por un mecanismo más sencillo que el de los casos anteriores. Así, se propone para proteger esta línea, instalar un sistema de válvulas anticipadoras de presión, dos, de las cuales una será redundante.

4. Cálculo estructural de las tuberías

4.1.1 Espesor de las tuberías

Las tuberías deben tener capacidad de resistir las presiones en condición estacionaria y las sobrepresiones transientes del golpe de ariete determinadas según los cálculos mostrados en los apartados precedentes.

Adicionalmente deben tener capacidad para resistir las cargas externas impuestas por el relleno y el tránsito.

La capacidad estructural de las tuberías para resistir las cargas anteriores, la determina su espesor. En el Anexo 3, Parte D del mismo, se presenta el cálculo de este análisis para determinar los espesores de las tuberías, tanto de HD como de acero.

4.1.2 Pasos aéreos con tubería de acero autosoportada

En varios pasos sobre ríos se ha mostrado en planos tubería de acero autosoportada, cubriendo la totalidad de la luz y simplemente apoyada.

La tubería sobre estos pasos y sus luces ha sido verificada de acuerdo con la tabla 7.1 Practical Safe Spans for Simply Supported Pipe in 120° Saddles, del Manual AWWA M-11 STEEL PIPE-A GUIDE FOR DESIGN AND INSTALLATION.

5. Parámetros y criterios de Diseño de las líneas de tubería

El Cuadro 5.1 presenta un resumen de los principales parámetros y criterios de diseño que se presentan adelante.

Cuadro 5.1: Resumen de los principales parámetros y criterios de diseño

De diseño de tuberías	Long (m) de tuberías de H.D.	200 - 600 mm, 6,0 m
		700 - 900 mm, 7,0 m
	Deflexión de junta tuberías H.D.	200 - 300 mm, 3°
		350 - 500 mm, 4°
		600 - 800 mm, 2°
		900 mm, 1.5°
	Espesor de diseño de tuberías y clase de tuberías según espesor	Se determinó de acuerdo con AWWA C 150 para las tuberías de hierro dúctil y con AWWA C-200 y AWWA M-11 para las de acero.
	Pendiente mínima	2 por mil
	Presión de prueba	La mayor entre 1,5 veces la presión de trabajo y la presión con golpe de ariete, medida a partir del punto más bajo de la tubería en el perfil del tramo indicado en los planos.
	Velocidad en tuberías	<3,0 m/seg, excepto en válvulas de control y mariposas, en donde será < 4,0 m/seg
	Profundidad de cobertura de tuberías	Mínima 1,0 m. Máxima, la indicada en planos.
	Diámetro de válvula de aire	D/6 (D es el diámetro de la tubería principal)
	Diámetro de válvula de aire	D/4 (D es el diámetro de la tubería principal)
Estructuras	Obras Civiles	Se diseñaron según códigos ACI 503, ASCI y Código Sísmico de Costa Rica
	Cargas gravitacionales en estructuras	Según CSCR-02
	Disño Sísmico	Aceleración 0,32 g y 1,5 factor de importancia de la estructura
	Bloques de Anclaje	Conforme a manuales AWWA M-11 y AWWA M-41
Diseños eléctricos		Ver Cuadros del Anexo 4.

5.1 *Diseño geométrico*

5.1.1 *Parámetros para el diseño geométrico*

El diseño geométrico de las líneas de conducción de hierro dúctil se ha basado en los siguientes parámetros básicos que determinan la geometría de la línea, la longitud de cada tubo y deflexión máxima posible de la junta:

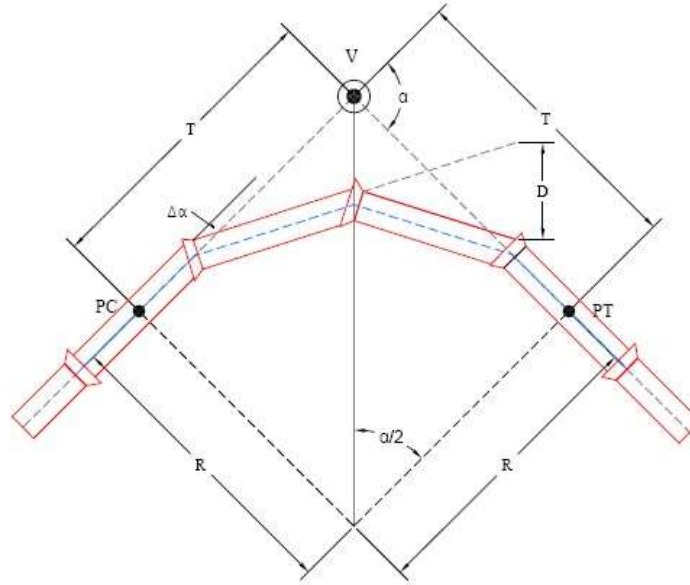
Diámetro (mm)	Longitud de tubo (m)	Deflexión máxima de junta (°)
200	6,00	4°
250	6,00	4°
300	6,00	4°
350	6,00	3°
400	6,00	3°
500	6,00	3°
600	6,00	2°
700	7,00	2°
800	7,00	2°
900	7,00	1.5°

5.1.2 *Diseño de curvas horizontales*

Con el propósito de evitar codos y piezas, las líneas se han diseñado de manera de que con base en las longitudes de tubería y deflexiones permisibles anteriores, puedan componerse curvas horizontales mediante la deflexión de varios tubos sucesivos, siempre que sea posible.

En el presente proyecto, las curvas se han diseñado con número exacto de tubos involucrados en una misma curva. Estas curvas horizontales se han calculado de acuerdo con las siguientes ecuaciones y a la figura 5.1.1:

Fig. 5.1.1: Datos geométricos de las curvas horizontales con tuberías.



$T=R\tan(\alpha/2)$	Tangente de la Curva
$R=L/2\text{sen}(\alpha/2)$	Radio de curvatura
$L=N\cdot l$ ó $2R\text{sen}(\alpha/2)$	longitud de la curva
$N=\alpha/\Delta\alpha$	No de tubos involucrados en la curva y de juntas a deflectar
$\Delta\alpha=$	Angulo de deflexión de cada tubo
l tubo	Long de un tubo

Donde:

- Tangente de la Curva: distancia desde el inicio o fin de la curva al vértice de sus tangentes.
- R: Radio de curvatura
- L: Longitud de la curva.
- N: Número de tubos involucrados en la curva y de juntas a deflectar.
- $\Delta\alpha=$ Angulo de deflexión de cada junta en la curva.
- $\alpha=$ Angulo total a deflectar. Es el ángulo entre las dos tangentes de la línea.
- l tubo: Longitud de cada tubo.

La longitud de la curva, y por lo tanto su inicio y su fin, se miden a partir de la mitad de la longitud del tubo que tiene la primera y la última unión que deflecta.

5.1.3 Deflexiones verticales

Los criterios anteriores se aplican también a las curvas verticales. Sin embargo estas no son muy frecuentes y por lo general los cambios de pendientes se logran con una sola o no más de dos deflexiones.

5.1.4 Ángulos mixtos

Se presentan casos en donde dentro de una curva horizontal, también se requiere realizar deflexiones verticales, por lo que las respectivas juntas presentan ángulos de deflexión mixtos, es decir, en ambos planos geométricos.

Todos estos casos fueron verificados de manera que el ángulo mixto respectivo fuera menor al de la deflexión máxima permisible según el diámetro de la tubería. Para ello, el ángulo mixto se calculó según:

$$\cos \theta = \sin \gamma \sin (\gamma + \beta) + \cos \gamma \cos (\gamma + \beta) \cos \alpha$$

Donde:

θ = ángulo mixto resultante

γ = ángulo de la pendiente del tubo precedente.

β = ángulo vertical entre las dos tuberías.

α = ángulo horizontal entre las dos tuberías.

5.1.5 Pendientes

A fin de evitar la acumulación de aire y de facilitar su desalojo, no se utilizaron pendientes de 0%. Como pendiente mínima se utilizó 2 por mil.

5.2 Presiones

5.2.1 Presiones de trabajo y de golpe de ariete

Las tuberías han sido diseñadas para soportar las presiones de trabajo, las presiones de golpe de ariete y las presiones de prueba.

Las presiones de trabajo corresponden a las presiones definidas por las líneas piezométricas mostradas en los planos, resultantes de los cálculos hidráulicos en estado “estacionario”.

Las presiones de golpe de ariete corresponden a las presiones con los sistemas bajo protección antiarriete, según fueron calculadas en los estudios de golpe de ariete presentados en la Sección 2, Apartado 3 de este Informe.

De acuerdo con las anteriores presiones, en la Sección 2, Apartado 4 de este Informe se determinaron los espesores mínimos de tubería requeridos.

5.3 *Velocidad en tuberías*

Las velocidades en las tuberías de impulsión están determinadas por el diámetro económico definido y calculado en apartados precedentes.

En los sistemas de distribución las velocidades por lo general son bajas. En este proyecto de diseño, se ha establecido que no deberán exceder 3,0 m/seg., valor al que ningún caso siquiera se acerca.

En válvulas podrían aceptarse velocidades mayores. Sin que en el presente proyecto se haya dado el caso, en válvulas de mariposa AWWA Clase B se podrían aceptar velocidades de hasta 3,0 m/seg y en válvulas hidráulicas de hasta 4,0 m/seg.

5.4 *Profundidad de tuberías*

Independientemente de que las tuberías podrían estructuralmente resistir las cargas a profundidades menores, se establece como profundidad mínima de diseño 1,0 m sobre la corona de la tubería, para cualquiera de los materiales utilizados en el proyecto diseñado.

Si por cualquier razón la tubería debiera colocarse a una profundidad inferior, deberá ser encamisada dentro de otra tubería, o envuelta en una protección de concreto similar a la mostrada en los planos para las tuberías que cruzan bajo el lecho de cauces de río o quebradas.

Por otro lado, si debieran profundizarse en exceso, en las memorias de cálculo del Apartado 4 se muestran las profundidades máximas según diámetro, material y espesor de las tuberías de hierro dúctil o de acero.

5.4.1 Presiones de trabajo y de golpe de ariete

Las tuberías han sido diseñadas para soportar las presiones de trabajo, las presiones de golpe de ariete y las presiones de prueba.

5.4.2 Presiones de prueba

5.4.2.1 Presión de prueba para tuberías de hierro dúctil o acero:

Los espesores de tubería calculados para hierro dúctil y para acero, son suficientes para soportar las presiones de prueba de las tuberías de la siguiente forma:

Presión de prueba: = la que resulte mayor entre 1,5 veces la presión de trabajo y la presión de golpe de ariete.

Esta presión ha sido consignada en los planos y corresponde a la presión sobre el punto más bajo del tramo de prueba.

5.4.2.2 Presión de prueba para tuberías de PEAD:

Las tuberías de polietileno de alta densidad serán utilizadas en sistemas de distribución y en algunas conducciones de diámetro menor a 250 mm, y en todos los casos estarán sometidas a presiones de trabajo máximas de 70 mca sin riesgo de golpe de ariete.

Para estas tuberías, la presión de prueba será:

$$\text{Presión de prueba:} = 1,5 \text{ veces la presión de trabajo (70 mca)} = 105 \text{ mca.}$$

Esta presión corresponderá a la presión sobre el punto más bajo del tramo de prueba.

5.5 Colocación de válvulas

5.5.1 Válvulas de aire

Se colocaron válvulas de aire en todos los puntos elevados a lo largo de la línea. Adicionalmente se colocaron válvulas de aire de manera que no se excedieran 1,000 m sin ellas, aún en tramos de pendiente constante.

El criterio general para definir el diámetro de las válvulas de aire fue:

$$d > D/6$$

donde d: diámetro de la válvula de aire.

D = diámetro de la línea principal.

5.5.2 Válvulas de limpieza

Se colocaron válvulas de limpieza en los puntos bajos de la línea.

El criterio general para definir el diámetro de las válvulas de limpieza fue:

$$d > D/4$$

donde d: diámetro de la válvula de aire.

D = diámetro de la línea principal.

5.5.3 Válvulas de seccionamiento de líneas

No se consideraron válvulas de seccionamiento excepto las propias de interconexiones entre tuberías, debido a:

- No se considera conveniente colocar válvulas de seccionamiento en líneas de impulsión.
- Las restantes líneas de conducción son de longitudes menores o similares a 2,0 Km, lo cual no justifica la colocación de este tipo de válvulas.

6. Cálculos eléctricos

En los cuadros del Anexo 4, se muestran los cálculos del sistema eléctrico propuesto para la estación de bombeo de Santa Ana, donde se observan los cálculos de las acometidas eléctricas, el máximo de consumo eléctrico con todas las cargas del tablero principal, la capacidad de las barras de corriente eléctrica, la capacidad de las barras de protección, el centro control de motores, las protecciones de los transformadores y la determinación de la corriente secundaria.

7. Cálculo estructural de las obras civiles.

7.1 *Estación de bombeo Santa Ana*

Desde la perspectiva estructural para esta estación, el proyecto contiene tres estructuras principales y varias obras aledañas. Las tres estructuras principales consisten en:

- Un edificio de 2 niveles para equipo eléctrico y oficinas;
- Un galpón con grúa viajera;
- Un tanque de almacenamiento para almacenamiento de agua de la estación de bombeo de Santa Ana.
- Obras complementarias

Todas las estructuras fueron diseñadas utilizando los procedimientos y estándares del Código Sísmico de Costa Rica, ACI 503 y el ASCI, todos en su última versión.

El edificio de 2 niveles consiste en una estructura de mampostería y concreto reforzado con placas de fundación convencionales tanto corridas como aisladas, muros de corte en mampostería y concreto reforzado, así como entrepiso en viguetas pretensadas de concreto. Es una estructura es una estructura tipo muro irregular moderado con una ductilidad de 1.5

El galpón es una estructura de acero, que será armada a base de tubos circulares, la cual consiste en una estructura tipo marco regular con una ductilidad de 1.5

El tanque de almacenamientos consiste en una estructura de concreto reforzado, con una losa superior en viguetas de concreto pretensado con una losa impermeabilizada

Las obras complementarias consisten en una serie de cajas y placas para tanques, antenas y otros que fueron diseñadas con los mismos principios que las estructuras principales

Las cargas gravitacionales utilizadas son las establecidas por CSCR-02 y las solicitaciones establecidas por el grupo de diseño

Con respecto al diseño sísmico se utilizó una aceleración de 0.36g y un factor de importancia de 1.5, debido al desempeño que deben cumplir las estructuras y se utilizó tanto un análisis

dinámico como uno estático para determinar las solicitaciones de carga a las que podrían ser expuestas las estructuras en caso de un evento sísmico.

También se analizaron las estructuras para cargas impuestas por la presión de viento según el Código Urbano vigente, dichas cargas fueron más significativas para la estructura tipo galpón debido a su tipo de estructuración.

7.2 *Puente sobre el río Virilla*

El puente para paso de tubería sobre el río Virilla fue estructurado como una cercha tridimensional utilizando el tubo de agua como cuerda inferior de dicha cercha. El puente tiene una luz libre de aproximadamente 38m con dos bastiones de concreto reforzado, los cuales irán cimentados sobre la roca según el estudio de suelos realizado.

De la misma forma que las estructuras de la estación de Bombeo, se utilizaron los códigos CSCR, ACI, ASCI y el Código Urbano de Costa Rica.

La estructura fue analizada considerando el sismo en sus tres ejes principales, considerando también un porcentaje de aceleración en las otras direcciones perpendiculares para poder así garantizar la seguridad del mismo.

Los apoyos del puente fueron considerados como articulados con el fin de así poder darle un mejor comportamiento ante un evento extremo, tanto sísmico, como de presión causada por los vientos de la zona.

Los soportes de la tubería antes del paso se determinaron utilizando los anclajes longitudinales pasivos de acero, recomendados por INGEOTEC, quienes realizaron el estudio de suelos de dicho paso de río. De igual forma, los dos bloques de anclaje frontales al inicio y final del paso, se determinaron utilizando las presiones que la tubería soportaría en esos extremos, de 200 m.c.a, y con una capacidad del suelo de 6 ton/m².

7.3 *Bloques de anclaje*

Los bloques de anclaje se calcularon utilizando la teoría del Manual AWWA M-11 en su capítulo # 8, se utilizó una resistencia del terreno de 6 ton/m² para la capacidad a compresión del estrato cuando el bloque ejerce compresión. Cuando el bloque ejerce tensión sobre el terreno se consideró solamente el peso del bloque de anclaje conservadoramente.

En el Anexo 5 se muestran los resultados de todos los cálculos estructurales antes citados.

Sección No 3

Manual de Operación y

Mantenimiento de las Obras

diseñadas

1. Introducción

Esta sección presenta el manual de operación y de mantenimiento de las obras diseñadas en el marco del proyecto objeto de este informe.

Este manual es más bien una guía general para la elaboración posterior del manual detallado. Esto básicamente por dos razones:

- El mantenimiento detallado de cada equipo será determinado finalmente en base a los manuales propios del fabricante de los equipos.
- El mantenimiento requerido por las obras será finalmente determinado también en base a la realidad una vez que las obras operen, y a las reales necesidades de mantenimiento que determine el tiempo de operación y la experiencia del operador.
- El proyecto trata de un grupo de obras que –si bien se ubican en sectores definidos de la ciudad y forman un subsistema- conformarán parte del Acueducto Metropolitano de San José, con el que interactuarán constantemente, principalmente con el sistema de Puente Mulas, el que a su vez interactúa con el resto de los sistemas. Se quiere decir con esto, que la operación de este subsistema no puede abstraerse del resto del Acueducto Metropolitano, y por lo tanto su operación estará en mayor o menor grado en función de la operación de este sistema mayor.
- De menor impacto general, aunque sí local, el sistema diseñado por el proyecto interactuará con los sistemas y fuentes locales de Escazú, Santa Ana y Ciudad Colón. Estos sistemas locales no forman parte del proyecto ni se consideran específicamente en estas guías de operación y mantenimiento.

2. Operación del sistema

2.1 Macromedición y control operacional

Para la operación del sistema, es fundamental la macromedición –principalmente de caudales- y de niveles de tanques, de presiones relevantes, así como la incorporación de estos datos en el Sistema de Control Operacional del AyA.

En el marco del presente proyecto –y de acuerdo con los Términos de Referencia- se ha considerado el sistema de macromedición en las obras propuestas y se ha conceptualizado su operación automatizada y centralizada en un Centro de Control Operacional local, que controlará principalmente el funcionamiento de la Estación de Bombeo de Santa Ana, y cuyos conceptos se presentan más adelante.

Sin embargo, para alcanzar la macromedición y control operacional completo, el AyA deberá por su parte incorporar los elementos de medición y control en las restantes obras a ser

construidas –principalmente los nuevos tanques-, así como realizar la integración al sistema de control del Acueducto Metropolitano.

En el marco de los presentes diseños o esquemas (caso de los tanques a ser construidos), se han considerado los siguientes elementos de control:

1. Medidores de caudal electromagnéticos:

- Salida del Campo de Pozos de San Antonio hacia la E.B. de Santa Ana. Por su parte, el AyA debería incorporar este tipo de medidores en las líneas desde el Campo de Pozos hacia los sistemas existentes actuales. Además incorporar medidores de caudal en cada pozo, tanto existente como futuro.
- Entrada al tanque de Pozos, tanto desde el sistema del nuevo Campo de Pozos como desde Puente Mulas.
- Entrada a la E. B. de Santa Ana.
- Salidas de la E.B. de Santa Ana, Cementerio y Cerro Minas.
- Entradas al tanque Entierrillos desde Escazú.
- Salidas de estaciones de bombeo, Brasil y El Mirador en Tanque Cementerio Escazú.
- Entrada tanque Honduras.
- Entrada al tanque de Pozos, desde la derivación principal del campo de Pozos a Santa Ana, como la conexión de Puente Mulas.
- Entrada al Tanque de Santa Ana, de conexión de Puente Mulas.
- Salida de Pozos del CNP

2. Medidores de nivel

- En todos los tanques.

3. Medidores de presión

- En las salidas de estaciones de bombeo.

2.2 Operación del sistema principal Pozos – E.B. Santa Ana – Tanques El Cementerio y Cerro Minas.

Tomando en cuenta lo anterior, se presenta a continuación la operación del sistema en la forma más específica y neutra posible, como si fuera un sistema relativamente aislado e independiente.

Según se presenta en la Memoria Descriptiva, se requiere que el sistema no se quede sin agua en ninguna de sus instalaciones o elementos, pero que tampoco se pierda agua por rebales, ni se sometan sus tuberías a presiones excesivas.

De acuerdo con la figura 2.6.1, el concepto que deberá prevalecer para la operación correcta del proyecto considera una operación automática de acuerdo con las siguientes premisas:

- La operación de los equipos de bombeo de la estación de Santa Ana estará supeditada a los niveles del tanque de succión y a sus tanques terminales, para arranque y parada de los mismos, así como a la operación del Campo de Pozos.

Los equipos de bombeo de la E. B. de Santa Ana al tanque El Cementerio tendrán las siguientes indicaciones:

- Si la E. B. opera a plena capacidad, conforme el nivel del tanque de la E. B. se acerca al nivel de rebalse, iniciar parada (uno por uno) según niveles selectivos, de los pozos. Si no opera a máxima capacidad, iniciar arranque de equipos que no están operando para llevarla a capacidad plena.
- Si el nivel del tanque Cementerio se acerca al nivel de rebalse, iniciar parada (uno a uno) según niveles predeterminados en ese tanque, de los equipos de bombeo de la E. B. de Santa Ana.
- Incrementar pozos en operación si el nivel en el tanque de la estación de bombeo está por debajo de un nivel predeterminado.
- Incrementar nivel de bombeo en la E. B. si el nivel del tanque Cementerio está bajo un nivel predeterminado.
- Dar alarma si $M1 \gg 600$ l/seg y/o $P1 \ll 190$ mca, según se indica en la figura, donde M1 es la medición del caudal y P1 es la presión de salida de este sistema de bombeo.
- Dar señal de alarma si $M3 \ll 750$ l/seg y los niveles del tanque son bajos.

Los equipos de bombeo al tanque Cerro Minas tendrán las siguientes indicaciones:

- En forma similar y paralela a las condiciones anteriores, parar con bajo nivel en el tanque de la estación o alto nivel de tanque Cerro Minas
 - Arrancar a determinado nivel en el tanque de Cerro Minas, considerando el estado de nivel en el tanque de la E.B.
 - Dar señal de alarma si $M2 \gg 150$ l/seg y/o $P2 \ll 84$ mca, según se indica en la figura, donde M2 es la medición del caudal y P2 es la presión de salida de este sistema de bombeo.
 - Dar señal de alarma si $M3 \ll 750$ l/seg
- Operar de acuerdo con las restantes protecciones eléctricas del sistema.
 - La operación de la válvula de entrada 1 al tanque de la E.B. de Santa Ana, que se tiene previsto que sea de mariposa con actuador eléctrico, operará para mantener el caudal de entrada y el nivel requerido en el tanque de Pozos:
 - La operación de la válvula de entrada 2, tanque de Pozos, que se tiene previsto que sea de mariposa con actuador eléctrico, tendrá su operación de la siguiente forma:

- Cierra con alto nivel de Tanque Pozos
- Abre con nivel predeterminado en Tanque Pozos
- La operación de los pozos será de la siguiente forma:
 - Paran (uno a uno) con alta presión o con medidor 4 con caudales $>> 840$ l/seg
 - Paran uno a uno, selectivamente, conforme el nivel del tanque de la estación de Santa Ana se aproxime a su máximo.

2.3 Operación de otras líneas y tanques

A continuación se presenta –en forma adicional a las explicaciones presentadas en la Memoria Descriptiva, una indicación general de cómo deberán operar los tanques respecto a otras líneas de conducción.

2.3.1 Línea Sistema Puente Mulas – Tanques Honduras y Pozos

Esta línea normalmente operará únicamente abierta hacia el tanque existente Honduras, en tanto que la línea hacia el tanque Pozos permanecerá cerrada a la entrada de este tanque. Será abierta manualmente en casos de emergencia cuando se requiera alimentar el tanque con agua del sistema de Puente Mulas en vez de su alimentación normal, del nuevo sistema desde el Campo de Pozos de Potrerillos.

Las válvulas hidráulicas de esta línea se calibrarán para esta situación de emergencia.

2.3.2 Línea Sistema Puente Mulas – Tanque existente de Santa Ana

Esta línea operará normalmente derivando 60 l/seg desde el sistema de Puente Mulas hacia el tanque de Santa Ana, y la válvula hidráulica sostenedora de presión a la entrada a este tanque estará calibrada para mantener la presión aguas arriba, según este caudal.

En casos de emergencia, cuando se requiera incrementar el caudal hacia el tanque, la válvula sostenedora deberá calibrarse manualmente para bajar la presión y permitir la entrada de un caudal de 210 l/seg.

2.3.3 Línea Tanque Santa Ana – Red de Santa Ana – Tanque Cerro Minas

Esta línea operará normalmente derivando en promedio 60 l/seg desde el tanque a la red de Santa Ana, a través de la válvula reductora de presión que se instalará en la interconexión de esta línea con la red existente en la Ave 1 de Santa Ana. En esa condición normal, la válvula de interconexión con la línea de impulsión E.B. Santa Ana – Tanque Cerro Minas, permanecerá cerrada.

En casos de emergencia, a través de esta línea se podrá transportar hasta 210 l/seg desde el tanque de Santa Ana hasta el tanque Cerro Minas. Para ello, primero deberá cerrarse la

derivación a la red de Santa Ana a través de la válvula reductora de presión antes indicada, y luego abrirse la interconexión de la línea con la impulsión E.B. Santa Ana - Tanque de Cerro Minas. Bajo esta condición, la estación de bombeo hacia Cerro Minas, deberá estar fuera de operación. Cuando el tanque de Santa Ana abastezca al tanque Cerro Minas en la condición anterior, la válvula de altitud a la entrada de este último tanque cerrará la línea del primer tanque.

2.3.4 Línea Salitral - Tanque Cerro Minas

La fuente principal de este tanque será la estación de bombeo de Santa Ana según se ha indicado antes. Pero eventualmente recibirá agua del rebose de agua del tanque de Salitral o a través de la interconexión desde la línea proveniente del tanque de Santa Ana existente, con agua del sistema de Puente Mulas.

La entrada desde el tanque Salitral será de 200 mm y no tendrá ninguna válvula de entrada, para evitar que la línea opere a presión, ya que el objetivo es –eventualmente- aprovechar el rebalse que de lo contrario se hubiera desaprovechado en el Tanque de Salitral.

2.3.5 Tanque Brasil

Este tanque será abastecido a través de la línea existente de 200 mm, que actualmente proviene de la estación de MATRA y que abastece a parte de Ciudad Colón. Una vez que el proyecto entre en operación el tanque será abastecido desde el tanque de Cerro Minas, para lo cual se propone lo siguiente:

- Conexión desde la tubería de 200 mm de PVC de la carretera de San José a Ciudad Colón, por medio de una válvula sostenedora de presión y reductora a la vez, dado que a partir de ese punto seguirá abasteciendo al sistema de Ciudad Colón.
- La entrada del tanque será por medio de tubería con una válvula de compuerta y de altitud, para que cierre cuando el tanque esté lleno.
- La salida será del mismo diámetro y contendrá una válvula de compuerta de 200 mm, desde donde se iniciará la tubería de conducción hasta el tanque VILLACON, línea llamada como TBTCV.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen por el costado oeste para después descargar hasta la quebrada San Marcos.
- Este tanque contendrá una salida para la estación de bombeo, según lo que se anotó anteriormente.

2.3.6 Tanque VILLACON

Será abastecido de la línea de conducción que proviene del tanque Brasil y contendrá los siguientes elementos:

- La entrada del tanque será por medio de tubería con válvula de compuerta y de altitud, para que cierre cuando el tanque esté lleno.

- La salida será del mismo diámetro y contendrá una válvula de compuerta de 200 mm, desde donde se iniciará la tubería de distribución para parte de Ciudad Colón.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque para definir su disposición final en el diseño definitivo.

2.3.7 Tanque Planta San Antonio de Escazú

El tanque de forma preliminar se ha situado dentro del predio de los tanques existentes, terreno un poco abrupto, para lo cual se deberá realizar nivelaciones apropiadas para su construcción. El tanque será abastecido de las tuberías que provienen del tanque techado con HG, que a su vez es abastecido de la planta de tratamiento.

- Tendrá tres entradas de 150 mm o en su defecto, unir las tres tuberías para entrar con una sola al tanque, con un diámetro que oscilaría de 250 mm a 300 mm. Para fines de estos esquemas se asumió tres entradas de 150 mm, con válvulas de altitud cada una.
- La salida será de 200 mm con su respectiva válvula de compuerta, sobre el lado oeste.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque, calle lateral oeste, para definir su disposición final al Río Agrés en el diseño definitivo.

2.3.8 Tanque Entierrillos

Este tanque –para los efectos de este proyecto- se supone que se ubicará en el lote que el AyA planea adquirir, sobre la calle del mismo nombre. El tanque será abastecido de la línea que proviene del tanque de la planta de San Antonio y de la derivación de la línea de Puente Mulas del centro de Escazú. El tanque operará así:

- La entrada del tanque desde la planta San Antonio, será de diámetro de 200 mm y tendrá una válvula sostenedora de presión y además de altitud, para el cierre del tanque cuando éste se llene.
- La entrada desde la derivación del sistema de Puente Mulas: será de 350 mm y también dispondrá de una válvula sostenedora de presión y de altitud, para fijar los caudales de entrada derivados de Puente Mulas y cerrar la línea cuando el tanque se llene.
- La salida al tanque El Cementerio tendrá una válvula de compuerta de 300 mm.
- Las tuberías de rebalse y limpieza se proponen al frente del tanque, calle Entierrillos, para definir su disposición final a las quebradas Cruz o Masilla en el diseño definitivo.

2.4 Mantenimiento de las obras propuestas

En este apartado se dan las guías generales para establecer los programas de mantenimiento de las obras propuestas.

2.4.1 Catastro de redes e inventario de equipos e instalaciones

El paso previo a establecer los programas de mantenimiento, es incluir las líneas de conducción y de distribución y las instalaciones en general, dentro del Catastro de redes o Planos Actualizados del sistema.

De igual manera, deben integrarse al Catastro de equipos, los motores, bombas, tableros, cámaras de aire, válvulas hidráulicas y en general todos los equipos electromecánicos relevantes.

2.4.2 Mantenimiento de líneas de tubería y de válvulas

Se propone definir el mantenimiento de las líneas de tubería y sus válvulas y accesorios en base a inspecciones previas generales a ser realizadas en forma semestral, resultado de las cuales, se programarán las actividades de mantenimiento detalladas.

Como la inspección permitirá programar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo según se observen las instalaciones, previamente deberá realizarse un mantenimiento consistente en ubicar y limpiar todas las cajas de registro de válvulas.

El programa contendría en principio las siguientes actividades, las cuales deberán ser ajustadas de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y con la propia experiencia del AyA, una vez que esté en marcha el plan de mantenimiento:

Semestralmente:

1. Ubicación de tapas y cajas de registro, levantamiento y reparación de tapas de ser necesario, limpieza general de las cajas de registro.
2. Una vez cumplida la actividad anterior, inspección visual del sistema, con énfasis en sus cajas de registro, válvulas, pasos de ríos y especialmente, del puente sobre el Río Virilla. De acuerdo con la inspección se programarán actividades de reparación, tales como pintura de tuberías aéreas y de puentes, protección de cajas o levantamiento de tapas de registro. En el caso de los pasos de ríos y especial el del Río Virilla, deberá verificarse que la erosión no esté afectando las estructuras de protección, apoyo, cajas de registro o sitios de descarga de las válvulas de limpieza.
3. Como parte de la actividad anterior, se cerrarán y abrirán totalmente todas las válvulas de compuerta de las válvulas de aire y se verificará el correcto funcionamiento de ambas válvulas. Se programarán las reparaciones que resulten de esta verificación.
4. Se cerrarán y abrirán las válvulas de aislamiento de válvulas hidráulicas.
5. Se inspeccionarán las válvulas hidráulicas: Se limpiarán los filtros, los pilotos y los resortes de los tornillos de ajuste. Se cambiarán las piezas que fueren necesarias. Se verificará el estado de los manómetros y se sustituirán los que estuvieran dañados. Esta actividad incluirá a las válvulas hidráulicas de las estaciones de bombeo, a las cuales puede darse mantenimiento en forma individual sin afectar el funcionamiento de los sistemas de impulsión.

6. Se inspeccionarán las líneas y sitios de descarga de las válvulas de limpieza.

Anualmente:

Una vez al año, las actividades semestrales anteriores incluirán:

1. Inspección y limpieza interna de las válvulas hidráulicas, con énfasis en limpieza, verificación y sustitución si fuere necesario, de empaques y diafragmas.
2. Verificación y calibración mediante mediciones volumétricas y con medidor ultrasónico portátil de los sistemas de macromedición.
3. Limpieza de redes de distribución y de líneas de conducción por gravedad, mediante apertura y cierre de válvulas de limpieza o hidrantes.

Cada dos años:

1. A las actividades semestrales y anuales anteriores, cada dos años se agregará la limpieza mediante la apertura de las válvulas de limpieza de las líneas de impulsión. Esta actividad, más delicada por afectar a los sistemas de bombeo, deberá realizarse en estricta coordinación con otras actividades de mantenimiento electromecánico en las estaciones de bombeo.
2. Para la limpieza de la línea de impulsión Santa Ana – Cementerio, por su mayor carga, se recomienda abrir las válvulas en orden de su elevación. Es decir, iniciar abriendo y vaciando la línea en sus partes más altas. De esta manera, al abrir las válvulas ubicadas en los sectores más bajos, tales como la propia estación de bombeo o el Río Corrogres, la carga estática de la línea habrá disminuido.

2.4.3 Mantenimiento de tanques

Los tanques de almacenamiento deberán integrarse a los programas de mantenimiento de tanques que tiene el AyA, considerando al menos una vez al año la ejecución de una limpieza y lavado general de cada tanque y su desinfección con cloro.

2.4.4 Mantenimiento de equipos de bombeo

Para estos elementos, se considera que el manual de operación y mantenimiento, estará supeditado a las directrices que dictan las casas fabricantes de tales equipos, siendo cada una distinta en sus procedimientos de mantenimiento. Por tanto, los programas que corresponden a estos equipos se deberán enmarcar dentro de los programas mismos del AyA en el departamento correspondiente, en cuanto a la periodicidad de revisión y pruebas de todas las instalaciones de estos equipos de bombeo.

Parte de este procedimiento, serán los que se indican a continuación para los programas de los sistemas eléctricos y de telecomunicaciones.

2.4.5 Mantenimiento de sistemas eléctricos de telecomunicaciones

2.4.5.1 Introducción.

La tecnología empleada en el proyecto requiere que el personal de mantenimiento esté involucrado en todos los procesos del proyecto: revisión y aprobación de planos y durante la construcción, pruebas y puesta en marcha. Es vital su participación en la definición de valores y parámetros que serán utilizados en la generación de reportes y averías

2.4.5.2 Mantenimiento Correctivo.

Mantenimiento específico de equipos:

El mantenimiento específico de los equipos debe ser realizado de acuerdo a los manuales de operación y mantenimiento de los fabricantes y ejecutado por personal altamente calificado y certificado para brindar este servicio

Modalidad de atención del mantenimiento:

El mantenimiento de equipos e infraestructura será realizado por personal técnico de A y A, o bien será realizado por personal especializado externo pero bajo la dirección de personal técnico de A y A. El responsable será siempre A y A

Horario de atención de reportes y prioridades de mantenimiento:

El horario de atención de reportes de mantenimiento según la prioridad asignada será definido por la jefatura de mantenimiento de A y A

Operación automática y monitoreo remoto de operación de equipos:

Los sistemas eléctricos y de telecomunicaciones instalados en los diferentes sitios están especificados para operación automática, adicionalmente tienen la facilidad de monitoreo remoto

Esta facilidad permite también –mediante programación– la generación automática de reportes de mantenimiento y/o alarmas, lo cual contribuye con la atención oportuna de averías y eventos

Indicadores de la gestión de mantenimiento:

Los indicadores gerenciales y operativos de mantenimiento, pueden ser generados por el sistema de información, mediante el procesamiento de los reportes de mantenimiento

2.4.5.3 Mantenimiento preventivo de sistemas eléctricos y de telecomunicaciones.

Con base en la disponibilidad de recursos tanto internos como externos, la información del fabricante sobre el mantenimiento preventivo necesario a cada equipo, en el análisis de los indicadores de la gestión de mantenimiento (en especial, los índices de averías) y del análisis de las variables eléctricas del sistema de monitoreo, se genera un programa anual de

mantenimiento preventivo

Dentro del mantenimiento preventivo, se incluyen diferentes actividades, por ejemplo:

- 1- Reemplazo de componentes de acuerdo a las horas de operación de los equipos
- 2- Revisión e inspección visual
- 3- Ajustes, ejemplo: en equipos de transmisión para optimizar las señales y otros equipos en general
- 4- Resocar terminales eléctricos en tableros y equipos
- 5- Mediciones, ejemplos: aislamiento, temperatura, vibración, resistencia, ruido y otras características eléctricas y mecánicas en general
- 6- Pruebas de operabilidad, ejemplo: pararrayos, breakers, equipos con falla a tierra y equipos de protección en general
- 7- Simulación de fallas para detectar la correcta operación de los sistemas de alarmas y de detección automática de averías

2.4.6 Mantenimiento de edificaciones

Las labores de mantenimiento de las instalaciones tienen que ver principalmente con su limpieza diaria y la reparación inmediata de daños menores, tales como daños en cerraduras, portones, cercas, puertas, lámparas o sistemas internos de abastecimiento de agua. Estas actividades más que formar parte de un programa de mantenimiento, deben ser actividades de rutina diaria a cargo de los propios ocupantes o responsables de las edificaciones.

Como parte de un programa de mantenimiento preventivo las instalaciones deberán pintarse al menos cada dos años, según el tipo de estructura, sea de concreto o metálica, las labores de mantenimiento de los sistemas de agua y saneamiento, como tanques sépticos, conducciones de aguas servidas, etc.

Sección No 4

Escala de Precios y Cantidades, presupuesto de las obras

1. Introducción

El presupuesto se ha elaborado con base a diferentes cotizaciones de proveedores de tuberías de HD, PEAD, equipos de bombeo, válvulas y accesorios que existen en el país, quienes suministraron precios hasta cierto nivel, dado que algunos de los equipos y/o accesorios no es común su importación de forma frecuente. Para tales equipos y/ o accesorios, se han utilizado precios de otros proyectos, donde han laborado nuestros profesionales en proyectos de esta misma índole, dado que las mismas casas que tiene representación en el país, y los precios no difieren de forma significativa. Todas estas cotizaciones hechas en el país, así como la de otros proyectos fuera de Costa Rica, se presentan en el Anexo 6 de este informe.

Los costos de instalación se han determinado con base a la experiencia del consultor y de compañías constructoras afines a nuestra empresa, que laboran en el campo del abastecimiento de agua y saneamiento por varios años en el país y con base a proyectos similares en otros países de América Latina.

Los presupuestos se presentan en los formatos de los rubros de pago del Volumen 5 del AyA, para los tres componentes del proyecto, es decir, Obras de Conducción, Obras de Distribución y Estaciones de Bombeo. Empero, para estas últimas obras, las cuales poseen varios de otros rubros del citado volumen, se les ha asignado el correspondiente número de rubro, verbigracia, tanques de almacenamiento o edificaciones. Es de señalar que para la estación de bombeo de Santa Ana, se adicionaron provisionalmente tres rubros más, 865,866 y 867, para los componentes de Circuito cerrado de televisión, Control de acceso y robo y Sistema de detección y supresión de incendio.

2. Costos unitarios

Los costos unitarios se han calculado con base a un costo estimado de un valor medio de las cotizaciones recibidas para cada uno de los rubros y de la información de otros proyectos, según cada lista de obra que se determinó para cada una de las obras del Cuadro 2.2.1. En el cálculo se ha tomado en cuenta los costos del material, transporte, almacenaje, seguros, etc.

Para el costo de mano de obra o de instalación, se han asumido los rendimientos de colocación de tubería de cada uno de los diámetros involucrados, con todas las maquinarias requeridas, así como los costos del concreto y obra gris en general. Para la instalación de accesorios y válvulas, dependiendo de sus dificultad, se ha asumido un porcentaje de los costos de los mismos, que oscilan desde el 30% al 60%, y en algunos casos, como el puente sobre río Virilla, porcentajes mucho mayores, 200%, con base a la experiencia de constructoras especialistas en este tipo de obras metálicas, que fueron consultadas para este tipo de trabajos.

3. Costos totales

Para determinar el costo total, en general, se calculó el costo directo de cada una de las obras del proyecto, esto es, el costo de los materiales más el de instalación o costo de la mano de obra. A este costo directo le hemos denominado:

Subtotal A: Costo del material + mano de obra, para luego agregarle los demás costos indirectos como sigue:

- $A = (\text{Costo de materiales} + \text{mano de obra})$
- Costo de imprevistos 10%

Subtotal B: Subtotal A + imprevistos

- Costo de gastos de administración 10 %

Subtotal C: Subtotal B + administración

- Costo de utilidad del Contratista 10%

Subtotal D: Subtotal C + utilidad de contratista.

4. Resumen de los costos totales

En el Cuadro 4.1, se presenta el resumen del costo del proyecto según las obras que se han definido con anterioridad. Como se observa en el Cuadro, el monto total del proyecto asciende a unos US\$ 23,000,000.00 (veintitrés millones de dólares americanos), siendo la obra de POSTA la que representa el mayor porcentaje de inversión, dado que es la línea de mayor diámetro y además se tiene el paso sobre el Río Virilla.

En el Anexo 6, parte A, se presentan los cuadros de cada una de las obras según el formato de los rubros de pago del Volumen 5. De igual forma, las cotizaciones de las empresas suministradoras se presentan en la parte B y la parte C presenta los cálculos particulares de cada una de las obras según la lista de cantidades que se desprenden de los planos de construcción, para lo cual se ha utilizado una tasa de cambio de 1 US\$ = ¢ 500.

Cuadro 4.1: Estimación del presupuesto de todas las obras.

GRUPO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1	POSTA	CAMPO POTERRILLOS - ESTACIÓN SANTA ANA	6,564,516
2	STACE	ESTACIÓN SANTA ANA - TANQUE CEMENTERIO	3,049,972
3	STACM	ESTACIÓN SANTA ANA - CERRO MINAS	413,979
4	THTPO	TANQUE HONDURAS - TANQUE POZOS	223,979
5	ENTCE	TANQUE CEMENTERIO - TANQUE ENTIERRILLOS	427,534
6	PMTSA	PUENTE MULAS - TANQUE SANTA ANA	326,628
7	SLTCM	SALITRAL - PASO MACHETE	155,571
8	TBTCV	TANQUE BRASIL - TANQUE VILLACON	322,796
9	CMRSA	CERRO MINAS - RED SANTA ANA	550,366
10	TSASA	TANQUE SANTA ANA - SANTA ANA	683,213
11	TPSEN	TANQUE ENTIERRILLOS - PLANTA SAN ANTONIO	281,827
12	POLIN	TANQUE POZOS - LINDORA	190,327
13	ESTACION SANTA ANA	ESTACIÓN SANTA ANA	3,802,677
14	ESTACION BRASIL	ESTACIÓN BRASIL	207,738
15	ESTACION MIRADOR	ESTACIÓN MIRADOR	197,546
SUBTOTAL A			17,398,668
IMPREVISTOS 10%			1,739,867
SUBTOTAL B			19,138,535

ADMINISTRACIÓN 10%	1,913,853
SUBTOTAL C	21,052,388
UTILIDAD DE CONTRATISTA 10%	2,105,239
SUBTOTAL D	23,157,627