



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA URBANIZACIÓN
LOS CASTORES DEL ESTADO MIRANDA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: JOSELYN B. FERNANDES R.

GERARDO J. RANGEL M.

PROFESOR GUÍA: ING. JOSÉ M. DIVASSÓN G.

FECHA: OCTUBRE DE 2.018



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

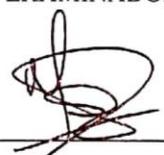
**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DEL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA URBANIZACIÓN
LOS CASTORES DEL ESTADO MIRANDA**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: diecisiete (17)

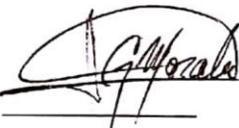
JURADO EXAMINADOR

Firma: 

Nombre: JOSÉ M. DIVASSÓN

Firma: 

Nombre: JOSÉ MAGALHÃES

Firma: 

Nombre: José G. Morales

REALIZADO POR: JOSELYN B. FERNANDES R.

GERARDO J. RANGEL M.

PROFESOR GUÍA: ING. JOSÉ M. DIVASSÓN G.

FECHA: OCTUBRE DE 2.018



Agradecimientos

Agradecemos a Dios por guiarnos y proporcionarnos fortaleza para alcanzar esta meta.

A nuestros padres por el apoyo invaluable e incondicional, y porque con sus esfuerzos tuvimos la oportunidad de recibir una excelente educación.

A nuestros hermanos por su disposición para ayudarnos siempre.

A nuestro tutor por la oportunidad, y acertados consejos.

Por último, a nuestra casa de estudio por abrirnos las puertas para iniciar y culminar esta carrera.

Joselyn B. Fernandes R. y Gerardo J. Rangel M.

Índice

Sinopsis	8
Capítulo I: Problema	9
I.1 Planteamiento del problema.....	9
I.2 Objetivos.....	10
I.2.1 Objetivo general.....	10
I.2.2 Objetivo específico	10
I.3 Alcance y limitaciones.....	11
Capítulo II: Marco teórico.....	12
II.1 Antecedentes.....	12
II.2 Bases teóricas	13
II.2.1 Pozos de Agua Subterránea	13
II.2.2 Bombas	14
II.2.3 Válvulas.....	16
II.2.4 Sistema de abastecimiento y sus componentes.....	18
II.2.5 Demanda.....	19
II.2.6 Dotación	20
II.2.7 Consumo.....	21
II.2.8 Pérdidas de energía.....	21
II.2.9 Balance hídrico.....	22
II.2.10 Almacenamiento.....	24
II.2.11 Operación simulada de la red	24
Capítulo III: Marco Metodológico	26
III.1 Recopilación de información básica documental y de procesos	26
III.2 Análisis de información	27
Capítulo IV: Urbanización Los Castores.....	29
IV.1 Generalidades.....	29

IV.2 Demanda	30
IV.3 Fuentes de abastecimiento	36
IV.4 Tanques de Almacenamiento	39
IV.5 Sistema de Impulsión	42
IV.6 Red de Distribución	44
Capítulo V: Diagnóstico del Sistema de Abastecimiento	46
V.1 Análisis de la demanda - Balance Hídrico	46
V.2 Fuentes de Abastecimiento - Pozos	48
V.3 Tanques de Almacenamiento	49
V.4 Sistema de Impulsión	50
V.5 Red de distribución.....	51
V.6 Análisis de las rutinas de operación y mantenimiento	60
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	61
VI.1 Demanda del Sistema de Abastecimiento	61
VI.2 Fuentes de Abastecimiento (Pozos)	61
VI.3 Tanques de Almacenamiento	61
VI.4 Sistema de Impulsión	62
VI.5 Red de Distribución	62
Referencias bibliográficas	63
Anexos.....	64

Índice de tablas

<i>Tabla 1.</i> Cálculo de dotación de viviendas unifamiliares.....	33
<i>Tabla 2.</i> Cálculo de dotación de viviendas multifamiliares.....	34
<i>Tabla 3.</i> Cálculo de dotación de plantel educacional.....	34
<i>Tabla 4.</i> Cálculo de dotación de usos complementarios.....	35
<i>Tabla 5.</i> Dotación total del urbanismo.....	35
<i>Tabla 6.</i> Características de las fuentes de abastecimiento.....	38
<i>Tabla 7.</i> Características de los tanques de almacenamiento.....	42
<i>Tabla 8.</i> Consumo horario – día máximo consumo.....	52

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Curva De Demanda Horaria.....	20
<i>Figura 2.</i> Delimitación de la urbanización Los Castores.....	29
<i>Figura 3.</i> Dotación de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares.....	31
<i>Figura 4.</i> Dotación de agua para edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares.....	32
<i>Figura 5.</i> Plano de planta con la ubicación de las fuentes de abastecimiento.....	37
<i>Figura 6.</i> Curva característica del sistema de impulsión con tres (3) bombas.....	43
<i>Figura 7.</i> Curva característica del sistema de impulsión con dos (2) bombas.....	43
<i>Figura 8.</i> Delimitación de redes piezométricas de distribución.....	45
<i>Figura 9.</i> Niveles de presión para la hora 0 en el primer escenario.....	54
<i>Figura 10.</i> Niveles de presión para la hora 6 en el primer escenario.....	54
<i>Figura 11.</i> Niveles de presión para la hora 9 en el primer escenario.....	55
<i>Figura 12.</i> Niveles de presión para la hora 6 en el segundo escenario.....	56
<i>Figura 13.</i> Niveles de presión para la hora 9 en el segundo escenario.....	56
<i>Figura 14.</i> Niveles de presión para la hora 0 en el tercer escenario.....	57
<i>Figura 15.</i> Niveles de presión para la hora 6 en el tercer escenario.....	58
<i>Figura 16.</i> Niveles de presión para la hora 9 en el tercer escenario.....	58

Sinopsis

El siguiente Trabajo Especial de Grado (TEG) desarrolla una serie de actividades que permiten analizar el funcionamiento actual del sistema de abastecimiento de la Urbanización Los Castores, emitir el Diagnóstico general del mismo así como propuestas de rehabilitación en todos los aspectos que se pueden identificar en los sistemas de producción, almacenamiento y distribución de la red de agua potable.

En el desarrollo del TEG se aplican los conocimientos adquiridos en el área hidráulica durante la carrera debido a que se analizarán desde el punto de vista cuantitativo, los volúmenes de agua que se manejan en este desarrollo urbano y desde el punto de vista operativo, los aspectos hidráulicos que permiten distribuir las aguas extraídas en el subsuelo hacia toda la comunidad que hoy dice contar con un servicio de agua potable objetable por carecer de continuidad en el tiempo y por recibir el servicio en unas condiciones tales que no permite el correcto funcionamiento de las instalaciones sanitarias internas ya sea por exceso o por deficiencia de presión.

Capítulo I: Problema

I.1 Planteamiento del problema

La Urbanización Los Castores es un urbanismo residencial concebido, desde su inicio, con una estructura organizativa independiente, capaz de mantener su operatividad con poca o ninguna influencia externa.

Este concepto urbano hace que el conjunto abarque no sólo áreas estrictamente residenciales sino que, incorpore también áreas comerciales, educativas, recreativas y deportivas de tal manera que sus habitantes puedan, en la medida de lo posible, cubrir sus necesidades cotidianas sin que sea necesaria su movilización a otras áreas urbanas cercanas tales como San Antonio de los Altos, Los Teques o la propia ciudad capital.

La infraestructura hidráulica no escapa de este concepto de independencia sino que, por el contrario, es un ejemplo patente de su aplicación. La red de distribución de agua potable y la de recolección de aguas servidas se han diseñado de tal manera que la población tenga garantizado el servicio de agua de una manera continua, segura y con alta calidad sin el concurso de Hidroven o cualquiera de sus filiales.

Desde que se adquieren los terrenos para el establecimiento de esta urbanización en 1.959, se formaliza una organización encargada en una primera etapa para desarrollar el proyecto y la construcción de esta comunidad para, posteriormente, evolucionar hacia el elemento funcional encargado del mantenimiento, cuidado y operación de todos los elementos que conforman los servicios comunes del área.

El objeto principal de este Trabajo Especial de Grado (TEG) se centra en el sistema de abastecimiento de la Urbanización Los Castores de tal manera de efectuar un Diagnóstico de su situación actual y, una vez establecido su condición desde el punto de vista físico, funcional y operativo, definir la propuesta de rehabilitación que permita restituir, en la medida de lo posible, la condición de servicio original.

A decir de los habitantes de esta comunidad, el sistema de abastecimiento fue diseñado y construido hace casi cincuenta (50) años y, a la fecha, la calidad del servicio prestado es objetable por su discontinuidad y presiones operativas.

Debido a su carácter de sistema hidráulico cerrado con operación independiente, la Cooperativa Los Castores, ha sido el ente encargado de su operación y mantenimiento desde su origen y, durante estos años, las rutinas de operación y mantenimiento, así como los criterios de reparación y/o sustitución se han basado más en tradiciones y acciones repetitivas que en criterios técnicos formales.

El Diagnóstico a desarrollar se iniciará en el análisis de las evaluaciones realizadas a los nueve (9) pozos de aguas subterráneas que la abastecen para posteriormente centrarse en el estudio de los tanques de almacenamiento, sistemas de impulsión, sistemas de control y redes de distribución.

El diagnóstico abarcará una valoración sobre el volumen de agua disponible, la oferta de agua en cada uno de los sectores en que se divide la comunidad y se podrá establecer opinión de las rutinas adoptadas a la fecha en relación a la operación del sistema y las mejoras que pueden hacerse a corto, mediano y largo plazo tomando en consideración la imposibilidad de contar con recursos económicos suficientes de manera inmediata.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo general

Elaborar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de la Urbanización Los Castores del Estado Miranda con el fin de emitir la propuesta de rehabilitación.

I.2.2 Objetivo específico

Definición de la propuesta de rehabilitación en el sistema de abastecimiento de la urbanización Los Castores.

I.3 Alcance y limitaciones

Para desarrollar el Diagnóstico de la red de distribución de agua de la Urbanización Los Castores en San Antonio De Los Altos, Edo. Miranda, y poder realizar las recomendaciones pertinentes para su rehabilitación física, funcional y operativa es necesario contar con información detallada.

La edad del sistema y la gran cantidad de obras realizadas en estos cincuenta (50) años de operación constituyen una limitación importante puesto que gran parte de ella no ha sido bien documentada. La Cooperativa Los Castores ha abierto las puertas de su planoteca y archivos para analizar toda la documentación existente pero desde el mismo momento en que se inicia el proceso de acopio y análisis se informa de la pérdida de alguna data relevante que deberá ser levantada o volcada en nuevos planos con el fin de alcanzar el objetivo previsto.

Otra limitación fundamental es la imposibilidad de observar con facilidad algunos de los componentes medulares del sistema; así, pozos, bombas, válvulas, rompecargas, tuberías y tanques tuvieron acceso limitado o inexistente que impidió constatar su condición física y condiciones operativas.

Finalmente, una limitación importante lo constituye la imposibilidad de medir en diversos sectores de la red, presiones y caudales que facilitarían la calibración del modelo matemático utilizado y con ello el obstáculo que representa la dificultad de comprobar in situ las evaluaciones de los habitantes en relación a las presiones (alta o baja) y los caudales.

Capítulo II: Marco teórico

II.1 Antecedentes

El análisis de las redes de abastecimiento es una actividad que día a día es realizada con el fin alcanzar en la población calidad de servicio representada en tres (3) aspectos fundamentales: garantía, seguridad y confort.

En la búsqueda de este objetivo se han realizado un sinnúmero de Trabajos de Grado de los cuales se han seleccionado aquellos que por su propósito son de utilidad para este trabajo; son ellos:

➤ Briceño, D., Pellegrino, F. (2.015). *Análisis del funcionamiento hidráulico del sistema de aducción de agua potable en la ciudad de Villa De Cura, Estado Aragua.* (Trabajo especial de grado de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

Con este trabajo especial de grado (TEG) se analizó el sistema de aducción y distribución evaluando las condiciones en las que se encontraba el sistema estableciendo modelos matemáticos que simulaban el sistema.

➤ Antunes, M., Briceño, O. (2.014). *Estudio de funcionamiento hidráulico y propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable de la población de San Sebastián de los Reyes Edo. Aragua.* (Trabajo especial de grado de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

Mediante este TEG se diagnosticó el funcionamiento hidráulico de San Sebastián de Los Reyes, analizando la población existente y las demandas asociadas a la misma; pudiendo así proyectar condiciones futuras.

➤ Almandoz, C., Sacchini, F. (2.011). *Diagnóstico y propuestas de soluciones factibles de la red de distribución de agua potable en la zona Sur-Sur de Caracas.* (Trabajo especial de grado de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

Con este TEG se propuso mejoras a la red de distribución global del sector Sur-Sur de Caracas, mediante el sistema Tuy III sin abandonar las conexiones Tuy I y Tuy II para posibles emergencias.

➤ Pinto, G., Rada G. (2.009). *Afectación de Patrones de Consumo como Consecuencia de Rutinas de Servicio. Caso: Urbanización Terrazas del Ávila*. (Trabajo especial de grado de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

En el TEG mencionado se hizo un estudio que permitiera el aumento de extracción en la fuente de abastecimiento que surte a la Urbanización Terrazas del Ávila, así como la optimización del sistema.

II.2 Bases teóricas

II.2.1 Pozos de Agua Subterránea

Un pozo, o también llamado perforación, es una obra de captación vertical que aprovecha el agua contenida en el subsuelo para su explotación. Las características fundamentales del pozo son su profundidad y diámetro y éstos varían en función de la permeabilidad de los suelos y de la ubicación de la mesa de agua (nivel freático). Al sitio donde se encuentra agua retenida en un suelo permeable, que permite su explotación permanente, se le denomina acuífero.

En diversos lugares, como por ejemplo la urbanización Los Castores, los pozos constituyen la única fuente confiable de suministro de agua para todos los usos: doméstico, industrial, riego, etc., razón por la cual es viable instaurar un sistema hidráulico cerrado con operación independiente. Existen dos tipos de pozos, de acuerdo al ángulo que forman con el terreno: los pozos verticales y los horizontales. A su vez se clasifican de acuerdo a la manera en que son construidos: perforados, hincados, excavados y taladros.

Los pozos perforados son aquellos en los que el tipo de suelo es clave, ya que de esto depende la maquinaria y la metodología a emplear.

Los pozos hincados consisten en insertar un tubo en tierra suave, ya sea arena o grava, con una punta en su extremo inferior que contiene un sistema de rejilla, ayudando así a filtrar la arena y otras partículas. Al perforar estratos arenosos sus paredes no son estables, por lo que la tubería va quedando inmediatamente instalada.

Los pozos artesanales o también llamados pozos excavados, son operados manualmente ya sea con un recipiente amarrado a un mecate o mediante bombas de mano.

Actualmente los pozos se hacen con el uso de un taladro, siendo este un sistema helicoidal similar a un tornillo de Arquímedes de tierra, el cual va sacando al material enrollado en el mismo. Este método es el más moderno y el más costoso. Los pozos realizados bajo estas especificaciones son llamados pozos taladros.

Cuando se habla de los pozos horizontales, se refiere al drenaje que se realiza para extraer agua del sistema de fracturas de las rocas, reduciendo a su vez el nivel freático; esto con la finalidad de que la carga hidrostática subterránea no cause presión, evitando de esta manera posibles deslizamientos.

Es común que al realizar la perforación se le recubra con una capa de piedra evitando así su colapso.

Es importante señalar que los niveles medidos en estas perforaciones son relativos a la superficie del terreno, como por ejemplo el nivel estático y el de instalación, definiendo a éstos como la distancia que existe entre el nivel de terreno y el nivel de agua en condición de equilibrio y hasta la ubicación de la bomba sumergible, respectivamente.

II.2.2 Bombas

Cuando se desea conducir agua desde un nivel de energía inferior hasta otro nivel de energía superior es necesario la instalación de un componente mecánico denominado bomba. Este equipo transforma la energía electromecánica con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible, logrando incorporar la energía necesaria al vital líquido.

Cada bomba posee una curva de operación, la cual varía según el motor y número de etapas.

Existe una gran variedad de bombas, pudiendo mencionar las siguientes:

➤ De émbolo o pistón: el nombre indica el elemento principal de este tipo de bombas. El trabajo del pistón dentro de un cilindro, permite la succión y posterior empuje del agua hacia la tubería con más o menos presión.

Es posible que se succione agua por una o por ambas caras del pistón, clasificándose así las bombas de efecto simple o de doble efecto, respectivamente.

➤ De diafragma: trabajan solo por una cara, aspirando e impulsando por medio de un diafragma deformable (generalmente un círculo de goma) el agua.

Dicho diafragma se encuentra sujeto en su periferia y es empujado por su centro; y con la presencia de válvulas es alternada la entrada y salida, abriendo y cerrando las mismas.

➤ Rotativas: son bombas compuestas por anillos que giran en torno a centros distintos, llenándose de agua los espacios vacíos causando un empuje. No es muy frecuente su uso.

➤ Centrífuga: consta de un tubo circular cuya forma se asemeja a la de un caracol, siendo este más estrecho al principio que al final. Consta de un disco con aletas que gracias a la velocidad de rotación que se le imprime, impulsa el agua de manera centrífuga hacia las paredes de dicha tubería, generando así la impulsión.

A diferencia de las bombas de émbolo, las bombas centrífugas si necesitan cebarse, es decir, llenar de agua toda la tubería de aspiración y el rodete, para eliminar cualquier bolsa de aire y comenzar a funcionar.

Las bombas centrífugas son las que se usan, en mayor medida, en las redes de abastecimiento.

➤ Turbina: son bombas centrífugas de alta presión. Presentan de manera sucesiva varios rodets sobre el mismo eje para lograr impulsar agua a grandes alturas.

Este tipo de bombas son usadas comúnmente en pozos estrechos y profundos.

➤ Turbobomba: en este caso el agua presenta un movimiento en circuito, lo que ayuda a girar la turbina.

➤ Sumergibles: este tipo de bombas como su nombre lo indica se encuentra bajo el agua, siendo obligatoria la extracción de la tubería para su mantenimiento. Sin importar el tipo de bomba que sea, no es necesario cebar una bomba sumergible.

➤ Multietapa: son aquellas que tienen varios impulsores de agua montados sobre un mismo eje, trabajando en serie.

Las bombas de los pozos suelen ser sumergibles, centrífugas y multietapa.

II.2.3 Válvulas

Se denomina válvula a un dispositivo mecánico que tiene como objetivo iniciar, detener o regular la circulación de un líquido o gas; obstruyendo o liberando el conducto por el cual circula el fluido.

A continuación se mencionan algunos de los muchos tipos de válvulas que existen:

➤ Compuerta: es una válvula que al desplazar una puerta rectangular o circular (compuerta) permite liberar u obstruir el paso del fluido. La hoja de la compuerta está unida a un eje que se desplaza en función del paso de un tornillo sin fin. El recorrido de la hoja se efectúa lentamente y permite modificar el área de paso y ajustar el flujo a las necesidades del sistema. Con las válvulas de compuerta es viable un cierre hermético.

Las válvulas de compuerta tienen alta capacidad, bajo costo, poca resistencia al flujo y sencillez de diseño y operación; siendo esto ventajoso a la hora de su utilización. Son las válvulas más utilizadas para la sectorización de las redes de abastecimiento y en las acometidas desde éstas hacia las viviendas.

➤ **Retención:** este tipo también son llamados válvulas check y tienen como función cerrar completamente el paso del fluido que está en movimiento en un sentido, dejando el lado opuesto libre. En otras palabras, está destinada a impedir una inversión de la circulación.

Se emplean cuando existe la posibilidad de flujo en sentido contrario a la dirección que se desea ocurra. Son también utilizados como protección del equipo de impulsión e instaladas en las tuberías de descarga puesto que cada vez que la bomba deja de operar, el flujo contenido en la tubería retorna hacia la bomba.

➤ **Reductora de presión:** son válvulas unidireccionales que permiten mantener la presión aguas abajo en un valor determinado (presión de tarado), reduciéndola.

➤ **Clapeta:** evitan el retorno de fluidos, por lo cual es unidireccional. Son utilizadas como dispositivos de apertura o cierre para activar o interrumpir el paso del agua. Algunos de los beneficios de estas válvulas son el poco requerimiento de espacio para su instalación, es muy sencilla de adaptar y su uso puede ser tanto vertical como horizontal.

➤ **Europea:** son válvulas check diseñadas también para el control de flujo unidireccional de líquidos y/o gases. Su operación consta de una compuerta accionada por un resorte. La instalación puede ser en cualquier posición: horizontal o vertical.

En sistemas de aducción por gravedad en terreno montañoso, tal como el que existe en la Urbanización Los Castores, es común que existan presiones elevadas, por lo que se deben colocar tuberías muy resistentes, lo que trae como consecuencia elevados costos no solo de dichas tuberías sino también de los anclajes y de otros accesorios; una manera de evitar niveles piezométricos exagerados es instalando válvulas reductoras de presión o tanquillas rompecargas en sitios estratégicos.

La operación de las válvulas reguladoras se puede realizar de dos maneras: estableciendo una presión máxima de salida y definiendo una caída de presión fija entre sus

caras aguas arriba y abajo. Su manipulación consistente es conservar una presión constante a la salida con independencia de las condiciones de caudal y presión a la entrada.

II.2.4 Sistema de abastecimiento y sus componentes

Se le denomina sistema de abastecimiento al conjunto de tuberías y otros componentes y accesorios que permiten el transporte de agua, desde su lugar de existencia natural hasta la vivienda de los usuarios, para cubrir sus necesidades.

Entre sus componentes podemos encontrar:

➤ **Obra de captación o de toma:**

Se refiere a las obras necesarias para captar el preciado líquido de la fuente, ya sea superficial o subterránea (pozo), suministrando el agua por gravedad o mediante bombeo.

➤ **Obra de conducción:**

Palacios (2011) explica que la obra de conducción es aquella instalación, cuya finalidad es transportar el agua desde el sitio de captación hasta el centro de consumo (p. 29).

Además del conducto y elemento principal de conducción, la tubería, consta de una serie de dispositivos como lo son: rompecargas, válvulas reductoras de presión, codos, etc.; mecanismos sencillos, imprescindibles para asegurar el correcto funcionamiento de las tuberías.

➤ **Planta de tratamiento:**

Es un complejo de dispositivos y procesos encaminados a adecuar las características del agua en su condición original (cruda) a las características físico-químicas y organolépticas exigidas por la normativa vigente. La mayoría de las aguas requieren algún tratamiento para cumplir con los requisitos de potabilidad, siendo las aguas subterráneas las que normalmente requieren menos tratamientos.

➤ Estanque de almacenamiento:

Es el elemento que permite compensar las variaciones horarias del consumo y mantener constante el gasto de extracción del agua de las fuentes. En algunas ocasiones cuenta con capacidad adicional para cubrir temporalmente interrupciones del suministro desde la fuente.

➤ Obras de distribución:

Consiste en un conjunto de tuberías que tienen como finalidad entregar a los usuarios el agua ya potabilizada; éstas van desde el estanque de almacenamiento hasta las viviendas, a través de las calles.

II.2.5 Demanda

Cantidad o volumen de agua que teóricamente requiere el usuario para cubrir de una manera eficiente sus necesidades. Este término tiende a confundirse con el consumo, pero debe tenerse claro que el consumo se obtiene mediante mediciones propias del acueducto, mientras que la demanda es un valor teórico normativo.

La demanda no es constante en el tiempo sino que varía en función de las actividades diarias, del cronograma semanal de cada persona y de la influencia que tienen las variaciones de actividades y temperatura a lo largo del año.

En Venezuela se adopta como patrón de demanda diaria a la denominada “Curva Caricua” (Palacios, 2.011, p. 47) que establece consumos mínimos del orden del 40% del valor medio y valores máximos de un 200% del valor medio. Adicionalmente, los parámetros de diseño especificados en la normativa (Norma Sanitaria De Desarrollos Urbanísticos 4103) establece considerar al día de máximo consumo anual como aquel donde se alcanza una demanda diaria 25% superior que la demanda media. En el Capítulo V se hace el cálculo aproximado de la curva de variación diaria de consumo para la Urbanización Los Castores y la Figura N° 1 muestra su representación gráfica.

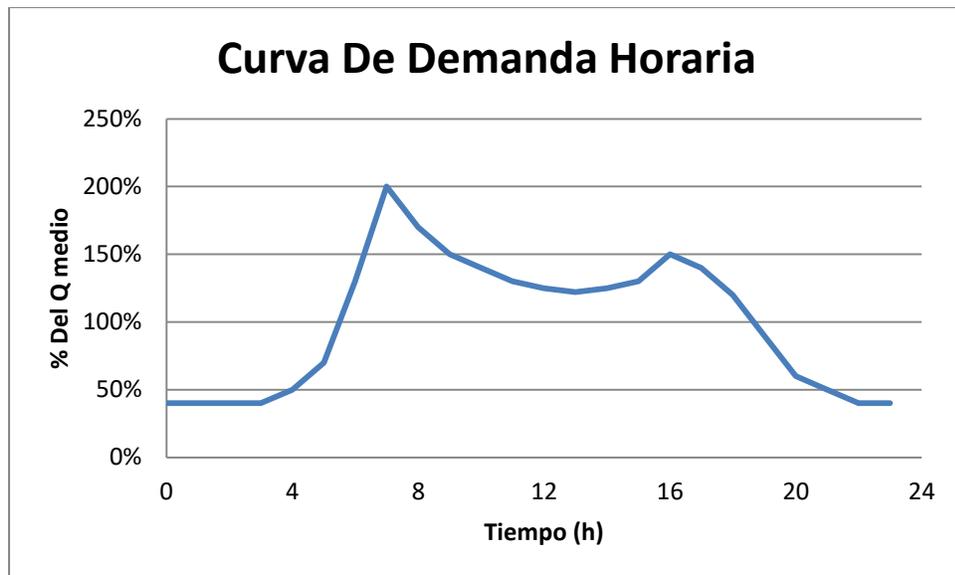


Figura N° 1. Curva De Demanda Horaria.

II.2.6 Dotación

“Por el término dotación, se entiende la cantidad de agua que se requiere suministrar en un cierto periodo de tiempo a cada usuario del acueducto (casa, edificio, industria, escuela, etc.), para satisfacer adecuadamente sus correspondientes necesidades” (Palacios, 2.011, p. 31)

Es muy común que la dotación sea confundida con el consumo per cápita, siendo este último la cantidad de agua realmente utilizada.

Hay diferentes requerimientos que sumándolos dan forma a la dotación, siendo estos provenientes de distintos usos que conforman el abastecimiento urbano: doméstico, comercial, industrial, público; sin dejar a un lado las pérdidas que ocurren en las redes de distribución, por juntas imperfectas, tuberías rotas, o algún otro problema que pueda presentarse a lo largo de dicha red.

Expresando de otra manera este concepto, se puede decir que es la cantidad de agua que se asigna diariamente a una vivienda o edificación para suplir las necesidades hídricas.

En Las Normas Sanitarias, para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones publicadas en la Gaceta Extraordinaria N° 4044 en 1.988, se pueden encontrar las regulaciones vigentes relativas a dotaciones en edificaciones.

II.2.7 Consumo

Se le denomina consumo a la cantidad de agua realmente utilizada por el usuario para satisfacer sus necesidades, ya sea en el ámbito doméstico, industrial, mantenimiento y cuidado de áreas verdes, entre otros.

El tipo de comunidad, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la comunidad, son los principales componentes que afectan el consumo de agua.

Bolinaga (1.984) deja claro que la diferencia entre consumo (cantidad realmente utilizada) y demanda (cantidad que se desea consumir), viene impuesta por muchos factores, siendo el más importante la limitación de la oferta, que es la cantidad que realmente está disponible a puerta de usuario. Si la oferta es mayor que la demanda, ésta y el consumo serán iguales (p. 18)

II.2.8 Pérdidas de energía

Una vez que el fluido entra en contacto con la tubería ocurren pérdidas de energía, ya sea por la fricción existente entre el líquido y la pared de la tubería o por cambios de forma en la sección de conducción.

A las pérdidas que se producen cuando el fluido entra en contacto con la superficie de la tubería, son llamadas pérdidas por fricción o pérdidas mayores. Éstas ocurren cuando el diámetro permanece constante, existiendo rozamiento debido a la viscosidad del fluido.

A las pérdidas por cambios de forma en la sección de la tubería se le denomina, pérdidas locales o menores. Como ya se dijo anteriormente, se producen por los cambios en las líneas de corriente del flujo debido a cualquier singularidad existente en su contorno,

pudiendo ser contracciones o expansiones, cambios de dirección (codos), bifurcaciones (también denominadas Tees) o válvulas por citar sólo algunas de ellas.

Bolinaga (2.010) explica que las pérdidas de energía en los codos son causadas por la separación, la fricción y el flujo secundario. La fricción tiene un papel importante en codos de radio amplio, y la resistencia de forma en cruces bruscos (p.506).

“Las pérdidas localizadas son generalmente despreciables y en largas transiciones bastaría considerar la pérdida por fricción” (Bolinaga, 2.010, p.507) y es por esta razón que en los cálculos de las redes de abastecimiento se considera que las pérdidas producidas por los accesorios se pueden aproximar a un valor comprendido entre el 5% y el 10% del valor obtenido al calcular las pérdidas por fricción.

II.2.9 Balance hídrico

Existen dos (2) requisitos fundamentales que debe cumplir cualquier sistema de abastecimiento de agua; Contar con la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda y Proporcionar un servicio de calidad, donde se incluye presión adecuada, continuidad en el servicio y seguridad o calidad del agua entregada.

El Balance Hídrico en el caso de las urbanizaciones se efectúa cuando se verifica si la capacidad de producción de agua de las fuentes es igual o superior a las necesidades de agua de la población a atender (demanda) incluyendo un gasto adicional de pérdidas que deben ocurrir a lo largo de todos los procesos durante el viaje del agua desde la fuente hasta el consumidor.

$$\textit{Agua producida} \geq \textit{Demanda} + \textit{Pérdidas en el sistema}$$

La utilidad de efectuar un balance hídrico en cualquier comunidad es que desde un momento nos permite establecer hacia dónde deben ir orientados los esfuerzos cuando existe algún desbalance en esta ecuación.

Cuando la demanda por sí sola supera a la fuente ($Demanda \geq Agua\ producida$) es imprescindible buscar otra fuente de abastecimiento, pudiendo ser ésta una fuente agua subterránea (pozo) o una conexión a algún otro sistema superficial con agua proveniente de un embalse, río o lago.

Cuando la capacidad de las fuentes operativas superan la demanda pero los usuarios se quejan por discontinuidades en el servicio se abren diversas opciones, entre las cuales se pueden citar:

- Consumo superior a la demanda: en algunas ocasiones al contar con un servicio continuo de agua, presiones elevadas y un costo bajo del volumen de agua entregada, el usuario no tiene ninguna motivación para hacer consumos conscientes y, por el contrario, consume desproporcionalmente dando la falsa sensación de una fuente incapaz de suplir la demanda.
- Pérdidas dentro de las edificaciones: en algunas ocasiones, la edad dentro de las tuberías o las altas presiones actuando sobre algunos accesorios dentro de las viviendas genera pérdidas continuas de agua que podrían pensarse como consumos en exceso a la demanda pero, en este caso, son totalmente desaprovechados por la comunidad y filtrados hacia el subsuelo. De contar con una medición sistemática y un pago acorde con la importancia del agua en nuestras vidas estas pérdidas serían reparadas rápidamente.
- Pérdidas en el sistema de distribución: al igual que en el caso anterior, las pérdidas en la red de distribución se potencian con las tuberías “viejas” (definidas así a aquellas que tienen más de 20 años instaladas) y, con mayor razón donde las presiones superan los 40 metros de columna de agua. Estas pérdidas son más complicadas de percibir aunque con una buena gestión y medición de la producción y la entrega se pueden determinar con precisión su cuantía así como su progreso en el tiempo.
- Otras Pérdidas: aquellas que se generan entre la fuente y los sitios de almacenamiento previo a la red de distribución y donde, la mayor parte de las veces

ocurre al no contar con una estrategia adecuada de operación que desborda alguno de los elementos intermedios de procesamiento.

En el proceso de Diagnóstico del Sistema de Abastecimiento de la Urbanización Los Castores se efectuará como primera aproximación el balance hídrico del mismo para así definir hacia donde se deben orientar los esfuerzos encaminados para alcanzar un óptimo servicio.

II.2.10 Almacenamiento

Los estagues de almacenamiento son elementos fundamentales en toda red de distribución por la función que desempeñan al compatibilizar la producción continua y con pocas variaciones de las fuentes con el consumo variable del consumo a lo largo del día. El tanque entonces acumula agua cuando la producción supera el consumo (horas nocturnas) mientras que suple la deficiencia de la producción cuando, durante las horas matutinas, se eleva la demanda de agua por encima del gasto medio.

Adicionalmente el volumen almacenado en los tanques debe suplir las necesidades de agua en aquellos momentos donde se hacen labores de mantenimiento en las fuentes o cuando ocurren consumos imprevistos para la extinción de incendios dentro del área urbana.

II.2.11 Operación simulada de la red

Una vez conocido físicamente cualquier sistema de abastecimiento; es decir, una vez se definen las fuentes de abastecimiento, los tanques de almacenamiento y las redes de distribución es posible simular matemáticamente el comportamiento de todo el sistema bajo diversas situaciones utilizando para ello programas especialmente concebidos para su realización.

En el mercado actual existen una gran cantidad de modelos con prestaciones muy similares que varían básicamente en la forma de incorporar los datos y de entregar los reportes de la simulación efectuada. En todos ellos es viable la simulación estática; es decir, simular

que ocurre cuando las fuentes entregan un caudal determinado y las simulaciones de tiempo extendido donde se define la curva de consumo del día y se analiza el comportamiento de todos los componentes del sistema en un día “normal” de operación.

La simulación de la red de distribución es un elemento fundamental para comprender la manera en que se distribuyen los caudales a lo largo de las tuberías que configuran la red así como las presiones que se alcanzan en cada nodo o punto de entrega de gasto hacia los usuarios.

Igualmente permite definir los niveles operativos de los tanques existentes en la red y se pone en evidencia, la capacidad de afrontar interrupciones de servicio, la posibilidad o no de efectuar el aislamiento de sectores o cómo se distribuyen los caudales al ocurrir un incendio en las cercanías de cualquiera de los hidrantes existentes dentro del urbanismo.

Para el desarrollo del diagnóstico de la red de distribución se procedió a utilizar una versión académica del programa WaterCad diseñado por la empresa Bentley Systems considerado uno de los software más avanzados para este fin.

Capítulo III: Marco Metodológico

III.1 Recopilación de información básica documental y de procesos

Para la realización de este trabajo especial de grado se hace indispensable la recopilación de información documental desde los inicios del proyecto, su posterior construcción por etapas e instalación, maniobras de operación y mantenimiento. Sin dejar a un lado los comentarios de los usuarios de la red de distribución, que permiten dar un sondeo de la calidad del servicio que otorga dicha red.

El primer paso fue el reconocimiento en sitio del sistema hidráulico a analizar a través de un recorrido guiado por el operador, y complementando con comentarios y explicaciones del Ing. De la Cooperativa, y el tutor Ing. José Miguel Divassón. Puntos a destacar de esta visita son mencionados a continuación:

- Se ubican los pozos con los que cuenta el acueducto, vitales para mantener su independencia de cualquier red externa y de los problemas que en ella puedan presentarse.

Se pudo conocer la cantidad exacta de los pozos presentes, dando un total de nueve (9). Cabe acotar que en el proyecto inicial se contaba únicamente con siete (7) pozos, y posteriormente se realizaron dos (2) perforaciones, llegando así a la cantidad actual.

El nombre asignado a cada uno de los pozos se encuentra relacionado con su ubicación, para su fácil y rápida identificación. Iniciando con el pozo “Plaza Bolívar”, “La Picoca”, “Aguas Blancas”, “Salamanca”, “Canchas Múltiples”, “Polideportivo”, “Pozo Norte”, “Pozo Sur” y por último el pozo “Campo de Softball”.

- Se observa los sistemas de almacenamiento, potabilización y bombeo. El agua captada se dirige a un tanque superficial para su almacenamiento, y posterior proceso de tratamiento en una pequeña planta de potabilización. Una vez tratada, el agua pasa al tanque subterráneo, que funciona como cámara de captación para ser bombeada mediante un sistema de impulsión hasta el tanque principal.

- El tanque ubicado en la zona más alta de la urbanización, denominado Tanque Los Bebés, recibe el agua bombeada y desde él se distribuye el agua por gravedad hacia toda la urbanización. Desde el punto de vista operativo es un tanque compensador.

La capacidad de almacenamiento del tanque es de 600 m³ y está dividido en dos (2) celdas cada una con capacidad de almacenar 300 m³

- De la red de distribución se debe resaltar los elementos de control que en ella se encuentran y, entre ellos, las válvulas de sectorización y las reguladoras de presión, conocidas en la urbanización como las rompecargas. La ubicación de las válvulas es visible en el pavimento de las vías no así las tuberías que conforman la red.

La totalidad de la información que a continuación se describe se obtiene de su recopilación y análisis en las áreas administrativas de La Cooperativa que la ópera y valiosa información operativa adicional se obtiene de conversaciones con personal operativo y miembros de la Cooperativa y de la Comunidad de Propietarios. En los Anexos N° 1 y 2 se presentan algunos informes, planos y estudios utilizados para la consecución de los datos que permiten desarrollar el presente Diagnóstico.

III.2 Análisis de información

La planoteca del sistema se encuentra ubicada en la Cooperativa Los Castores donde existe diversa información de la red de abastecimiento a nivel de proyecto y de construcción. De este cúmulo de archivos se procede a extraer la mayor parte de la información que se presenta a continuación y que se puede resumir en:

- Descripción de los nueve (9) pozos perforados en la urbanización y de sus características principales, así como condiciones operativas de los seis (6) que se encuentran en explotación.
- Archivos digitalizados de los procesos operativos, de mantenimiento y de inspecciones realizadas a las redes de aguas blancas y negras, recopiladas por el ingeniero Silva.

- Descripción de localización y características de los tanques de Aguas Crudas (superficial), de almacenamiento (subterráneo) y de compensación (Los Bebés).
- Características, rutas y accesorios instalados en la red de distribución de agua potable, con lo cual es posible definir los diámetros de las tuberías, material constituyente, edad así como la ubicación de Hidrantes y válvulas de sectorización, descarga y control de presiones.

Capítulo IV: Urbanización Los Castores

IV.1 Generalidades

La urbanización Los Castores se encuentra en la Parroquia San Antonio de los Altos, Sector Los Castores, Municipio Los Salías del Estado Miranda. Está delimitada al norte por los terrenos de los hermanos Sánchez, al sur por la urbanización Las Polonias, al este por el Centro Comercial La Gonzalera, carretera vía La Morita y al oeste por la urbanización Monte Bello y Los Budares. La región describe un relieve montañoso, con fuertes desniveles.

Fue en 1.959 cuando La Cooperativa compra un terreno de 106 hectáreas, para el desarrollo de la Urbanización "Los Castores", el cual se haría con un alto sentido de cooperación y criterio moderno de urbanismo. El proyecto de urbanismo fue estimado para 1.000 viviendas, pero luego de estar muy adelantado y después de las revisiones hechas, el proyecto fue disminuido y aprobado para 600 viviendas. Actualmente se contabiliza un total de 576 parcelas unifamiliares (con terrenos que varían entre 200 y 800 m²) y 2 viviendas multifamiliares con 39 apartamentos. Con el objetivo de hacer a este urbanismo un referente para la época, el proyecto incluye también áreas comerciales, educativas, de oficinas, áreas deportivas y recreativas para el libre esparcimiento.



Figura N° 2. Delimitación de la urbanización Los

Dentro de la zona de desarrollo de viviendas unifamiliares, existen 637m² asignados a la construcción de oficinas, donde se ubica La Cooperativa; que sirve de administrador de la urbanización y realiza diversas actividades que ayudan al buen funcionamiento de la misma.

Las cinco (5) edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares se encuentran emplazadas en las cercanías de la zona comercial. Dichas edificaciones cuentan con siete (7) pisos de altura y dos (2) tipologías: Las Torres ABC con 3 apartamentos por piso mientras que las Torres DE cuenta con 2 apartamentos por piso salvo en la planta baja donde sólo se encuentra una vivienda. En total existen 39 apartamentos de 3 habitaciones.

Como se describe anteriormente, dentro de esa área existen 3.072 m² de área destinada al comercio divididos en una serie de locales que benefician al desarrollo de las actividades cotidianas de quienes allí hacen vida.

En el desarrollo del proyecto también están involucrados dos (2) planteles educativos, de los cuales uno no forma parte de la red de usuarios del sistema de abastecimiento; siendo éste abastecido directamente por Hidrocapital.

No se debe dejar de mencionar las áreas verdes, zonas de recreación y libre esparcimiento, las cuales están constituidas por un espacio donde se involucran canchas destinadas a fútbol sala, tenis, voleibol y softball. Existiendo además, hacia el sector Las Polonias, un polideportivo.

A continuación se describen los principales componentes del sistema de abastecimiento y se establece la cuantía de agua necesaria para satisfacer las diversas actividades que allí se realizan.

IV.2 Demanda

Para cubrir con la demanda de la comunidad es necesario conocer el uso del suelo en todo el parcelamiento así como las actividades que se prevé realizar en él. La mejor manera de analizar el consumo de este urbanismo sería con mediciones realizadas en el propio sistema pero la discontinuidad del servicio y la imposibilidad de contar con elementos de medición preciso hacen inviable esta posibilidad, razón por lo cual se efectuará una estimación de la demanda del urbanismo basado en la normativa vigente.

La dotación de agua, se ha determinado según lo establecido en las Normas Sanitarias Para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones publicadas en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 4.044 (1988), la cual establece el consumo tomando en consideración el tamaño de las parcelas (en viviendas unifamiliares) y el número de habitaciones en viviendas multifamiliares.

Las Figuras N° 3 y 4, extraídas de la citada norma, definen el volumen de consumo diario esperado para cada unidad familiar que, a la postre constituyen la mayor parte del volumen total diario.

TABLA 7
DOTACIONES DE AGUA PARA EDIFICACIONES DESTINADAS A VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Área Total de la parcela o del lote en metros cuadrados		Dotación de agua correspondiente en litros por día
Hasta	200	1.500
201	300	1.700
301	400	1.900
401	500	2.100
501	600	2.200
601	700	2.300
701	800	2.400
801	900	2.500
901	1000	2.600
1001	1200	2.800
1201	1400	3.000
1401	1700	3.400
1701	2000	3.800
2001	2500	4.500
2501	3000	5.000
Mayores de	3.000	5.000 más 100 l/día por cada 100 m ² de superficie adicional

NOTA: Las dotaciones antes señaladas incluyen el consumo de agua para usos domésticos y el correspondiente al riego de jardines y áreas verdes de la parcela o lote.

Figura N° 3. Dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares.

TABLA 8

DOTACIONES DE AGUA PARA EDIFICACIONES DESTINADAS A VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

Número de dormitorios de cada unidad de vivienda	Dotación de agua correspondiente por unidad de vivienda, en litros por día
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500
Más de 5	1500 l/día más 150 l/día por cada dormitorio en exceso de cinco.

Quando en un proyecto de desarrollo urbanístico no se tengan definidas las características de las edificaciones, las dotaciones podrán calcularse multiplicando el área total de la parcela por un factor K (l/día/m²), equivalente al porcentaje del área bruta de construcción expresado en porcentaje, dividido por 10.

NOTA: Las dotaciones de agua antes señaladas corresponden a consumos para usos domésticos exclusivamente. Las dotaciones de aguas necesarias para satisfacer los consumos correspondientes a: riego de jardines y áreas verdes, para instalaciones y servicios anexos a la edificación, restaurantes, bares, lavanderías estacionamientos cubiertos, piscinas, oficinas, comercios, lavado de carros y otros, se calculará adicionalmente de acuerdo con lo estipulado para cada caso en el presente capítulo de estas normas.

Figura N° 4. Dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares.

En las áreas comerciales, la dotación se define en el Artículo 111 de la norma, donde se indica seis (6) litros/día/m² para las áreas de oficina y de 10 litros/día/m² para centros comerciales.

En cuanto a las instituciones de uso público o particular, donde se refiere a planteles educacionales (Art. 110), su dotación se rige por los valores estipulados según el alumnado, pudiendo ser éste externo, semi-interno, interno o residente; así como también el personal residente y no residente en el plantel, asignándose una dotación de 40 litros/alumno/día, 70 litros/alumno/día, 200 litros/alumno/día, 200 litros/persona/día y 50 litros/alumno/día respectivamente.

Por último pero no menos importante se encuentran los sectores de uso recreacional y deportivo, para riego de jardines y áreas verdes, en las que su dotación se calcula a razón de 2 litros/día/m².

Cabe destacar que para desarrollar el cálculo de las dotaciones, fue indispensable la información parcelaria, encontrándose de igual forma en los planos.

Tomando en cuenta los valores estipulados por norma, expuestos en la Figura N° 3 para viviendas unifamiliares, se calculan las dotaciones haciendo uso de la Ecuación 1.

$$\text{Dotación parcial} = \text{Número de parcelas} * \text{Dotación} \quad \text{Ec. 1}$$

Se agrupan distintas parcelas según el área que ocupa, obteniendo el “número total de parcelas”, multiplicando luego este valor por la “dotación” normada, adquiriendo la Tabla N° 1, que expresa las dotaciones parciales y total para viviendas unifamiliares.

Área total de la parcela o lote (m ²)		Dotación (litros/día)	Número de parcelas	Dotación parcial (litros/día)
201	300	1.700	12	15.300
301	400	1.900	236	448.400
401	500	2.100	201	422.100
501	600	2.200	87	191.400
601	700	2.300	35	80.500
701	800	2.400	8	19.200
Total Viviendas Unifamiliares			576	1.176.900

Tabla N° 1. Cálculo de dotación de viviendas unifamiliares.

Referente a las cinco (5) edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares y haciendo uso de las consideraciones de la norma, se utiliza la Ecuación 2.

$$\text{Dotación parcial} = \text{Dotación} * \text{N}^\circ \text{ viviendas por piso} * \text{N}^\circ \text{ pisos} * \text{N}^\circ \text{ edificios} \quad \text{Ec. 2}$$

En la que se calculan las dotaciones parciales, tomando en cuenta la diferencia de números de viviendas presente en ambas torres. Los resultados obtenidos se exponen en la Tabla N° 2.

	Dormitorios/ vivienda	Dotación (l/d)	Conserjería	PB	Del 1 al 7	Total de apts.	Dotación parcial (litros/día)
Torre A				3		24	28.800
Torre B					3	24	28.800
Torre C	3	1.200	1			22	26.400
Torre D				2		16	19.200
Torre E					2	15	18.000
Total Viviendas multifamiliares (litros/día)							121.200

Tabla N° 2. Cálculo de dotación de viviendas multifamiliares.

En cuanto al plantel educacional ubicado dentro de la topografía de la urbanización, y considerando los valores estipulados en la norma, son multiplicados por la cantidad de alumnos o personal según el caso. Las cantidades indicadas en la tabla fueron suministradas por un miembro del personal administrativo del plantel. Para mejor visualización de este cálculo se presenta la Ecuación 3.

$$\text{Dotación parcial} = \text{Dotación} * \text{N}^\circ \text{ alumnos o personal} * \text{N}^\circ \text{ de turnos} \quad \text{Ec. 3}$$

Dando el conjunto de resultados presentados en la Tabla N° 3.

	Dotación (litros/alumno/día)	Cantidad	Número de turnos	Dotación parcial (litros/día)
Alumnado externo	40	98	1	3.920
Alumnado semi-interno	70	240	2	33.600
Alumnado interno o residente	200	0	2	0
Personal residente en el plantel	200	0	2	0
Personal no residente	50	31	1	1.550
		19	2	1.900
Total Plantel educativo (litros/día)				40.970

Tabla N° 3. Cálculo de dotación de plantel educacional.

Otros usos presentes en la urbanización se resumen en la Tabla N° 4 donde se identifican las áreas y dotaciones establecidas en la normativa para oficinas, centros comerciales y áreas verdes y recreativas.

Uso	Dotación (litros/m ² /día)	Área (m ²)	Dotación parcial (litros/día)
Oficinas	6	637,52	3.825,12
Centro Comercial	10	3.072,16	30.721,60
Áreas verdes y recreativas	2	19.662,39	39.324,78
Total otros usos (litros/día)			73.871,50

Tabla N° 4. Cálculo de dotación de usos complementarios.

Finalmente, el valor agregado de todos los parciales obtenidos definen la demanda total del parcelamiento y ésta, tal como se puede apreciar en la Tabla N° 5, es de 1.339 m³ o, llevados a un gasto continuo de 16,41 litros por segundo.

Uso	Unidad	Cantidad	Dotación (litros/día)	Ponderación (%)
Residencial Unifamiliar	Parcela	579	1.182.000,00	83,35%
Residencial Multifamiliar	Apartamentos	101	121.200,00	8,55%
Plantel Educativo	Varias	-----	40.970,00	2,89%
Oficinas	m ²	637,52	3.825,12	0,27%
Centro Comercial	m ²	3.072,16	30.721,60	2,17%
Áreas verdes y recreativas	m ²	19.662,39	39.324,78	2,77%
Demanda Total de la Urbanización (litros/día)			1.418.041,50	100,00%

Tabla N° 5. Dotación Total del Urbanismo

Del resultado obtenido vale la pena resaltar los siguientes elementos:

- Más del 90% de la dotación total del sistema tiene uso residencial (91,42%) por lo cual es de suma importancia controlar el volumen consumido por cada una de las parcelas para mantener operativo el sistema.

- Si se considera una ocupación de 5 personas por vivienda residencial (incluyendo quintas y apartamentos) la población de Los Castores alcanza 3.075 habitantes por lo cual la demanda antes calculada alcanzaría una dotación media por habitante de 435 litros/persona/día que supera cualquier recomendación de asignación poblacional internacional, razón por lo cual se debería esperar que la demanda calculada constituyese antes que una valor promedio, un valor máximo de consumo.
- La dotación que en algún momento se definió en La Cooperativa como razonable (45 m³/mes) es un valor que debería rescatarse con el fin de impedir un mal uso de las aguas provenientes de las fuentes actuales. Esta asignación mensual alcanza 300 litros/persona/día que si bien es aún mayor que los estándares internacionales, permite hacer mejor uso del agua captada y permitiría reducir el volumen diario de consumo a unos 996.400 litros (11,53 lps).

IV.3 Fuentes de abastecimiento

Desde sus inicios el urbanismo residencial ha sido capaz de operar con poca o ninguna influencia externa, ya que ha sido concebida con una estructura organizativa independiente.

Su fuente de abastecimiento está conformada por un conjunto de nueve (9) pozos denominados Plaza Bolívar, La Picoca, Aguas Blancas, Salamanca, Canchas Múltiples, Polideportivo, Pozo Norte, Pozo Sur y Campo de Softball, enumerados respectivamente. Estos nombres se encuentran asociados con su ubicación, aunque para mayor entendimiento se expone en la Figura N° 5 un plano de planta que esquematiza de forma visual su ubicación.

En la Tabla N° 6 se encuentra un resumen de las características primordiales de cada uno de ellos y la capacidad de producción estimada y medida en la actualidad. Tal como se puede apreciar la capacidad de producción de agua del campo de pozos de la Urbanización Los Castores es de 13,90 lps; es decir, unos 1.200,96 m³ diarios de agua.

Como se puede apreciar en la Figura N° 5 los pozos están dispuestos en la cercanía de la quebrada, de manera tal de aprovechar la concentración de flujo sub superficial que ocurre siempre en las cercanías de los cauces naturales de agua como consecuencia de correr siempre

en una depresión topográfica y contar con suelos más permeables que en el resto de las laderas.

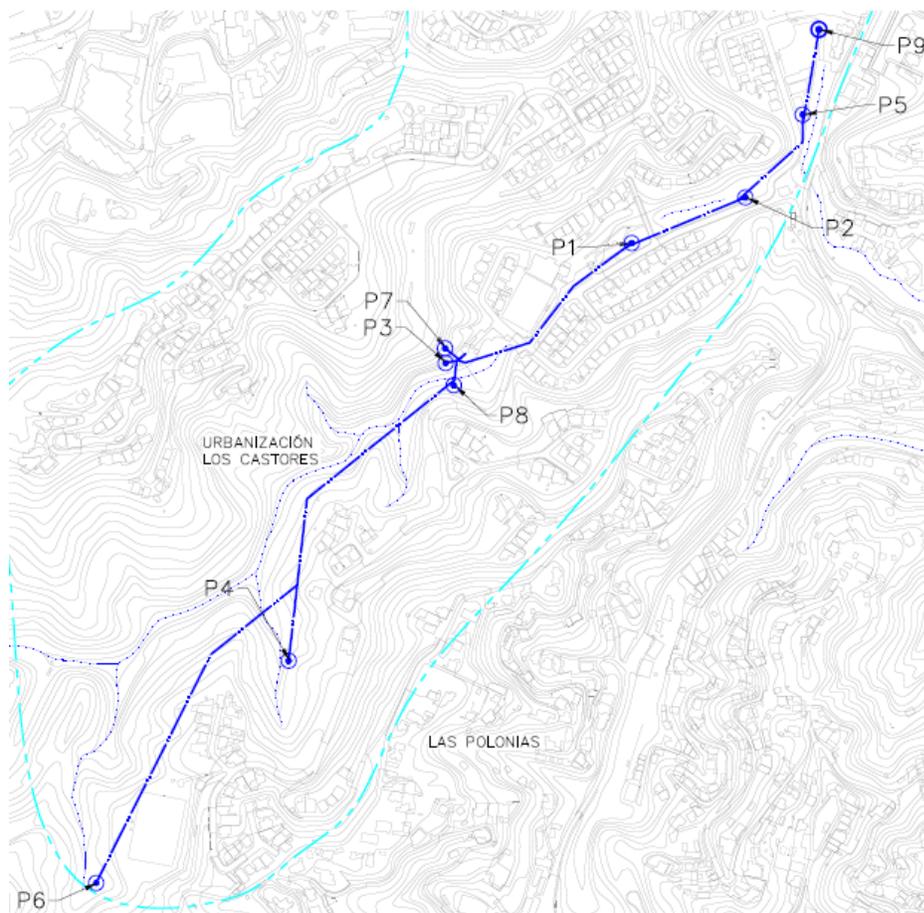


Figura N° 5. Plano de planta con la ubicación de las fuentes de abastecimiento.

A decir de la data recopilada y de los comentarios de algunos habitantes de la urbanización, el mantenimiento de los pozos no ha sido tan frecuente y oportuno como debió haber sido y, por ello, la producción total del sistema es inferior a la que potencialmente cuenta.

Al momento de desarrollar el presente trabajo y tal como se aprecia en la Tabla N° 6 la producción de agua del sistema constituye un 60% de su capacidad y los pozos Picoca, Aguas Blancas y Cancha de Softbol se encuentran fuera de operación.

P O Z O	Nombre/ Ubicación	Diámetro		Caudal (lps)
		Forro	Tubería	Aforo
1	Plaza Bolívar	6"	2"	2,50
2	Picoca	6"	----	1,70
3	Aguas Blancas	6"	2"	2,00
4	Salamanquez	6"	----	0,71
5	Canchas múltiples	6"	2"	1,60
6	Polideportivo	6"	2"	2,31
7	Pozo Norte	6"	3"	3,36
8	Pozo Sur	----	----	3,42
9	Campo de Softbol	6"	2"	3,00

P O Z O	NOMBRE/ UBICACIÓN	NIVELES				EQUIPO		
		Perforación	Instalación	Estático	Bombeo	Marca	Modelo	Potencia
1	Plaza Bolívar	51,00	50,50	6,00	50,50	PEDR OLLO	SM 20- 4R	2 HP
2	Picoca	98,00	66,00	18,00	27,00	SCHA EFERD	SLD554 PS	5 HP
3	Aguas Blancas	73,00	----	1,00	-----	----	----	----
4	Salamanquez	96,00	90,00	3,00	20,00	CAPR ARI	E4XP60 -13	10 HP
5	Canchas múltiples	90,00	72,00	12,00	23,00	BOMB AGIA	S4YRG- 21	10 HP
6	Polideportivo	90,00	78,00	12,00	23,00	INDU	----	7,50 HP
7	Pozo Norte	75,00	70,40	28,00	94,00	----	----	----
8	Pozo Sur	-----	----	----	-----	----	----	----
9	Campo de Softbol	96,00	66,00	12,00	66,00	----	----	----

Tabla N° 6. Características de las fuentes de abastecimiento.

Las aguas producidas por los nueve (9) pozos son conducidos por una red de tuberías hasta un tanque de aguas crudas superficial de concreto, de sección circular, con capacidad de almacenamiento de 500 m³. Desde este tanque se bombea a baja presión hacia la Planta de Potabilización donde se purifica a través de un conjunto de filtros arena-antracita y, luego de desinfectarlo con solución de cloro, llena un tanque de almacenamiento rectangular de concreto con capacidad de almacenar 1000 m³.

Recordando que tres (3) de ellos están fuera de funcionamiento (P2, P3 y P9), se agrupan los valores numéricos restantes, para obtener una producción o caudal total de 13,90 litros/segundo.

IV.4 Tanques de Almacenamiento

Como se dijo anteriormente, la infraestructura hidráulica de la urbanización ha sido diseñada dentro de un concepto de independencia, garantizando a la comunidad un servicio sin la intervención de Hidroven o cualquiera de sus filiales y es por ello que la totalidad de las aguas que se consumen en Los Castores provienen del campo de pozos antes descrito que, una vez adecuadas las aguas por su consumo, son almacenadas en el tanque subterráneo rectangular aledaño a la Cancha de Fútbol.

Desde el punto de vista operativo el sistema cuenta con tres (3) tanques que suplen funciones totalmente diferentes y se podrían denominar Tanque de Aguas Crudas, Tanque de Almacenamiento y Tanque de Compensación.

El **Tanque de Aguas Crudas**, ubicado en las cercanías de la Cancha de Fútbol, permite recibir la producción de agua de los nueve (9) pozos perforados. Su función es la de admitir variaciones en la producción de los pozos y mantener un caudal continuo en el tratamiento de las aguas y en el suministro hacia la red de distribución.

En este tanque se realiza un pre tratamiento que, en este caso consiste en sedimentación remoción de partículas mayores. Si fuese necesario, se podría realizar una precloración en caso se sospeche la presencia de contaminación orgánica.

Es un tanque superficial de 500 m³ de capacidad nueve (9) metros de diámetro y ocho (8) metros de altura. Cuenta con diversas tuberías de alimentación, una tubería de rebose y tres (3) tuberías de descarga: hacia la Planta de Potabilización, de Vaciado (descarga al sistema de drenaje) y de bypass hacia el tanque subterráneo.

El **Tanque de Almacenamiento**, ubicado al pie del Tanque de Aguas Crudas, almacena un volumen cercano a un día de consumo para facilitar labores puntuales de mantenimiento. Este tanque es también el lugar desde donde se succionan las aguas que serán impulsadas hacia el Tanque de Compensación.

Es un tanque subterráneo de 1.000 m³ de capacidad de planta rectangular con medidas de 10,00 x 20,00 x 5,00 metros. Cuenta con tres (3) tuberías de llenado: una proveniente de la Planta de Potabilización, otra viene del Bypass del Tanque de Aguas Crudas y una tercera proveniente de la tubería de rebose del Tanque de Compensación (Los Bebés). Se desconoce si cuenta con tuberías de limpieza y rebose.

Las aguas del Tanque de Almacenamiento son succionadas por las tuberías de las bombas que impulsan las aguas hacia el Tanque de Compensación. Todas las tuberías de succión son independientes, razón por lo cual existen cuatro (4) tuberías

El **Tanque de Compensación**, denominado de Los Bebés, ubicado en la parte más alta del urbanismo (cota 1.523 msnm), al final de la Avenida El Estanque tiene una capacidad que, se estima en 710 m³ según lo indicado en el informe del Sistema de Agua Potable (1981) preparado por el Consejo Venezolano Tecnológico del Agua.

Este tanque de concreto, de sección circular de 14,8 metros de diámetro y 4,13 metros de altura, sirve para compensar las oscilaciones de la demanda mientras las bombas del sistema de impulsión llenan el tanque de manera constante. Se encuentra dividido en dos (2) cámaras de tal manera que sea posible su limpieza y mantenimiento sin generar interrupciones del servicio.

Las tuberías provenientes del sistema de impulsión cuentan con 6” de diámetro y tienen instalados en su fuste justo antes de la descarga al tanque sendas válvulas de compuerta que impiden aislar a una u otra cámara a la hora de efectuar su vaciado. De la misma manera las tuberías de descarga y limpieza, éstas de 8” de diámetro, cuentan con válvulas que permiten aislar cada celda e impedir la distribución del agua a la red. (Ver Anexos N° 7 y 8)

Las tuberías de rebose del tanque de compensación son en 3” aunque, tal como se aprecia en el Anexo N° 14, tienen una ampliación en el extremo interior para maximizar su eficiencia en la captación del agua en exceso y evitar el desbordamiento por la incorporación del gasto máximo de las bombas de impulsión. La descarga por rebose del tanque de compensación se retorna al tanque de almacenamiento para evitar pérdidas de agua en un sistema recirculado.

En el Tanque de Compensación se aprecia una salida adicional de 3” de diámetro hacia un sistema hidroneumático (actualmente fuera de operación) encargado de suministrar agua a las parcelas cercanas al tanque donde las presiones por gravedad son insuficientes para abastecer con buena calidad de servicio. Este concepto fue ideado desde el momento mismo de su diseño y, tal como se establece en el Anexo N° 3, la zona abastecida por este sistema complementario, comprende 13 parcelas (14 a 25 y 29) del Sector El Estanque, todas ellas ubicadas por encima de la cota 1.510 msnm.

Existe una tubería de limpieza que permite el vaciado del tanque cuando se desea su vaciado para proceder a su mantenimiento interior. Las aguas de vaciado son enviadas a una torrentera que nace al pie del propio tanque y se incorpora al sistema de drenaje.

Un resumen de las características más relevantes de los tanques existentes en la red se muestra en la Tabla N° 7.

Nombre	Capacidad (m ³)	Niveles (msnm)		Características
		Fondo	Rebose	
Superficial	500,00	1.392,66	1.402,66	Sección circular ϕ 9,00 m Altura 8,00 m
Subterráneo	1.000,00	1.387,36	1.392,36	Sección rectangular 10,0x20,0 m y 5,0 m de profundidad
Los Bebés	600,00	1.523,00	1.527,40	Sección circular ϕ 15,00 m Altura 4,00 m

Tabla N° 7. Características de los Tanques de Almacenamiento.

IV.5 Sistema de Impulsión

Para dar energía al sistema se cuenta con una estación de bombeo ubicada en las cercanías de la Cancha de Fútbol, encima del Tanque de Almacenamiento, desde la cual se extrae el agua a bombear. Tal como se puede inferir de la Tabla 7 antes descrita, la estación de bombeo debe elevar desde el nivel mínimo del Tanque de Almacenamiento hasta el nivel de Rebose del Tanque de Compensación; es decir, 138,63 metros, desde la cota 1.388,50 hasta la cota 1.527,13 metros.

Tal como se aprecia en las Anexo N° 6, la estación cuenta con cinco (5) bombas centrífugas multietapas conectadas en paralelo de tal manera que se mantenga una sola presión de operación y se agreguen los caudales bombeados por cada una de ellas.

Las bombas se conectan individualmente a través de una tubería de 3" y se incorporan en una especie de manifold de 5" que constituye una continuación de la tubería de impulsión de 5" de diámetro y 700 metros de longitud de hierro fundido.

Las bombas instaladas marca KSB Modelo WKL 50/4 tienen capacidad de bombear entre 4 y 6 litros por segundo para las condiciones de descarga impuestas por el desnivel entre los tanques. Cuando más de un equipo opera en simultáneo el caudal bombeado se incrementa prácticamente en relación directa al número de equipos que se encuentre operando

Las Figuras N° 6 y 7 muestra la curva aproximada del sistema para gastos de impulsión que varían entre 1 y 15 lps así como las Curvas Características de los equipos instalados cuando se encuentran 2 y 3 equipos bombeando simultáneamente.

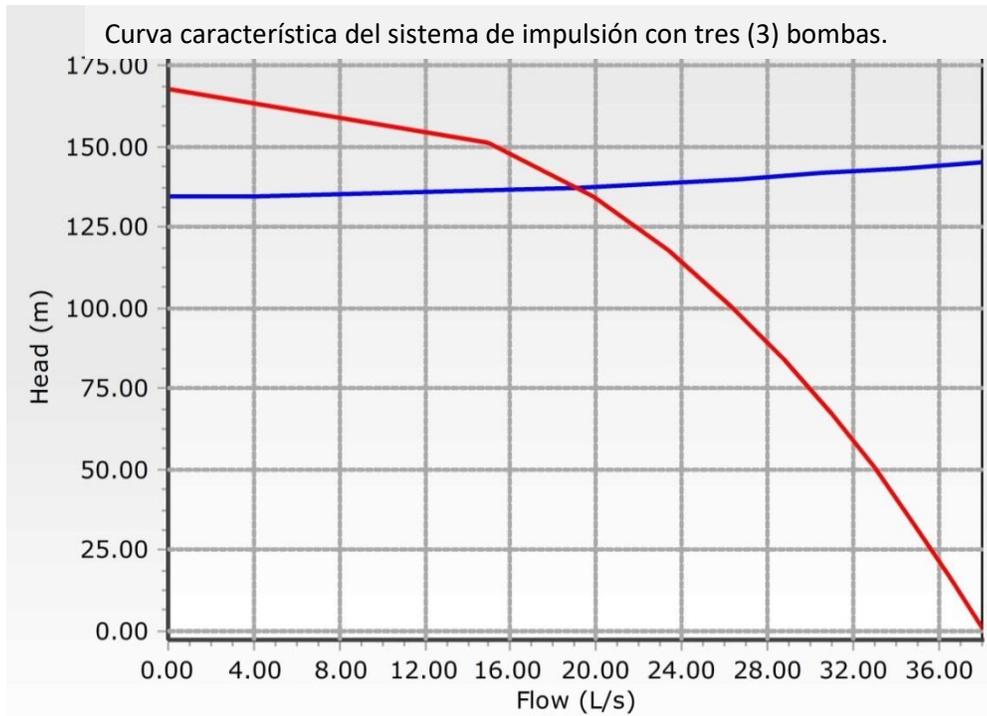


Figura N° 6. Curva característica del sistema de impulsión con tres (3) bombas.

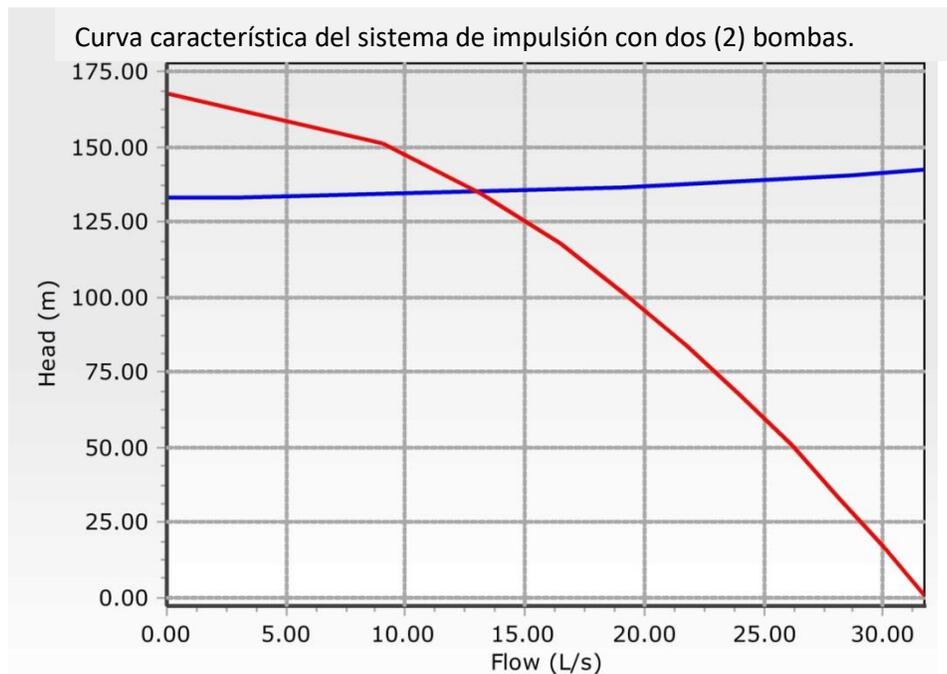


Figura N° 7. Curva característica del sistema de impulsión con dos (2) bombas.

La tubería de impulsión se caracteriza por ir siguiendo el cauce de la quebrada por unos 250 metros para luego subir la ladera con una inclinación aproximada de 27° y proseguir siguiendo las vías y el lindero posterior de las parcelas hasta alcanzar el Tanque de Los Bebés. La longitud total de la tubería se estima en 700 metros y tiene un diámetro de 5”.

El manifold de entrada cuenta con válvulas de compuertas de 3” de diámetro que permiten aislar los tramos de las bombas que se encuentren inactivas por su reparación y/o mantenimiento. Igualmente cuentan con válvulas de retención o check que protegen a los equipos de impulsión al momento que éstos se apagan y se produce flujo transitorio caracterizado por las sobrepresiones denominadas usualmente como golpe de ariete.

IV.6 Red de Distribución

La red de distribución de Los Castores nace en el Tanque de Compensación Los Bebés a cota 1.527,13 msnm y culmina altimétricamente en el acceso principal de la urbanización a cota 1.370 msnm; es decir, cuenta con un desnivel estático de casi 160 metros que, para una red de abastecimiento, constituye presiones que exceden con creces las presiones máximas tolerables de 75 metros de columna de agua. Esta situación obliga a la instalación de válvulas reguladoras de presión que establezca niveles piezométricos máximos y, por ende, define redes de diferentes presiones altimétricas.

En la Figura N° 8 se puede observar las cuatro (4) redes en que se subdivide el sistema. La Red Baja se encuentra definida por las válvulas rompecargas #1, #2, #3 y #4 y se corresponde con las áreas topográficamente más deprimidas incluyendo las zonas comerciales, de viviendas multifamiliares, el área de acceso y la zona baja del noreste y este del urbanismo. Los niveles asociados a la Red Baja se podrían identificar como los comprendidos entre las cotas 1.370 msnm y 1.410 msnm.

La Red Media se encuentra definida entre la válvula rompecarga #0 y las citadas anteriormente y, altimétricamente comprendido entre las cotas 1.410 msnm y 1.470 msnm. La red media incluye las áreas ubicadas al sur sureste (adyacente a Las Polonias) y La Red Alta

se encuentra definida entre el nivel del Tanque de Compensación (aprox. 1.525,00msnm) y la 1.470,00 msnm.

Por encima de la Red Alta se encuentra el Sector cercano al Estanque que, dominado por el nivel de tanque, no tiene nivel piezométrico suficiente para dar una calidad de servicio adecuada y, por lo cual se hace necesario incorporar otras formas de impulsión.

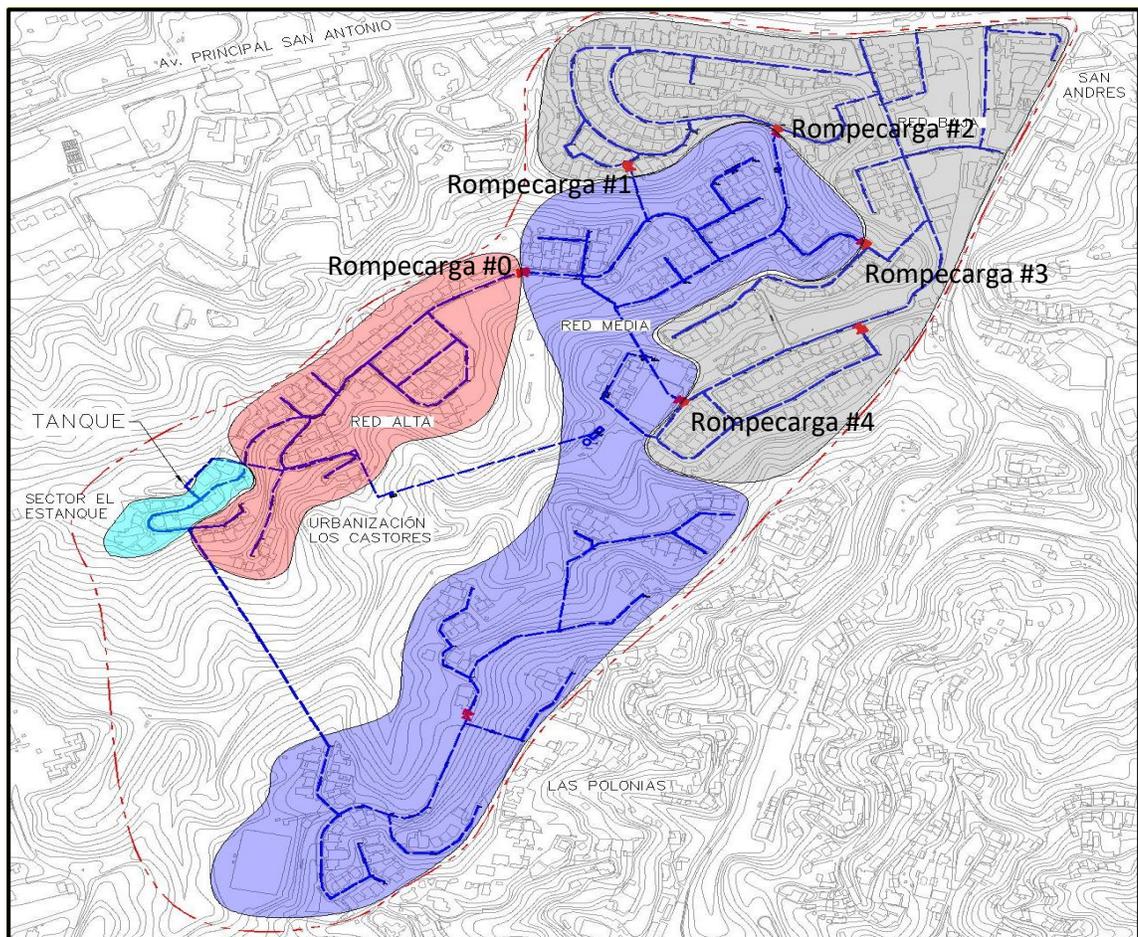


Figura N° 8. Delimitación de redes piezométricas de distribución.

Todas las tuberías que conforman la red son en hierro fundido de diámetros variables de 4", 6" y 8". Existen además suficientes válvulas que permiten aislar los sectores así e hidrantes para apoyar al momento de la extinción de un incendio.

Capítulo V: Diagnóstico del Sistema de Abastecimiento

El Diagnóstico constituye una evaluación, física, funcional y operativa de los diversos elementos que componen el sistema de abastecimiento. En sí mismo es un instrumento que facilita la toma de decisiones a la hora de establecer las propuestas de rehabilitación.

Se realiza fusionando la percepción de calidad de servicio de los usuarios con los comentarios de los operadores, el acopio de situaciones históricas y la inspección visual de los principales componentes del sistema.

A continuación se efectúa un resumen de la situación actual del servicio y sus posibles causas y consecuencias tratando de seguir el mismo orden desarrollado para su descripción.

V.1 Análisis de la demanda - Balance Hídrico

Uno de los problemas fundamentales a la hora de alcanzar una adecuada calidad de servicio en un sistema de abastecimiento es el de garantizar su continuidad en el tiempo y esto sólo se logra si se mantiene operativa la red de distribución a lo largo de las 24 horas del día y los siete (7) días de la semana.

La continuidad no es una característica propia del sistema Los Castores. En los actuales momentos, el sistema provee de agua potable diariamente en un lapso comprendido entre las 5:30 am y las 2:00 pm que constituye una mejora a los estándares de discontinuidad que ocurrieron en el pasado. Aunque esta situación es anormal, si las viviendas contaran con tanques de almacenamiento propios, sus habitantes considerarían que la continuidad dentro del sistema está garantizada. Por el contrario, aquellas otras edificaciones que no cuentan con tanque de almacenamiento, el suministro de agua ocurre únicamente las tuberías llevan agua y esto, por supuesto afecta las rutinas domésticas, comerciales o institucionales.

El Balance Hídrico es la comparación entre la oferta y la demanda de agua, que en el caso de Los Castores, la oferta la constituye el agua producida en el campo de pozos de la urbanización mientras que la demanda son las necesidades de agua de la urbanización.

Tal como se establece en los sub capítulos IV.2 y IV.3, las necesidades de agua de la urbanización adoptando como válida lo definido en la normativa vigente es de 15,49 lps (aproximadamente $1.340 \text{ m}^3/\text{día}$) que bien podría ser ajustada con buena medición a un valor comprendido entre 11 y 12 lps (950 a $1.050 \text{ m}^3/\text{día}$).

Por su parte, la oferta de agua; es decir, la capacidad de extracción de agua del subsuelo alcanza unos 22,50 lps ó 1.950 m^3 .

Una primera aproximación nos lleva a decir que el Balance Hídrico en Los Castores es positivo; es decir, se cuenta con más agua de la necesaria; sin embargo hay otros elementos a tomar en cuenta y que se pueden resumir en los siguientes parámetros:

- **Producción:** no todos los pozos se encuentran operativos razón por la cual la producción total actual en el sistema es inferior a la capacidad instalada. De hecho, la última medición realizada pone en evidencia que tan sólo hay seis (6) pozos operativos y ellos producen un total de 13,36 lps; es decir, el 60% de la capacidad total esperada.
- **Consumo:** al no contar con medición eficiente y tarifas que penalicen el derroche de agua el consumo puede ser superior a los $1.340 \text{ m}^3/\text{s}$ y únicamente restituyendo la entrega continua de agua en la red se podrá definir si los volúmenes obedecen a alguna demanda ajustada o no a lo esperado.

Por otra parte el consumo puede tener en estos momentos modificaciones asociadas a cambios en los tamaños de las parcelas, como consecuencia de la anexión de áreas verdes comunitarias a los lotes originales de terreno con lo cual es probable el incremento del volumen diario de consumo aunque, actuando positivamente para el balance, existe la posibilidad de no contar con una ocupación del 100% en las 615 viviendas.

- **Pérdidas:** hay una gran cantidad de espacios donde es posible la ocurrencia de pérdidas que alteran la igualdad en la ecuación generando una falsa percepción de grandes consumos que tan sólo son fugas y filtraciones a lo largo del sistema de abastecimiento que se infiltran en el suelo y, visto positivamente, recargan el acuífero.

Las pérdidas pueden ocurrir como fugas a lo largo de las tuberías que llevan el agua desde los pozos hasta el Tanque de Aguas Crudas, en los 3 tranques existentes y en las tuberías de impulsión y distribución. Su cuantificación es compleja puesto que la mayor parte de ellas son imperceptibles y tan sólo haciendo mediciones metódicas es viable su cuantificación más o menos exacta.

Un ejemplo de estas pérdidas pudo ser evidenciado al momento de medir los pozos Plaza Bolívar y Canchas Múltiples que, medidos a boca de pozo suman 4,10 lps pero que al medir a la llegada al Tanque de Aguas Crudas es de 3,56 lps, lo que implica unas pérdidas del 13% en este primer recorrido aunque esta situación puede deberse también a las condiciones de rugosidad de los conductos que impiden extraer la totalidad del agua que potencialmente puede.

En general se considera razonable en toda sistema de abastecimiento tenga no menos del 25% de pérdidas operativas y contables

Al incorporar estos elementos se podría decir que los componentes de la ecuación se ven modificados de la siguiente manera:

- La producción de los pozos alcanza 13,36 lps
- El consumo probable se mantiene en 15,49 pero al incorporar un valor de pérdidas del 25% éste sube hasta 19,36 lps

Y, debido a ello, **el Balance Hídrico final es Negativo**; es decir, la demanda supera la oferta de agua (producción) y no es posible mantener continuidad en el sistema.

V.2 Fuentes de Abastecimiento - Pozos

El estudio de las fuentes de abastecimiento se fundamenta en la información proporcionada por el Ing. De la cooperativa, proveniente de los informes de mantenimiento de cada uno de ellos.

Uno de los aspectos fundamentales que destacan es la ausencia de una rutina de mantenimiento de los pozos que se evidencia en que los niveles de producción actuales alcanzan el 60% de la capacidad nominal y en la imposibilidad de operar los pozos denominados Picosá, Aguas Blancas y Campo de Softbol.

En la Tabla N° 6 se resumen las características de los pozos existentes y las condiciones variables de medición y aforo que se pudieron obtener de 36 informes ocurridos entre los años 1985 y 2018.

Lecturas de los informes ponen en evidencia algunos problemas rutinarios con los pozos que deben ser tratados para evitar inconvenientes que se repiten a lo largo de la historia de la comunidad; son algunos de ellos:

- Acceso inconveniente o restringido
- No existe elemento de seguridad o se encuentran deteriorados.
- Tableros eléctricos y de control no operativo o afectado.
- Pérdida de producción por falta de mantenimiento
- Pérdidas en la tubería de aducción hasta el Tanque de Aguas Crudas por deslizamientos, daños por vegetación o impactos accidentales.
- Falta de mantenimiento del equipo de impulsión.
- Rutinas operativas no declaradas.

Es importante recalcar que los pozos son pieza fundamental para lograr la calidad de servicio deseado por la Comunidad por lo cual se deben reanudar esfuerzos para rehabilitar cada uno de ellos por separado y sus tuberías de aducción hasta la Planta de Potabilización.

V.3 Tanques de Almacenamiento

Los tres (3) tanques de almacenamiento que existen en el sistema de abastecimiento se encuentran operativos y en relativas buenas condiciones físicas. Aunque se considera importante la limpieza e inspección interna de estos elementos es importante destacar que,

luego de casi 60 años de operación, sus condiciones son relativamente buenas; sin embargo, es necesario desarrollar algunas actividades para mejorarlos, son ellas:

- Efectuar mediciones continuas con el fin de verificar la presencia de filtraciones o fugas en el tanque que se menciona en algunos de los informes obtenidos. En ellos se mencionan fugas entre los tanques de aguas crudas y almacenamiento así como eventuales fugas en el tanque de compensación.
- Verificar la estanqueidad de las válvulas de cierre del tanque de compensación que, debido a la frecuencia de su operación, pudiera ser necesaria su rehabilitación o mantenimiento menor.
- Inspección interna de las celdas del tanque de compensación demostró la afectación de las aguas en el friso y refuerzo del tanque. Aunque esta situación se ve como leve, debe ser objeto de atención y proceder a su reparación a la brevedad posible.

V.4 Sistema de Impulsión

El sistema de impulsión es, en estos momentos, el componente del sistema de abastecimiento que en peor condición física se encuentra. De acuerdo a cálculos someros realizados la capacidad real de impulsión se ubica en un 40% de su condición deseable y, por esta razón, constituye un cuello de botella para la consecución del objetivo de lograr una buena calidad de servicio.

De los cinco (5) equipos de bombeo instalados, tan sólo dos (2) de ellos se encuentran operativos y no se conoce si los niveles de presión y caudal que alcanzan son los debidos. Adicionalmente, según los reportes del equipo operativo, al momento de parar los equipos éstos pierden la ceba y es muy compleja su restitución por lo cual se puede suponer que la maraca de sección (o válvula de pie) se encuentran dañadas.

El manifold de descarga debe ser objeto de análisis puesto que las válvulas de retención ubicadas en ellas son del tipo europeo y éstas constituyen un importante impedimento al flujo que pudiera ocasionar, además de pérdidas significativas en la impulsión,

puntos vulnerables al propiciar la cavitación en las zonas de separación de flujo en la almeja central.

Aunado a las situaciones antes descritas se debe añadir el efecto que genera la condición actual de la tubería de aducción que conduce las aguas desde la Estación de Bombeo hasta el Tanque Los Bebés que, por su longitud, trayectoria y edad cuenta con pérdidas de agua significativas (fugas) y caídas de presión que se traducen en una importante disminución de los caudales que pueden ser llevados por este sub sistema.

V.5 Red de distribución

La mejor manera de verificar la condición funcional de la red de distribución es mediante el establecimiento de una simulación matemática que facilite la interpretación de la manera en que se distribuyen los caudales y presiones en toda la red.

Para la ejecución de dicha simulación se debieron definir los siguientes elementos:

- Red de Tuberías: según los planos de proyecto y construcción analizados en las oficinas administrativas de La Cooperativa Los Castores. La definición de la red consiste en determinar el alineamiento, diámetro, material y rugosidad de las tuberías instaladas.
- Accesorios principales: que permiten la sectorización del sistema o, en este caso, la creación de niveles operativos de presión a través de las válvulas reguladoras. Se incluyen dentro de los accesorios los hidrantes para la extinción de incendios.
- Fuentes y Almacenamientos: que incorporen agua al sistema y le permitan compensar la variación del consumo estimada.
- Consumos: en cada uno de los nodos de la red que permitan reproducir el volumen de agua consumido por cada sector la red de distribución.
- Curva de demanda: que reproduzca la manera en que los habitantes de la urbanización hacen uso del agua a lo largo del día.

En relación al establecimiento de los consumos en cada uno de los nodos en que se subdividió la red de distribución, se hizo uso de las tablas utilizadas para la definición de la

demanda total del urbanismo y se hizo una relación entre las parcelas abastecidas por cada nodo y sus consumos estimados.

Una vez esta demanda diaria fue definida se supuso que la curva de consumo normativa, también denominada “Curva Caricua” es la que mejor representa las variaciones horarias del consumo diario de Los Castores. Adicionalmente se considera prudente desarrollar todas las simulaciones bajo la condición de máximo consumo o lo que implica la suposición que la demanda promedio diaria alcanza un valor adicional al 25% el día de máximo consumo anual. La Tabla N° 8, que se muestra a continuación presenta los consumos horarios esperados en la red de distribución el día de máximo consumo.

Hora	Factor de uso horario	Factor por día de máximo consumo	Caudal medio horario (litros/segundo)
0	0,40	1,25	7,75
1	0,40	1,25	7,75
2	0,40	1,25	7,75
3	0,40	1,25	7,75
4	0,50	1,25	9,68
5	0,70	1,25	13,55
6	1,30	1,25	25,17
7	2,00	1,25	38,73
8	1,70	1,25	32,92
9	1,50	1,25	29,04
10	1,40	1,25	27,11
11	1,30	1,25	25,17
12	1,25	1,25	24,20
13	1,22	1,25	23,62
14	1,25	1,25	24,20
15	1,30	1,25	25,17
16	1,50	1,25	29,04
17	1,40	1,25	27,11

Hora	Factor de uso horario	Factor por día de máximo consumo	Caudal medio horario (litros/segundo)
18	1,20	1,25	23,24
19	0,90	1,25	17,43
20	0,60	1,25	11,62
21	0,50	1,25	9,68
22	0,45	1,25	8,71
23	0,40	1,25	7,75

Tabla N° 8. Consumo horario – Día de máximo Consumo.

La Figura N° 1, se presenta la curva horaria base utilizada antes de ser afectada por el factor de máximo consumo.

Una vez definidas las características presentadas anteriormente, y dándole la importancia requerida a cada una de ellas, pudo lograrse el modelado matemático a través del software WaterCAD, ejemplificándose por medio del mismo el comportamiento de la red de distribución en tres (3) escenarios. Entendiéndose por cada uno de ellos, lo siguiente:

- Primer escenario: es realizado tomando en consideración la información recaudada de los planos, teniendo siete (7) válvulas rompecargas, cuatro (4) bombas y 3 tanques. De esta forma se concibió el proyecto inicial.
- Segundo escenario: se da importancia a la discrepancia observada a la hora de realizar la inspección, dando como resultado la ausencia de una (1) válvula rompecargas y dos (2) bombas. Por lo que se tiene un total de seis (6) válvulas, dos (2) bombas y 3 tanques.

Es considerado en este escenario el horario en el cual se le suministra el agua en la actualidad a los usuarios, es decir, de cinco (5:00) am a dos (2:00) pm.

- Tercer escenario: se eliminan todas las válvulas rompecargas.

Como resultado del primer escenario se presentan las Figuras N° 9, 10 y 11, según sea el caso.

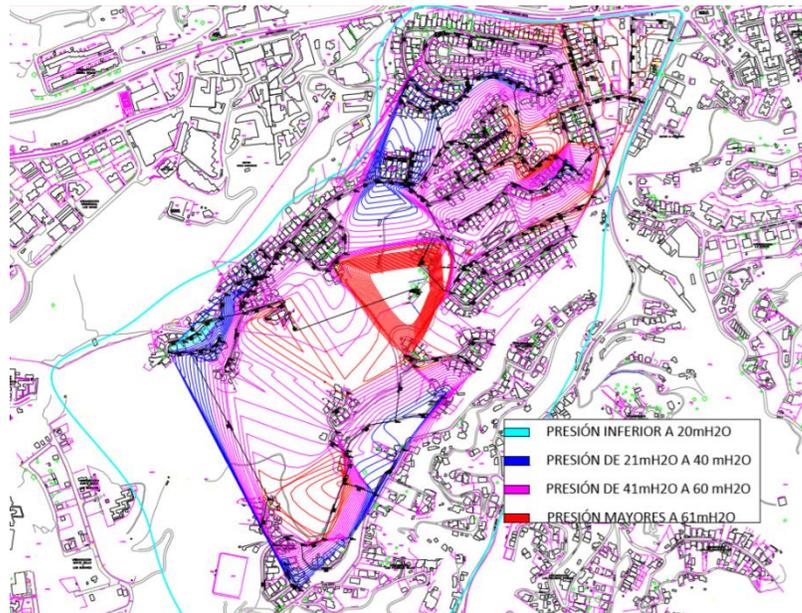


Figura N° 9. Niveles de presión para la hora 0 en el primer escenario.

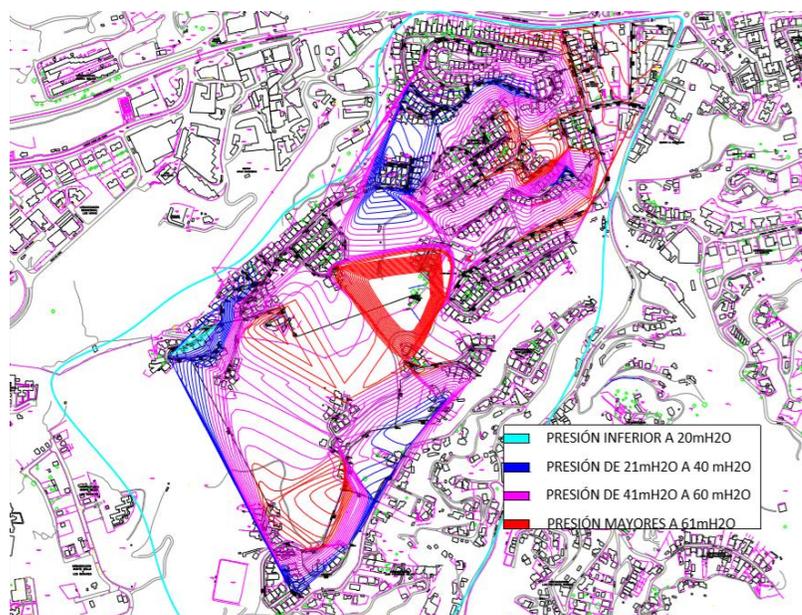


Figura N° 10. Niveles de presión para la hora 6 en el primer escenario.

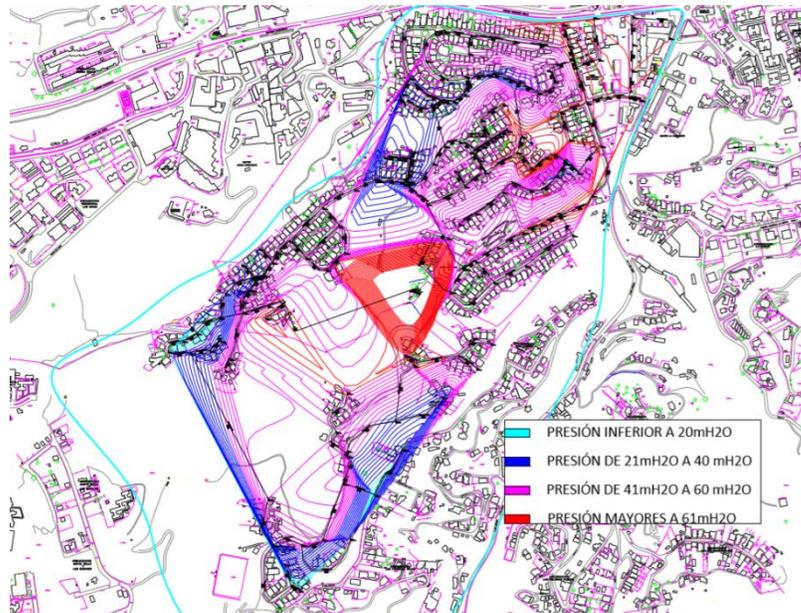


Figura N° 11. Niveles de presión para la hora 9 en el primer escenario.

Al ser realizada la simulación, son arrojados valores que indican que el sistema de abastecimiento trabaja con presiones máximas estables, permitiendo que dicho sistema tenga un funcionamiento continuo y seguro, otorgándoles a los usuarios un servicio de calidad.

Además de esto se puede prescindir de una de las válvulas rompecargas, debido a que su ausencia no altera el buen funcionamiento.

Al igual que en el escenario anterior, son presentadas las Figuras N° 12 y 13 relacionadas al segundo escenario, el cual representa el sistema existente en la actualidad.

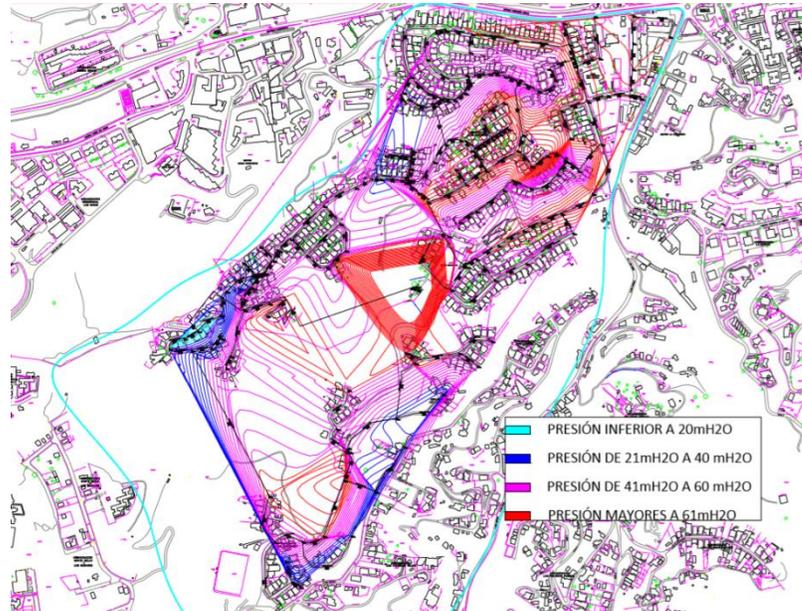


Figura N° 12. Niveles de presión para la hora 6 en el segundo escenario.

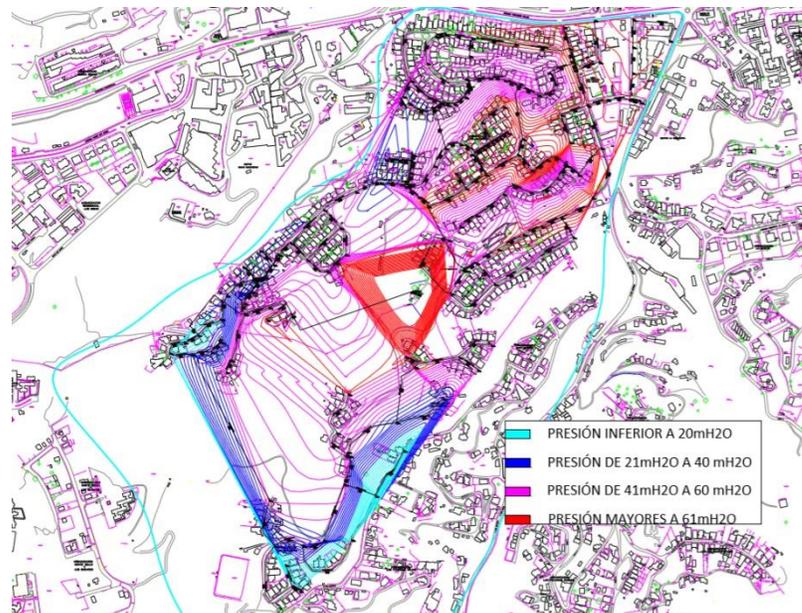


Figura N° 13. Niveles de presión para la hora 9 en el segundo escenario.

Una vez corrido el modelo, es notoria la disminución de presiones en las zonas altas. Al contar actualmente solo con dos (2) bombas, impide bombear la cantidad de agua

almacenada en los tanques inferiores, dificultando a su vez la comprobación de que la producción actual de los pozos cubra las necesidades de los usuarios.

Los niveles críticos de presión generados en el tercer escenario son exhibidos en la Figura 14, 15 y 16, según la hora.

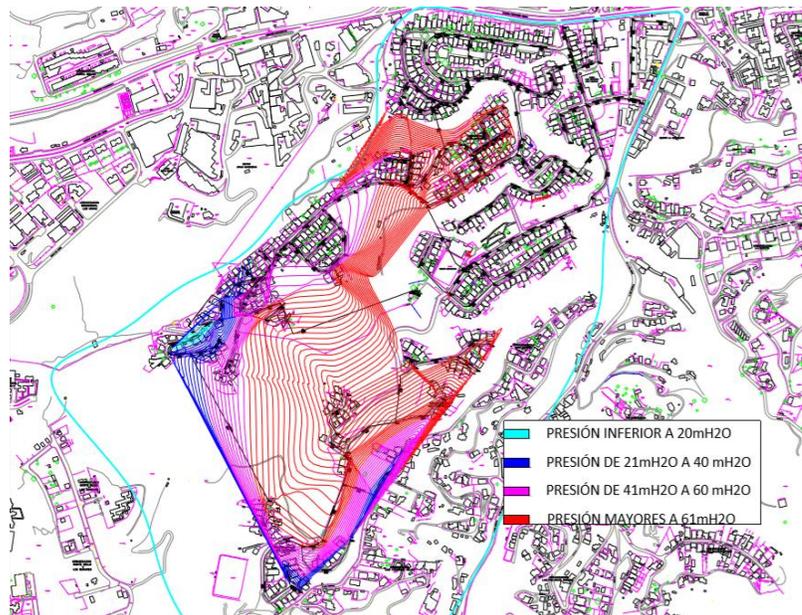


Figura N° 14. Niveles de presión para la hora 0 en el tercer escenario.

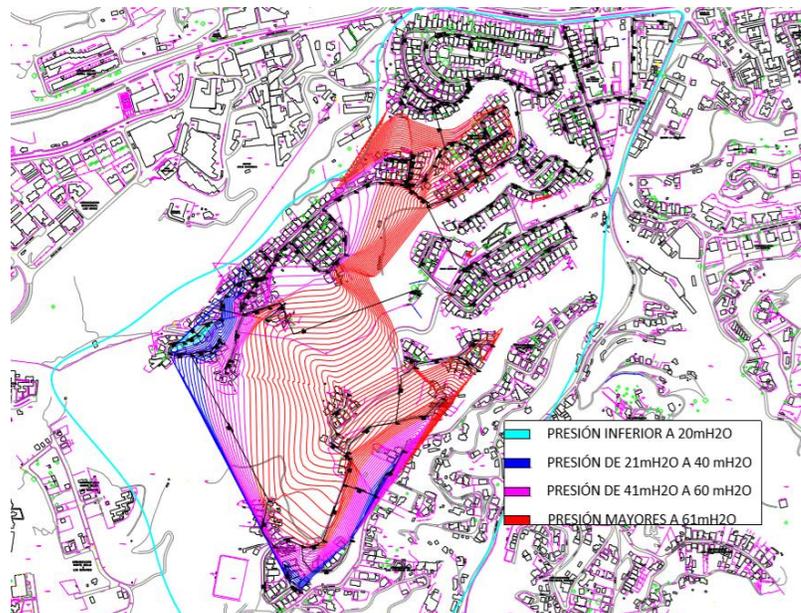


Figura N° 15. Niveles de presión para la hora 6 en el tercer escenario.

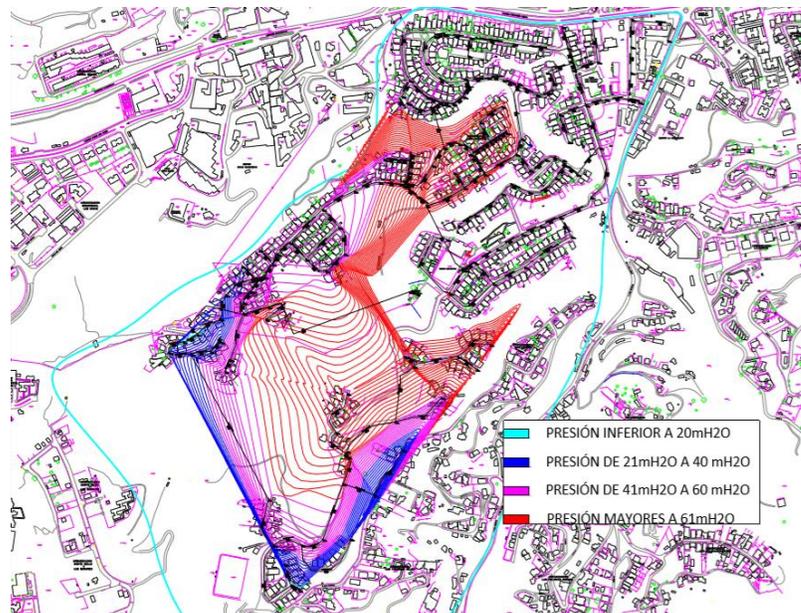


Figura N° 16. Niveles de presión para la hora 9 en el tercer escenario.

En este tercer escenario se evidencia la importancia de las válvulas rompecargas debido a las altas presiones generadas a lo largo de la red por su ausencia.

Los desniveles entre el punto más elevado (salida del tanque Los Bebés) y el punto más bajo (zona comercial) del agua, son bastante pronunciados, siendo este desnivel de aproximadamente ciento treinta (130) metros, lo que hace que el tercer escenario sea indudablemente crítico.

Tomando en consideración la operatividad actual del sistema, el cual consiste en permitir el llenado del tanque desde las dos (2:00) pm hasta las cinco (5:00) am, intentando alcanzar aproximadamente unos doscientos (200) m³ para poder dar inicio nuevamente al servicio a las cinco (5:00) am.

Cuando es analizado el volumen de consumo actual respecto al volumen de demanda, se aprecia una pequeña diferencia, siendo este último un poco mayor. Si bien los seis (6) pozos que se encuentran hoy en día en funcionamiento no están siendo capaces de cubrir la demanda en su totalidad, la diferencia existente entre dichos volúmenes no es demasiado elevada como para generar gran problemática e inconvenientes entre la población.

Es importante resaltar que con la capacidad actual de los pozos, sumado al manual de operación actual, hace imposible llevar a cabo un mantenimiento adecuado (procesos de lavados, restauraciones y/o reparaciones) al tanque Los Bebés, ya que para su realización una de las celdas quedaría fuera de servicio por un tiempo prologado, mientras que la otra trata de cumplir por si sola la función de cámara compensadora, fracasando debido a su insuficiencia en cuanto a capacidad.

El día en el cual se programe una limpieza y/o restauración, se hará suspensión del servicio, por lo que es imposible dar un servicio de calidad durante el tiempo que se requiera para dicha acción y el tiempo necesario para llegar de nuevo al equilibrio del mismo sistema.

En todos los escenarios expuestos anteriormente, se hace notar que las presiones mínimas también son un punto a destacar por el inconveniente que genera entre los usuarios de la red, debido a que son menores a las requeridas para un óptimo funcionamiento.

Estableciendo como un rango de presiones adecuadas, valores comprendidos entre veinte (20) y setenta y cinco (75) metros de columna de agua.

Para los escenarios uno (1) y tres (3) la hora 0 es la hora en que se inicia el servicio, con una altura de agua en el tanque de 5 metros se poseen presiones intermedias. En la hora 6 es donde el nivel de agua está más bajo, por lo que las presiones son menores, y por último, en la hora 9 se evidencian las presiones más altas por ende el nivel del tanque está más elevado.

Cabe acotar que para efectos de la simulación matemática y debido a la insuficiencia de los pozos para abastecer a plenitud el sistema, no se tomaron en cuenta, ya que por el mismo motivo es generado un error al realizar la corrida en el software.

V.6 Análisis de las rutinas de operación y mantenimiento

La rutina de operación llevada a cabo por el personal encargado, se base en dar apertura a la salida del agua desde el tanque Los Bebés a las cinco (5:00) am, y dar cierre a la misma a las dos (2:00) pm; permitiendo que en el resto del tiempo al estar suspendido el servicio, se llene el tanque para restablecer los niveles de agua y dar apertura al sistema.

En cuanto al mantenimiento, como se ha venido comentando a lo largo del manuscrito, es escaso.

Al no fijar un manual de operación que involucre una rutina de mantenimiento, aflora los daños y/o deterioro que pudieran ser a causa de una mala maniobra o el tiempo de vida útil; dando pie a una línea de trabajo que inicia con esta primera investigación.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

El capítulo descrito a continuación contiene las conclusiones del estudio y las recomendaciones del trabajo que son en sí mismas la Propuesta de Rehabilitación del Sistema de Abastecimiento Hidráulico.

VI.1 Demanda del Sistema de Abastecimiento

- Realizar una campaña en la que se incentive a la comunidad a disminuir o efectuar consumos racionales, a su vez implementar un plan de medición parcelaria en que se pueda conocer el consumo real de cada parcela, unidad de vivienda o establecimiento.
- Se debe realizar mediciones continuas por al menos tres (3) meses en la cual se pueda verificar las pérdidas en los diversos componentes.
- Sustituir progresivamente las tuberías viejas que permitan reducir o eliminar las pérdidas en la red de distribución.

VI.2 Fuentes de Abastecimiento (Pozos)

- Recuperar los pozos La Picoca, Aguas Blancas y Campo de Softball, los cuales no se encuentran operativos actualmente.
- Efectuar un análisis en las líneas de aducción que van desde los pozos hasta el tanque superficial que recibe las aguas crudas.
- Verificar las características de las bombas instaladas en los pozos y su viabilidad de uso que no afecte las líneas de producción de los demás pozos.
- Establecer rutinas periódicas de mantenimiento en cada uno de los pozos teniendo en cuenta su productividad en el tiempo.
- Rehabilitar las vías de acceso, mejorar las condiciones de los tableros eléctricos y de control, cercas, soportes etc.

VI.3 Tanques de Almacenamiento

- Inspeccionar y reparar la estructura interna y externa de los tanques con posibles fisuras y grietas así como alteraciones de los frisos y del refuerzo metálico.
- Efectuar mediciones periódicas con el fin de verificar si existen fugas o filtraciones en los tanques superficial, subterráneo y Los Bebés
- Verificar la condición física y funcional de las válvulas instaladas en las tuberías de llenado, limpieza y descarga.

VI.4 Sistema de Impulsión

- Reponer los tres (3) equipos de bombeo faltantes, permitiendo un esquema rotativo de trabajo para menor desgaste de los mismos y además aumentar el caudal bombeado.
- Identificar los problemas que tienen los equipos que operan cada vez que se apagan, ya que pierden la ceba.
- Establecer un sistema de control que permita el encendido de 2, 3 y hasta 4 equipos simultáneamente y permita la alternancia en el funcionamiento de tal manera que se alcance la condición normal de funcionamiento en un esquema de N+1.
- Rehabilitar la tubería de aducción en tramos afectados por deslizamientos o caídas de árboles que van hasta el Tanque Los Bebés.
- Sustituir las válvulas tipo europea ubicadas en el manifold de descarga de la caseta de bombeo por válvulas tipo clapeta.
- Mejorar el sistema eléctrico de los equipos.

VI.5 Red de Distribución

- Inspeccionar el estado en que se encuentran las válvulas reguladoras de presión (rompecargas) y proceder a calibrar las mismas, ajustando las presiones de salida a los valores recomendados.
- Definir la condición operativa de cada válvula de sectorización y si es necesario proceder a su rehabilitación.
- Inspeccionar la tubería que alimenta el sector Sur de la urbanización y, de ser necesario, proceder a su sustitución. Como primera medida de verificación de su condición actual es de interés proceder a la apertura de la válvula de descarga que se ubica sobre el paso de la quebrada para aliviar la acumulación de sedimentos que pudieran estar allí alojados.
- Desarrollar rutinas de medición en la red con el fin de verificar si es viable cuantificar las fugas que ocurren en ella. Se debe iniciar éstas mediciones en aquellos espacios donde se puedan identificar altas presiones, entendiendo por éstas aquellas que exceden los 75 mca.
- Efectuar pruebas en los hidrantes instalados que permitan identificar si se encuentran operativos. Éstos permitirían corroborar niveles piezométricos en la red.

Referencias bibliográficas

Bolinaga, J. J. (1.999). *Proyectos de ingeniería hidráulica* (1ra edición). Caracas, Venezuela: Fundación Polar.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinario (2.000). *Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones* (1ra ed.).Caracas, Venezuela.

<https://civilgeeks.com/2011/10/12/componentes-esenciales-de-un-sistema-de-abastecimiento-de-agua/> (17/09/18)

https://ingenieriareal.com/tipos-de-pozos-para-extraer-agua-subterranea/#Pozos_Verticales (17/09/18)

<https://saraemor.wordpress.com/componentes-de-un-sistema-de-abastecimiento/> (21/09/18)

<https://water.usgs.gov/gotita/earthgwwells.html> (20/09/18)

<https://wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y> (19/09/18)

<http://www.arkiplus.com/sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable> (20/09/18)

<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=840> (17/09/18)

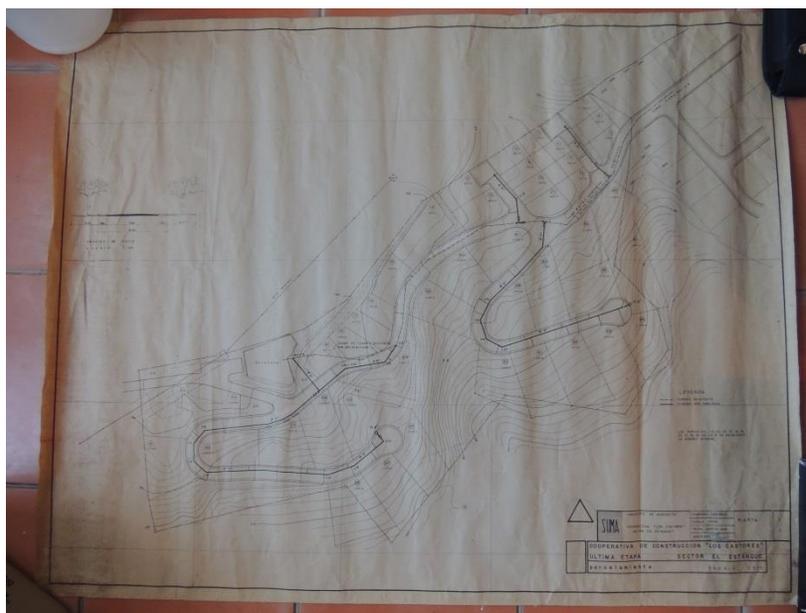
<https://www.inoxalia.net/tipos-valvulas-distinto-funcionamiento/> (21/09/18)

Palacios Ruiz, Á. (2.011). *Acueducto, cloacas y drenajes. Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos* (2da ed.). Caracas, Venezuela: Publicaciones UCAB.

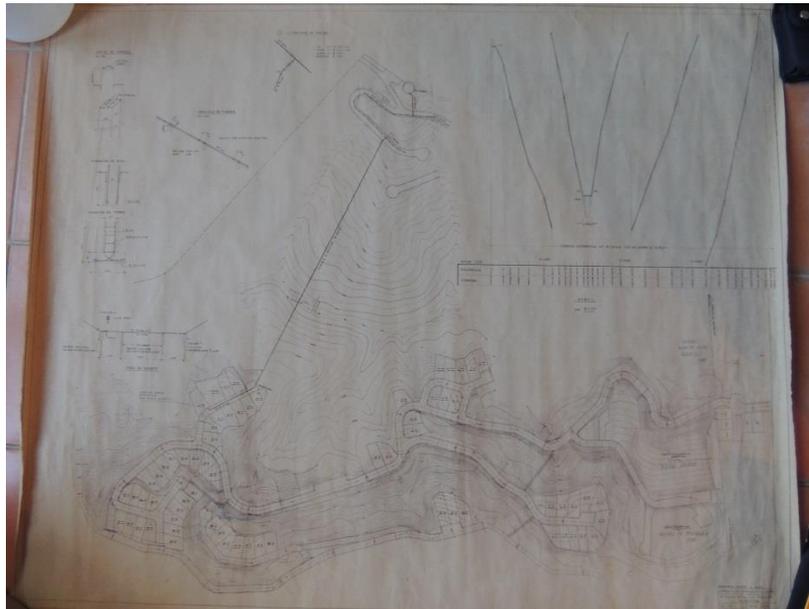
Anexos

Nombre	Descripción
UC-ACU-ESTANQUE 1	Red de tuberías cercanas al tanque Los Bbebés
UC-ACU-GEN 1	Distribución de tuberías red alta
UC-ACU-GEN 5	Distribución de tuberías red baja
UC-ACU-GEN 6	Distribución de tuberías red media/baja
UC-ACU-GEN 7	Distribución de tuberías red baja/zona comercial
UC-ACU-GEN 8	Distribución de tuberías red baja/Plaza Bolívar
UC-ACU-GEN-9	Distribución de tuberías zona comercial
UC-ACU-GEN-11	Distribución de tuberías red alta
UC-ACU-GEN-12	Distribución de tuberías red media
UC-ACU-GEN 14	Distribución de tuberías red media/baja
UC-ACU-TAN 2.1	Detalle del tanque Los Bebés
UC-LOT-3	Lista de parcelas con sus áreas

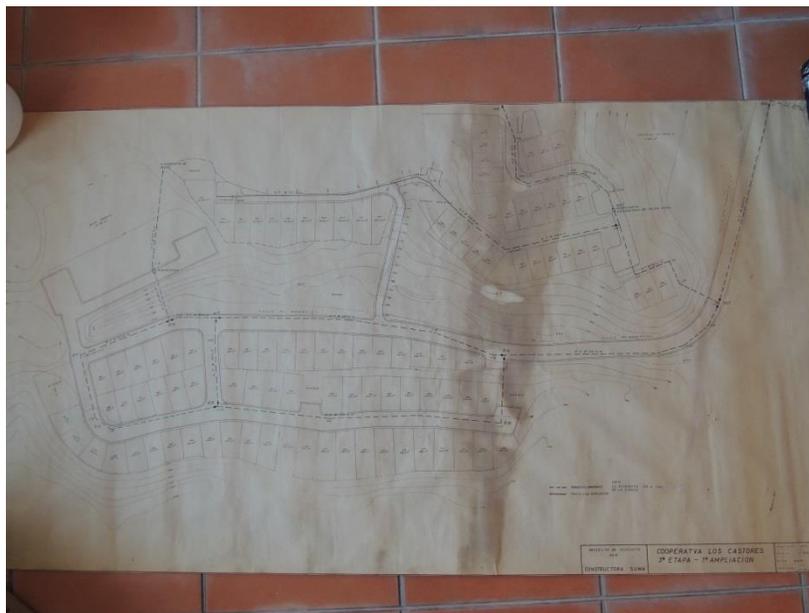
Anexo N° 1. Listado de planos de planta.



Anexo N° 1.1. UC-ACU-ESTANQUE 1.



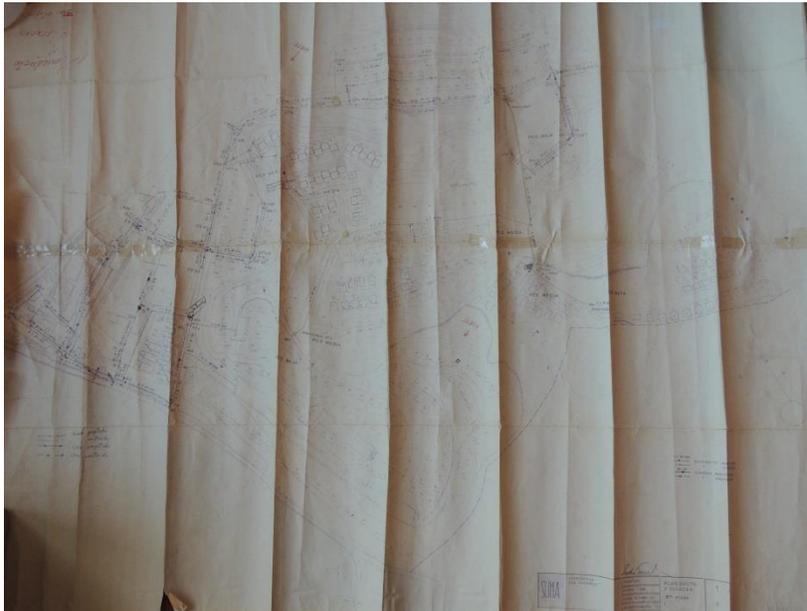
Anexo N° 1.2. UC-ACU-GEN 1.



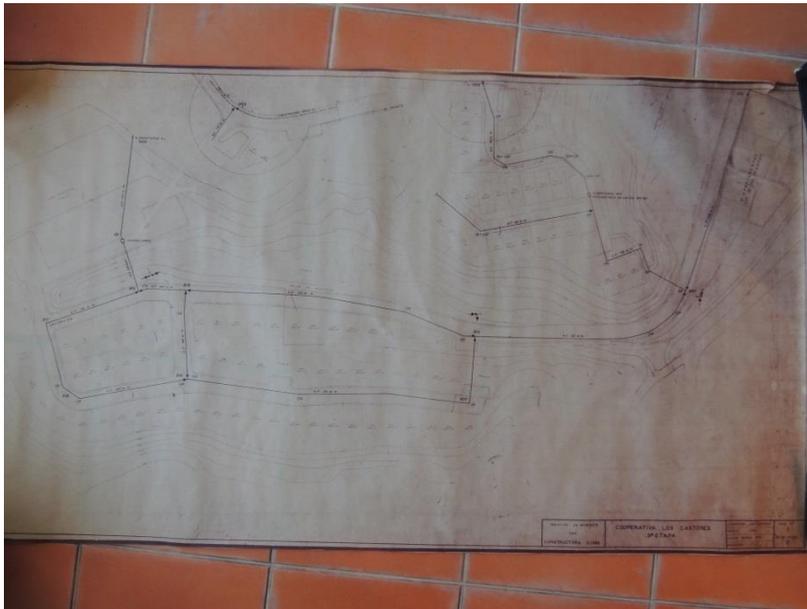
Anexo N° 1.3. UC-ACU-GEN 5.



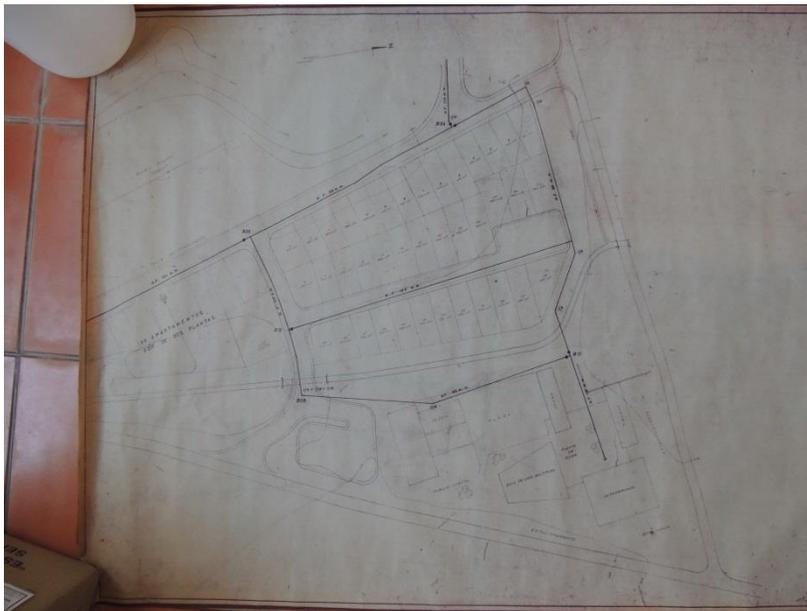
Anexo N° 1.4. UC-ACU-GEN 6.



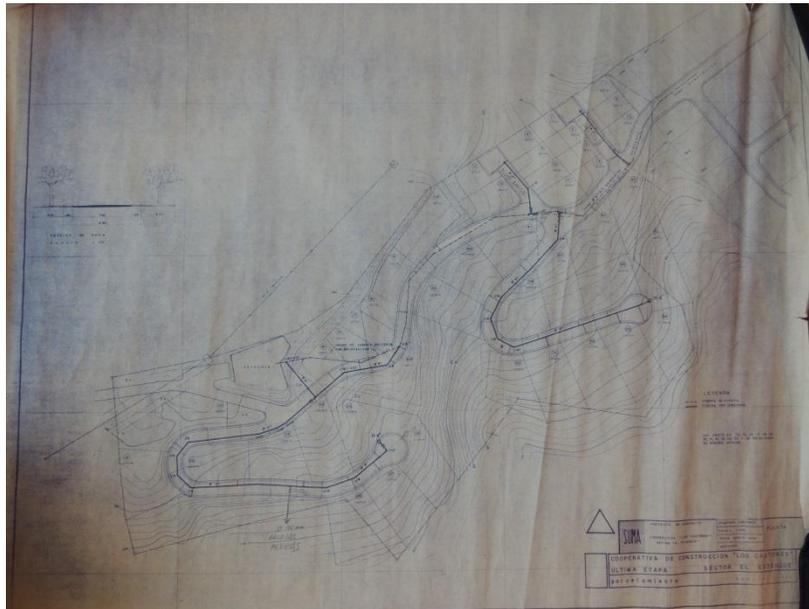
Anexo N° 1.5. UC-ACU-GEN 7.



Anexo N° 1.6. UC-ACU-GEN 8.



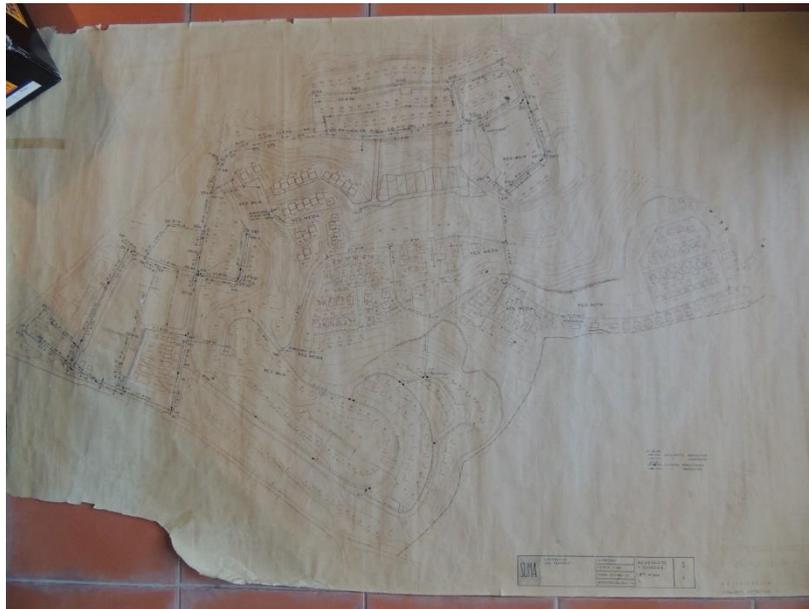
Anexo N° 1.7. UC-ACU-GEN 9.



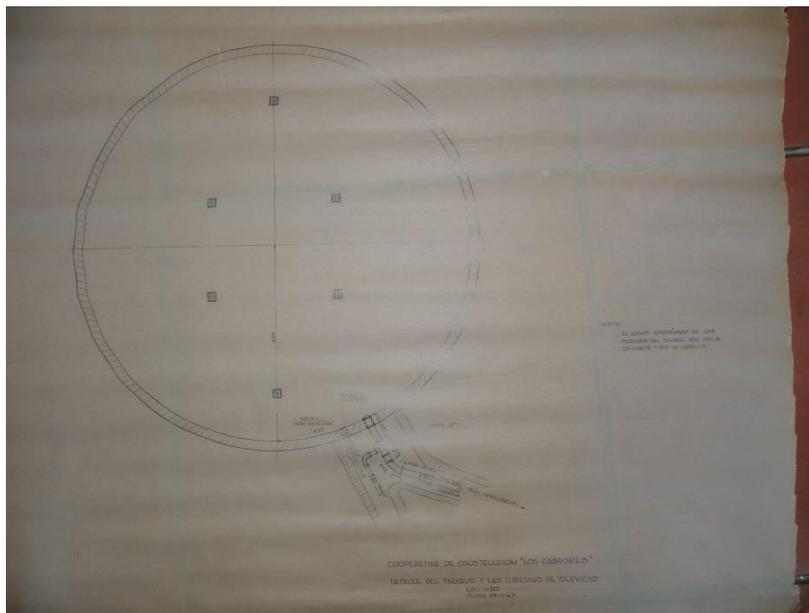
Anexo N° 1.8. UC-ACU-GEN 11.



Anexo N° 1.9. UC-ACU-GEN 12.



Anexo N° 1.10. UC-ACU-GEN 14.



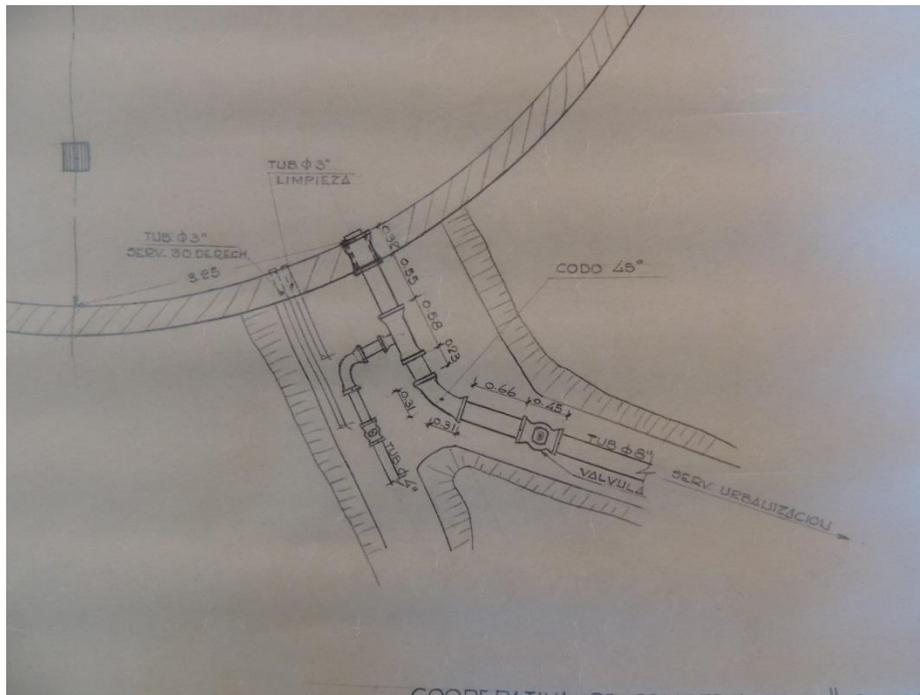
Anexo N° 1.11. UC-ACU-TAN 2.1.



Anexo N° 1.12. UC-LOT 3.

Nombre	Descripción
POZO 1	Información recaudada del mantenimiento del pozo Plaza Bolívar
POZO 2	Información recaudada del mantenimiento del pozo La Picoca
POZO 3	Información recaudada del mantenimiento del pozo Aguas Blancas
POZO 4	Información recaudada del mantenimiento del pozo Salamanca
POZO 5	Información recaudada del mantenimiento del pozo Canchas Múltiples
POZO 6	Información recaudada del mantenimiento del pozo Polideportivo
POZO 7	Información recaudada del mantenimiento del pozo Pozo Norte
POZO 9	Información recaudada del mantenimiento del pozo Campo de Softball

Anexo N° 2. Listado de información de los pozos.



Anexo N° 3. Detalle del tanque Los Bebés.



Anexo N° 4. Tanque superficial.



Anexo N° 5. Estación de potabilización.



Anexo N° 6. Estación de bombeo.



Anexo N° 7. Manifold de impulsión.



Anexo N° 8. Acceso a las celdas del tanque Los Bebés.



Anexo N° 9. Aducción del tanque Los Bebés.



Anexo N° 10. Deterioro de la infraestructura interna del tanque Los Bebés.



Anexo N° 11. Interior del tanque Los Bebés.



Anexo N° 12. Interior del tanque Los Bebés.



Anexo N° 13. Nivel de agua en la celda dos (2) del tanque Los Bebés.



Anexo N° 14. Tubería de rebose tanque Los Bebés.



Anexo N° 15. Válvula rompecargas.



Anexo N° 16. Válvula rompecargas.



Anexo N° 17. Válvula de cierre deteriorada.



Anexo N° 18. Válvula de cierre deteriorada.



Anexo N° 19. Válvula de cierre obstruida.