



7 CAPÍTULO: ANÁLISIS Y MODELACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

7.1 Introducción

Para analizar y evaluar el comportamiento de la red de agua potable existente y poder establecer escenarios futuros, es necesario conocer el funcionamiento hidráulico de este complejo sistema. En la actualidad, los ordenadores personales permiten la aplicación de software para la simulación hidráulica, reduciendo al menos la complejidad de los cálculos, a la revisión de los datos de entrada y salida del modelo, comparando los resultados de cada simulación y/o contrastarlo con las mediciones en distintos puntos del sistema.

Dentro de los modelos más usados para este tipo de sistemas se encuentra EPANET, el cual se utilizó en la modelación hidráulica realizada en conjunto con EpaCAD, programas que se describirán más adelante. Cabe destacar que todas estas herramientas requieren información que muchas veces no es medida y eso dificulta la interpretación de los resultados obtenidos.

Tanto para la modelación de la situación actual como para los escenarios futuros se tienen en cuenta la descripción del sistema realizado en Capítulo 4 donde se analizó la oferta del sistema Unquillo-Mendiolaza (Fuentes, cañerías, cisternas, bombas, etc.), y la distribución de la demanda asociada a la cantidad de habitantes y la distribución de ellos en la planta urbana (Capítulo 5).

7.2 Descripción del modelo hidráulico EPANET

EPANET es un programa desarrollado por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) que permite simular el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de agua a presión. Una red puede estar compuesta por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET efectúa el seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- no existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse
- las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- admite bombas de velocidad fija o variable
- determina el consumo energético y sus costos
- permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.



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

7.2.1 Componentes Físicos de la Red

Los componentes físicos de una red de agua se pueden clasificar en:

Tramos (links):

1. Tuberías (pipes)
2. Bombas (pumps)
3. Válvulas (valves)

Nodos (nodes o junctions):

1. Puntos de consumo (demand nodes)
2. Puntos de entrada (source nodes)
3. Puntos con almacenamiento (storage nodes)
 - a) Tanques (tanks)
 - b) Reservorios (reservoirs)

Para evaluar la pérdida de carga por fricción (head loss) en **tuberías** son utilizadas expresiones genéricas del tipo:

$$h_L = Aq^B$$

Donde:

- h_L : pérdida de carga por fricción
- A: coeficiente de resistencia
- q: caudal
- B: exponente de caudal

En la Tabla 1 se presentan las expresiones del coeficiente de resistencia y el valor del exponente del caudal para cada una de las fórmulas de pérdidas friccionales mencionadas.

Tabla 1: Fórmulas de pérdida de carga por fricción en tuberías

Fórmula	Coficiente de Resistencia (A)	Expon. Caudal (B)
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1,852} d^{-4,871} L$	1,852
Darcy-Weisbach	$0,0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2,000
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5,33} L$	2,000

(Las pérdidas se expresan en m.c.a y el caudal en m³/seg)



Donde:

- C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
- ϵ = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
- f = factor de fricción (depende de ϵ , d, y q)
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning
- d = diámetro de la tubería (m)
- L = longitud de la tubería (m)
- q = caudal (m³/s)

Cada expresión utiliza un coeficiente de rugosidad distinto, el cual debe determinarse empíricamente. En la Tabla 2 se resumen los rangos de variación de estos coeficientes para el caso de tuberías nuevas.

Tabla 2: Coeficiente de rugosidad para tuberías nuevas

Material	C Hazen-Williams (universal)	ϵ Darcy-Weisbach (mm)	n Manning (universal)
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de H ^o	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	141 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

7.2.2 Algoritmos de Cálculo

El método que emplea EPANET para resolver simultáneamente las ecuaciones de continuidad en los nudos y las ecuaciones de comportamiento hidráulico de las tuberías, puede clasificarse como un método híbrido de nudos y mallas. Todini y Pilati (1987), y después Salgado et al. (1988) decidieron llamarlo "Método del Gradiente". Métodos similares fueron propuestos anteriormente por Hamam y Brameller (1971) (el "Método Híbrido") y por Osiadacz (1987) (el "Método de Newton para Nudos y Mallas"). La única diferencia entre estos métodos es la forma en que se actualizan los caudales de línea, después de haber encontrado una nueva solución provisional para las alturas de energía en los nudos EPANET utiliza la aproximación de Todini.

La relación entre la pérdida de carga para una tubería que va del nudo i al j , y el caudal puede escribirse como:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2$$

Donde:

- H: altura piezométrica en nudos i y j
- h: pérdida de carga
- r: coeficiente de resistencia
- Q: caudal
- n = exponente del caudal
- m = coeficiente de pérdidas menores.

El segundo sistema de ecuaciones a cumplir está configurado por la ecuación de continuidad en todos los nudos:



$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n$$

Donde D_i es el caudal de demanda en el nudo i , el cual por convención se toma como positivo cuando entra al nudo.

7.2.3 EpaCAD

Para poder realizar la simulación de la red con EPANET, se utilizó además el programa EpaCAD para representar las tuberías de nuestro sistema.

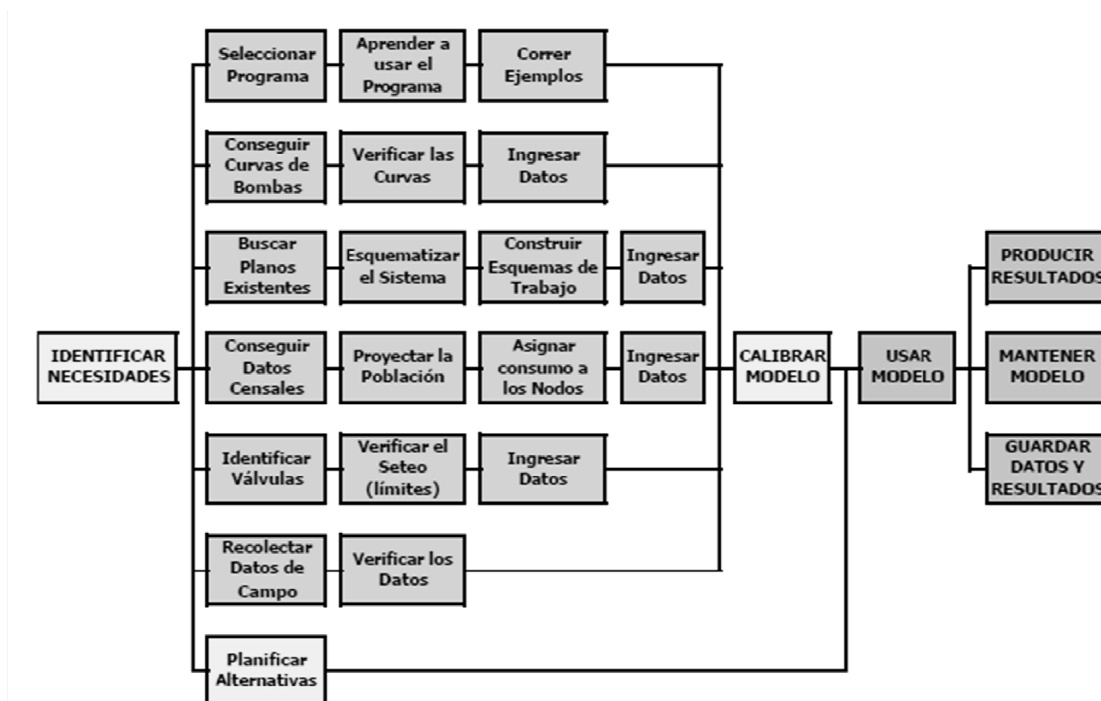
EpaCAD es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AUTOCAD, en un fichero interpretable por EPANET. En este proceso, EPACAD es capaz de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos, facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar la red a modelar.

Además debido a que se trabajó con planos georeferenciados, se suma la ventaja de que las redes modeladas se encontraran en el mismo sistema, lo que facilita el cargado de nuevos tramos o posibles ampliaciones que se realicen

7.2.4 Construcción del Modelo

Los pasos a seguir en el proceso de modelación de una red de distribución de agua, en este caso utilizando el programa EPANET, puede resumirse en la Figura 1.

Figura 1: El procesos de Modelación



7.3 Aplicación al sistema de Unquillo - Mendiolaza

Al igual que otras herramientas para el análisis en ingeniería, resulta necesario aplicar el modelo hidráulico a una situación donde los datos y parámetros de entrada y las

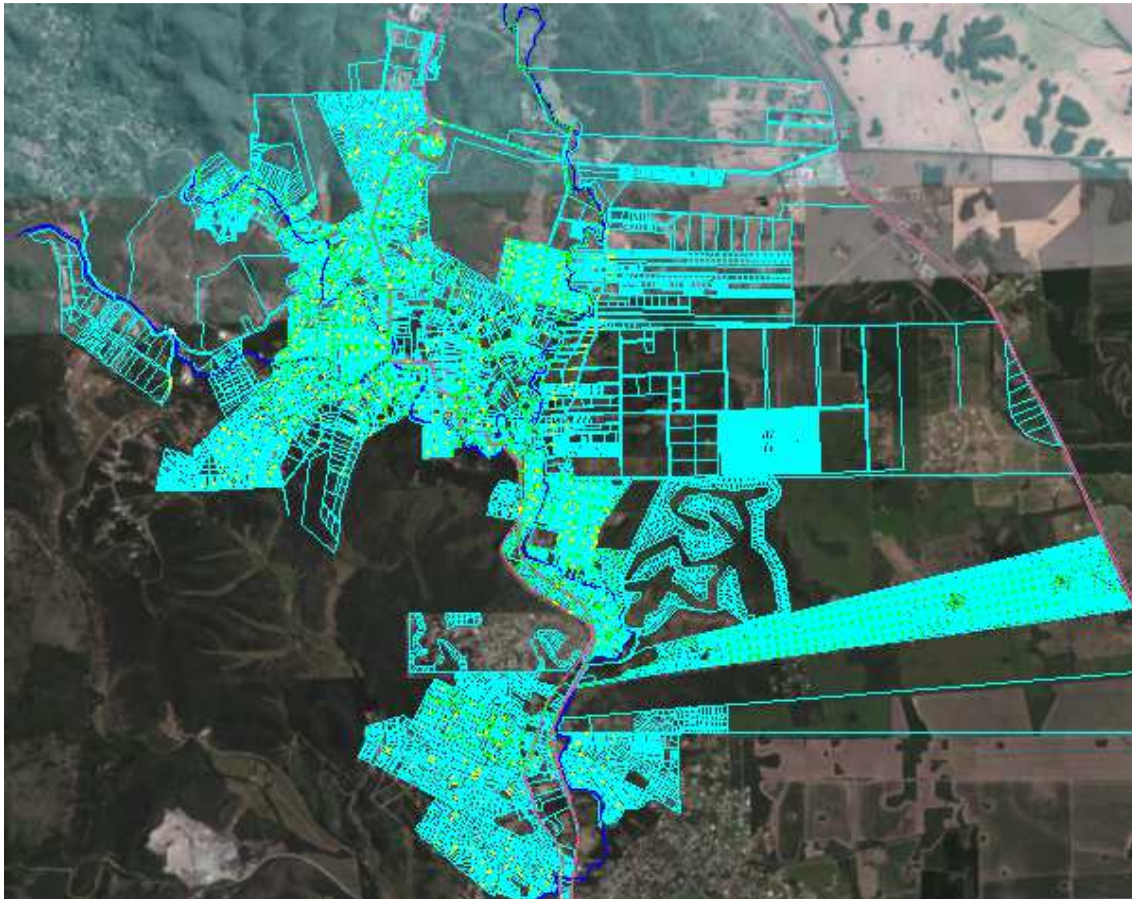


variables resultantes sean aproximadamente conocidos, de manera que pueda lograrse una representación del funcionamiento del sistema. Para esto es necesario realizar mediciones periódicas de los diferentes parámetros (presiones, caudales, etc.), lo que permitirá estudiar los posibles escenarios futuros basados en distintas hipótesis.

Antes de comenzar con el modelado de la red se realizaron algunas tareas previas consistentes en relacionar la base de datos del servicio de agua con el catastro parcelario de la localidad e imágenes georeferenciadas. (Figura 2)

Esto permitió observar la distribución de las conexiones de agua en la planta de servicio, además con las imágenes satelitales fue posible identificar aquellas parcelas donde existen edificaciones y no son socios de la Cooperativa lo que permite contabilizar parcelas con fuentes propias o conexiones clandestinas. Información con la cual se elaboraron las tablas que se encuentran en el capítulo 5 Estudio de la demanda.

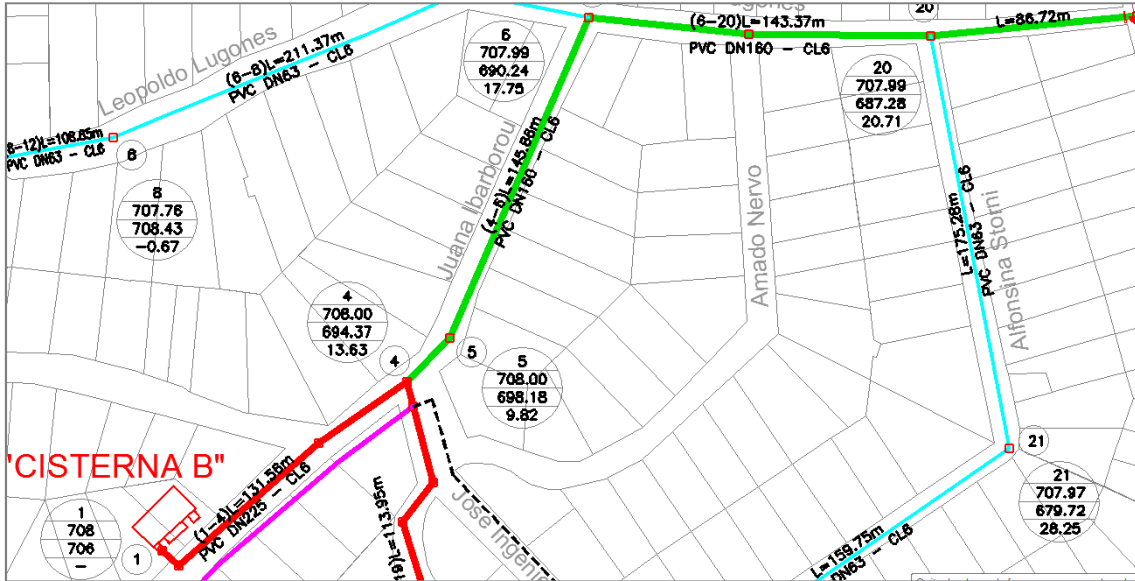
Figura 2: Parcelario de Unquillo y Mendiolaza sobre Imagen satelital georeferenciada.



Además teniendo en cuenta que al comenzar el presente trabajo no se contaba con los planos finales de las redes de las distintas cisternas, fue necesario la recopilación de antiguos planos en formato papel, actualizaciones parciales en formato digital y distintas visitas a fin de relevar las redes de distribución actuales y elaborar los planos finales con los cuáles modelar el sistema, que se encuentran en el Anexo H de este trabajo. (



Figura 3: Sector de Red de distribución de Cisterna B en formato Cad.

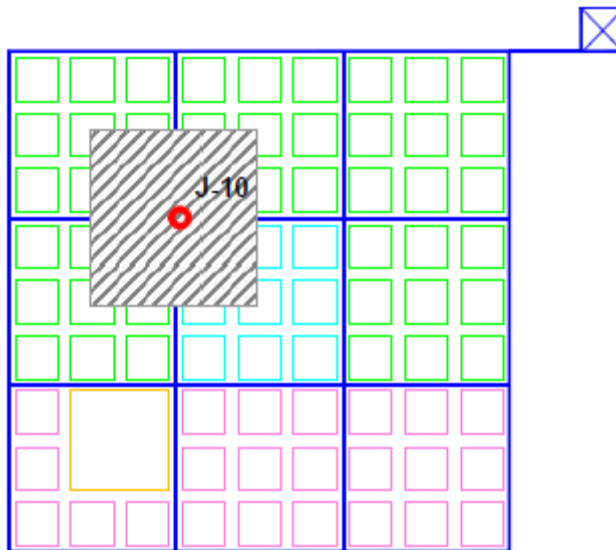


Con estos archivos y un modelo digital del terreno utilizando cotas obtenidas a partir de curvas SRTM y la red de desagües cloacales proyectada por la Ex. DiPAS se modeló el sistema de cada una de las redes de distribución y el sistema de abastecimiento desde la cisterna San Alfonso en Villa Allende.

El paso siguiente fue la asignación de los datos necesarios, tanto para los nodos como conducciones para el correcto funcionamiento del programa. A las conducciones se les asignaron diámetros y materiales (mediante un coeficiente de rugosidad).

En el caso de los nodos se cargaron en primer lugar Embalses, Cisternas y bombas. El siguiente paso fue la asignación de demandas, utilizándose para la modelación del estado actual una dotación de 200lts/hab día, según capítulo 4 “Estudio de la Oferta”.

Figura 4: Ejemplo asignación de consumos para el Nudo J-18



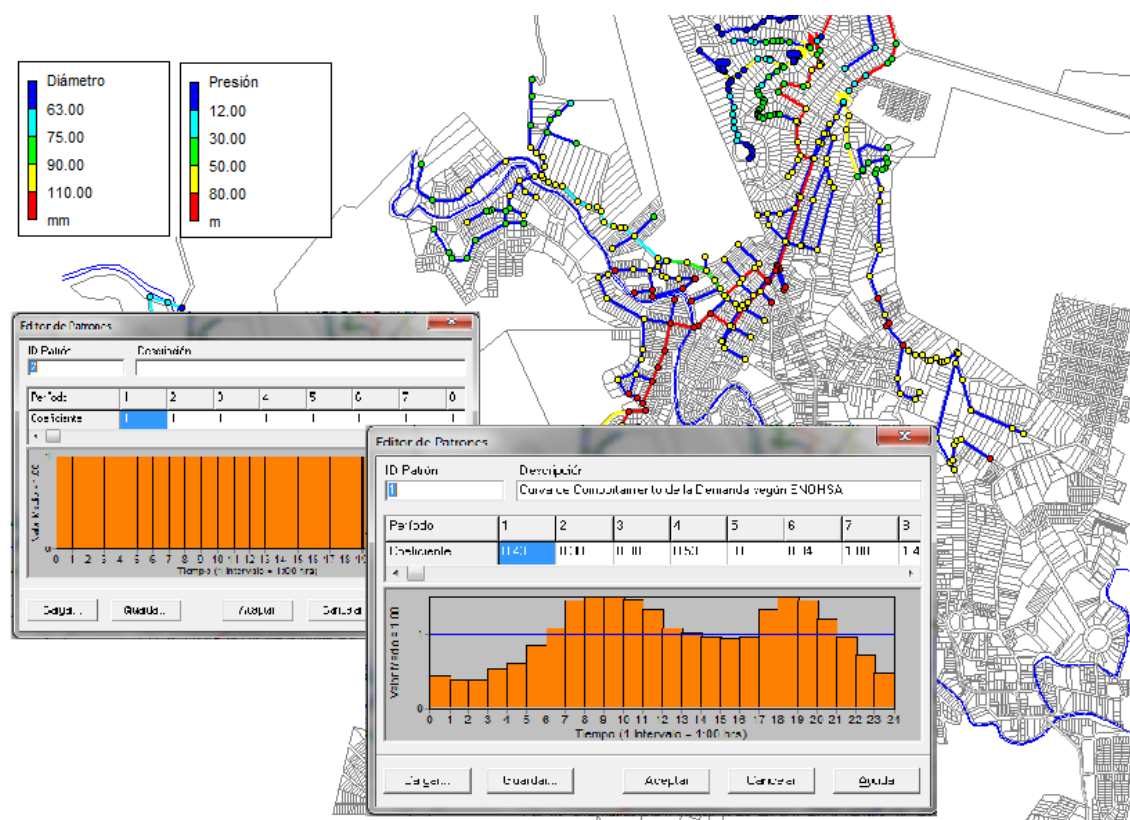


Para el cálculo de las pérdidas de energía se empleó la fórmula de Hazen-Williams por ser aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes.

Para asignar los consumos a cada nodo se consideró el área de cobertura de cada uno de ellos en función de su ubicación (Figura 4), de esta manera al nudo j-14 de este ejemplo se le asignará el consumo correspondiente al número de conexiones involucradas dentro del área rayada. Los valores asignados para estos consumos se corresponden con la demanda actual, utilizando el caudal máximo horario, representando el peor escenario posible.

Además, se utilizaron patrones de demanda constante y los patrones de consumo tipos elaborados por la Normativa del ENOHSa (Figura 5), lo que permitió analizar la variación temporal de cada una de las variables del sistema.

Figura 5: Patrones de Consumo Cargados al Modelo



7.3.1 Situación Actual y Calibración del Modelo

Los modelos hidráulicos como el que se pretende en este estudio, requieren de gran cantidad de datos para el correcto funcionamiento, tales como cotas y demandas en los nodos, longitudes, materiales, rugosidades, accesorios en las cañerías, caudales y potencia o rendimiento del sistema de bombeo, entre otras características.

Debido a la complejidad del sistema a causa de sus forma de operación, readecuaciones, modificaciones sin planificación previa, ausencia de un registro de información o datos que permitan analizar el llenado de las cisternas, presiones en distintos puntos de la red, entre otras características se elaboro el modelo utilizando

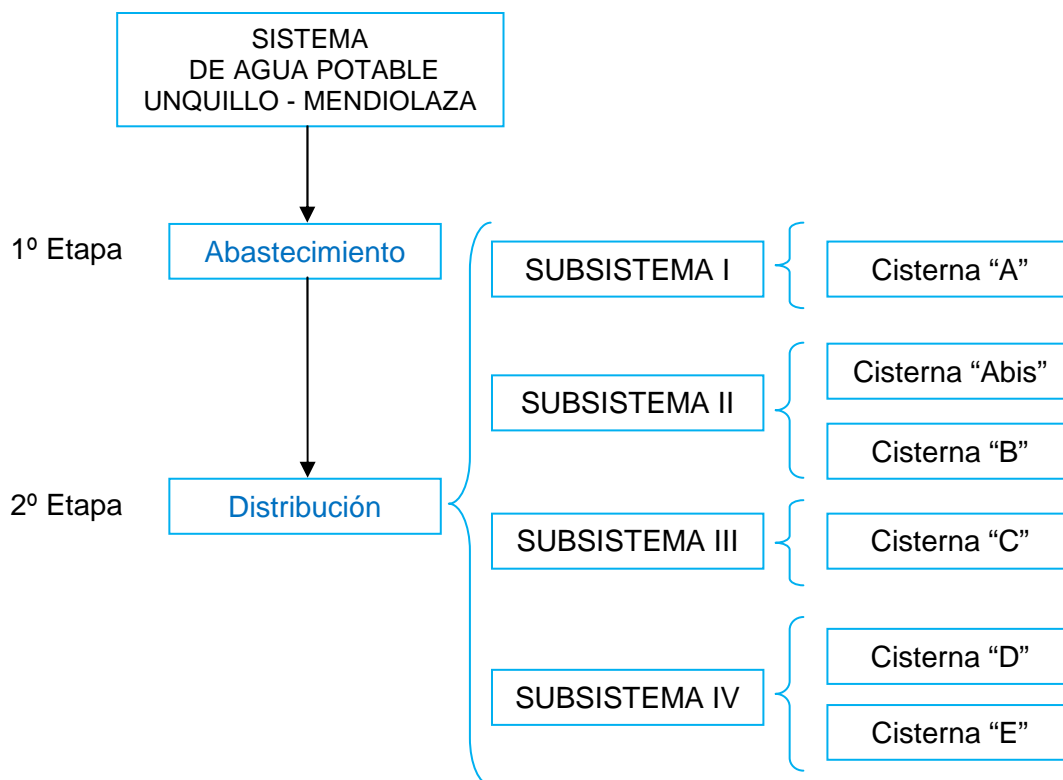


toda la información recabada con el fin de generar un modelo inicial que formara parte de la nueva base de datos que contará la cooperativa el cuál se deberá actualizar y modificar a medidas que se realicen las obras necesarias permitiendo que este modelo se ajuste de la mejor manera al funcionamiento real del sistema.

La modelación lograda se ajusto luego, con la información suministrada por los técnicos de la Cooperativa para lograr que la misma sea una representación lo más cercana posible al funcionamiento real del sistema.

El modelo hidráulico del sistema se realizo en dos etapas:

1. Etapa: Modelación del sistema de abastecimiento desde la cisterna San Alfonso en Villa Allende a la ciudad de Unquillo.
2. Etapa: Modelación del sistema de distribución de agua potable a partir de las distintas cisternas.



En la primera etapa se modelo el sistema principal de la red considerando hasta el llenado de todas las cisternas. En este punto no se cuenta con los caudales que ingresan a través de la planta potabilizadora “La Quebrada” debido a que a futuro se prevé que ambas localidades se abastezcan únicamente desde la Planta Potabilizadora “La Calera”.

En la segunda etapa, se dividió el sistema general en subsistemas elegidos convenientemente según las modificaciones y conexiones realizadas por la Cooperativa tendientes a solucionar los inconvenientes que se fueron presentando en la red desde sus inicios hasta la actualidad.



De cada uno de estos subsistemas se determinaran los puntos críticos, ubicando los sectores con presiones bajas y elevadas en relación a los límites contemplados por la normativa del ENOHS.A. ($P_{mín}=12m.c.a$; $P_{máx}=30m.c.a$; $P_{máx}^*=50m.c.a$) con estos datos se encontrarán los sectores sobre los cuales se necesitará tomar las medidas pertinentes a fin de mejorar la situación actual permitiendo el suministro de agua potable a cada una de las conexiones y protegiendo los elementos de la red.

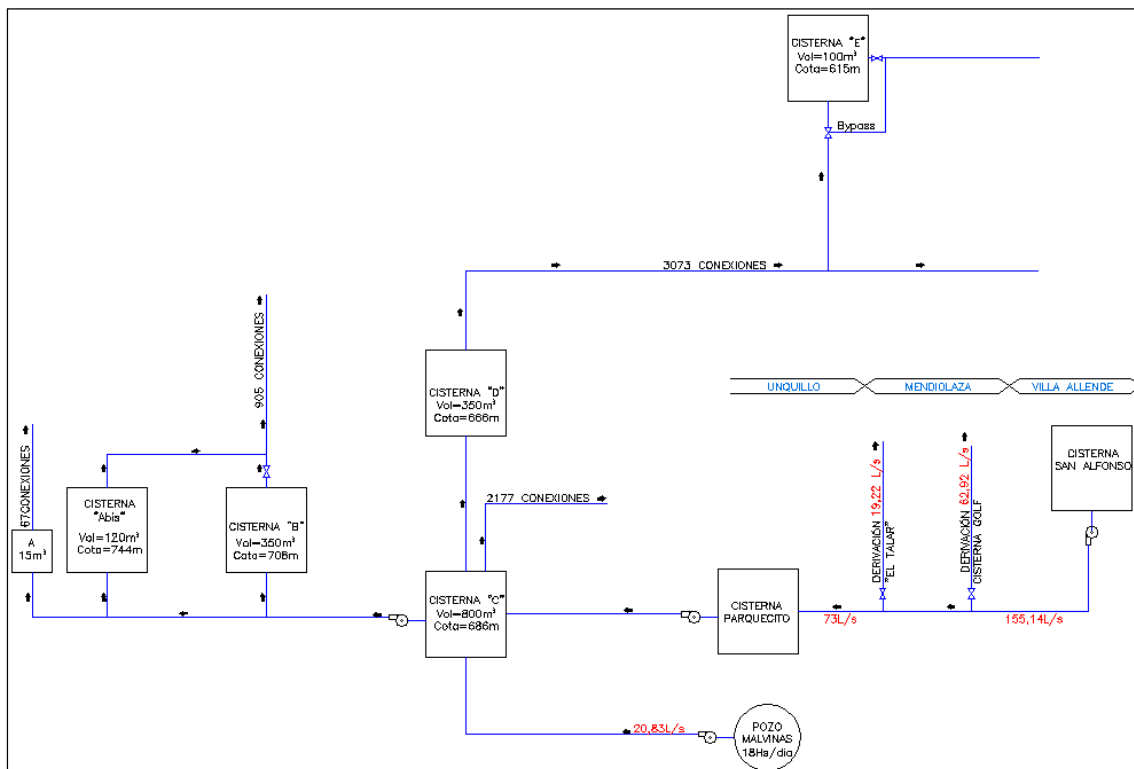
Tal como se mencionó anteriormente para la determinación de los sectores críticos se utilizó el caudal máximo horario, mientras que para determinar el comportamiento de los distintos depósitos se utilizó el caudal máximo diario.

7.3.2 Sistema de Agua Potable Unquillo Mendiolaza: Abastecimiento

A continuación se describirá el sistema general de abastecimiento de agua potable desde la Planta Potabilizadora “La Calera” a través del acueducto San Alfonso. La Figura 6 muestra un esquema donde se resumen la situación actual.

Desde la cisterna San Alfonso ubicada en la ciudad de Villa Allende se impulsan 155,42L/s a través de las bombas que se proyectaron para el año 2015 en el proyecto acueducto Sierras Chicas, de los cuales llegan a la cisterna Malvinas 75 L/s(en teoría) debido a las derivaciones al Golf de Villa Allende y Talar de Mendiolaza.

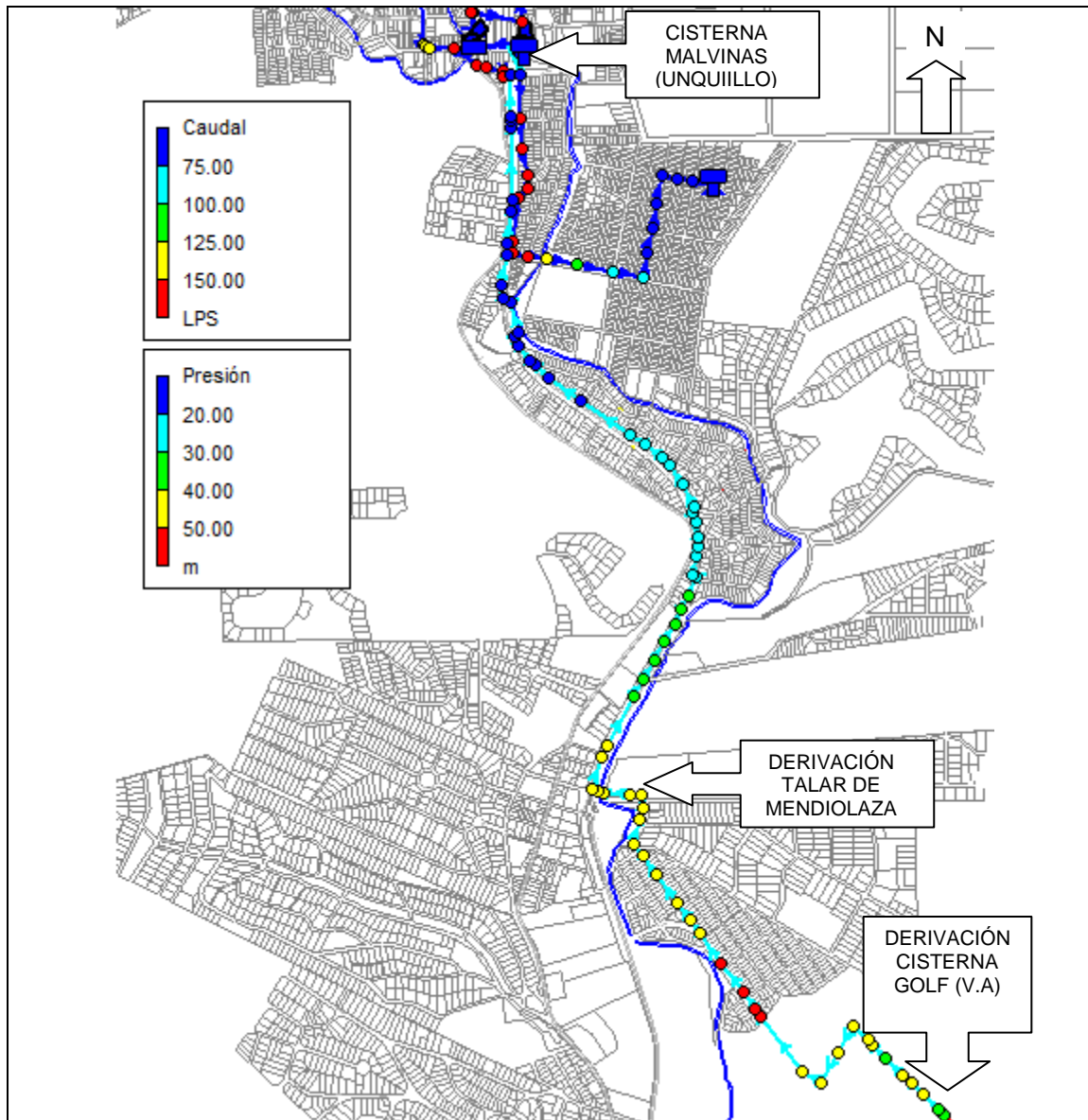
Figura 6: Esquema Situación Actual



La Figura 7 muestra un tramo de la modelación hidráulica realizada del acueducto San Alfonso entre la derivación a la cisterna del Golf de Villa Allende y la cisterna Malvinas.



Figura 7: Tramo Modelo EPANET Sistema de Abastecimiento



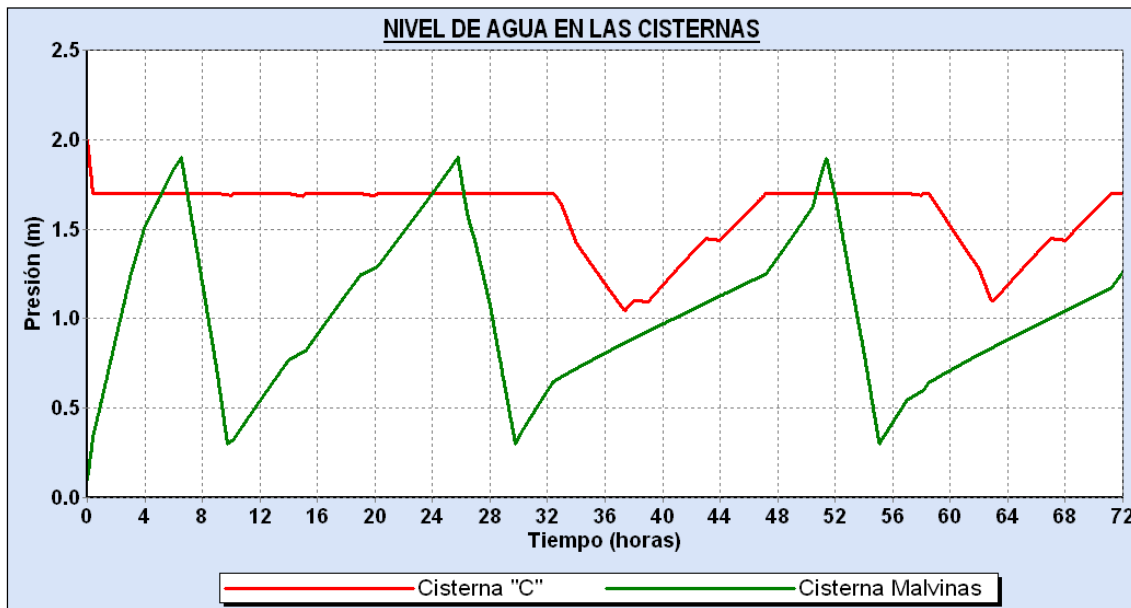
De acuerdo a los datos obtenidos en la cisterna Malvinas el nivel de agua varía entre los 0.30m y 1.90m, desde aquí se abastece por bombeo la cisterna “C” gracias al equipo de bombeo Grundfos 3+1 descrito en el capítulo 4.

En las recorridas a campo se observó que el ingreso a la cisterna Malvinas se encontraba por la parte inferior de la misma, esto ocasionaba que en ciertos momentos del día el nivel de agua disminuya debido a que el líquido retornaba hacia Villa Allende al no existir un dispositivo que impida la circulación en sentido inverso, por este motivo se aconsejó realizar una modificación en la misma de manera que el conducto de PRFV Φ 300 ingrese por el nivel superior.

La Figura 8 muestra el comportamiento de la cisterna Malvinas y cisterna C durante un período de 72hs. Según el modelo la cisterna Malvinas se llena dos veces al día, esta permite abastecer la cisterna C, la cual a su vez abastece por bombeo a las cisternas A, Abis y B, a la cisterna D por gravedad y a su propia red.

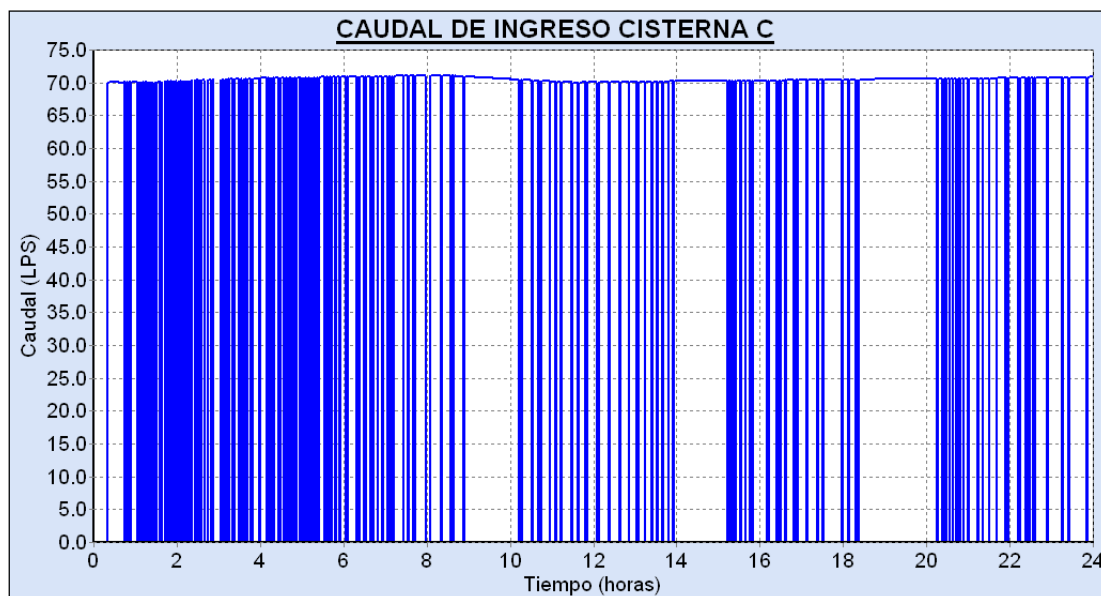


Figura 8: Comportamiento de la cisterna Parquecito y Cisterna C



El sistema de bombeo existente en la cisterna Malvinas que abastece a la cisterna C, construido según proyecto Acueducto Sierras Chicas es uno de los principales puntos de conflicto. Este bombeo se opera desde la localidad de Villa Allende a través de un sistema de telemetría que utiliza medidores ultrasónicos de nivel. Dado a que en la actualidad este sistema es muy inestable funcionando hasta incluso solo dos de las cuatro bombas se modeló el sistema considerando que el equipo de bombeo aporta los caudales de diseño previstos, tal como se observa en la Figura 9, aporte constante de aproximadamente 73 L/s.

Figura 9: Comportamiento Equipo de Bombeo Cisterna Malvinas – Grundfos 3+1 CR90-50-2

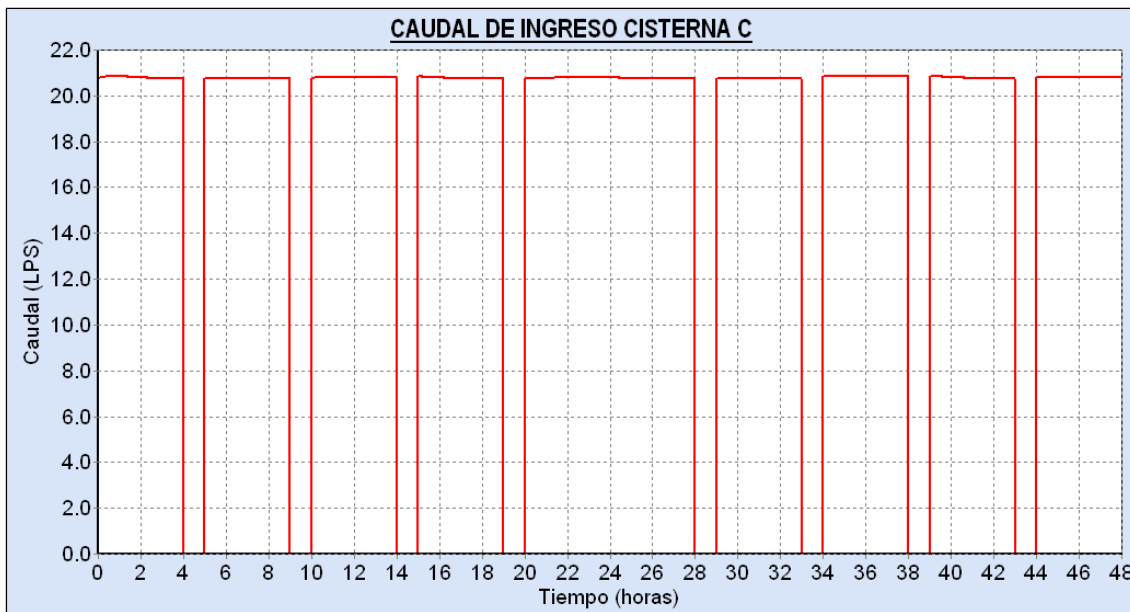


A la cisterna C, ingresan además los caudales provenientes del pozo Malvinas, mediante una bomba marca DAB modelo KDN65-250/263, con la curva característica

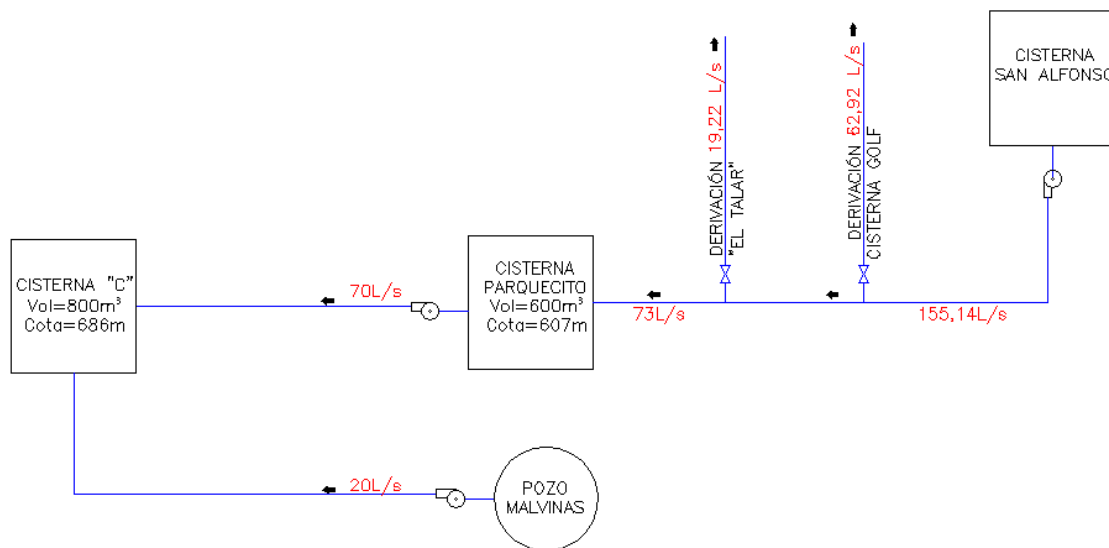


vista en el capítulo 4 y un motor eléctrico de 75HP. Según datos suministrados este bombeo ha sufrido modificaciones y alcanzaría en la actualidad extraer un caudal promedio de 93m³/h, es decir 25,83L/s. La bomba funciona 18Hs. por día, si bien el mayor consumo según las curvas teóricas del ENOHSa se da entre las 10:00 de la mañana y las 8:00 de la noche esta bomba se encuentra funcionando en los siguientes intervalos del día: 00:00 a 04:00; 05:00 a 09:00; 10:00 a 14:00; 15:00 a 19:00 y de 20:00 a 00:00 para repetir nuevamente el ciclo, esto se muestra en la Figura 10. De esta manera en el modelo hidráulico actual a la cisterna c están ingresando 76 m³/h gracias a la fuente del Pozo Malvinas.

Figura 10: Comportamiento Equipo de Bombeo Pozo Malvinas - DAB KDN65-250-263



De esta manera, hasta este punto en el modelo hidráulico actual se tiene:



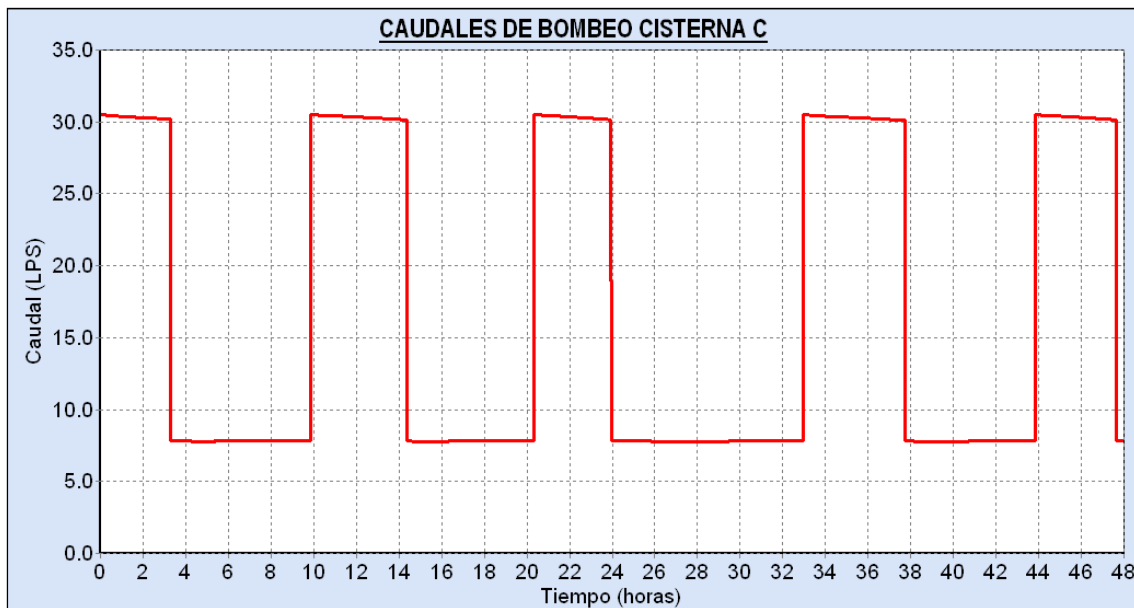
Capítulo 7: Análisis y Modelación del Sistema Actual



En la cisterna C se encuentra una bomba marca MARK DN80-250 que se encarga de abastecer a la cisterna A, Abis, B y hasta no hace mucho tiempo la cisterna D, que hoy sigue abasteciendo pero por gravedad. La bomba suministra un caudal de 30L/s a las cisternas A, Abis y B cuando estas bajan sus niveles, esto se muestra en la Figura 11.

En la actualidad la bomba se encuentra fuera de funcionamiento debido a problemas de instalación, este inconveniente debe solucionarse en corto plazo dado a que es la única fuente de abastecimiento de las cisternas A y B.

Figura 11: Comportamiento bombeo desde cisterna C a cisterna A, Abis y B



La cisterna “C” es el depósito principal del sistema, dado a que la misma abastece a las cisternas mencionadas anteriormente y además a su propia red de distribución que cuenta con unas 2177 conexiones que consumen 21L/s aproximadamente (Figura 12).

La Figura 13 muestra el comportamiento de la cisterna C; cabe destacar que se está considerando un abastecimiento constante desde la cisterna Malvinas y que en realidad dos de las cuatro bombas que conforman el sistema de bombeo se encuentran fuera de funcionamiento y las restantes manifestaron en este último tiempo una pérdida notable de rendimiento. Ante esta situación puede presentarse el inconveniente que los caudales de egreso superen los ingresos a la cisterna C lo que ocasionaría un vaciamiento de la misma y posteriormente de los demás depósitos quedando todo el sistema sin servicio de agua potable

De todas maneras este modelo hidráulico servirá como base para continuar trabajando y actualizando cada uno de los puntos que lo conforman el sistema en busca de ordenar y mejorar el servicio actual.

Se nota además que si el sistema de bombeo en Malvinas funcionaría correctamente la cisterna C no tendría nunca un nivel de agua inferior a 1,50m. lo que sería ideal contemplando todas las conexiones que dependen de la misma.



Figura 12: Depósitos y Conexiones dependientes de cisterna C

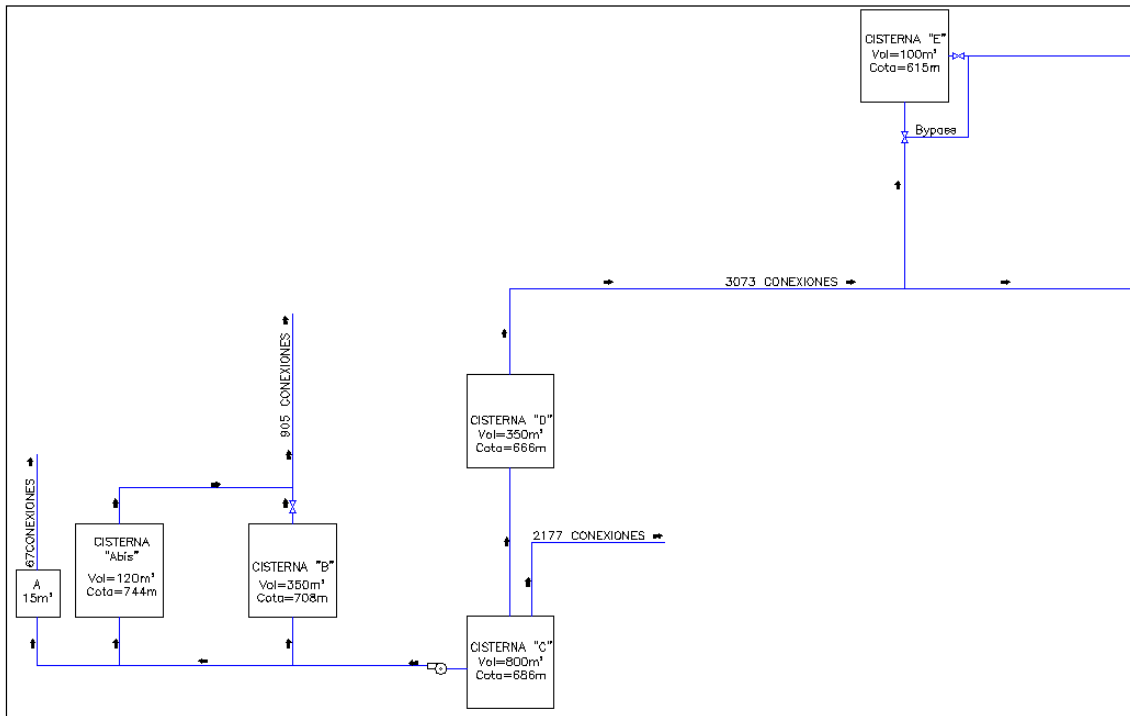
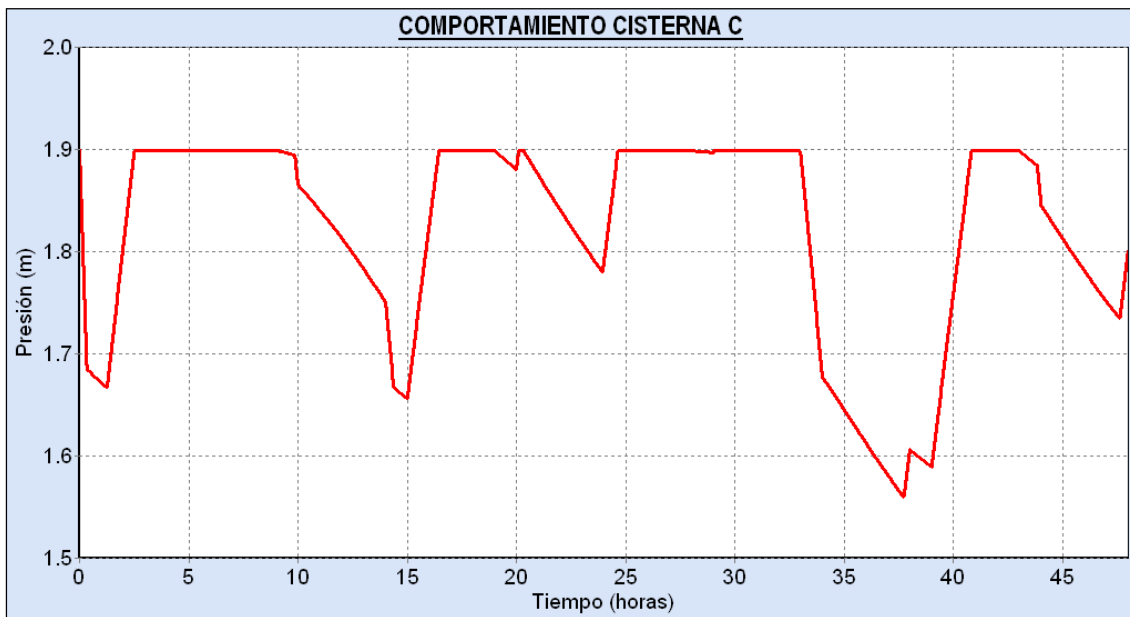


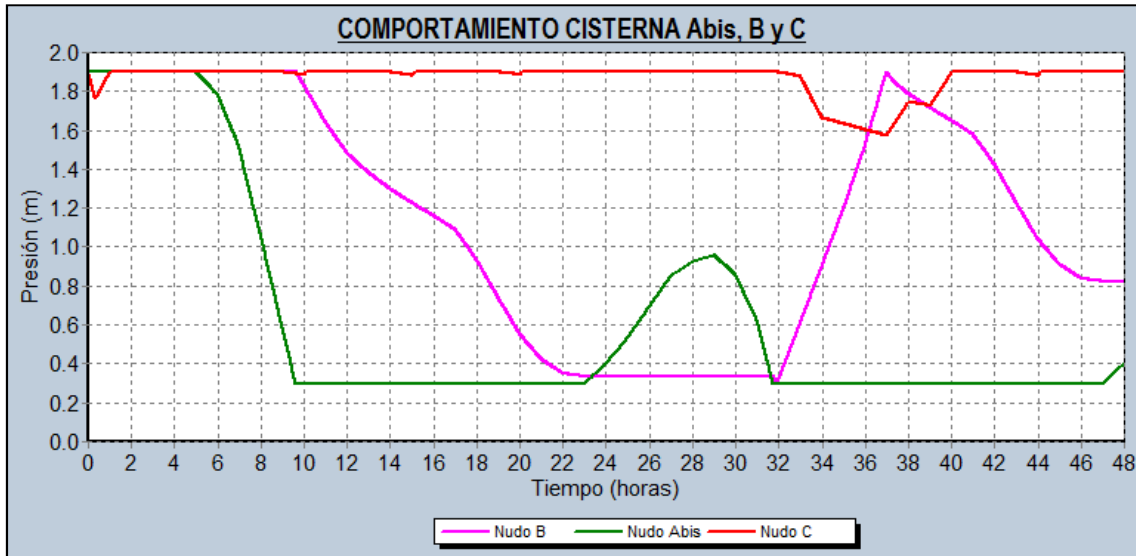
Figura 13: Nivel de agua en la cisterna "C"



La Figura 14 muestra los niveles de agua en los depósitos Abis, B y C. Se nota que la cisterna Abis se encuentra con niveles mínimos durante gran parte del día y comienza recuperarse durante el transcurso de la madrugada, esta situación se asemeja a la situación real, si se tiene en cuenta que a través del bypass existente entre esta y la cisterna B, la misma abastece a todas la red que originalmente perteneció a la cisterna B. De esta manera y teniendo cuenta además que la capacidad de la cisterna B, duplica a la de la Abis, este último almacenamiento solo permite suministrar el servicio a los puntos más elevados de la red en determinadas horas del día, de lo contrario solo funciona la cisterna B, hasta que la Abis se recupera y se renueva el ciclo.

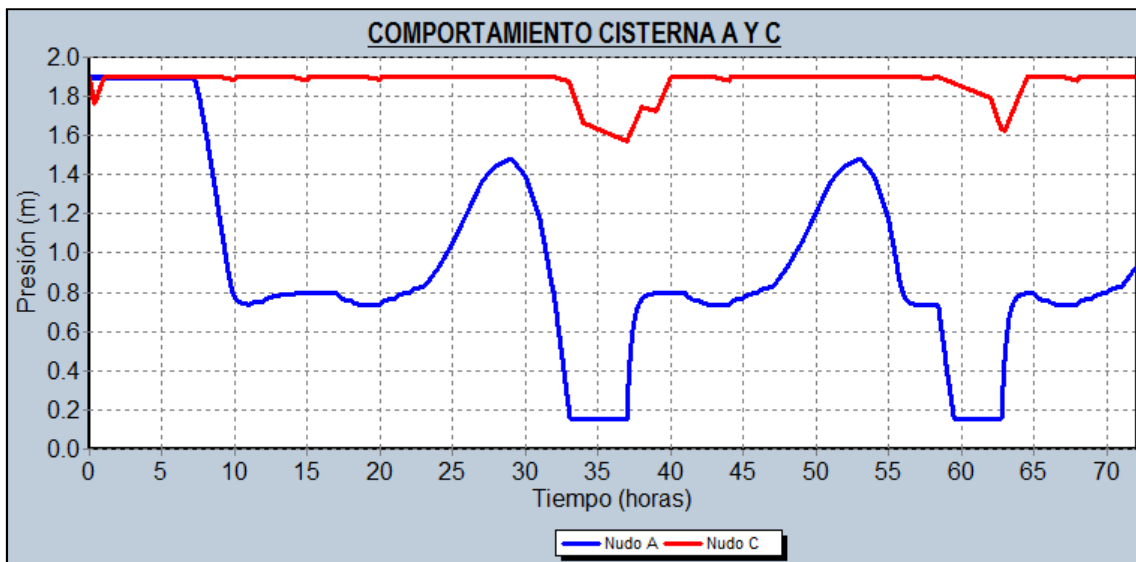


Figura 14: Niveles de agua en las Cisternas Abis, B y C.



La Figura 15 muestra el comportamiento de las cisternas A y C. Se recuerda que el nivel de la cisterna C permanece constante debido a que se está considerando una situación ideal en el funcionamiento del equipo de bombeo e la cisterna Malvinas que la abastece. En las curvas se nota que la cisterna A, abastece a todas sus conexiones de manera correcta durante el día. Si bien este depósito tiene una capacidad mínima, solo abastece a 67 conexiones y mantiene un nivel promedio de 1,00m.

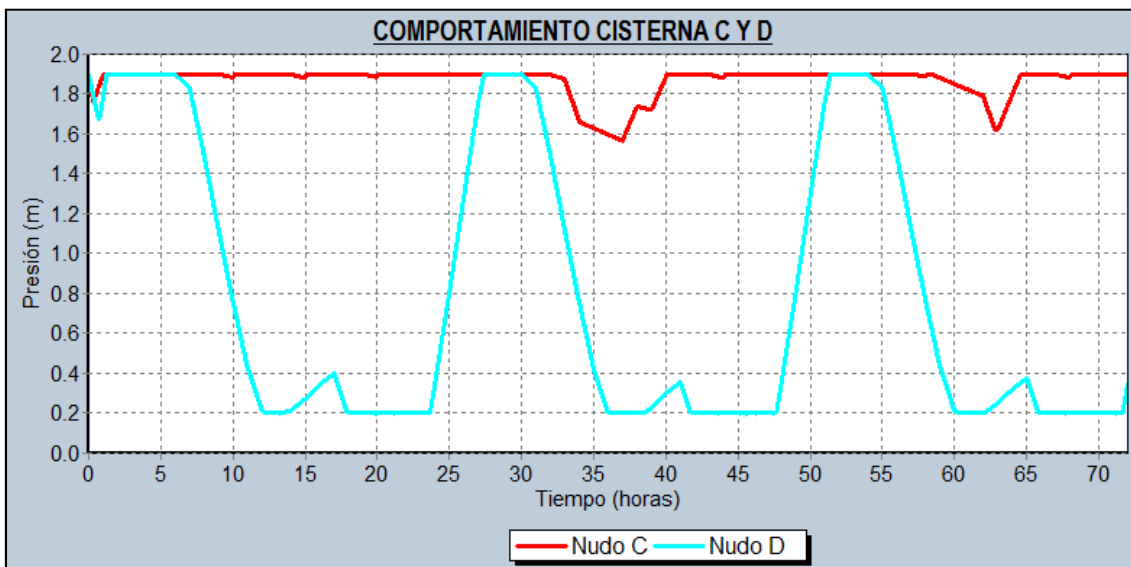
Figura 15: Niveles de agua en las Cisternas A y C



La Figura 16 muestra el comportamiento de las cisternas C y D. La cisterna D es el depósito de mayor consumo debido que abastece su propia red más la red de la cisterna E, hoy fuera de sistema. Si bien la cisterna C y D se encuentran vinculadas por gravedad, la cisterna D no tiene capacidad para poder cubrir la demanda generada y el balance de los ingresos y egresos queda limitado a la capacidad del conducto que proviene de la cisterna C y los consumos de las conexiones de su red de distribución.

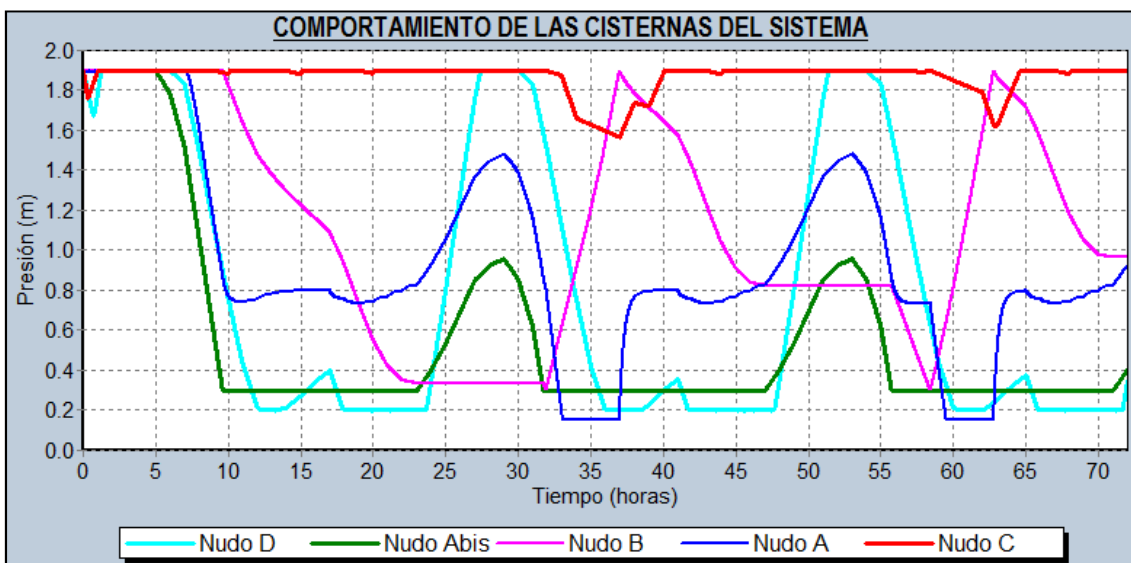


Figura 16: Niveles de agua en las cisternas C y E



La Figura 17 muestra el comportamiento en conjunto de todas las cisternas del sistema.

Figura 17: Niveles de agua en todos los depósitos del sistema





7.3.3 Sistema de Agua Potable Unquillo Mendiolaza: Redes de distribución

- Subsistema I: Cisterna "A"

El primer subsistema considerado es la red de distribución de la cisterna A, que se muestra en la Figura 18. Esta cisterna abastece con sus 15m³ a 67 conexiones. Se trata de una red abierta con la formación de tres puntos negros.

Las velocidades obtenidas están por debajo de los 0,30m/s exigidos por la normativa vigente.

En cuanto a las presiones se observan presiones inferiores y superiores a las requeridas por la normativa vigente, la Figura 19 muestra el mapa de Isolineas de presión correspondiente para este subsistema donde se muestra las presiones en los distintos sectores del sistema.

Figura 18: Velocidades y Presiones – Subsistema I

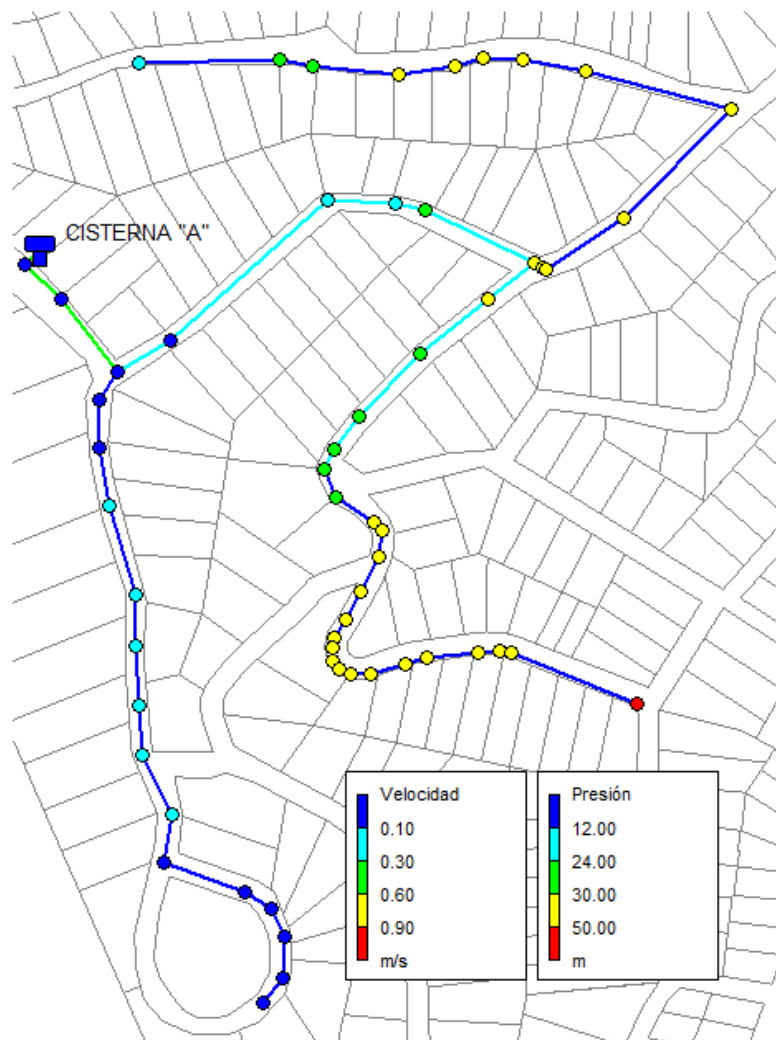
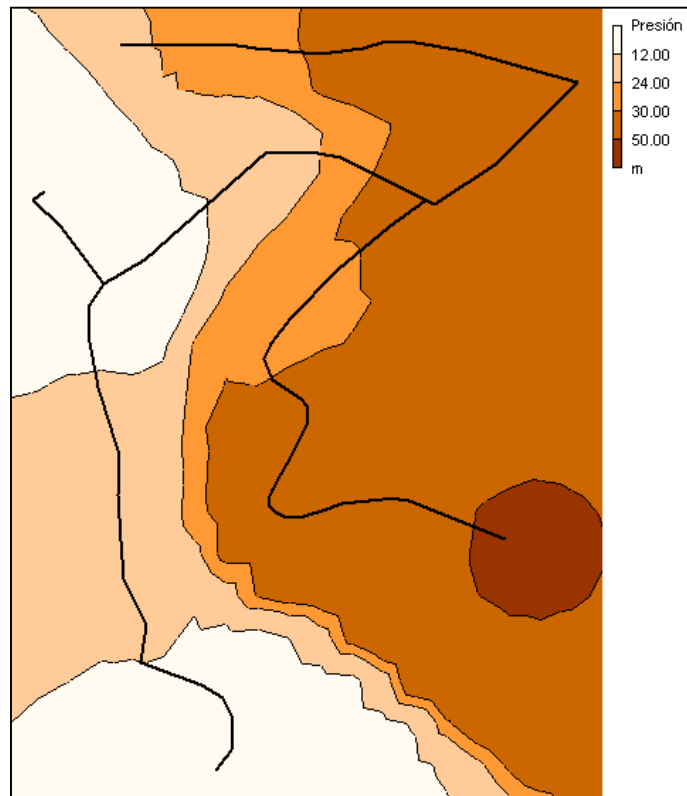




Figura 19: Mapa Isolíneas de Presión Cisterna A



- Subsistema II: Cisterna “Abis” y “B”

El subsistema II está conformado por 2 de las 8 cisternas que cuenta el sistema de almacenamiento para la distribución de agua potable, que son la cisterna Abis y B y toda su red de cobertura. La características de estas se encuentran en el capítulo 4 de este informe.

A fin de recordar el funcionamiento de estas cisternas se menciona el bypass existente entre los depósitos Abis y B, que permite abastecer a las puntas de línea de la red que originalmente era solo abastecida por la cisterna B. La Figura 20 muestra el modelo obtenido de la red correspondiente a la cisterna B con el bypass realizado con la cisterna Abis, en la misma se muestran las presiones y diámetros utilizados.

La red de distribución de esta cisterna demanda un caudal máximo horario de 17,8L/s, en esta situación se encuentran presiones superiores a los 60m.c.a. que pueden observarse en la Figura 22. En condiciones de consumos máximos diarios estas presiones aumentan alcanzando en algunos sectores los 80mca.

Las velocidades en los conductos varían según la hora del día pero en condiciones de consumos máximos horarios se nota una gran cantidad de los conductos con velocidades menores a las mínimas recomendadas por la normativa del ENOHSA.



Figura 20: Diámetro y Presión – Subsistema II

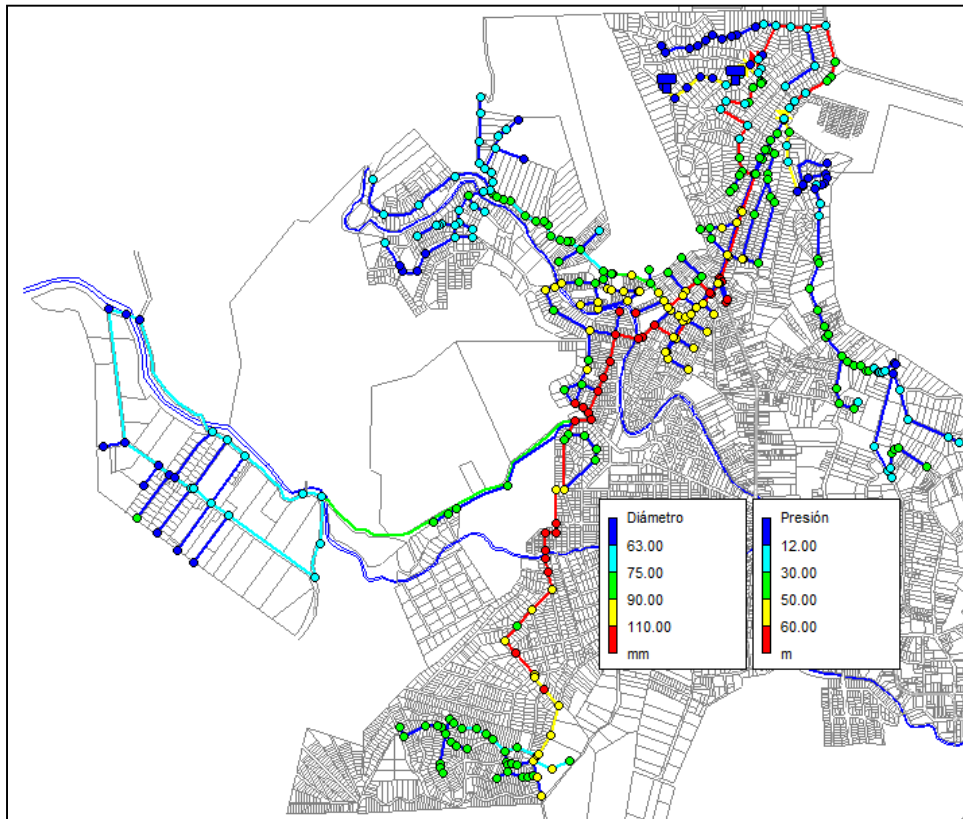


Figura 21: Velocidades y Presiones – Subsistema II

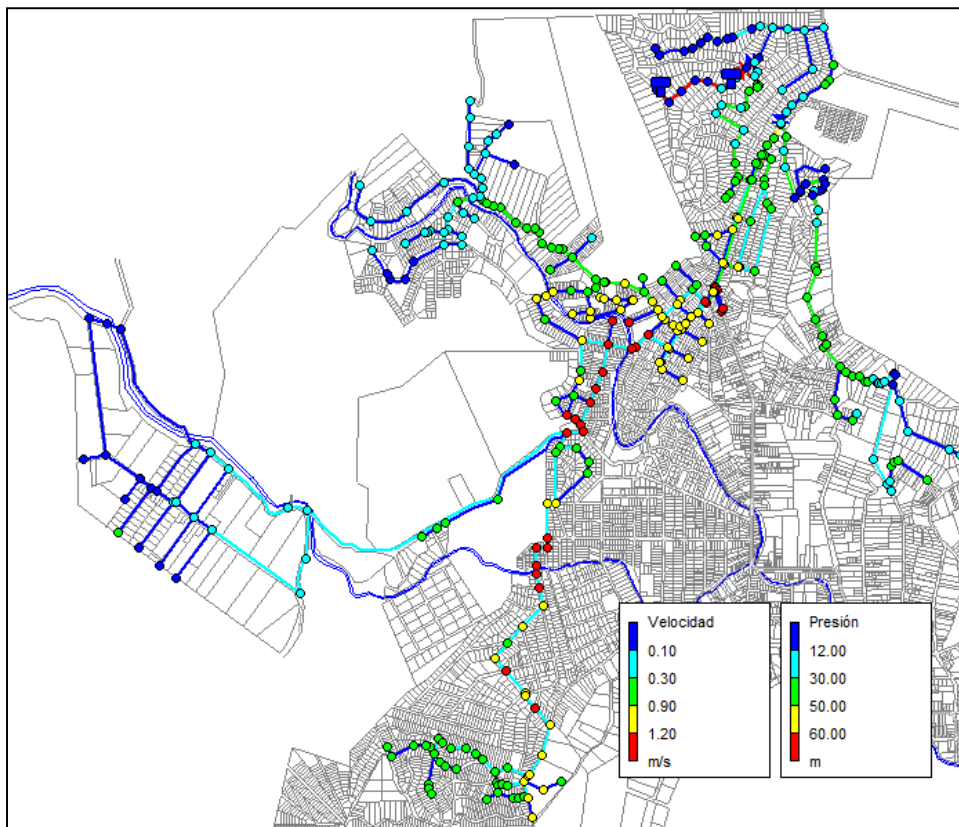
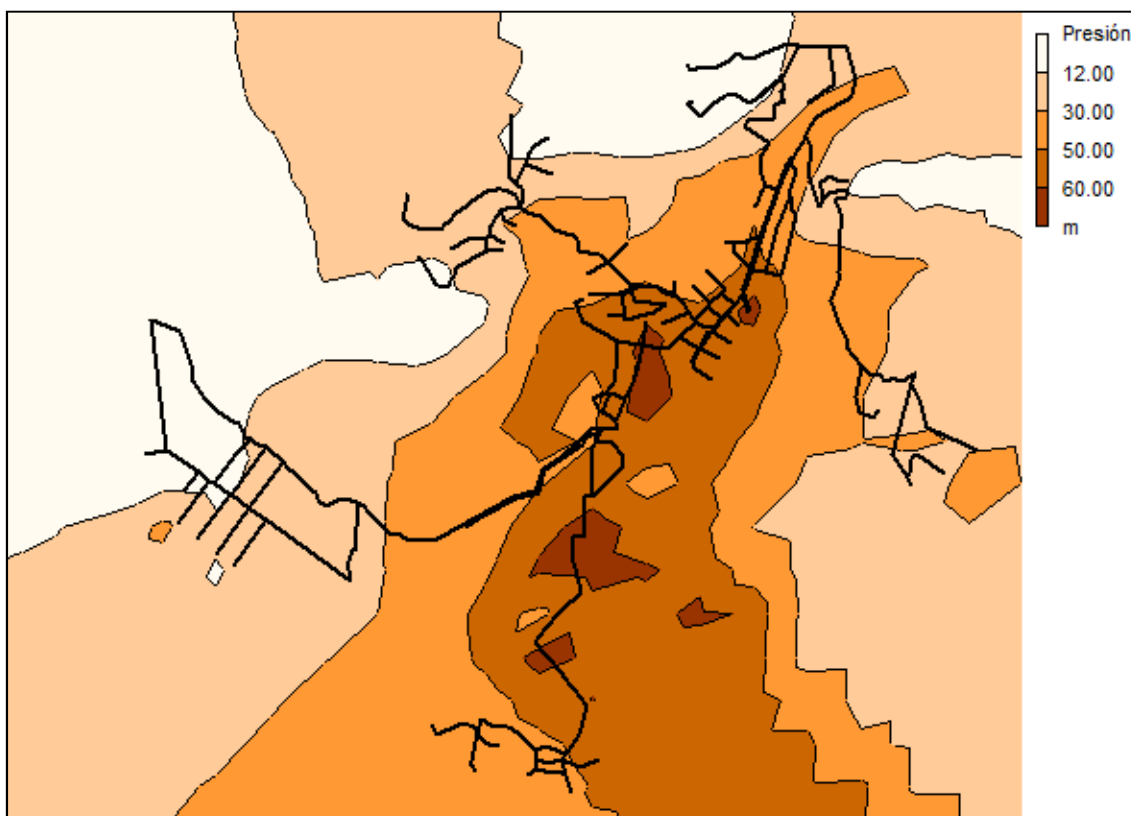




Figura 22: Mapa de Isolneas de Presión – Subsistema II



- Subsistema III: Cisterna “C”

La cisterna “C” ubicada en calle Entre Ríos de Barrio Progreso es debido a su funcionalidad la más importante del sistema. Esta recibe los caudales asignados para las localidades de Unquillo y Mendiolaza provenientes desde Villa Allende a través del Acueducto sierras Chicas que llegan a la Cisterna Malvinas y que luego son impulsados por otro sistema de bombeo hasta ella. Además recibe los caudales provenientes del Pozo Malvinas.

La Figura 23 muestra el modelo de la red perteneciente a la cisterna C, contemplando el abastecimiento por gravedad a la cisterna D. La demanda en la hora de máximo consumo para estos depósitos es de 39,3 L/s y 55,5L/s respectivamente, con los cuales se observan presiones que alcanzan los 50m.c.a

En la Figura 25 se muestran el mapa de presiones existentes, el sector que presenta las presiones más elevadas corresponde a uno de los sectores anexados últimamente que originalmente pertenecía a la cisterna D. Se observan presiones inferiores a la mínima recomendada solo en las puntas de línea de la red.

Considerando las demandas originadas el día de máximo consumo las presiones aumentan sobrepasando los 60m.c.a

Las velocidades en los conductos varían según la hora del día pero para caudales máximos horarios se notan presiones inferiores a las velocidades mínimas requeridas por la normativa del ENOHSA.



Figura 23: Diámetros y Presiones – Subsistema III

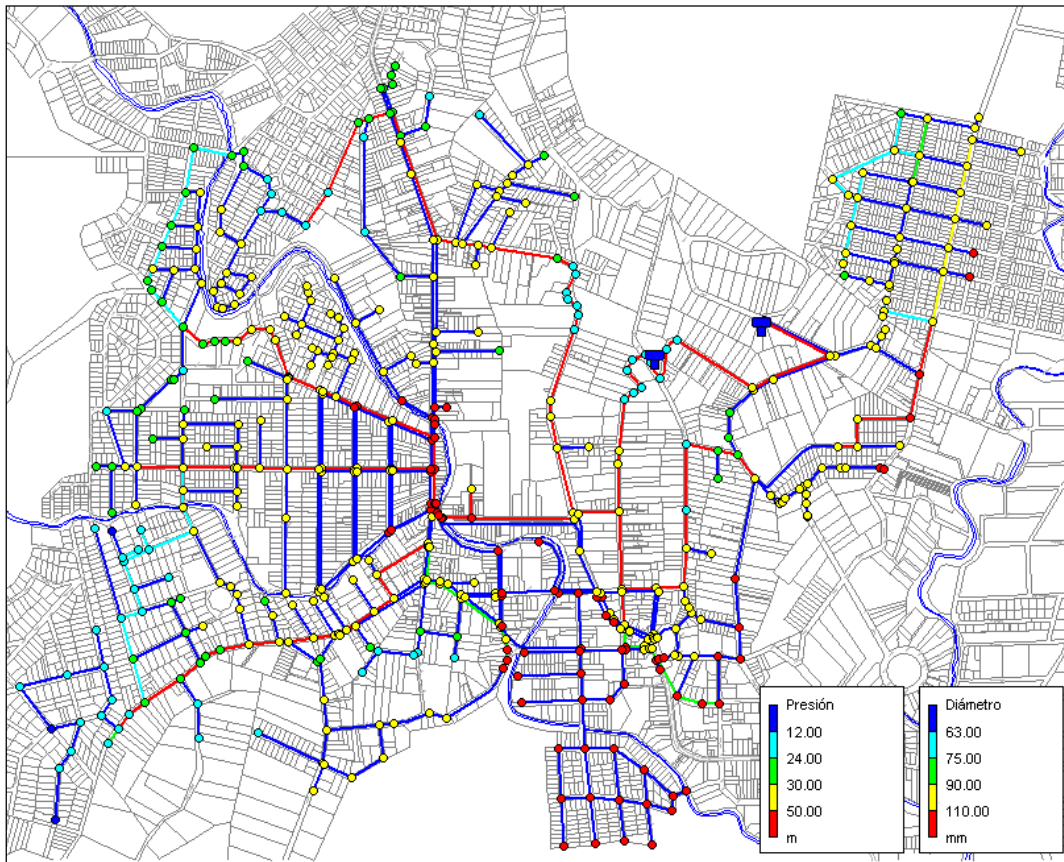


Figura 24: Velocidades y Presiones - Subsistema III

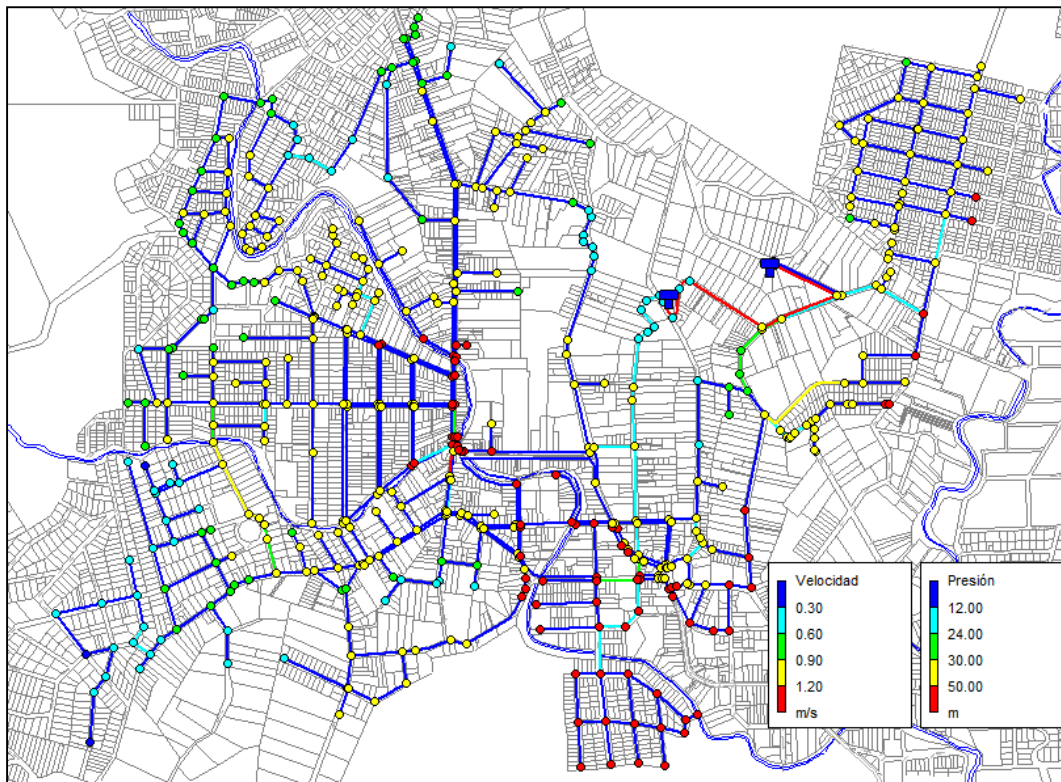
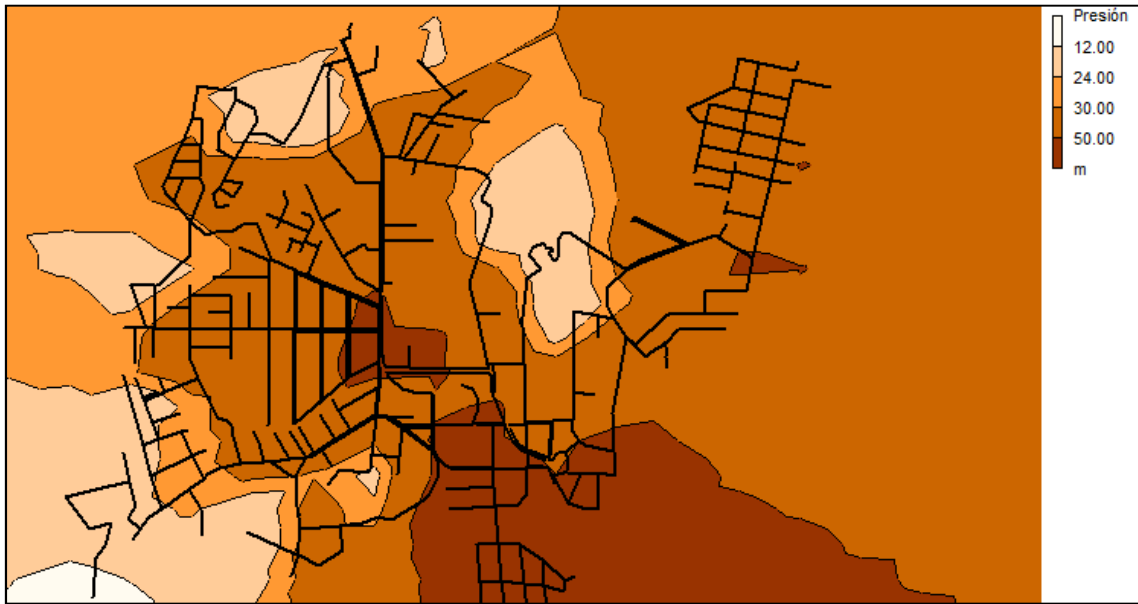




Figura 25: Mapa de Isolíneas de Presión – Subsistema III



- Subsistema IV: Cisterna “D” y Cisterna “E”

El cuarto subsistema está formado por la cisterna D y E. La relación entre ambas cisternas se debe al bypass existente entre ellas que deja fuera de servicio a la cisterna E abasteciendo a la red de cobertura de la misma directamente desde la cisterna D.

Este subsistema presenta una situación crítica, los barrios más alejados a la cisterna D presentan presiones “negativas” considerando tanto la demanda máxima diaria como la hora de máximo consumo.

El modelo realizado para este subsistema se muestra en la Figura 26. Se nota que aún considerando el caudal del día de máximo consumo se encuentran conexiones, que no reciben agua potable, principalmente en barrio Valle de Sol, esta situación se condice con lo que sucede en la actualidad de acuerdo a registros de la Cooperativa y consultas a los residentes del sector.

La Figura 27 compara ambas situaciones, se nota que si bien considerando el caudal máximo diario las presiones se incrementan no superan la presión mínima a cumplir por las normas vigentes. Cargando las curvas de consumo tipo s/ENOHSA y simulando un día de funcionamiento se obtiene que estos sectores se abastecen durante la madrugada y durante el día quedan parcialmente sin servicio hasta que se renueva el ciclo.

En cuanto a las velocidades se notan tramos con velocidades fuera del rango permitido por la normativa vigente (0,30m/s a 0,90m/s) (Figura 26)



Figura 26: Presiones y Velocidades - Subsistema IV

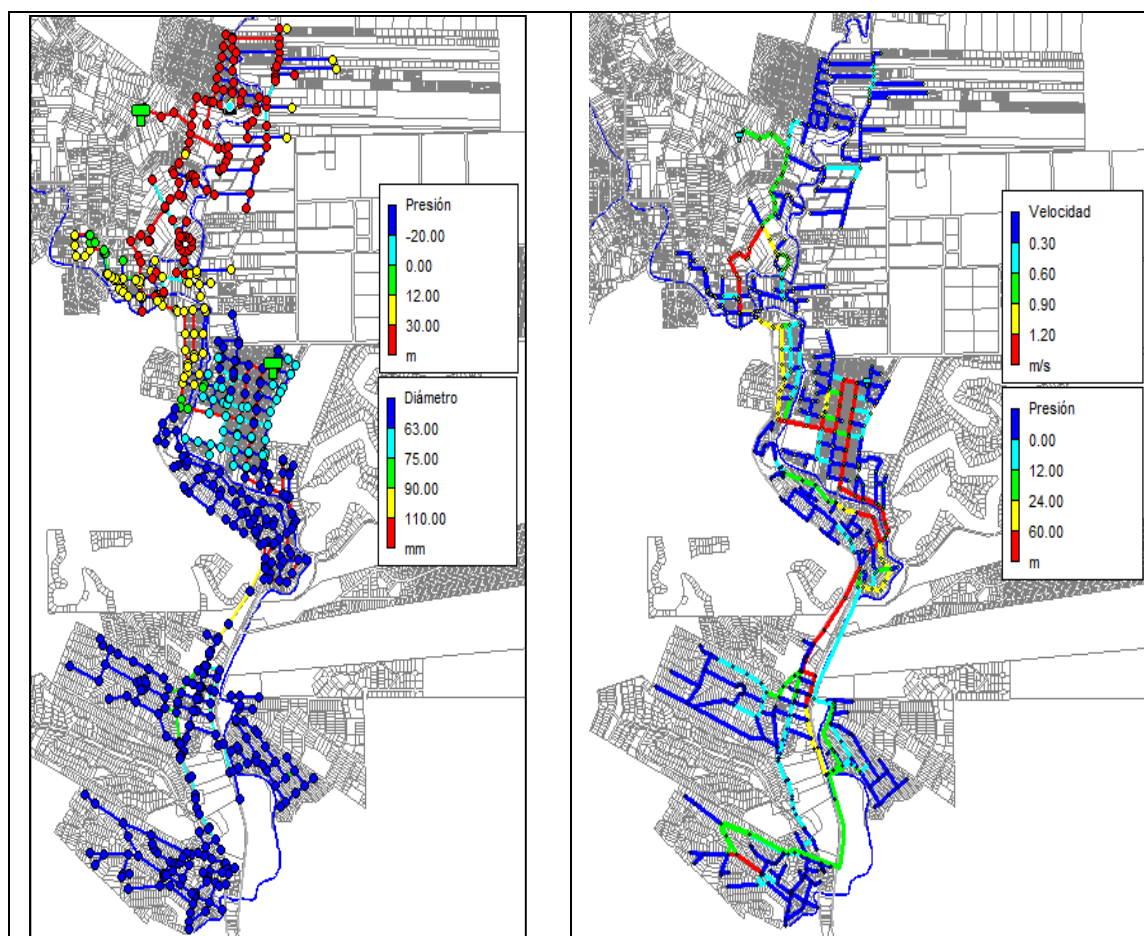
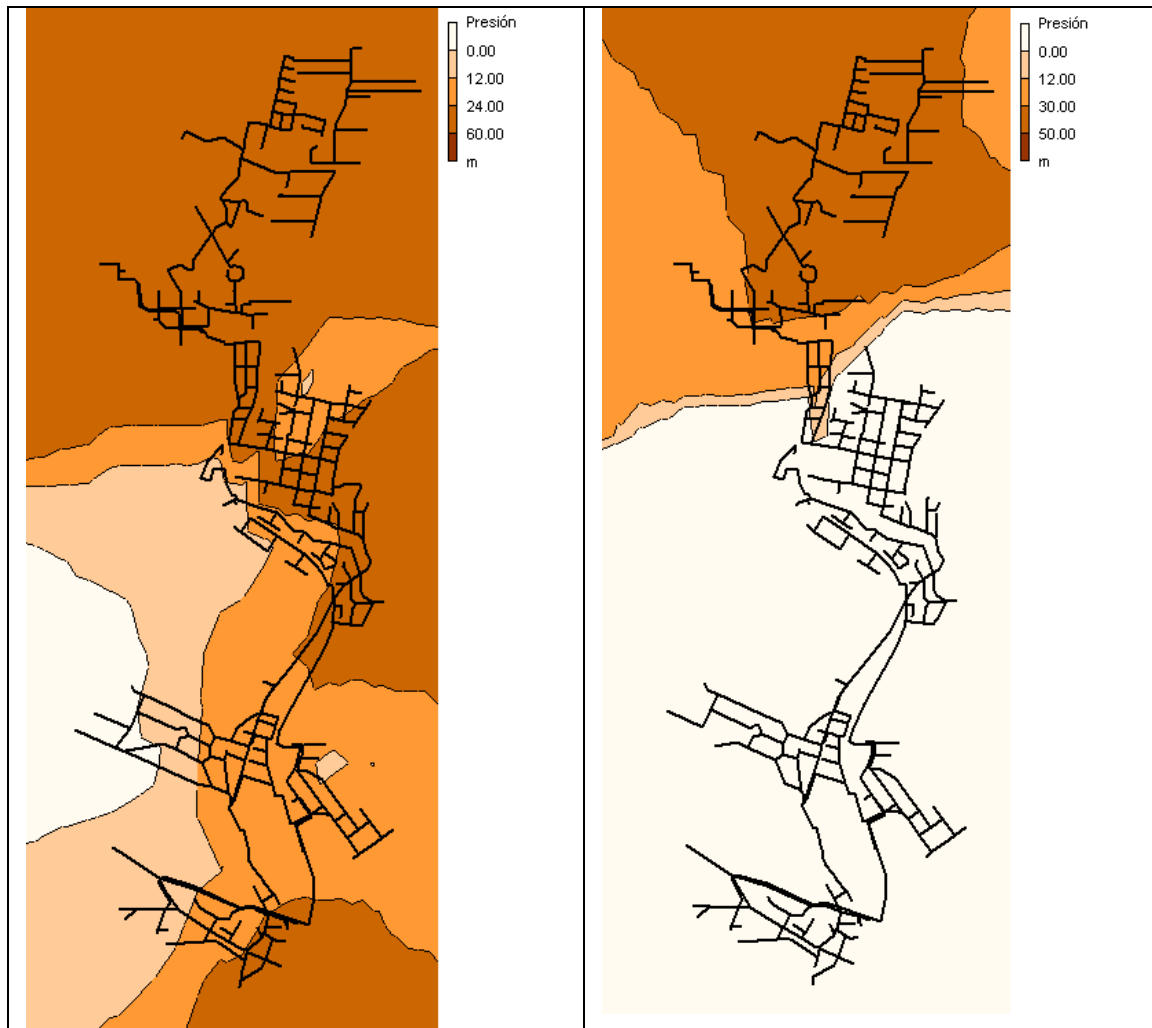




Figura 27: Mapas de Isolneas de Presión considerando Qmh y Qmd



En el Anexo H se encuentran los planos de las redes existentes donde se indicaron la cota de terreno, altura total y la presión en los nudos resultados de la simulación hidráulica realizada.

Por su parte, luego de esta entrega se cargarán cada uno de estos escenarios modelados en el sistema informático de la Cooperativa.

Para continuar con este trabajo se prevé una visita mensual a la entidad tratando de colaborar en el aprendizaje del programa EPANET de manera que los encargados de la oficina técnica tengan a su disposición el modelo de cada una de las redes y puedan actualizarlo en correspondencia con las ampliaciones, futuras conexiones, etc.

De esta forma, trabajando de manera dinámica, se mantendrán actualizados tanto los planos de las redes como el modelo hidráulico de cada una de ellas.