



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN
DE AGUA POTABLE PARA LA LOCALIDAD
"EL CAPULÍN" XOCHIMILCO CDMX**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

VELÁZQUEZ AYALA SAÚL

ASESOR:

M. EN I. MARTÍN RUBÉN JIMÉNEZ MAGAÑA



NEZAHUALCOYOTL, EDO. DE MÉX., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| CAPÍTULO 1 | |
| GENERALIDADES SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN..... | 5 |
| 1.1 TIPOS DE TUBERÍAS..... | 7 |
| 1.2 TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)..... | 7 |
| 1.3 TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD)..... | 9 |
| CAPÍTULO 2 | |
| DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 12 |
| CAPÍTULO 3 | |
| DATOS NECESARIOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE..... | 16 |
| 3.1 VIDA ÚTIL | 17 |
| 3.2 PERIODO DE DISEÑO | 17 |
| 3.3 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO | 18 |
| 3.4 GASTOS DE DISEÑO..... | 20 |
| 3.5 VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN TUBERÍAS | 21 |
| 3.6 PRESIONES ADMISIBLES..... | 21 |
| CAPÍTULO 4 | |
| ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO | 23 |
| CAPÍTULO 5 | |
| DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN..... | 29 |
| 5.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO | 31 |
| 5.2 REVISIÓN POR GOLPE DE ARIETE | 37 |
| CAPÍTULO 6 | |
| DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y/O REGULACIÓN | 39 |
| 6.1 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA..... | 43 |
| CAPÍTULO 7 | |
| DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE..... | 45 |
| 7.1 REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL INTERVALO DE TIEMPO DE MÁXIMA Y MÍNIMA DEMANDA..... | 51 |
| CAPÍTULO 8 | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 58 |
| ANEXO FOTOGRÁFICO | 59 |

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el poder tener acceso a fuentes de agua para uso y consumo humano, es por ello que las grandes civilizaciones como: los egipcios, chinos, e incluso los mexicas, se asentaron alrededor de ríos y lagos, para cubrir las modestas demandas de entonces. En la época prehispánica el principal problema que enfrentaban los habitantes de México-Tenochtitlán era el poder tener control sobre los lagos de agua dulce y salada, así como el desalojo del agua en las épocas de lluvia para prevenir inundaciones. Hoy en día el principal problema es el abastecimiento; ya que el agua constituye una necesidad vital para el hombre, a medida que la civilización se ha desarrollado se han empleado diversas técnicas para poder abastecer de este líquido a comunidades y ciudades.

Sin embargo, actualmente en el mundo existe una gran problemática acerca de la disponibilidad de este recurso natural, que ha originado un control estricto en la administración del agua.

Uno de los principales retos hídricos a nivel mundial es el poder incrementar la cobertura del abastecimiento de agua potable en zonas donde aún no existe infraestructura que permita que los habitantes de esas comunidades gocen de este servicio, considerando las dificultades técnicas, económicas y políticas que esto conlleva.

En México, según datos que arroja el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el año 2015, el 91% de la población nacional contaba con servicio de agua entubada, cifra que aparenta ser favorable, pero conociendo la situación actual en la que muchas comunidades marginadas de nuestro país viven, deja mucho que desear, por lo que hay mucho trabajo por hacer para poder alcanzar un desarrollo más ordenado. Para ese año en la Ciudad de México vivían cerca de 8, 918,653 habitantes, distribuidos en las 16 delegaciones; mientras que la delegación de Xochimilco se tiene registro para dicho periodo de 415,933 habitantes, de los cuales 37,434 de ellos, no disponen de servicio de agua potable a través de la red pública. Este sector de la población vive actualmente en colonias marginadas, asentamientos irregulares y parajes, de los pueblos de Santa María Nativitas, Santa Cruz Alcapixca y Santa Cecilia Tepetlapa, principalmente.

De lo anterior surge el objetivo de realizar este trabajo para conocer la realidad que aqueja a la comunidad “El Capulín”, ubicada dentro de los márgenes de la delegación Xochimilco, Ciudad de México. Por consiguiente realizar una propuesta de solución a esta problemática, que se ha venido presentando desde el año 2002, y que se ha ido agravando al paso del tiempo.

Dicha propuesta pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta localidad, mediante la propuesta de construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable, con el afán de incrementar la dotación que los habitantes de la

comunidad “El Capulín” reciben por parte de la delegación Xochimilco, además de ofrecer mejores condiciones de servicio y calidad del agua.

Actualmente en la localidad existen cercas de 50 paradas de agua, en donde semanalmente pipas de la delegación abastecen de agua potable a los habitantes.

Esta dotación que se ha venido proporcionando resulta ser insuficiente para cubrir las demandas que exige una localidad de esta índole, que alberga a 8,000 habitantes aproximadamente.

Esta situación es preocupante, ya que esta dotación resulta ser del orden de 200 a 300 litros semanales por habitante, que es nula comparada con la que se ofrece en otras comunidades de características similares mediante la red pública.

En muchas ocasiones, la mayoría de las familias que habitan en esta localidad suelen comprar este vital líquido, para completar así la dotación que requieren para llevar a cabo sus actividades de la vida diaria.

Otro problema aunado a la falta de infraestructura adecuada para el abastecimiento del agua potable en esta comunidad es que la mayoría de las familias tienen que acarrear el agua desde las paradas establecidas a sus domicilios a distancias que oscilan entre 10 y 80 metros con la ayuda de botes, mangueras y bombas.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua potable está constituido de diferentes partes, las cuales tienen la finalidad de llevar a cabo una tarea especial, para garantizar el buen funcionamiento del sistema en general, dentro de sus partes están:

Fuente de abastecimiento: Lugar donde se obtiene el agua para el abastecimiento de una localidad, la fuente de abastecimiento puede ser mediante aguas superficiales; que están constituidas por los arroyos, ríos y lagos. Que escurren naturalmente sobre la superficie terrestre, este tipo de fuentes no son tan recomendables, ya que están expuestas directamente con la atmósfera y es muy fácil que se contaminen. También pueden ser aprovechadas las aguas subterráneas como: manantiales, galerías filtrantes y pozos.

Línea de conducción: Conjunto de tuberías y accesorios que transportan el agua desde la fuente de abastecimiento hacia la planta de potabilización, y a su vez hasta el tanque de regulación.

Planta de Potabilización: Instalación donde se le da tratamiento especial al agua, proveniente de la fuente de abastecimiento, para proporcionarle cierta calidad y ser considerada como agua apta para el consumo humano, cuidando que los límites permisibles de diferentes contaminantes no sobrepasen a los estipulados en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1.

Línea de alimentación: Conjunto de tuberías que conducen el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde comienza la distribución.

Red de distribución: conjunto de tuberías encargadas de distribuir el agua a los usuarios en forma regular.

Red de alcantarillado: Conjunto de tuberías que se encargan de recolectar el agua que los usuarios desechan para poder transportarlas hacia una planta de tratamiento de agua residual.

Planta de tratamiento de agua residual: Instalación equipada capaz de remover en cierto grado los contaminantes presentes en el agua desechada.

Cuerpo receptor: Cuerpo de agua que se encarga de recibir el líquido proveniente de la planta de tratamiento de agua residual.

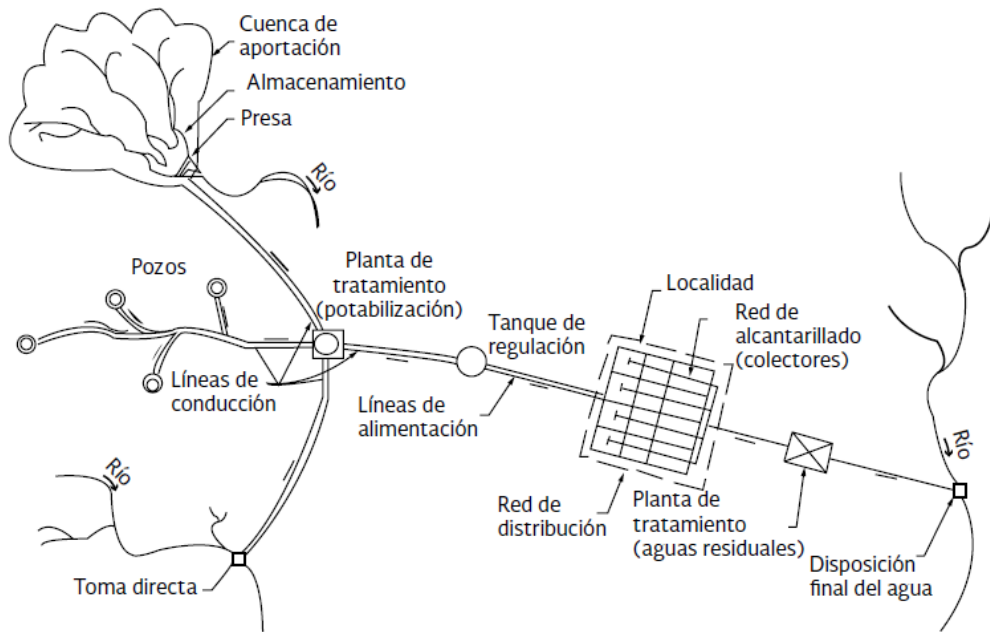


Ilustración 1: Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas (CONAGUA).

Respecto a la red de distribución es el conjunto de tuberías accesorias y estructuras que conducen el agua desde el tanque de regulación hasta la toma domiciliaria, con la finalidad de suministrar agua a los usuarios para el consumo doméstico, público, comercial, industrial y para casos extraordinarios.

La red de distribución debe proporcionar este servicio en todo momento, en cantidad suficiente, con la calidad del agua requerida, y a una presión adecuada.

Una red de distribución de agua potable se compone básicamente de:

Tuberías: Conductos de sección circular que se unen en diversos puntos formando nodos o uniones. A la tubería que transporta el agua desde el tanque de regulación hasta la conexión donde inicia la distribución, se le conoce como línea de alimentación. Así mismo existe una clasificación de las tuberías que comprenden a la red de distribución, en red primaria y red secundaria, dicha clasificación dependerá prácticamente del diámetro de las tuberías.

Una manera fácil de clasificarlas es considerar el tamaño mínimo de las tuberías que componen la red primaria que es de 100 mm. Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta de 50 mm. La red primaria es aquella que rige el comportamiento del sistema y sirve de vía principal para alimentar a otras partes de la distribución.

Mientras que la red secundaria, son todas aquellas tuberías con diámetro menor a 75 mm para este caso, y que dependen de la red primaria para poder distribuir el agua hasta puntos donde se requiere cubrir la demanda de agua.

Piezas especiales: Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetros y terminales de los conductos.



Ilustración 2: Piezas especiales empleadas en la red de distribución.

Válvulas: Son accesorios que sirven para controlar y evitar el flujo de agua sobre un tramo de la tubería, también existen válvulas para llevar a cabo tareas especiales como son: válvulas de admisión y expulsión de aire que evitan el colapso de la tubería y por otro lado permiten disipar presión en el conducto.

1.1 TIPOS DE TUBERÍAS

En México se han empleado actualmente en las redes de distribución dos tipos de tuberías, principalmente: polivinilo de cloruro (PVC) y Polietileno de alta densidad (PEAD), las cuales han desplazado a las tuberías de acero, hierro fundido, fibrocemento y concreto debido a las cualidades y bajo costo que estas poseen sobre las demás.

1.2 TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)



Ilustración 3: Tramos de tubería de PVC.

Los tubos de PVC (serie métrica) se fabrican en color blanco, de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, la cual considera el sistema de unión (un sólo tipo) y el grado de calidad (también único) y lo denomina espiga-campana; por su resistencia a la presión de trabajo, clasifica los tubos en cinco clases:

Tabla 1: Presión máxima de trabajo en tuberías de PVC (MAPAS).

| CLASE | PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO | |
|-----------|---------------------------|--------------------|
| | Mpa | Kg/cm ² |
| 5 | 0.5 | 5 |
| 7 | 0.7 | 7 |
| 10 | 1 | 10 |
| 14 | 1.4 | 14 |
| 20 | 2 | 20 |

1.2.1 SISTEMA DE UNIÓN PARA TUBERÍAS DE PVC

La junta espiga-campana se forma al insertar el extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo. Para garantizar la unión hermética se coloca un anillo de material elástico. Tiene la ventaja de funcionar como junta de dilatación, permitir deflexiones y realizar la prueba hidrostática al terminar su instalación. Este tipo de junta es ampliamente utilizada en la tubería de PVC, concreto y hierro fundido.

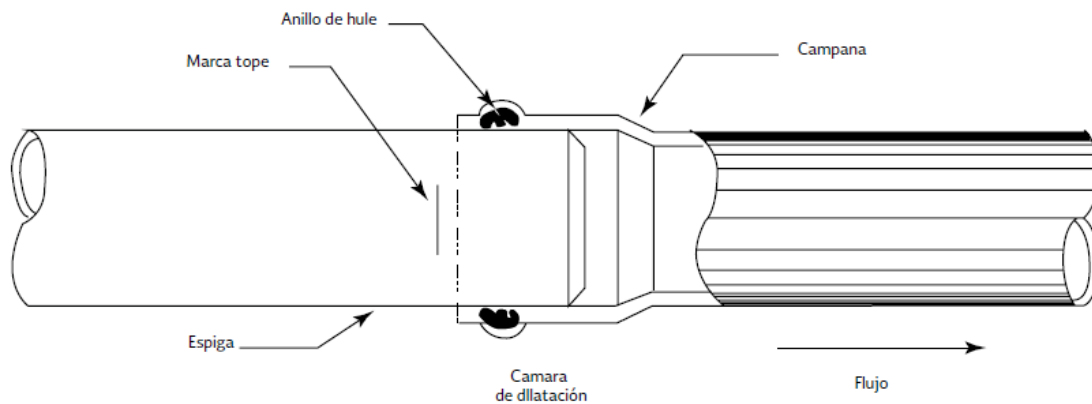


Ilustración 4: Sistema de unión para tuberías de PVC.

La serie métrica de tubos de PVC se fabrica en diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500 y 630 mm) con longitud útil de seis metros (fabricante y comprador pueden acordar otras

longitudes). Las cinco clases existentes se diferencian en el espesor de pared del tubo. Es importante señalar que en este tipo de tubería el diámetro nominal es igual al diámetro exterior del tubo.

1.2.2 VENTAJAS DEL USO DE TUBERÍAS DE PVC:

- No altera la calidad del agua.
- Pared interior lisa: presenta bajas pérdidas por fricción, por lo que tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos.
- Rugosidad del material $\epsilon=0.0015$ mm.
- Hermeticidad: Por su naturaleza, el PVC impide filtraciones y fugas, lo cual se garantiza si los tubos cuentan con una junta hermética. Se recomienda la unión espiga-campana con anillo de hule integrado porque actúa como junta de dilatación.
- Resistencia a la corrosión: El PVC es inmune a la corrosión química, por lo que no requiere de algún tipo de recubrimiento exterior, no se forman incrustaciones, tuberculizaciones en la pared interior del tubo debido a su lisura.
- Resistencia química: El PVC es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, resiste el ataque de algas, hongos y bacterias por no existir en el PVC materia nutriente para su desarrollo.
- Ligereza: Es fácil de transportar, manejar y de colocar.
- Permite cierta deflexión durante su instalación.
- Facilidad de instalación: puede cortarse en obra.

1.2.3 DESVENTAJAS DE LA TUBERÍA DE PVC:

- Susceptibilidad a daños durante su manejo: La resistencia de la tubería puede ser afectada por raspaduras, la caída de rocas durante la excavación o relleno de la zanja. Se recomienda que el tubo sea cambiado o reparado si la raspadura es mayor al 10% del espesor del tubo.
- Cristalización de la tubería: A temperaturas menores a 0°C, el PVC reduce su resistencia al impacto.
- Degradación: La exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica.

1.3 TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD)

Se fabrican de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Norma Mexicana NMX-E-144 vigente, en color negro, cilíndricos y sin costura. Pueden utilizarse en la conducción de agua potable, agua para riego y residuos industriales, a presiones y temperaturas variables.



Ilustración 5: Tubería de polietileno de alta densidad VALTIC PREMIUM PE 4710.

La clasificación de las tuberías de polietileno se hace con base en la densidad de la materia prima.

- Tipo I: Tubos de polietileno de baja densidad (PEBD) (0.91 a 0.925 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 2.45 MPa (25kg/cm²).
- Tipo II: Tubos de polietileno de media densidad (PEMD) (0.926 a 0.940 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 3.13 MPa (32 kg/cm²).
- Tipo III: Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) (mayor o igual a 0.941 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 4.90 MPa (50 kg/cm²) y por su presión máxima de trabajo cataloga en 5 clases.

Tabla 2: Presiones máximas de trabajo en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

| CLASE | PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO | |
|------------|---------------------------|--------------------|
| | Mpa | Kg/cm ² |
| 2.5 | 0.25 | 2.5 |
| 4 | 0.39 | 4 |
| 6 | 0.59 | 6 |
| 8 | 0.78 | 8 |
| 10 | 0.98 | 10 |

El diámetro nominal de los tubos de polietileno es el diámetro exterior, que puede ser desde 12 mm, hasta 1000 mm (12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 560, 630, 710, 900 y 1000 mm). Los espesores de pared del tubo varían en función del tipo (densidad) y la clase (resistencia) del tubo. Los tubos de polietileno se surten en rollos para diámetros hasta de 75 mm y en

tramos para diámetros mayores. La longitud útil de rollos o tramos se establece entre fabricante y comprador.

1.3.1 VENTAJAS DE LOS TUBOS (PEAD):

- Hermeticidad, alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia química, ligereza, flexibilidad, facilidad de instalación y no altera la calidad del agua.
- Superficie interior lisa que mantiene excelentes condiciones de flujo, por lo que no acumula sarro, evitando taponamientos.
- Rugosidad del material $\epsilon=0.0015\text{mm}$.
- Es completamente atóxico (para manejo de agua potable).
- Unión por termofusión: Técnica que consiste en aplicar calor sobre los extremos de las tuberías y a su vez estas se unen a base de presión con herramientas específicas, de esta forma no se requieren piezas especiales de hierro fundido, ya que en su lugar se utilizan conexiones de polietileno unidas por termofusión.



Ilustración 6: Sistema de unión para tubería de Polietileno.

- Compresibilidad: Para diámetros hasta de 100 mm no se requieren válvulas de seccionamiento, ya que con este tipo de tubería se construye la caja de operación de válvulas (más reducida), pero no se colocan válvulas. En su lugar se utiliza una prensa portátil que al ejercer presión en la tubería corta el flujo. Para diámetros mayores a 100 mm se emplean válvulas, conectadas a la tubería mediante un adaptador bridado de polietileno.
- Rapidez de instalación: Por su presentación en rollos (diámetros menores a 75 mm), requiere sólo una unión en tramos largos, con lo cual se agiliza su instalación.
- Compatibilidad: Existen adaptadores especiales para cada tipo de unión (brida, rosca interna o externa, soldadura o compresión) y materiales a los que se une (PVC, Cobre, Fibrocemento y Acero).
- Durabilidad: No requiere de mantenimiento, tiene una vida útil de 50 años y 15 años de resistencia a la intemperie.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La localidad “El Capulín” se ubica dentro de los márgenes de la delegación Xochimilco que colinda al norte con las delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac; al sur con las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan; al oeste con la delegación Tlalpan; al este con las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta.

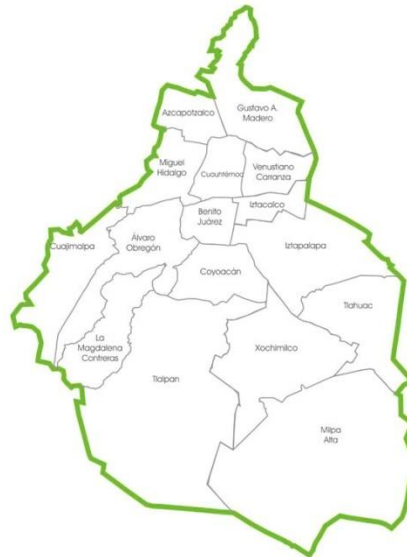


Ilustración 7: Mapa delegacional de la ciudad de México.

La altitud media de esta demarcación en las localidades bajas perimetrales de la planicie desde el centro histórico de Xochimilco, hasta Tulyehualco es de 2,240 m.s.n.m., en tanto que, en la zona montañosa sus elevaciones más importantes como los volcanes: Teuhtli, Teoca y Tzompole se elevan entre 2,620 y 2,860 m.s.n.m., y los cerros, Xochitepec y Tlacualleli están por arriba de 2,340 m.s.n.m.

La ubicación geográfica de la localidad “El Capulín” es al norte $19^{\circ}13'$, al sur $19^{\circ}13'$ de latitud norte; al este $99^{\circ} 4'$ y al oeste $99^{\circ} 5'$ de longitud oeste, con una extensión territorial de 0.74 Km² aproximadamente, donde predomina el clima templado-húmedo con lluvias en la época de verano, principalmente en los meses de mayo a octubre, con una temperatura media anual de 23°C, y temperaturas máximas de 31°C.

La fauna característica de la región es: bosque de encino en las partes altas de la zona, principalmente en las colindancias con los pueblos San Bartolo, Santa Cecilia Tepetlapa y Santa Cruz Alcapixcla; pastizal y matorrales en la zona centro, y bosque de Tepozanes en la parte baja situada al norte, entre la colindancia con el pueblo La Joya de Vargas.



Ilustración 8: Tipo de fauna de la localidad El Capulín.

El tipo de terreno de esta localidad es montaña, donde existen intercalaciones de basaltos, tobas y cenizas volcánicas. Este lugar es muy permeable debido a las fracturas y grietas que se formaron en estos materiales, ocasionados por el enfriamiento de lava.

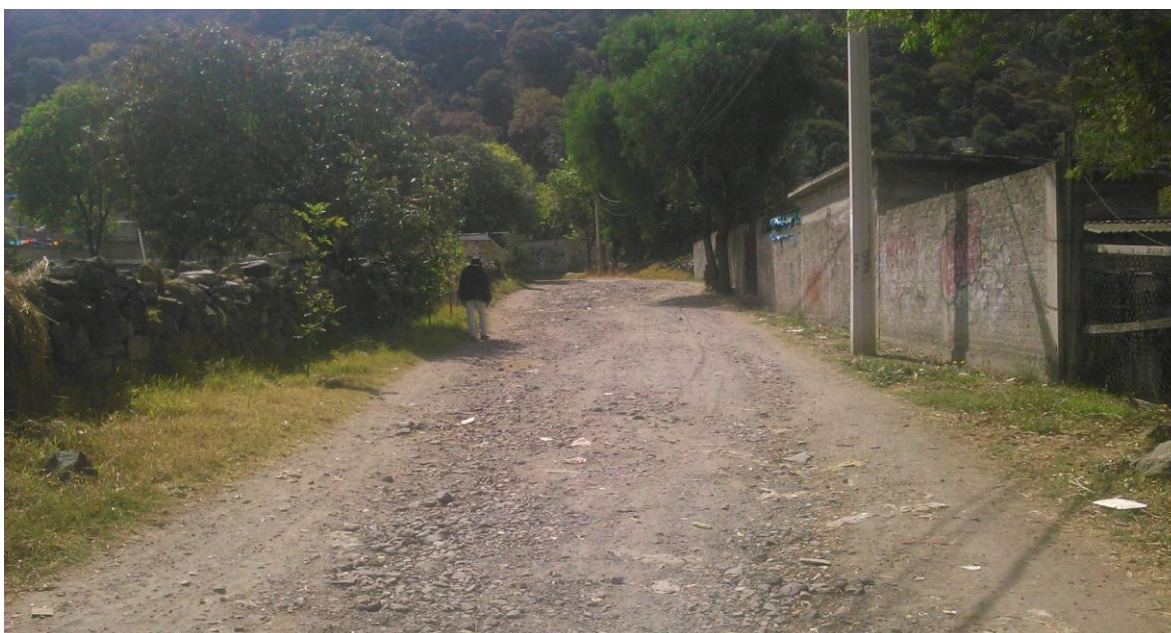


Ilustración 9: Configuración del terreno y tipo de fauna que predomina en la zona.

La comunidad “El Capulín” se encuentra en una situación de media y alta marginación, debido a que no existen las condiciones necesarias de servicios públicos e infraestructura apropiada que permitan mejores condiciones de vida para los habitantes de este lugar.

Esta comunidad carece de los servicios públicos más elementales que son: el drenaje, alumbrado público, pavimentación y agua potable, ubicándola como un punto de alto nivel de rezago en la delegación Xochimilco.



Ilustración 10: Irregularidad de servicios públicos que aquejan a la localidad (Calle Agustín Melgar).

Actualmente en la comunidad viven cerca de 8,000 personas aproximadamente, que forman parte de las colonias Xocotitla, La Palma, El mirador, El Capulín y Tiziclipa. El reparto del agua se hace mediante tandeo, dos veces por semana, en las distintas paradas de agua que los pobladores han implementado en diferentes puntos de este pueblo. La dotación que recibe cada familia es de 4 tambos de 200 litros por semana, en el mejor de los casos.



Ilustración 11: Parada de agua potable ubicada en la calle Golondrinas.

El Capulín cuenta con un comedor económico, del cual se favorecen personas de escasos recursos y de la tercera edad, así como dos centros de educación infantil que han sido implementados en los últimos años, de los cuales solo uno de ellos es el que opera actualmente, que atiende a por lo menos 50 niños. Estos lugares de interés social deberán de ser considerados con dotaciones especiales de agua potable ya que un gran número de personas son beneficiadas por los servicios que ahí se llevan a cabo.



Ilustración 12: Estancia infantil de la comunidad “El Capulín”, ubicada entre la calle Benito Juárez y Prolongación Morelos.

También existen grandes superficies de terrenos, en los que predomina la actividad agrícola de temporal, habiendo cultivos de maíz, calabaza, flor de cempasúchil y avena.

Estos lugares han venido sufriendo un proceso de urbanización, en el cual los ejidatarios han optado por hacer cambio en el uso de sus tierras, con el fin de lotificar sus predios para la construcción de nuevas viviendas. Por esta situación se considera que al paso de los años estas superficies deberán de ser consideradas para el abastecimiento de agua potable.

CAPÍTULO 3

DATOS NECESARIOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE

Sin duda uno de los requisitos necesarios que se debe tener a la mano antes de diseñar un proyecto de esta índole, es conocer la población actual que tiene el lugar; para ello, es necesario consultar información que proporcionan dependencias como: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Consejo Nacional de Población (CONAPO), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), y la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU).

Debido a que no se tiene un registro formal y actualizado del número de habitantes en esta localidad, por alguna de estas dependencias, se recurrió a deducir este dato mediante el número de tomas de luz que se tienen en diversos tableros ubicados en esta comunidad, para ello se asistió personalmente al sitio para hacer el conteo, obteniendo que en este sitio viven aproximadamente 8,000 personas actualmente. Para poder conocer la población de proyecto que tendrá que abastecer la red de distribución es necesario hacer una proyección de al menos 20 años, periodo con el cual se diseña la red, en este lapso de tiempo intervienen variables como tasa de fecundidad, mortalidad y esperanza de vida, así como la migración internacional y la migración nacional entre estados y los municipios de un mismo estado. Debido a esto es complejo analizar la dinámica de la población para este caso, por lo que se recurrió a consultar indicadores demográficos de la Ciudad de México para el año 2030 que proporciona el Consejo Nacional de Población (CONAPO), para poder hacer una comparación con la población media total que se espera para ese periodo que es de 8, 439,786 personas para Ciudad de México.

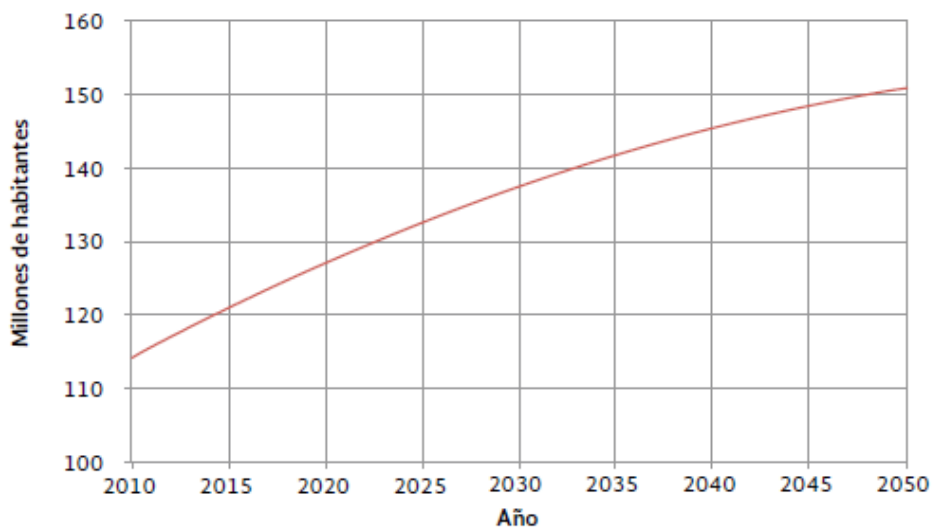


Ilustración 13: Proyecciones de la población 2010-2050 (CONAPO).

En consecuencia se estima que en un periodo de 20 años vivirán un total de 20,000 personas en la localidad de “El Capulín”.

3.1 VIDA ÚTIL

Es el tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño sin tener gastos de mantenimiento altos. Este periodo también es delimitado por la duración misma de los materiales que conforman los elementos del sistema.

Tabla 3: Vida útil de elementos de un sistema de agua potable.

| ELEMENTO | VIDA ÚTIL EN (AÑOS) |
|--------------------------------|---------------------|
| Pozo | |
| Obra civil | De 10 a 30 |
| Equipo electromecánico | De 8 a 20 |
| Línea de conducción | De 30 a 40 |
| Planta potabilizadora | |
| Obra civil | 40 |
| Equipo electromecánico | De 15 a 20 |
| Estación de bombeo | |
| Obra civil | 40 |
| Equipo electromecánico | De 8 a 20 |
| Tanque | |
| Elevado | 20 |
| Superficial | 40 |
| Red de distribución primaria | De 20 a 40 |
| Red de distribución secundaria | De 15 a 30 |

3.2 PERIODO DE DISEÑO

Intervalo de tiempo en que la obra proyectada brindará el servicio para el cual fue diseñada; es decir, funcionará con los parámetros utilizados para su dimensionamiento como población de proyecto y gastos de diseño.

Tabla 4: Periodos de diseño para elementos de un sistema de agua potable.

| ELEMENTO | PERIODOS DE DISEÑO (AÑOS) |
|-------------------------|---|
| Fuente | De 10 hasta 50 |
| Pozo | De 10 a 20 años |
| Embalse (presa) | Hasta 50 años |
| Línea de conducción | De 20 a 30 |
| Planta potabilizadora | De 10 a 20 (más crecimiento modular) |
| Estación de bombeo | De 10 a 20 años (más crecimiento modular) |
| Tanque | De 10 a 20 |
| Distribución primaria | De 10 a 20 |
| Distribución secundaria | Estará en función de la saturación |

3.3 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO

3.3.1 CONSUMO

Parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, las unidades de medida de este parámetro se expresan generalmente en m³/d o l/d, cuando se trata de consumo per cápita se expresa en l/hab/día.

El consumo de agua potable en una comunidad estará en función de diferentes factores como son: condiciones climatológicas e hidrológicas, costumbres locales y la actividad de los habitantes.

En este caso el consumo se analizará de acuerdo al tipo de usuarios que habitan en la comunidad “El Capulín”.

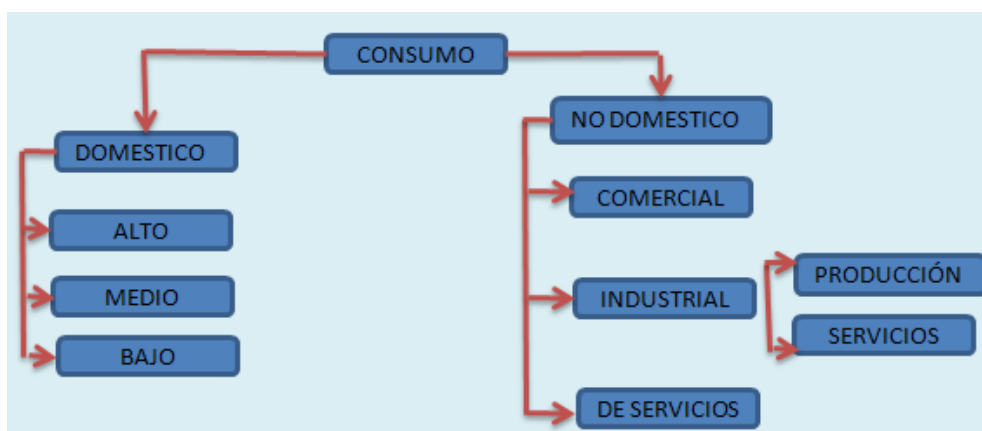


Ilustración 14: Clasificación del consumo según el tipo de usuarios.

El tipo de consumo que predomina en la zona es doméstico de clase baja, debido a que la mayoría de los habitantes son de un bajo poder adquisitivo y la comunidad carece de equipamiento urbano, lo cual impide que se lleven a cabo actividades económicas importantes que requieran dotaciones de agua potable especiales.

Consumos propuestos por la Comisión Nacional del Agua (2016), en localidades mayores de 20,000 habitantes en México.

Tabla 5: Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante.

| CLIMA | CONSUMO litros/habitante/día | | | SUBTOTAL POR CLIMA |
|-------------------|------------------------------|-------|------|--------------------|
| | Bajo | Medio | Alto | |
| Cálido húmedo | 198 | 206 | 243 | 201 |
| Cálido sub húmedo | 175 | 203 | 217 | 191 |
| Seco o muy seco | 184 | 191 | 202 | 190 |
| Templado o frío | 140 | 142 | 145 | 142 |

Tabla 6: Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socioeconómico y clima (MAPAS).

| CLIMA | NIVEL SOCIOECONÓMICO | | |
|-------------------|--------------------------|-------|------|
| | Bajo | Medio | Alto |
| | m ³ /toma/mes | | |
| Cálido húmedo | 24 | 25 | 28 |
| Cálido sub húmedo | 20 | 23 | 26 |
| Seco o muy seco | 22 | 22 | 22 |
| Templado o frío | 15 | 16 | 14 |

3.3.2 DOTACIÓN

Cantidad de agua asignada para cada habitante de la comunidad en la cual se incluyen todos los consumos que este tiene a lo largo del día, este volumen de agua debe ser suficiente, de tal manera que se garantice que el usuario siempre tenga disposición del líquido para llevar a cabo sus actividades de la vida cotidiana. Las unidades en la que se expresa la dotación son litros/habitante/día.

Teniendo en cuenta las características de la comunidad en estudio, se asignará una dotación tomando en cuenta el tipo de clima que predomina en la zona. La temperatura media anual del lugar es de 23°C. Por lo que le corresponde una clasificación con base en la tabla anterior como cálido subhúmedo.

$$\text{Dotación} = (20,000 \text{ litros/toma/mes})$$

$$\text{Dot} = \frac{20000 \text{ litros}}{31 \text{ días}} = 645.2 \text{ litros diarios por toma}$$

$$\text{Dot} = \frac{645.2 \text{ litros}}{5 \text{ personas por toma}} = 129 \text{ l/persona}$$

Si consideramos este valor calculado de la dotación por persona observamos que es menor al valor que aparece en la tabla titulada PROMEDIO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE POR CLIMA PREDOMINANTE, para el caso del clima cálido-subhúmedo, por lo que es muy probable que esta dotación sea insuficiente, por lo anterior explicado se optará por asignar un valor de 180 litros/habitante/al día, con el cual se garantiza el acceso suficiente a este vital líquido.

- **Dotación=180 litros/habitante/al día**

3.4 GASTOS DE DISEÑO

Tabla 7: Gastos de diseño para estructuras de agua potable (MAPAS).

| TIPO DE ESTRUCTURA | DISEÑADO CON EL GASTO MÁXIMO DIARIO | DISEÑADO CON EL GASTO MÁXIMO HORARIO |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Obra de captación | x | |
| Línea de conducción antes del tanque de regulación | x | |
| Tanque de regulación | x | |
| Línea de alimentación a la red | | x |
| Red de distribución | | x |

Gasto máximo diario (Qmd): es el requerimiento de agua para satisfacer la necesidad en un día de máximo consumo.

$$Qmd = CVd \cdot Qmed$$

Donde:

CVd= Coeficiente de variación diaria (es la variación de la demanda de agua debido a los días laborables y a las actividades que realiza la población, este parámetro generalmente toma valores de 1.20 a 1.40).

Qmed= Cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

Gasto máximo horario (Qmh)= Requerimiento de agua para satisfacer las necesidades de la población a la hora de máximo consumo.

$$Qmh = CVh \cdot Qmd$$

Donde:

CVh= Coeficiente de variación horaria (1.55).

3.5 VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN TUBERÍAS

Con base en el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) se recomienda que la velocidad en los tramos de la tubería sea mayor a 0.30 m/s con la finalidad de evitar azolves e incrustaciones de sales en las paredes del conducto y a su vez que la velocidad sea menor a 5 m/s con el propósito de disminuir la erosión interna provocada por el movimiento del agua, con este lineamiento se garantiza un mayor tiempo de vida de la tubería.

Además tener $V > 5$ m/s produce grandes pérdidas por fricción (h_f), como se observa en la siguiente expresión:

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Tabla 8: Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías (MAPAS).

| MATERIAL DE LA TUBERÍA | VELOCIDAD (m/s) | |
|---|-----------------|--------|
| | Máxima | Mínima |
| Concreto simple hasta 45 cm de diámetro | 3 | 0.3 |
| Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores | 3.5 | 0.3 |
| Concreto presforzado | 3.5 | 0.3 |
| Acero con revestimiento | 5 | 0.3 |
| Acero sin revestimiento | 5 | 0.3 |
| Acero galvanizado | 5 | 0.3 |
| Asbesto cemento | 5 | 0.3 |
| Fierro fundido | 5 | 0.3 |
| Hierro dúctil | 5 | 0.3 |
| Polietileno de alta densidad | 5 | 0.3 |
| PVC (policloruro de vinilo) | 5 | 0.3 |

3.6 PRESIONES ADMISIBLES

El régimen de presiones dentro de una red depende de dos factores, la necesidad del servicio y las condiciones topográficas de la localidad.

Las necesidades del servicio obligan por una parte a seleccionar una presión mínima capaz de atender dos clases de requerimientos: los de las edificaciones y la demanda contra incendio.

Por otro lado, presiones muy altas en la red requerirán de tuberías y accesorios más resistentes (más costosos) e incrementar las fugas (en caso de existir). Por lo

tanto, en ningún punto de la red la presión debe exceder una presión máxima permisible.

La presión mínima debe verificarse en la red de distribución de tal manera que en todos los puntos se tenga una presión por lo menos igual a está en la hora de máxima demanda y, se garantice un suministro mínimo. En cambio la máxima se presentara cuando exista poca demanda y la red continúe funcionando a presión.

El establecimiento de estas condiciones en una localidad se combina con su topografía. Como resultado de esto, en los puntos más elevados la presión disponible en las horas de máximo consumo no debe ser inferior a la presión mínima requerida; en cambio, en los más bajos, esta presión no debe ser superior a la presión máxima especificada.

De acuerdo a las sugerencias que emite la Comisión Nacional del Agua se recomienda tomar los siguientes valores de presiones admisibles:

- Presión mínima admisible 10 m.c.a.
- Presión máxima admisible 50 m.c.a.

Demandas propuestas por la Comisión Nacional del Agua para pequeñas comunidades menores a 20,000 habitantes; en donde se describe la variación del gasto a lo largo del día. Este patrón de comportamiento será empleado para el análisis de la red de distribución de agua potable para la localidad “El Capulín”.

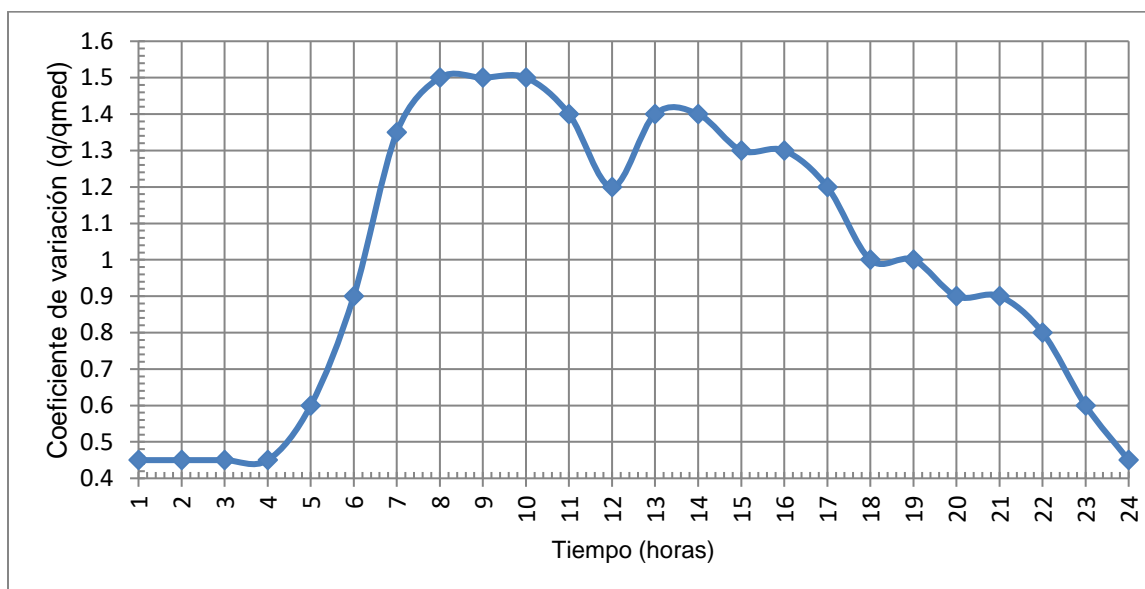


Ilustración 15: Coeficientes de variación horaria para pequeñas comunidades.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Para la elección de la fuente de agua potable, se consideró el pozo número (S-6), ubicado a $19^{\circ} 13'$ de latitud norte y $99^{\circ} 5'$ de longitud oeste, sobre la carretera que va hacia el Pueblo de Santa Cecilia Tepetlapa.



Ilustración 16: Vista exterior del pozo S-6.

Se ubica a una distancia de 1,500 metros aproximadamente de la localidad “El Capulín”. Actualmente una parte del agua extraída de este cuerpo, sirve de abastecimiento regional para el Pueblo de Santa Cecilia Tepetlapa, el cual cuenta con otras fuentes de suministro para su uso.



Ilustración 17: Configuración de los accesorios y del sistema de bombeo que tiene actualmente el pozo (S-6) que alimentará la línea de conducción de la localidad “El Capulín”.

El gasto real de aforo que tiene esta fuente es de 64l/s suficiente como para dotar de agua a la localidad de “El Capulín”, por lo que para este trabajo se consideró como fuente única de abastecimiento. La elevación en esta fuente es de 2373 m.s.n.m.

El nivel estático del cual se tiene registro en el año 2013 está a 160m. de la superficie del terreno, mientras que el nivel dinámico se encuentra a 166.4m. La profundidad de la perforación es de 200m. Reportando un abatimiento en promedio de 60 cm por año.

El diámetro del ademe metálico del pozo es de 16” con un ranurado de tubería de 84 metros en la parte inferior, que sirve para que el agua que se encuentra en el subsuelo entre por dichas cavidades, para que posteriormente la bomba sumergible transporte el agua a la superficie por medio de una tubería de 8” y consecutivamente ese volumen de agua sea impulsado por el equipo de bombeo que se tiene en la superficie hacia el tanque de almacenamiento.



Ilustración 18: Bombas conectadas en paralelo con potencia de bombeo de 120HP - 150HP.

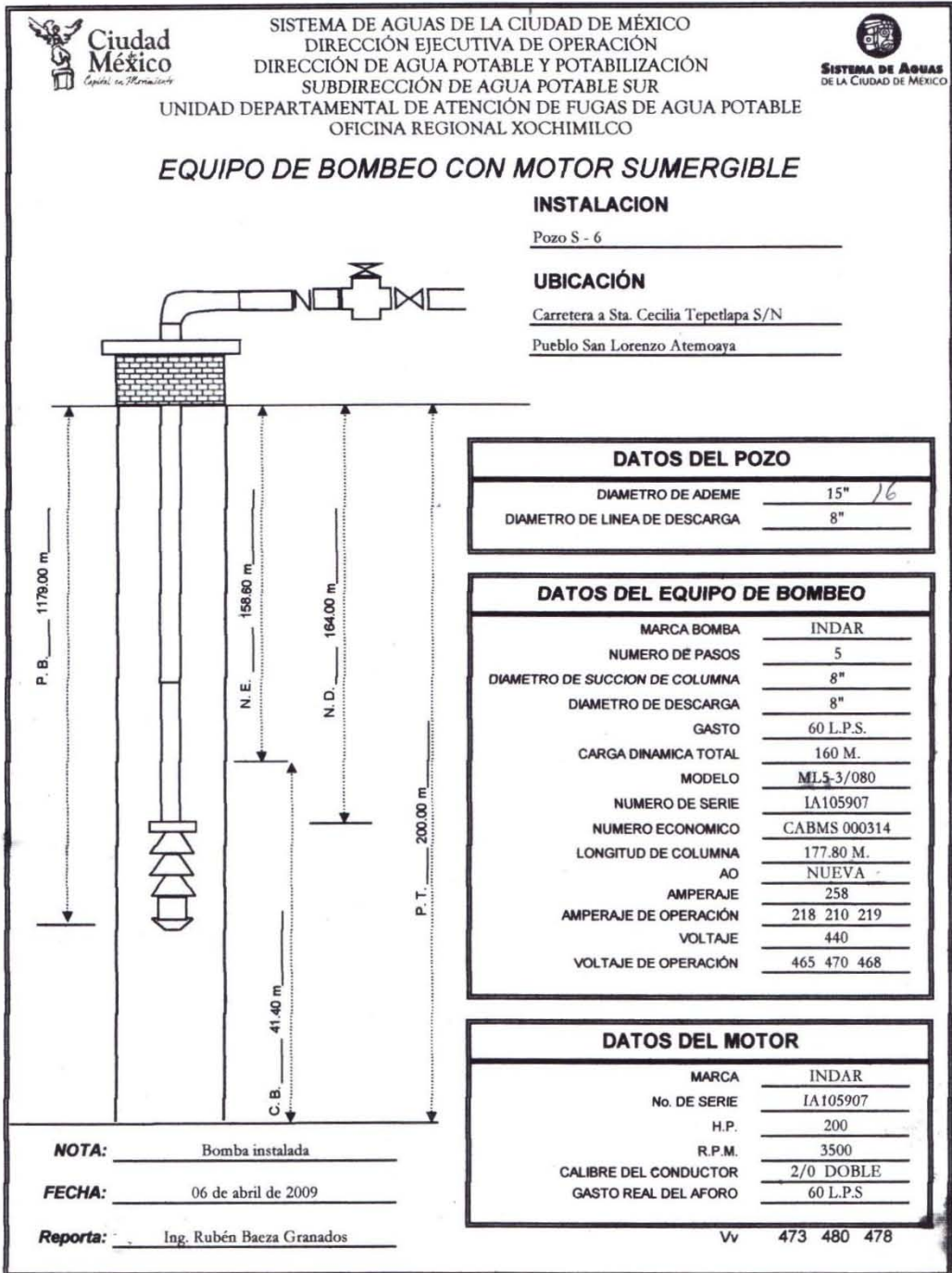
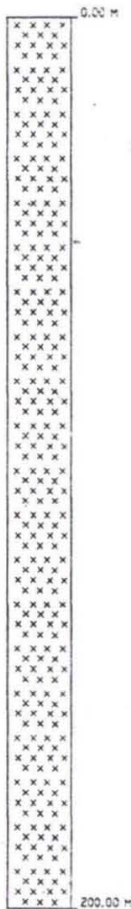
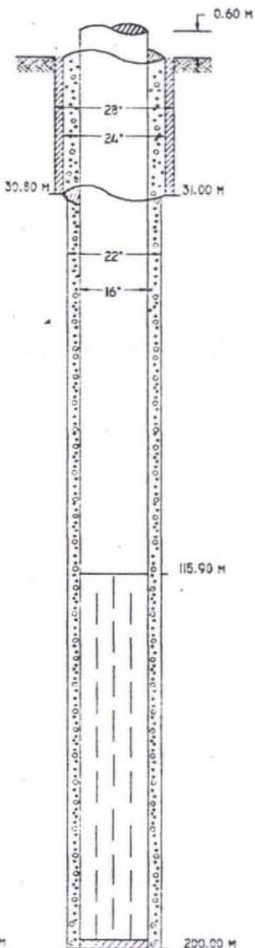


Ilustración 19: Información técnica del pozo S-6 proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

**CORTE
GEOLOGICO
(INFERIDO)**



**SECCION
LONGITUDINAL**



**GAMA DE SIMBOLOS
LITOLOGICOS**


**BASALTO
VESICULAR**

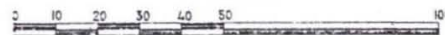
DATOS DEL POZO

| | |
|-------------------|--------------|
| LOCALIZACION : | |
| ELEVACION : | |
| TIPO DE MAQUINA : | ROTATORIA |
| CONTRATISTA : | PERF. MEXICO |
| SE INICIO : | |
| SE TERMINO : | 30-VI-1984 |
| REG. ELECTRICO : | |
| OBSERVACIONES : | |

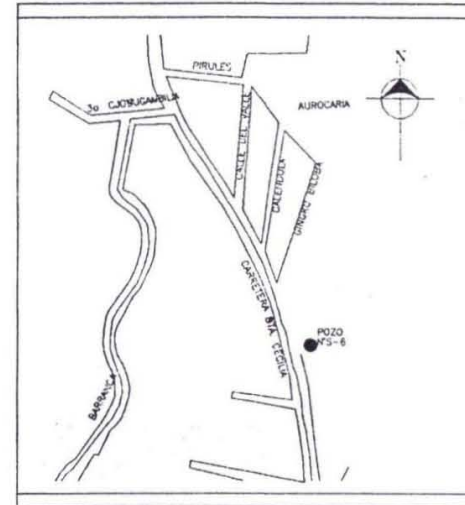
DATOS DEL AFORO

| | |
|-----------------------------|--------------|
| FECHA : | 15-VIII-1984 |
| NIVEL ESTATICO NE : | ✓ 148.10 M |
| RENDIMIENTO Q : | ✓ 64.01 L/S |
| NIVEL DINAMICO ND : | ✓ 149.25 M |
| RENDIMIENTO ESPECIFICO Qs : | 55.66 L.S.M. |
| GASTO RECOMENDADO : | |
| N.D. DE GASTO RECOMENDADO : | |
| CALIDAD DEL AGUA : | |
| CONTRATISTA : | PERF. MEXICO |

ESCALA GRAFICA



METROS
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



CROQUIS DE LOCALIZACION

| | | |
|--|--|--|
|  DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL Secretaria de Obras y Servicios Dirección General de Construcción y Operación Urbánica | |  |
| DIRECCION TECNICA | | SUBDIRECCION DE PROGRAMACION |
| SISTEMA SUR POZO S-6 (No. S-6) DELEGACION XOCHIMILCO | | ESCALA : ACADICA PLANO : 1 DE 1 No. DE APC-900 FECHA : 1 NOV OCTUBRE/1984 |
| JEFE DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL LIC. OSCAR ESPINOZA VILLARREAL | | |
| SECRETARIO DE OBRAS Y SERVICIOS ING. DANIEL RUIZ FERNANDEZ DIRECTOR TECNICO | | DIRECTOR GENERAL ING. CESTAR NUÑEZ CASIANO SUBDIRECTOR DE PROGRAMACION ING. JUAN CARLOS GUASCH Y SAUNDERS |

Ilustración 20: Perfil longitudinal del pozo de agua potable (S-6).

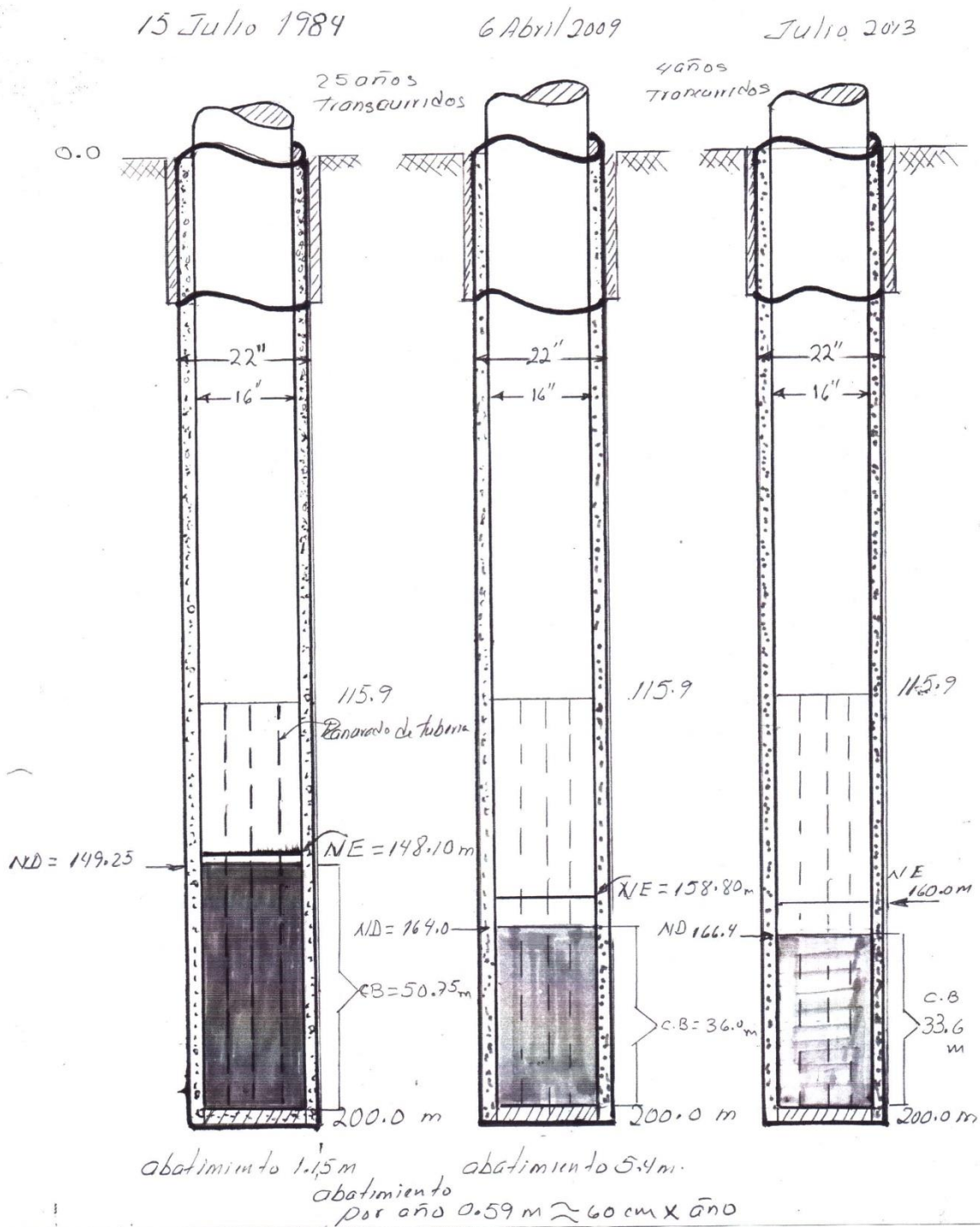


Ilustración 21: Registro de abatimientos en el pozo S-6.

Por otro lado se consideró el tanque de rebombeo “Peñitas” ubicado a 19° 14´ de latitud norte y 99° 5´ de longitud oeste, el cual sirve a comunidades de Santa María Nativitas. Este depósito de agua está en una situación que no permite que el volumen excedente de agua que le llega, pueda ser utilizado para abastecer otra colonia, ya que los habitantes aledaños a este almacenamiento sólo se les permite tener acceso al servicio de agua potable ciertas horas al día.

Por dicha situación se descartó su participación para proporcionar agua potable a la comunidad “El Capulín”, aunado a esto su ubicación está en una zona muy alejada a dicho poblado, con una distancia aproximada de 2 kilómetros.



Ilustración 22: Imagen satelital del tanque de rebombeo “Peñitas”, el cual se considero como posible fuente de abastecimiento de agua potable para la localidad “El Capulín”.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Conjunto de tuberías conectadas en serie y componentes que transportan el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el tanque de regulación.

Existen diferentes aspectos que determinan el tipo de conducción que se puede tener para cada caso en particular. De los cuales se clasifican en los siguientes:

- Conducción por bombeo
- Conducción por gravedad
- Conducción por Bombeo-Gravedad (mixta)

En este caso el tipo de conducción considerado de acuerdo a las características de este trabajo, es por bombeo; ya que el nivel de la fuente de abastecimiento está por debajo de la altura del tanque de regulación, por lo que es necesario adicionar energía para que el gasto de diseño llegue al punto de entrega.



Ilustración 23: Configuración de la línea de conducción de la localidad “El Capulín”.

Con ayuda de la herramienta Google Earth se recolectaron los siguientes datos:

- Altura del tanque de almacenamiento: 2,379 m.s.n.m.
- Longitud de la conducción que parte del tanque de almacenamiento hasta el tanque de regulación: 1,100 m
- Altura del tanque de regulación : 2,475 m.s.n.m.

Con base en los lineamientos y sugerencias que emite el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), se calcularán las pérdidas mayores por fricción con la expresión de Darcy-Weisbach (1856).

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g} \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

f = coeficiente de pérdidas (adimensional)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería (m)

V = velocidad media del flujo (m/s)

g = aceleración gravitacional (m/s²)

h_f pérdida de energía por fricción (m)

NOTA: El coeficiente de pérdidas está relacionado con la rugosidad del material de la tubería y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

ν = viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

Re = número de Reynolds (adimensional)

Para el cálculo del factor de fricción se emplea la ecuación de Swamee-Jane (1976), ya que en esta se expresa el coeficiente (f) de forma explícita a diferencia de la ecuación de Coolebrook y White (1939).

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \dots\dots\dots \text{ecuación (3)}$$

Válida para 5000 < Re < 10⁶ y 10⁻⁶ < $\frac{\epsilon}{D}$ < 10⁻²

ε = Rugosidad absoluta de la tubería empleada (mm)

Algunos valores de rugosidades absolutas son los siguientes:

Tabla 9: Rugosidades absolutas (Sotelo).

| Material de Tubería | ϵ (mm) |
|---|-----------------|
| Vidrio, cobre, acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura, tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico. | 0.0015 |
| Fierro forjado | 0.05 |
| Fierro fundido nuevo | 0.25 |
| Fibro cemento nuevo | 0.025 |
| Concreto de acabado liso | 0.025 |
| Concreto con acabado normal | 1 a 3 |

En consideración de estos valores y datos obtenidos se empleara el uso de tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), con relación de dimensiones RD= 7.0 y un peso de 63.42Kg/m para la línea de conducción.

5.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO

Tabla 10: Precio de la tubería VALTIC PREMIUM.

| DIAMETRO (in) | TRAMO (m) | RD 7.3 \$/ M (DOLARES) |
|------------------|--------------|------------------------------|
| 6 " | 6 | 30.28 |
| 8" | 6 | 51.22 |
| 10" | 6 | 79.57 |
| 12" | 6 | 112.01 |
| 14" | 6 | 134.95 |
| 16" | 6 | 176.63 |

Tabla 11: Cálculo de pérdidas en diferentes diámetros de tubería y cargos por consumo de energía en la línea de conducción.

| DIA.(IN) | DIA.INT.(m) | A (m ²) | Q(m ³ /s) | V (m/s) | Re | f | Hf | ha | Hb | POT. KW | \$ KW-H | \$ KW-AÑO | \$TUB.+\$ENER. |
|----------|-------------|---------------------|----------------------|---------|---------|--------|-------|------|-------|----------|---------|------------|----------------|
| 6 | 0.1203 | 0.01137 | 0.11666 | 10.26 | 1234278 | 0.0116 | 567.1 | 68.0 | 731.1 | 1072.671 | 2.83 | 13296190 | 13895734.03 |
| 8 | 0.1565 | 0.01924 | 0.11666 | 6.06 | 948390 | 0.0119 | 157.3 | 23.8 | 277.1 | 406.5165 | 2.83 | 5038934.42 | 6053090.424 |
| 10 | 0.1951 | 0.02990 | 0.11666 | 3.90 | 760890 | 0.0123 | 53.9 | 9.8 | 159.7 | 234.3873 | 2.83 | 2905324.5 | 4480810.504 |
| 12 | 0.2312 | 0.04198 | 0.11666 | 2.78 | 640424 | 0.0127 | 23.7 | 5.0 | 124.7 | 182.9288 | 2.83 | 2267476.18 | 4485274.184 |
| 14 | 0.254 | 0.05067 | 0.11666 | 2.30 | 584200 | 0.0128 | 15.0 | 3.4 | 114.4 | 167.9156 | 2.83 | 2081381.06 | 4753391.059 |
| 16 | 0.2902 | 0.06614 | 0.11666 | 1.76 | 510752 | 0.0131 | 7.9 | 2.0 | 105.9 | 155.375 | 2.83 | 1925935.4 | 5423209.402 |

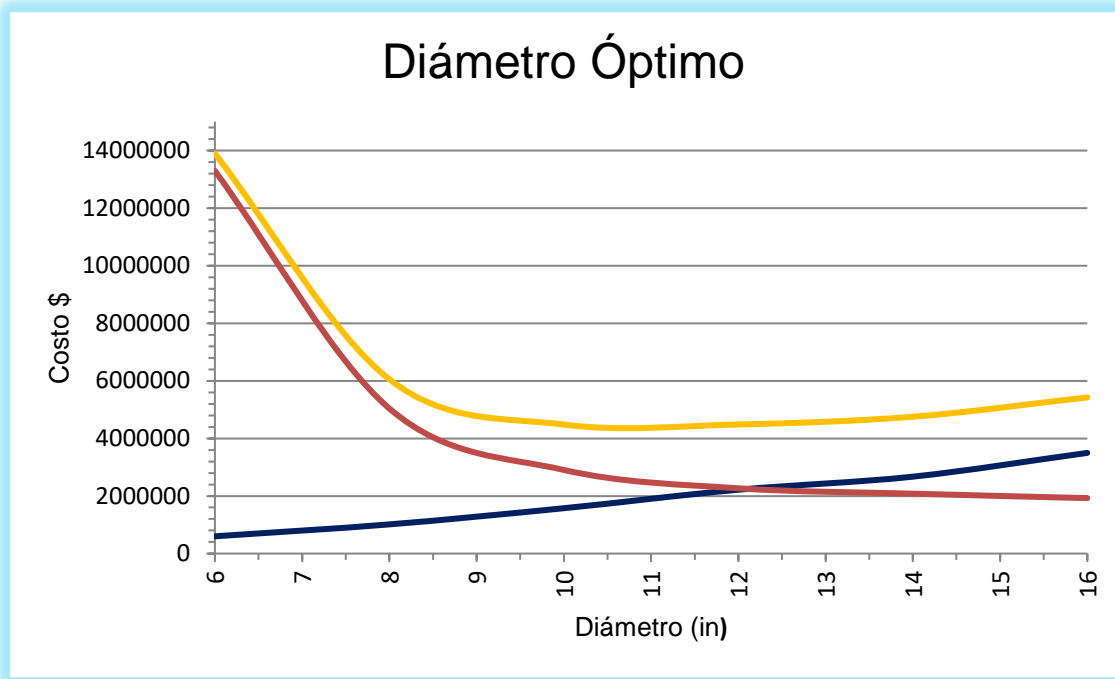


Ilustración 24: Determinación del diámetro óptimo que deberá ser utilizado en la línea de conducción de la localidad "El Capulín".

Proponiendo un diámetro exterior de 10", que para dicho RD, le corresponde un diámetro interior de 0.1951 m. Con base en catálogo de tubería VALTIC PREMIUM.

Sabiendo que la línea de conducción se diseña con el gasto máximo diario que es:

$$Q_{Md} = (CV_d)(Q_{med})$$

Donde:

Q_{Md} = Gasto máximo diario (l/s)

Q_{med} = Gasto medio (l/s)

CV_d = Coeficiente de variación diaria (1.40)

Por lo tanto:

$$Q_{med} = \frac{(\text{Numero de habitantes})(\text{Dotacion})}{\text{segundos que tiene un dia}} = \frac{(20000)(180 \text{ l})}{86400} = 41.67 \text{ l/s}$$

$$Q_{Md} = (1.40)(41.67 \text{ l/s}); 58.33 \text{ l/s}$$

Nota: cabe resaltar que el gasto antes calculado de 58.33 l/s está considerando que el equipo de bombeo esta en operación las 24 horas del día, por lo que se modificará para un periodo de suministro de 12 horas al día.

$Q_{Md} = (58.33\text{l/s})(2)$; 116.66 l/s (gasto que estará llegando al tanque de regulación)

De la ecuación de conservación de masa:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \dots\dots\dots (4)$$

Conociendo que:

$$Q = AV; V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Q= gasto (m^3/s)

A = área de la tubería (m^2)

Considerando que $A = \frac{\pi D^2}{4}$

De la expresión (5) se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A}; \frac{0.11666\text{m}^3/\text{s}}{0.0299\text{m}^2} = 3.90 \text{ m/s} \text{ (velocidad con la que llega el agua al tanque de regulación).}$$

Calculando el número de Reynolds de la ecuación (2).

$$Re = \frac{(3.90\text{m/s})(0.1951\text{m})}{1 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}} = 760890$$

Aplicando la expresión (3).

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{0.0015}{3.71} + \frac{5.74}{(760890)^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0123$$

Por consiguiente se procede a calcular las pérdidas por fricción con la expresión (1).

$$H_f = (0.0123) * \frac{(1100\text{m}) \left(\frac{3.90\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{(0.1951\text{m})(2) \left(\frac{9.81\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 53.9\text{m} \text{ (pérdidas por fricción).}$$

Calculando las pérdidas menores por accesorios en la conducción con ayuda de la siguiente ecuación.

$$h_a = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

h_a = Pérdida menor (m)

K= Coeficiente para el cálculo de pérdidas locales (adimensional)

V= Velocidad del flujo (m/s)

$g =$ Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Tabla 12: Valores del coeficiente (K) Sotelo (1994).

| Elemento | Cantidad | Coeficiente K |
|---|----------|---------------|
| Válvula de globo, completamente abierta | 1 | 10 |
| Codo de 45° | 5 | 0.4 a 0.42 |
| Codo de 90° | 1 | 0.5 a 0.75 |
| Conexión a ras de pared | 1 | 0.5 |
| Salida | 1 | 1 |
| TOTAL | | 12.67 |

Aplicando (6).

$$h_a = 12.67 \frac{\left(\frac{3.90m}{s}\right)^2}{(2)\left(\frac{9.81m}{s^2}\right)} = 9.82 \text{ m (Pérdidas menores por accesorios en la conducción)}$$

Adicionando a la ecuación de energía la carga que deberá suministrar el equipo de bombeo (H_b) tenemos:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f - H_b \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

$Z_1, Z_2 =$ Elevaciones de la conducción entre el tanque de almacenamiento y el tanque de regulación (m).

$P_1/\gamma, P_2/\gamma =$ Carga de presión en los diferentes tanques (m).

$H_f =$ Pérdidas de energía (m).

$H_b =$ Energía que suministra el equipo de bombeo (m).

Aplicando (7).

Entre el tanque de almacenamiento y el tanque de regulación, considerando que la velocidad en ambos extremos de la tubería es la misma y la presión en los tanques es igual a la presión atmosférica.

$$1379m = 2475m + H_f - H_b$$

$$H_b = 2475m - 2379m + 53.9m + 9.82m$$

$H_b = 159.72m \approx 160m$ (altura que debe vencer la bomba para suministrar el gasto de 116.66l/s)

Sabiendo la carga total requerida, se calcula la potencia de la bomba con la siguiente expresión:

$$P = \frac{9.81}{\eta} \gamma Q H_b \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

P= Potencia del equipo de bombeo (Watts)

η = Eficiencia

Q= Gasto (m³/s)

H_b= Carga de bombeo (m)

γ = Peso específico del agua (Kg/m³)

Sustituyendo de (8).

$$P = \frac{9.81m}{0.78} \left(\frac{1000kg}{m^3} \right) \left(\frac{0.11666m^3}{s} \right) (160m) = \frac{234755.82kgm^2}{s^3}$$

P=234755.82 Watts

Para transformar la potencia de la bomba a HP tenemos que:

$$1Hp \dots\dots\dots 746 \text{ Watts}$$

$$P = \frac{(155525.73 \text{ Watts})(1Hp)}{(746 \text{ Watts})} = 314.68 \text{ HP} \approx 315 \text{ HP (potencia requerida)}$$

Proponiendo una bomba con caballaje mayor o igual a 315 HP.

Si la curva de la bomba se comporta de la forma H_B=AQ²+BQ+C, dicha función está en relación con la altura de bombeo y el gasto; por consiguiente se hará lectura del catálogo del fabricante de bombas NEUMANN en tres puntos diferentes de la curva.

Tabla 13: Curva característica de la bomba.

| Gasto (l/s) | H _b (m) | Valuando en condiciones iniciales |
|-----------------|--------------------|-----------------------------------|
| 80 | 190 | 6400A+80B+C=190 |
| 105 | 170 | 11025A+105B+C=170 |
| 140 | 120 | 19600A+140B+C=120 |
| A= - 11/1050 | | B=239/210 C=166 |

$$H_b = -\frac{11}{1050}Q^2 + \frac{239}{210}Q + 166 \text{ CURVA DE LA BOMBA (3)}$$

Tabla 14: Obtención de cargas de bombeo para diferentes gastos.

| Q (l/s) | Hb (m) |
|---------|--------|
| 80 | 190 |
| 85 | 187.05 |
| 90 | 183.57 |
| 95 | 179.57 |
| 100 | 175.05 |
| 105 | 170 |
| 110 | 164.43 |
| 115 | 158.3 |
| 120 | 151.71 |
| 125 | 144.57 |
| 130 | 136.9 |
| 135 | 128.71 |
| 140 | 120 |

Tabla 15: Cálculo de pérdidas por fricción para diferentes gastos.

| Q (l/s) | Q (m ³ /s) | V (m/s) | Re | <i>f</i> | Hf (m) | ha (m) | Hs (m) |
|---------|-----------------------|---------|---------|----------|------------|------------|------------|
| 40 | 0.04 | 1.34 | 261434 | 0.0148 | 7.66651202 | 1.15572689 | 104.822239 |
| 50 | 0.05 | 1.67 | 325817 | 0.0142 | 11.5058333 | 1.80582326 | 109.311657 |
| 60 | 0.06 | 2.01 | 392151 | 0.0138 | 16.0288269 | 2.6003855 | 114.629212 |
| 70 | 0.07 | 2.34 | 456534 | 0.0134 | 21.2441942 | 3.5394136 | 120.783608 |
| 80 | 0.08 | 2.68 | 522868 | 0.0131 | 27.1079065 | 4.62290756 | 127.730814 |
| 90 | 0.09 | 3.01 | 587251 | 0.0129 | 33.641152 | 5.85086738 | 135.492019 |
| 100 | 0.1 | 3.34 | 651634 | 0.0126 | 40.8182115 | 7.22329306 | 144.041505 |
| 110 | 0.11 | 3.68 | 782351 | 0.0123 | 47.9356386 | 8.7401846 | 152.675823 |
| 120 | 0.12 | 4.01 | 848685 | 0.0121 | 56.3071338 | 10.401542 | 162.708676 |
| 130 | 0.13 | 4.35 | 913068 | 0.0120 | 65.3202798 | 12.2073653 | 173.527645 |
| 140 | 0.14 | 4.68 | 979402 | 0.0118 | 74.9264194 | 14.1576544 | 185.084074 |
| 150 | 0.15 | 5.02 | 1043785 | 0.0117 | 85.1654955 | 16.2524094 | 197.417905 |
| 160 | 0.16 | 5.35 | 1043785 | 0.0117 | 96.8994082 | 18.4916302 | 211.391038 |

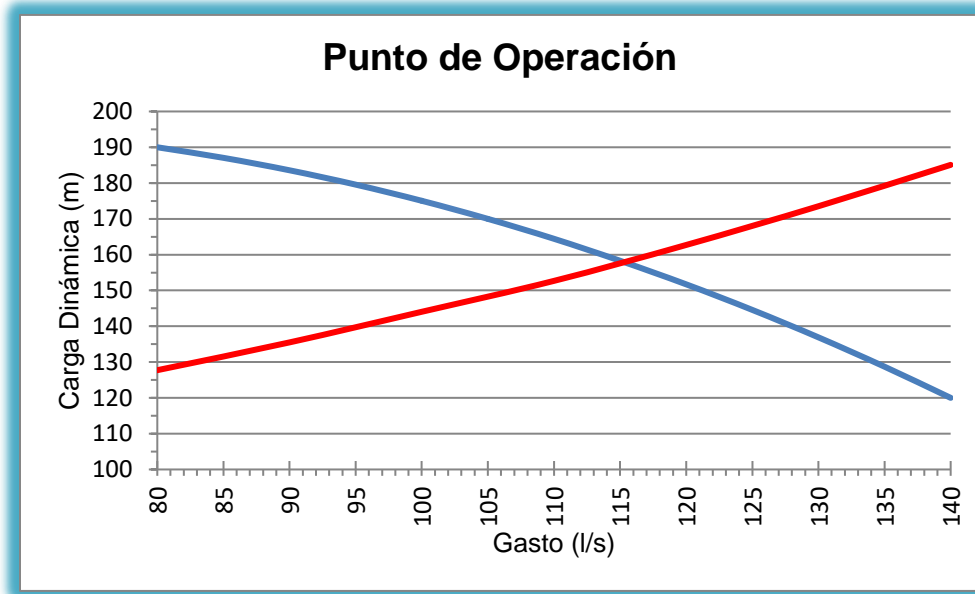


Ilustración 25: Punto de operación del equipo de bombeo, donde se observa que el gasto real que se está bombeando al tanque de regulación es de 116 l/s con el equipo BA 12-140 de la marca NEUMANN.

5.2 REVISIÓN POR GOLPE DE ARIETE

Una expresión práctica que permite conocer el valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la propuesta por Allievi.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

Donde:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad del material de la tubería.

$$K = \frac{10^{10}}{Et}$$

Para tuberías de polietileno de alta densidad el coeficiente K puede tomar un valor igual a 111.11 (Sotelo).

Sustituyendo valores para encontrar el valor de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería tenemos que:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 111.11 \cdot \frac{273.1}{39}}} = 344.4 \text{ m/s}$$

Calculando la sobre presión con la expresión de Joukowsky

$$\Delta h = \pm \frac{cV}{g}$$

Donde:

Δh = Sobrepresión (m)

V = Velocidad del flujo (m/s)

g = Aceleración de la gravedad 9.81 (m/s²)

$$\Delta h = \pm \frac{(344.4 \text{ m/s})(3.90 \text{ m/s})}{\left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)} = 136.92 \text{ m.c.a (sobrepresión)}$$

Calculando la presión máxima y mínima que se presentarán en la tubería.

$$P_{\text{máx.}} = h_0 + \Delta h ; 96 \text{ m} + 136.92 \text{ m} = 232.92 \text{ m.c.a}$$

$P_{\text{mín.}} = h_0 - \Delta h ; 96 \text{ m} - 136.92 \text{ m} = -40.92 \text{ m.c.a}$ (implementar válvula anticipadora de golpe de ariete). Para garantizar un buen funcionamiento en la línea de conducción y evitar posibles colapsos en la tubería.

NOTA:

A continuación se ilustra el trazo de la línea de conducción diseñada para la localidad, mediante el plano (1). Donde se observa la localización de los diferentes tipos de válvulas que debe tener para su correcto funcionamiento; así como el punto de sobrepresión ocasionado por el golpe de ariete.

En el plano (2) se ilustra una vista en planta de la conducción y detalles de accesorios que se deben de tener en la succión del tanque de almacenamiento.

CAPÍTULO 6

DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y/O REGULACIÓN

Para la elección del sitio que ocupará el tanque de regulación que servirá al abastecimiento de la localidad “El Capulín” se optó por ubicarlo en un lugar donde actualmente no existen viviendas cercanas que pudieran ser afectadas por la construcción de esta estructura, además, está situado sobre una elevación mayor a la de dicho poblado.

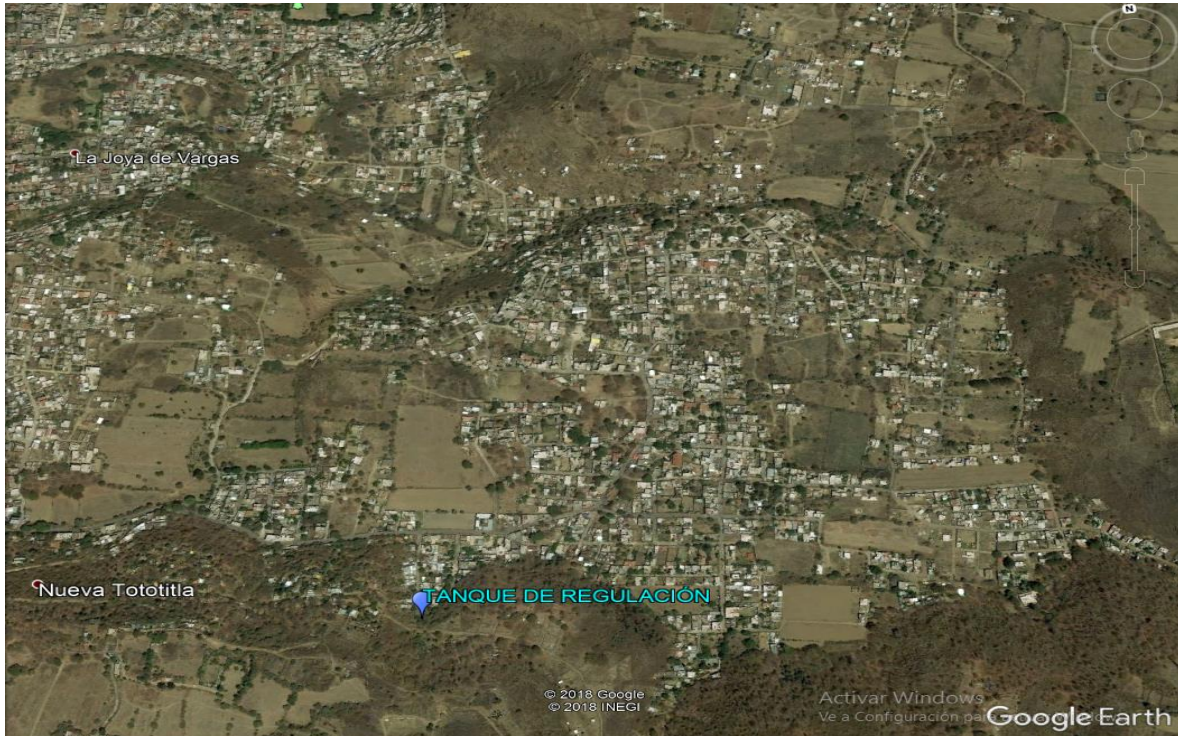


Ilustración 26: Lugar recomendado para construir el tanque de regulación que servirá para el abastecimiento de la localidad “El Capulín”, ubicado en la parte alta de la calle Golondrinas.

Con base en la norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, titulada Sector Agua Requisitos de Seguridad para la Construcción y Operación de Tanques que establecen los requisitos de seguridad que deben de cumplir los tanques con capacidad de 3000 m³ o mayores.

Se busca cumplir con los siguientes requisitos:

- Debido al súbito vertido de agua en esta zona, se evaluará una posible falla parcial o total del tanque.
- El tanque deberá estar construido por varias celdas independientes con el fin de reducir riesgos por falla del tanque.

- Los tranques deberán estar provistos por un muro perimetral para contener el agua en caso de una falla parcial o total.
- La construcción del tanque en este lugar originará el menor impacto ambiental.

Para determinar la capacidad de almacenamiento de agua que deberá tener el tanque de regulación es necesario calcular el coeficiente de regulación que está en función del número de horas por día de alimentación de la fuente de abastecimiento al tanque. Por lo que se empleará el método de porcentajes de gastos horarios respecto al gasto medio diario.

Tabla 16: Coeficientes de regulación para un suministro de 12 horas (1:00 pm a 12:00 pm).

| HORA | SUMINISTRO | DEMANDA | | |
|------|------------|--------------------------|------------|----------------------|
| | | COEFICIENTE DE VARIACIÓN | DIFERENCIA | DIFERENCIA ACUMULADA |
| | % de Qmed | % | % | % |
| 1 | 0% | 45% | -45% | -45% |
| 2 | 0% | 45% | -45% | -90% |
| 3 | 0% | 45% | -45% | -135% |
| 4 | 0% | 45% | -45% | -180% |
| 5 | 0% | 60% | -60% | -240% |
| 6 | 0% | 90% | -90% | -330% |
| 7 | 0% | 135% | -135% | -465% |
| 8 | 0% | 150% | -150% | -615% |
| 9 | 0% | 150% | -150% | -765% |
| 10 | 0% | 150% | -150% | -915% |
| 11 | 0% | 140% | -140% | -1055% |
| 12 | 0% | 120% | -120% | -1175% |
| 13 | 200% | 140% | 60% | -1115% |
| 14 | 200% | 140% | 60% | -1055% |
| 15 | 200% | 130% | 70% | -985% |
| 16 | 200% | 130% | 70% | -915% |
| 17 | 200% | 120% | 80% | -835% |
| 18 | 200% | 100% | 100% | -735% |
| 19 | 200% | 100% | 100% | -635% |
| 20 | 200% | 90% | 110% | -525% |
| 21 | 200% | 90% | 110% | -415% |
| 22 | 200% | 80% | 120% | -295% |
| 23 | 200% | 60% | 140% | -155% |
| 24 | 200% | 45% | 155% | 0% |

De los valores de la columna de diferencias acumuladas, se selecciona el máximo porcentaje excedente y el máximo porcentaje faltante, por consiguiente se calcula:

$$R = 3.6 \frac{\text{Máximo Excedente} - \text{Máximo Faltante}}{100} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

R= Coeficiente de Regulación

Máximo Excedente= Valor máximo positivo de la columna “diferencias acumuladas”

Máximo Faltante= Valor máximo negativo de la columna “diferencias acumuladas”

Por lo tanto.

$$R = 3.6 \frac{-(-1175)}{100} ; R = 42.3$$

Para determinar la capacidad de almacenamiento del tanque se utiliza la siguiente expresión:

$$C=(R)(Q_{MD}) \dots \dots \dots (2)$$

Nota: Ecuación valida sólo cuando el tiempo de bombeo es por 24 horas.

Donde:

C= Capacidad del tanque (m³)

R= Coeficiente de regulación

Q_{MD}= Gasto máximo diario (l/s)

Debido a que el tiempo de bombeo para este caso es menor a 24 horas es necesario mencionar que se debe incrementar el gasto de diseño como se indica a continuación:

$$Q_d = \frac{24(\text{Gasto máximo diario})}{tb} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

Q_{MD}= (Gasto medio)(coeficiente de variación diaria)

$$\text{Gasto medio} = \frac{(20000 \text{Hab.})(180l)}{86400} = 41.67 \text{ l/s}$$

Q_{MD}= (41.67)(1.40)= 58.33 l/s Gasto que se ocupa para el dimensionamiento del tanque de regulación como lo indica la expresión (2)

$Qd = \frac{24(58.33)}{12} = 116.66 \frac{l}{s}$ gasto que se ocupó para el diseño de la línea de conducción

Finalmente se tiene:

$C = (42.3)(58.33 \text{ l/s}) = 2467.36 \text{ m}^3 \approx 2500 \text{ m}^3$ (capacidad interna de almacenamiento de agua potable que debe tener el Tanque de Regulación, sin considerar el bordo libre que generalmente es de 30 cm a 50 cm).

Para este caso se tomará un bordo libre de 0.5 m. para efectos de implementación de flotadores para controlar el llenado de forma automática.

Por lo anterior, fue propuesta una geometría como se indica en el plano (3); el cual está construido con elementos de mampostería en la parte perimetral, con muros de piedra (Basalto), pegados con mortero a una relación de 6 botes de arena y medio saco de cemento portland tipo II, por bulto de mortero para garantizar la estabilidad de los elementos de mampostería, dichos muros perimetrales tendrán un ancho en la plantilla de 3.0 metros con escarpio en la cara exterior de 0.52 cm por cada metro de altura, y una elevación total de 5 metros.

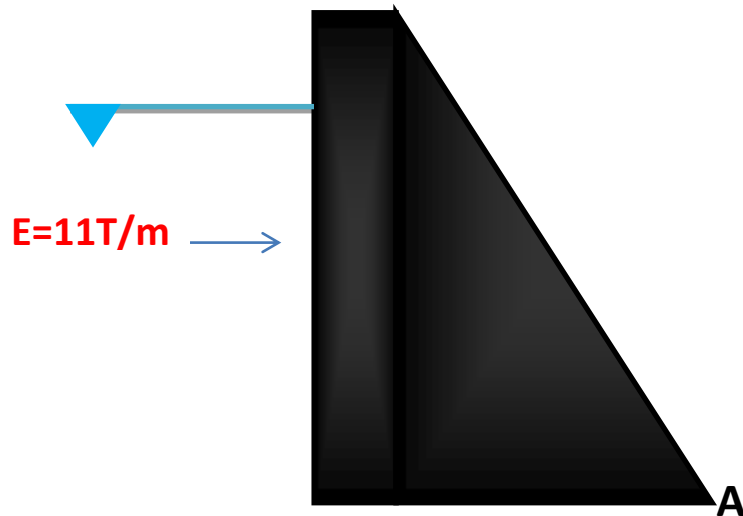
La parte interior el tanque de regulación cuenta con siete muros de mampostería de 5m de largo, 1m de ancho, y 5m de altura los cuales estarán con un acabado pulido en todas sus caras al igual que las cuatro caras interiores del tanque, dicho acabado deberá hacerse con una mezcla de cemento y agua.



Ilustración 27: Tipo de roca que se empleará en la construcción del tanque de regulación y que abunda en la zona.

NOTA: El plano (3) ilustra los elementos estructurales que componen al tanque de regularización; así como el acabado recomendado.

6.1 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA



Analizando la estabilidad del muro perimetral del tanque de regulación; el cual está construido con elementos de mampostería (basalto), con un peso volumétrico promedio de 2.45 T/m³, el muro cuenta con un ancho de desplante de 3.0 m y una altura de 5 m. En la corona del muro se tiene un ancho de 0.40 m. El nivel máximo de agua que se permite verter es de 4.70 m.

Tabla 17: Cálculo de centroides y momentos de inercia.

| Elemento | Área (m ²) | Largo (m) | Volumen (m ³) | γ (T/m ³) | W (T) | Centroide (x) | Centroide (y) | A* X | A*Y |
|----------|------------------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------|---------------|---------------|----------|-----------|
| 1 | 2 | 40 | 80 | 2.45 | 196 | 0.2 | 2.5 | 0.4 | 5 |
| 2 | 6.5 | 40 | 260 | 2.45 | 637 | 1.27 | 1.67 | 8.255 | 10.855 |
| | Σ= 8.5 | | | | | | | Σ= 8.655 | Σ= 15.855 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| $X = \frac{\sum A * X}{\sum A}$ | 1.02 m |
| $Y = \frac{\sum A * Y}{\sum A}$ | 1.87 m |

Calculando el empuje hidrostático

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2; ((1T/m^3)(4.7m)^2)/2$$

E= 11.045T/m (empuje hidrostático por cada metro de ancho del muro)

Empuje total ejercido a lo largo de todo el muro

Et= 441Ton.

Calculando el factor de seguridad contra volteo

$$F.S.V. = \frac{\Sigma \text{ de momento resistente}}{\Sigma \text{ de momento motor}}$$

$$F.S.V. = \frac{(196T)(2.8m) + (637T)(1.73m)}{(441T)(1.57m)} = 2.38 > 2 \text{ (ACEPTABLE)}$$

NOTA: En el análisis contra volteo se consideró que el tanque de regulación no tiene relleno en la parte exterior, por consiguiente, si se optará por rellenar de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de la altura se estaría garantizando aún más su estabilidad por lo que el factor de seguridad contra volteo se incrementaría.

NOTA: En el plano (4) se ilustra con detalle accesorios que debe tener el tanque de regulación para un correcto funcionamiento.

CAPÍTULO 7

DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE

Para el diseño de la red de distribución de agua potable se recurrió a hacer uso del programa Google Earth para poder hacer el levantamiento topográfico del lugar y obtención de datos necesarios como la elevación de las conexiones y la distancia entre estas, así como para hacer un reconocimiento del lugar, y poder ubicar puntos de afectación de predios que pudieran surgir a la hora de hacer el trazo.

Tabla 18: Conexiones en común de las tuberías que conforman la red de distribución.

| <i>Tabla de Red - Líneas</i> | | | | |
|------------------------------|---------|---------|--------------|-----------------|
| ID Línea | ID Nodo | ID Nodo | Longitud (m) | Rugosidad (mm) |
| | Inicial | Final | | |
| Tubería 1 | 1 | 2 | 34.4 | 0.0015 |
| Tubería 2 | 2 | 3 | 66.2 | 0.0015 |
| Tubería 3 | 3 | 4 | 23.8 | 0.0015 |
| Tubería 4 | 4 | 5 | 11.7 | 0.0015 |
| Tubería 5 | 5 | 6 | 101.3 | 0.0015 |
| Tubería 6 | 6 | 7 | 33.7 | 0.0015 |
| Tubería 7 | 3 | 8 | 45.3 | 0.0015 |
| Tubería 8 | 8 | 9 | 31.1 | 0.0015 |
| Tubería 9 | 9 | 10 | 25.1 | 0.0015 |
| Tubería 10 | 9 | 11 | 49.5 | 0.0015 |
| Tubería 11 | 15 | 18 | 23.9 | 0.0015 |
| Tubería 12 | 8 | 12 | 44.4 | 0.0015 |
| Tubería 13 | 12 | 13 | 13 | 0.0015 |
| Tubería 14 | 13 | 14 | 19.6 | 0.0015 |
| Tubería 15 | 14 | 15 | 12.3 | 0.0015 |
| Tubería 18 | 8 | 19 | 44.5 | 0.0015 |
| Tubería 19 | 19 | 20 | 43.5 | 0.0015 |
| Tubería 20 | 20 | 21 | 37 | 0.0015 |
| Tubería 21 | 21 | 22 | 30.5 | 0.0015 |
| Tubería 22 | 22 | 23 | 44 | 0.0015 |
| Tubería 23 | 23 | 24 | 20.9 | 0.0015 |
| Tubería 24 | 20 | 25 | 50.7 | 0.0015 |
| Tubería 25 | 25 | 26 | 40 | 0.0015 |

Con base en la tabla anterior se ilustra la manera en cómo se llevó el orden de las longitudes de los diferentes tramos de tuberías, para posteriormente ser

consideradas en el cálculo de la red de distribución.

La red de distribución de agua potable que se trazó en la zona tiene una longitud total de 12,694.5 metros, la cual está proyectada de tal manera que abarque todas las calles que actualmente tiene la comunidad “El Capulín”.

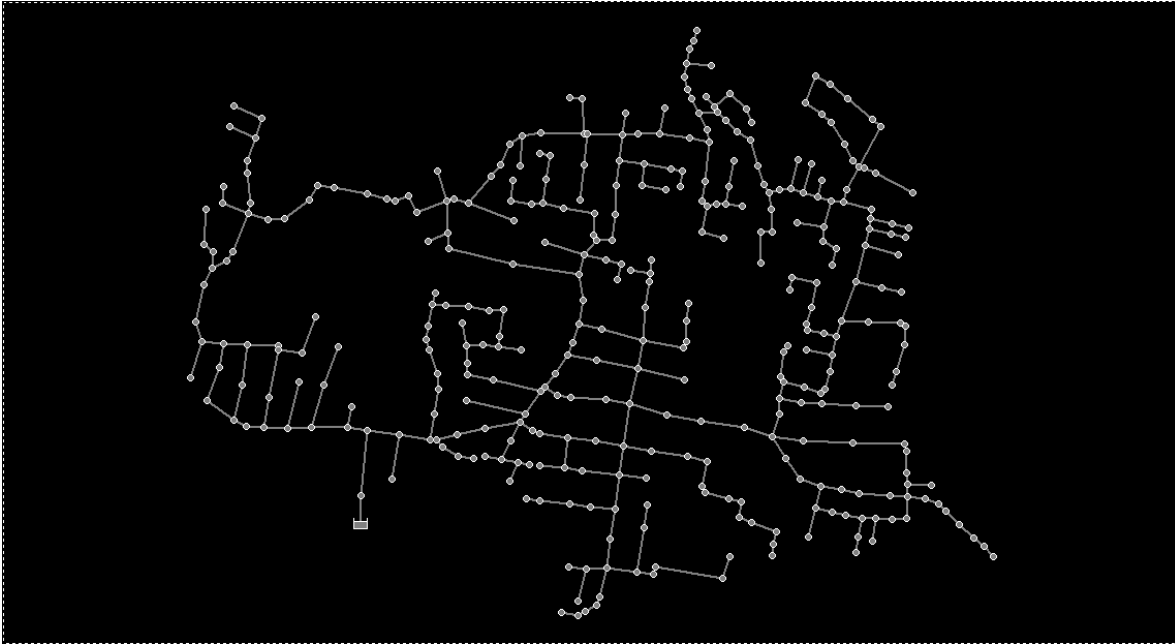


Ilustración 28: Vista previa de la configuración de las tuberías y de las conexiones.

Para calcular la asignación de la demanda base en las conexiones se consideró que la mayoría de lotes tipo de la localidad son de dimensiones de 10 m. de frente por 20 m. de fondo y que por cada predio habitan 5 personas.

Si el gasto de diseño para esta red de distribución es de 90.42 l/s, y el volumen de agua se distribuye de manera proporcional a lo largo de toda la red se obtiene que:

$$q = \frac{90.42 \text{ l/s}}{12694.5 \text{ m}} = 7.123 \times 10^{-3} \text{ l/s por cada metro}$$

Donde:

q: gasto unitario por unidad de longitud

Para el cálculo de la demanda base correspondiente para cualquier nodo de la red se emplea la siguiente expresión

$$D_b: (q)(l_n)(0.5)$$

Donde:

D_b: Demanda base en el nodo (l/s)

l_n : longitud correspondiente de la tubería que concurre a la conexión en estudio

0.5: Factor de participación que la conexión dota del líquido a la tubería, esta es una suposición teórica que se emplea para simplificar la asignación de los valores de la demanda base.

Con base en lo anterior se tiene la siguiente tabla que muestra georeferencia, elevación del terreno y demanda base calculada para las diferentes conexiones de la red de distribución.

Tabla 19: Georeferencia de las conexiones que conforman la red de distribución de agua potable.

| | Cota (m) | GRADOS,MINUTOS Y SEGUNDOS | | UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) | | | Demanda Base |
|-------------|----------|---------------------------|--------------|---|-----------------|------------------|--------------|
| | | latitud | longitud | Zona | Coordenada Este | Coordenada Norte | LPS |
| ID Nodo | | | | | | | |
| Conexión 1 | 2433 | 19°13'24.58"N | 99°5'13.82"O | 14 Q | 490837.58 m E | 2125559.16 m N | 0.122 |
| Conexión 2 | 2437 | 19°13'23.47"N | 99°5'13.97"O | 14 Q | 490833.00 m E | 2125525.22 m N | 0.357 |
| Conexión 3 | 2439 | 19°13'21.36"N | 99°5'14.34"O | 14 Q | 490822.25 m E | 2125460.17 m N | 0.481 |
| Conexión 4 | 2439 | 19°13'21.24"N | 99°5'13.54"O | 14 Q | 490845.65 m E | 2125456.66 m N | 0.126 |
| Conexión 5 | 2439 | 19°13'21.59"N | 99°5'13.41"O | 14 Q | 490849.37 m E | 2125467.31 m N | 0.605 |
| Conexión 6 | 2440 | 19°13'21.04"N | 99°5'10.00"O | 14 Q | 490948.93 m E | 2125450.35 m N | 0.479 |
| Conexión 7 | 2440 | 19°13'22.08"N | 99° 5'9.66"O | 14 Q | 490958.84 m E | 2125482.31 m N | 0.119 |
| Conexión 8 | 2440 | 19°13'21.53"N | 99°5'15.87"O | 14 Q | 490777.40 m E | 2125465.49 m N | 0.587 |
| Conexión 9 | 2440 | 19°13'21.52"N | 99°5'16.93"O | 14 Q | 490746.60 m E | 2125465.13 m N | 0.375 |
| Conexión 10 | 2440 | 19°13'21.61"N | 99°5'17.78"O | 14 Q | 490721.71 m E | 2125467.95 m N | 0.089 |
| Conexión 11 | 2443 | 19°13'19.98"N | 99°5'17.31"O | 14 Q | 490735.35 m E | 2125417.76 m N | 0.176 |
| Conexión 12 | 2444 | 19°13'20.16"N | 99°5'16.26"O | 14 Q | 490766.19 m E | 2125423.35 m N | 0.204 |
| Conexión 13 | 2446 | 19°13'19.79"N | 99°5'16.42"O | 14 Q | 490761.48 m E | 2125411.97 m N | 0.116 |
| Conexión 14 | 2449 | 19°13'19.45"N | 99°5'16.99"O | 14 Q | 490744.96 m E | 2125401.49 m N | 0.113 |
| Conexión 15 | 2449 | 19°13'19.28"N | 99°5'17.36"O | 14 Q | 490734.03 m E | 2125396.39 m N | 0.129 |
| Conexión 18 | 2449 | 19°13'19.39"N | 99°5'18.16"O | 14 Q | 490710.62 m E | 2125399.88 m N | 0.085 |

Es importante tener los datos donde se ubica el tanque de almacenamiento, que está situado en una elevación de 2,480 m.s.n.m. en coordenadas 490,412.01 m. en la coordenada norte y 2,125,530.65 m. en la coordenada sur de la zona 14Q según al sistema UTM, y se nombró con la conexión número 80.

Para determinar el tamaño de los diámetros que tendrán que tener los conductos para cubrir la demanda base que se estableció para la localidad “El Capulín” se emplearán los diámetros comerciales que proporciona el catálogo de la tubería VALTIC PE 4710.

| RELACION RD | | RD 7.0 | | RD 7.3 | | RD 9 | | RD 11 | | RD 13.5 | | RD 15.5 | | RD 17 | |
|------------------------|----------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| presión de trabajo | kg/cm ² | 23 | | 22 | | 17 | | 14 | | 11 | | 10 | | 9 | |
| | Psi | 327 | | 313 | | 242 | | 199 | | 157 | | 142 | | 128 | |
| Diámetro Nominal Pulg. | Diámetro Exterior mm | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m | ESP. mm | PESO Kg/m |
| 1/2" | 21.3 | 3 | 0.17 | 2.9 | 0.17 | 2.4 | 0.14 | 1.9 | 0.12 | 1.6 | 0.1 | - | - | - | - |
| 3/4" | 26.7 | 3.8 | 0.27 | 3.7 | 0.27 | 3 | 0.22 | 2.4 | 0.18 | 2 | 0.15 | - | - | - | - |
| 1" | 33.4 | 4.8 | 0.43 | 4.6 | 0.42 | 3.7 | 0.34 | 3.1 | 0.29 | 2.5 | 0.24 | - | - | - | - |
| 1 1/4" | 42.2 | 6 | 0.68 | 5.8 | 0.66 | 4.7 | 0.55 | 3.8 | 0.46 | 3.1 | 0.38 | 2.7 | 0.33 | 2.5 | 0.31 |
| 1 1/2" | 48.3 | 6.9 | 0.9 | 6.6 | 0.86 | 5.4 | 0.73 | 4.4 | 0.61 | 3.6 | 0.5 | 3.1 | 0.44 | 2.8 | 0.4 |
| 2" | 60.3 | 8.6 | 1.39 | 8.3 | 1.35 | 6.7 | 1.13 | 5.5 | 0.94 | 4.5 | 0.79 | 3.9 | 0.69 | 3.6 | 0.64 |
| 2 1/2" | 73 | 10.4 | 2.04 | 10 | 1.97 | 8.1 | 1.65 | 6.6 | 1.37 | 5.4 | 1.14 | 4.7 | 1.01 | 4.3 | 0.93 |
| 3" | 88.9 | 12.7 | 3.03 | 12.2 | 2.93 | 9.9 | 2.45 | 8.1 | 2.05 | 6.6 | 1.7 | 5.7 | 1.49 | 5.2 | 1.36 |
| 4" | 114.3 | 16.3 | 5.01 | 15.7 | 4.85 | 12.7 | 4.04 | 10.4 | 3.39 | 8.5 | 2.82 | 7.4 | 2.48 | 6.7 | 2.26 |
| 6" | 168.3 | 24 | 10.85 | 23.1 | 10.51 | 18.7 | 8.77 | 15.3 | 7.34 | 12.5 | 6.1 | 10.8 | 5.33 | 9.9 | 4.91 |
| 8" | 219.1 | 31.3 | 18.42 | 30 | 17.78 | 24.3 | 14.83 | 19.9 | 12.42 | 16.2 | 10.3 | 14.1 | 9.06 | 12.9 | 8.34 |
| 10" | 273.1 | 39 | 28.61 | 37.4 | 27.62 | 30.3 | 23.05 | 24.8 | 19.3 | 20.2 | 16.01 | 17.6 | 14.09 | 16.1 | 12.97 |
| 12" | 323.8 | 46.3 | 40.26 | 44.4 | 38.88 | 36 | 32.47 | 29.4 | 27.12 | 24 | 22.55 | 20.9 | 19.84 | 19.1 | 18.24 |
| 14" | 355.6 | 50.8 | 48.52 | 48.7 | 46.84 | 39.5 | 39.13 | 32.3 | 32.72 | 26.3 | 27.14 | 22.9 | 23.88 | 20.9 | 21.92 |
| 16" | 406.4 | 58.1 | 63.42 | 55.8 | 61.31 | 45.2 | 51.16 | 37 | 42.83 | 30.1 | 35.49 | 26.2 | 31.22 | 23.9 | 28.65 |
| 18" | 457.2 | 65.3 | 80.2 | 62.6 | 77.41 | 50.8 | 64.7 | 41.6 | 54.18 | 33.9 | 44.97 | 29.5 | 39.54 | 26.9 | 36.27 |
| 20" | 508 | 72.6 | 99.06 | - | - | 56.4 | 79.82 | 46.2 | 66.86 | 37.6 | 55.43 | 32.8 | 48.84 | 29.9 | 44.8 |
| 22" | 558.8 | 79.8 | 119.78 | - | - | - | - | 50.8 | 80.87 | 41.4 | 67.13 | 36 | 58.98 | 32.9 | 54.22 |
| 24" | 609.6 | 87.1 | 142.62 | - | - | - | - | 55.4 | 96.21 | 45.2 | 79.94 | 39.3 | 70.24 | 35.9 | 64.54 |
| 26" | 660.4 | - | - | - | - | - | - | 60 | 112.9 | 48.9 | 93.71 | 42.6 | 82.47 | 38.8 | 75.58 |
| 28" | 711.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 52.7 | 108.8 | 45.9 | 95.7 | 41.8 | 87.69 |
| 30" | 762 | - | - | - | - | - | - | 69.3 | 150.4 | 56.4 | 124.7 | 49.1 | 109.7 | 44.8 | 100.7 |
| 32" | 812.8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 60.2 | 142 | 52.5 | 125.1 | 47.1 | 113 |

Ilustración 29: Relación de dimensiones y pesos de tubería Valtic.

Los diámetros calculados se obtuvieron mediante el modelo de simulación (EPANET), el cual convierte sistemas de ecuaciones no lineales en lineales, ayudando a sintetizar la complejidad de los sistemas de ecuaciones planteados y facilita una solución mediante métodos aproximados e iterativos, el cual aproxima una solución hasta que ciertas restricciones queden satisfechas.

Otra forma de obtener las variables hidráulicas de la red de distribución es mediante el empleo de una hoja de cálculo, en la cual se tienen que hacer diversos procedimientos para llegar a los mismos resultados que arroja el software. Estos pasos a seguir son:

- Elaborar una tabla en una hoja de cálculo, numerando todas las tuberías que conforman a la red.
- Asignar las longitudes correspondientes a cada tubería de acuerdo al trazo que se hizo.
- Selección del material de la tubería, para poder establecer el valor de la rugosidad absoluta ($\epsilon=0.0015$). Posteriormente asignarlo a cada tubería.
- Proponer diámetros iniciales.
- Calcular velocidades para cada tramo de la red ($V=Q/A$).
- Calcular el número de Reynolds ($Re=\frac{VD}{\nu}$).
- Obtener el factor de fricción ($f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$). Que generalmente oscila entre los valores de 0.010 a 0.020.
- Determinación de las pérdidas por fricción ($C=0.083 \frac{fL}{D^5}$).
- Calcular propiedades de la tubería ($\alpha = \frac{1}{2CQ}$).
- Acomodo del sistema de ecuaciones de forma matricial, el cual describen la conectividad de la red de distribución, quedando como coeficiente el termino (α), como incógnita las alturas de los nudos y como termino independiente las demandas bases.
- Resolver el sistema de ecuaciones. En este caso se invirtió la matriz y se multiplico por el término independiente obteniendo así las alturas.
- Calcular los gastos actualizados con base en las alturas obtenidas.
- Obtención de variables hidráulicas.
- Reporte final de resultados.

A continuación se ilustran los pasos antes mencionados:

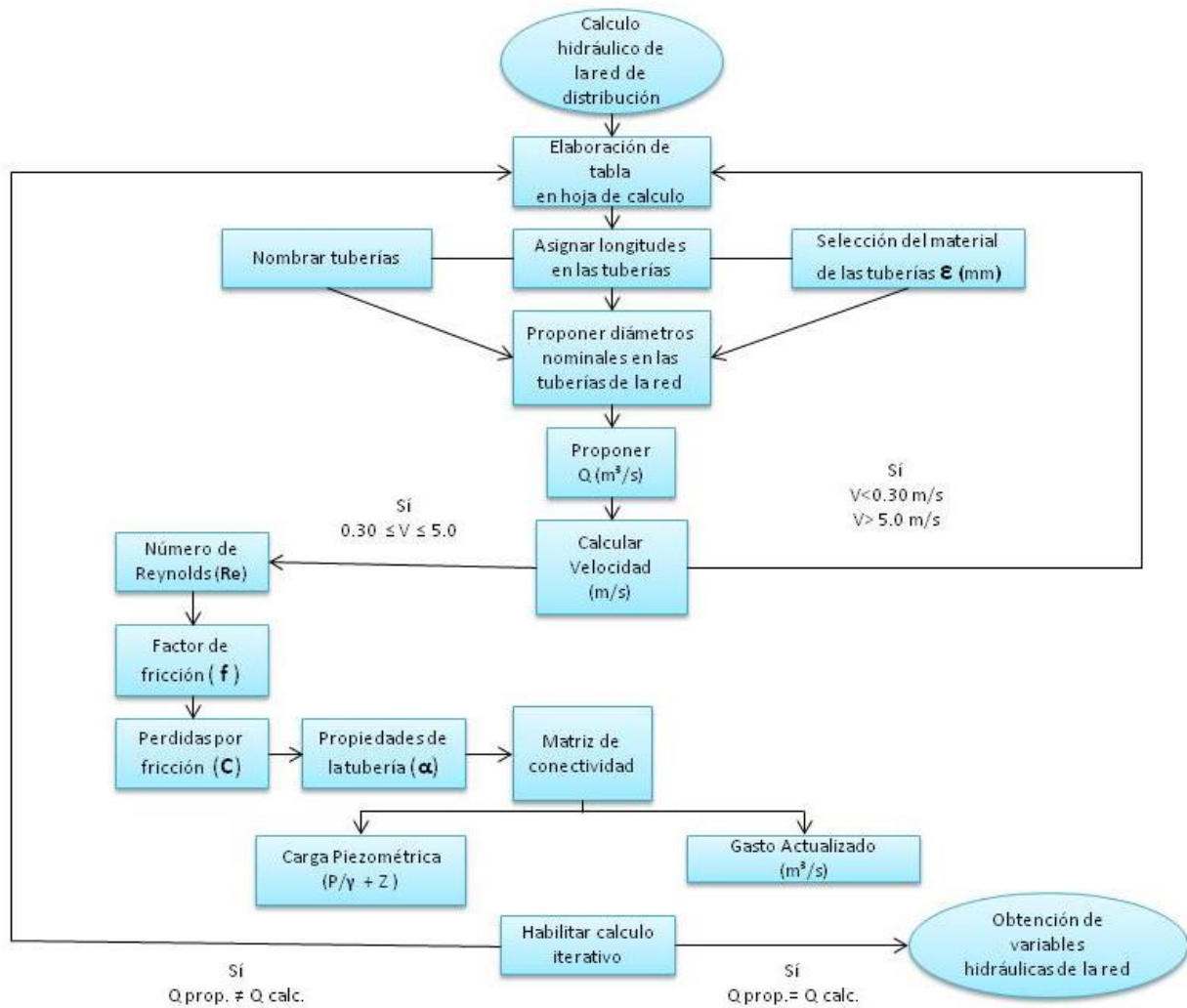


Ilustración 30: Flujoograma de los pasos a seguir en el cálculo hidráulico.

7.1 REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL INTERVALO DE TIEMPO DE MÁXIMA Y MINÍMA DEMANDA.

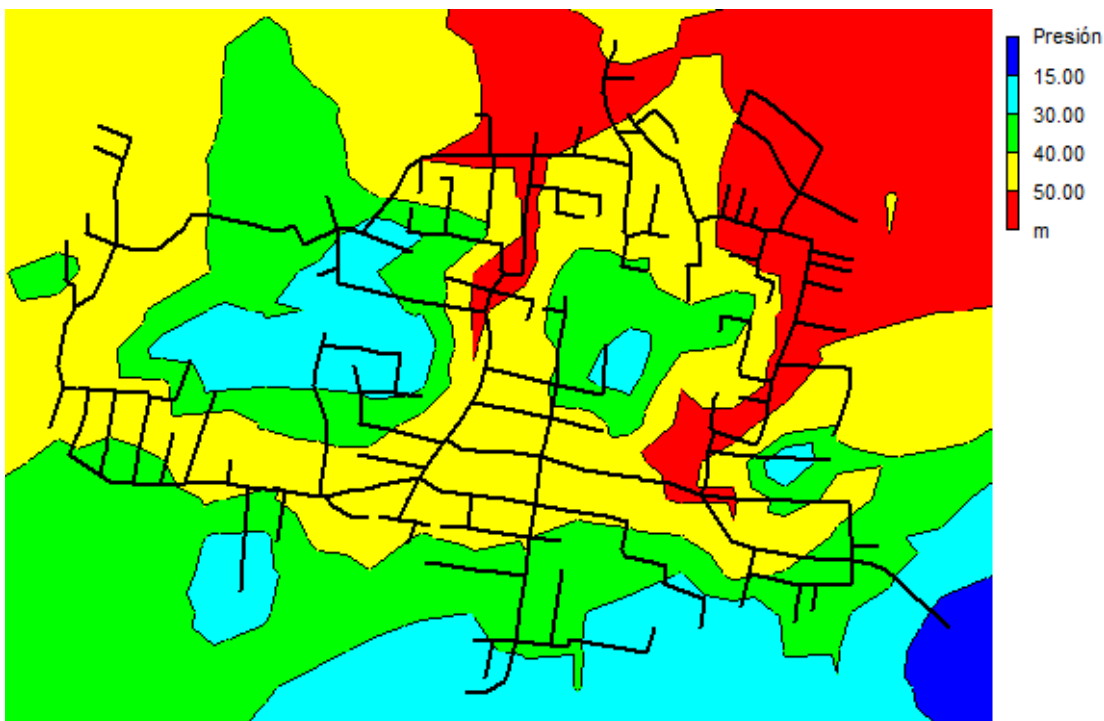


Ilustración 31: Contorno de presiones a las 7:00 am, sin implementación de válvulas en la red de distribución.

En la imagen anterior se observa que una parte de la red sufre de presiones altas que salen del margen que recomienda el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), por lo que es necesario instalar en diversos puntos de la red válvulas reductoras de presión para que este fenómeno disminuya y el funcionamiento de la red sea mejor.

La estrategia utilizada para ubicar las válvulas reductoras de presión sobre la red de distribución fue observar el área de afectación donde se presentaban presiones mayores a 50 m.c.a. Posteriormente ubicar el sentido del flujo en los puntos terminales aguas abajo, proponer la ubicación de una válvula reductora de presión sobre un ramal principal de las partes bajas donde se genera este problema, luego elegir una consigna especial de la válvula con valores menores a 50 m.c.a. para reducir la presión en los nudos posteriores donde se decidió implementar este dispositivo, a continuación hacer la simulación en el software (EPANET) para observar si bajaron las presiones aguas abajo del punto donde se instaló la válvula. Si el problema persiste, cambiar el valor de la consigna del dispositivo ya instalado y volver hacer la simulación para poder observar cómo van bajando las

presiones sobre las conexiones en esta parte de la red; finalmente proponer la ubicación de otro dispositivo sobre otro extremo de la red si es que presenta presiones mayores a las máximas permisibles y así sucesivamente hasta que en ningún punto de la red las presiones sobrepasen los 50 m.c.a.

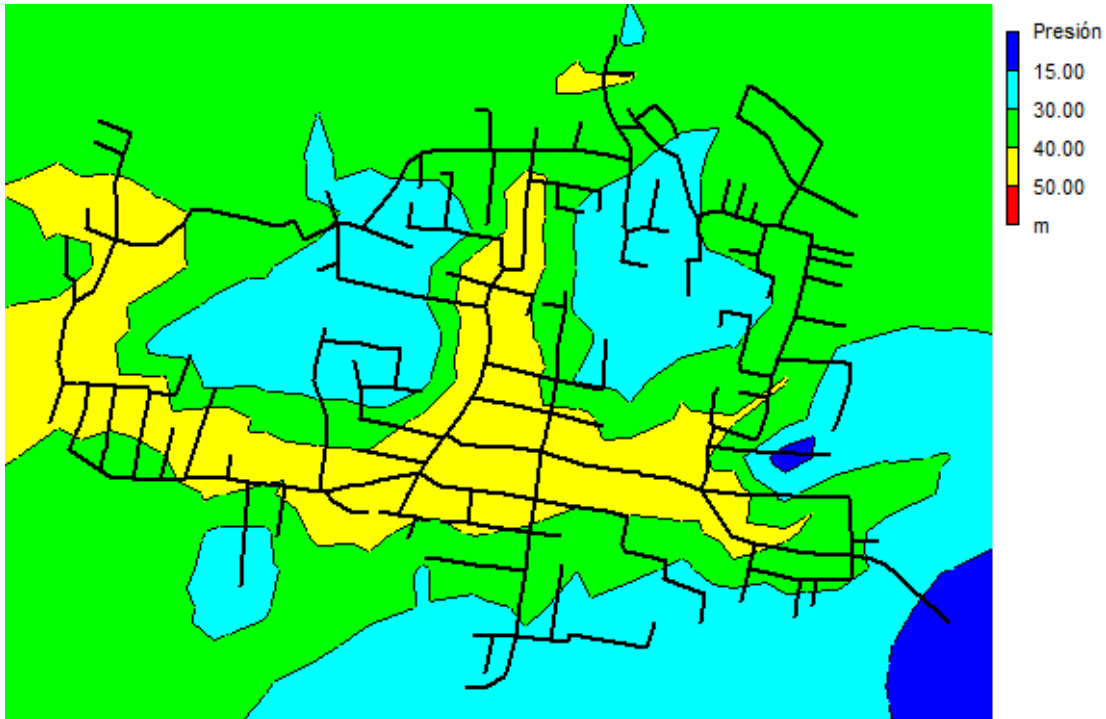


Ilustración 32: Contorno de presiones a las 7:00 am, con válvulas en operación a la hora de máxima demanda.

En la ilustración anterior se puede observar los contornos de presión a los que está sometida la red, en el intervalo de tiempo indicado, observando que: no hay problemas en las ramificaciones por sobrepresión, debido a que se instalaron 17 válvulas reductoras de presión de diferentes consignas, con el afán de evitar que se generen presiones excesivas en diferentes tramos de la distribución, y poder generar un mejor funcionamiento en la red.

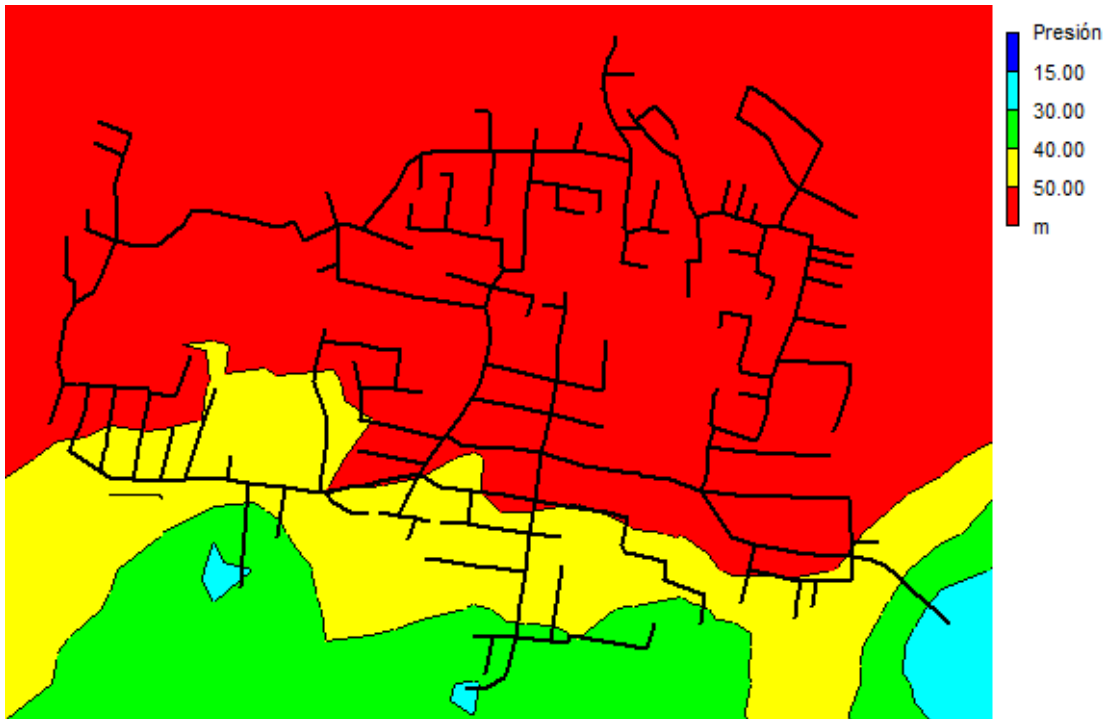


Ilustración 33: Contorno de presiones a la hora de mínima demanda (3:00 am), sin implementación de válvulas reductoras de presión.

En la imagen anterior se nota como gran parte de la red de distribución sufre de presiones altas, principalmente la zona intermedia y baja de la localidad “El Capulín”, propiciado por un lado por el bajo consumo de agua en esa hora en particular y por la ubicación del tanque de regularización, que está situado en una elevación mayor a la de la red de distribución.

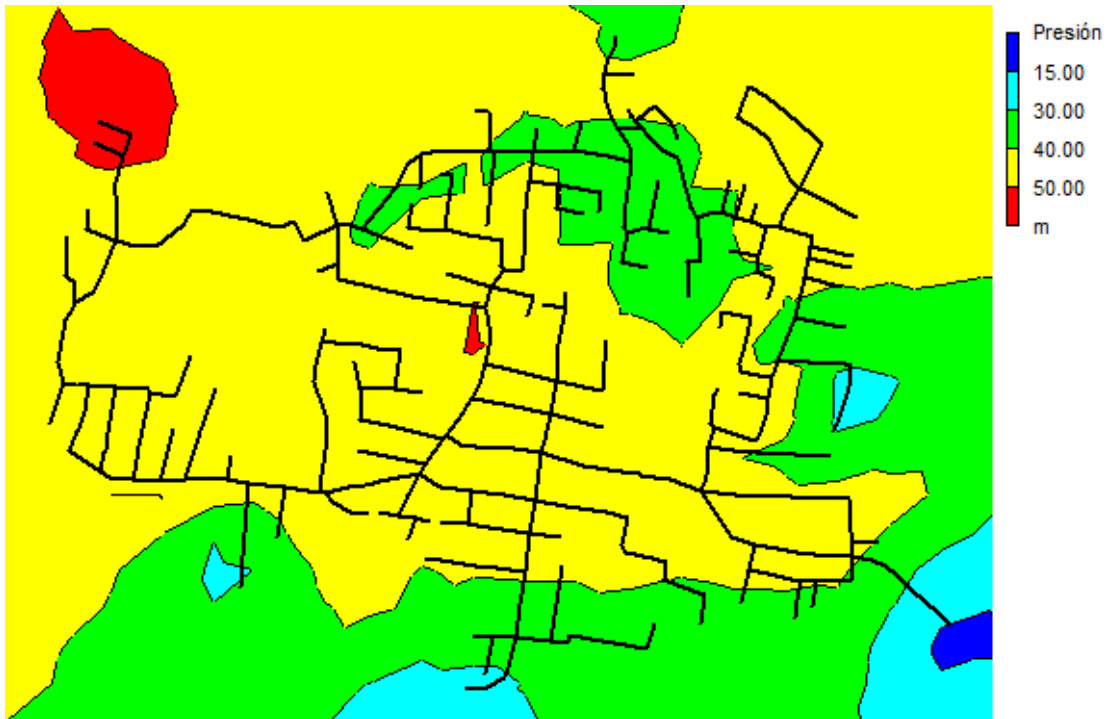


Ilustración 34: Contorno de presiones a las 3:00 am con válvulas reductoras de presión en operación.

En la ilustración anterior se muestra cómo impacta la instalación de válvulas reductoras de presión sobre la red, disminuyendo casi en su totalidad la presencia de presiones mayores a 50 m.c.a. límite que recomienda el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

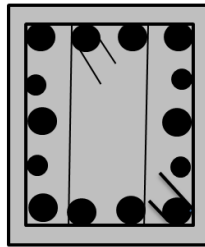
- El alcance de este trabajo tiene como propósito fungir como material de apoyo; que ayude a mejores tomas de decisiones de diversos sectores en relación con el abastecimiento de agua potable de la comunidad “El Capulín”.
- Con este trabajo se pretende dar solución a una problemática social; que aqueja a la comunidad “El Capulín”, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas de esta demarcación.
- Con base a la información expuesta en el capítulo de análisis de alternativas de la fuente de abastecimiento, se concluye que, el pozo (S-6) es la fuente apropiada para el suministro de agua de la localidad el Capulín, debido a su aforo y ubicación cercana al de dicha comunidad.
- El diseño de la red de distribución de agua potable tiene como finalidad proponer los diámetros requeridos para satisfacer las necesidades de agua en diversos puntos de la localidad, además de regir el tipo de comportamiento que tendrá la red, debido a las condiciones topográficas de la zona; con el propósito de identificar puntos en la red de abastecimiento que requieran algún tipo de implementación de accesorios especiales, para garantizar su buen funcionamiento evitando así que en diversos ramales de la distribución se generen problemas de presiones excesivas.
- Se propuso un diseño para el tanque de regulación, el cual cumple con el volumen requerido de almacenamiento para el buen funcionamiento de la red de distribución.
- Se estableció la potencia requerida de bombeo que deberá tener el equipo hidromecánico de la conducción para garantizar el suministro de agua de forma suficiente, sin comprometer el aforo natural de la fuente de abastecimiento. Además se propuso la marca de la bomba y el modelo, que fueron considerados para satisfacer las necesidades de la conducción.
- Los datos completos de la red de distribución de agua potable de la localidad “El Capulín” se encuentran en el archivo de simulación, en donde el lector podrá consultar información a detalle de los diámetros de las tuberías, elevaciones del terreno de todas las conexiones de la red, georeferencias, demandas base, velocidades en los conductos, presiones

en las conexiones y observar el comportamiento de la misma a lo largo del día.

- Con base al levantamiento topográfico elaborado con la herramienta Google Earth, se asume que las medidas y elevaciones obtenidas no son tan precisas en comparación con un levantamiento hecho en campo.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda que el tanque de almacenamiento sea de la misma capacidad y tipo que el tanque de regulación.
- Se recomienda que los tanques tengan trabes en la parte superior de 40 cm de ancho por 60 cm de peralte, sobre ambos sentidos, armados con 10 barras del # 5 y 4 barras del # 3, estribos del # 3 de 40cm por 60cm y de 20cm por 60cm intercalados a cada 10 cm de separación acomodadas de la siguiente forma.



Con un concreto de $f'c=250\text{kg/cm}^2$ para garantizar que los elementos estructurales operen en correctas condiciones de servicio, con el propósito de transferir la carga de la losa a los elementos de mampostería y estos a su vez al suelo de forma satisfactoria.

- Se sugiere que la losa tapa que deberán tener los tanques de almacenamiento y regulación tengan un peralte mínimo de 12cm y un armado con varillas del número "3" a cada 15 cm, para garantizar que este elemento no sufra deformaciones fuera de lo permisible, y estar construidas con un concreto de $f'c=250\text{ kg/cm}^2$.
- Se recomienda que el dimensionamiento de las zanjas que alojarán las tuberías de este proyecto sea de la siguiente forma: para tuberías menores a 450 mm de diámetro exterior, la profundidad mínima será de 90 cm más el diámetro exterior de la tubería.
- El ancho de zanja recomendado será de 50 cm más el diámetro exterior de la tubería para diámetros menores a 500 mm.

- La plantilla o cama será de un material fino (arena), con espesor de 60% del diámetro exterior de la tubería, el espesor mínimo que deberá tener la plantilla será de 5 cm.
- El resto de la tubería deberá ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con un material granular fino (tepetate), colocado a mano y compactado cuidadosamente en capas que no excedan 15cm.
- El resto de la zanja podrá llenarse con material de la excavación que vaya libre de piedras.

BIBLIOGRAFÍA

- MASKEW, F. (1980). Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales. *Nueva York: LIMUSA.*
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado).
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Conducciones).
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable).
- STEEL, E. (1972). Abastecimiento de agua y alcantarillado. Barcelona: GUSTAVO GILI.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.

ANEXO FOTOGRAFÍCO



Ilustración 35: Toma de lectura para determinar índice de cloro libre en el agua de abastecimiento, realizada por personal del sistema de aguas de la ciudad de México.



Ilustración 36: Parada de agua en la colonia Tiziclipa, ubicada entre las calles Morelos y Agustín Melgar.



Ilustración 37: Parada de agua de la colonia El Capulín, ubicada en la calle Ladera de Huatepec.



Ilustración 38: Parada de agua de la calle Rufino Tamayo.



Ilustración 39: Configuración de calles de la comunidad “El Capulín” (Calle Agustín Melgar).



Ilustración 40: Entrada principal a la colonia El Capulín.



Ilustración 41: Parada de agua colocada por habitantes de la comunidad.



Ilustración 42: Parada situada en la calle Prolongación Diego Rivera.

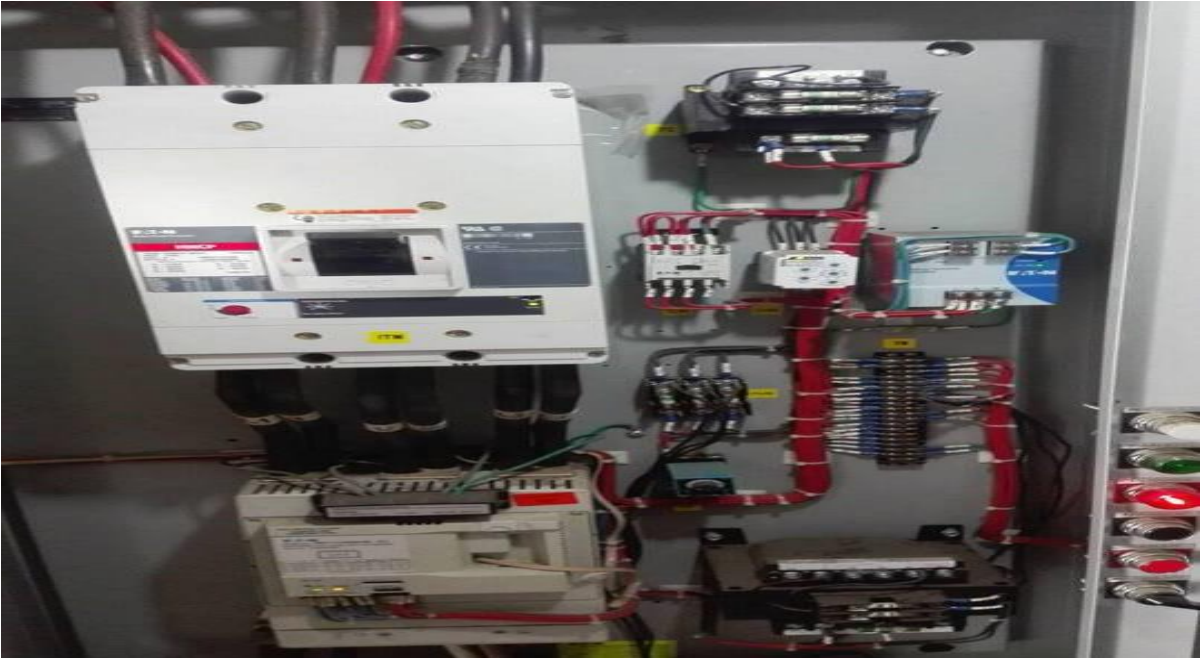


Ilustración 43: Sistema de control de la bomba del pozo S-6.



Ilustración 44: Recipientes para recolectar muestras de agua de la fuente de abastecimiento y posteriormente ser llevadas a laboratorio.



Ilustración 45: Depósito de cloro empleado en la fuente de abastecimiento.



Ilustración 46: Línea de corriente del pozo S-6.

ANEXO 1

MATRIZ DE CONECTIVIDAD

En el sistema de conectividad de la red de distribución de agua potable de la localidad “El Capulín”, se observa la concurrencia del número de tubería con respecto a la conexión, este sistema de ecuaciones se acomodará en forma de matriz en el cual las incógnitas del sistema son las elevaciones (h_n) y el termino independiente será la demanda base en cada conexión.

Una vez acomodado el sistema en forma de matriz y sustituidos los parámetros (α_n) y q_n se calcula la matriz inversa y se multiplica por el termino independiente obteniendo las elevaciones en los nodos, una vez teniendo esto se actualiza el gasto como se indica más adelante para cada tubería de la red.

| | | |
|--|--|---|
| $-\alpha_1 = q_1/2$ | $-\alpha_{21} - \alpha_{22} = q_{22}/2$ | $-\alpha_{40} - \alpha_{41} = q_{41}/2$ |
| $-\alpha_2 - \alpha_1 = q_2/2$ | $-\alpha_{22} - \alpha_{23} = q_{23}/2$ | $-\alpha_{41} - \alpha_{42} = q_{42}/2$ |
| $-\alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_7 = q_3/2$ | $-\alpha_{23} = q_{24}/2$ | $-\alpha_{42} - \alpha_{43} = q_{43}/2$ |
| $-\alpha_3 - \alpha_4 = q_4/2$ | $-\alpha_{24} - \alpha_{26} - \alpha_{385} - \alpha_{25} = q_{25}/2$ | $-\alpha_{43} = q_{44}/2$ |
| $-\alpha_4 - \alpha_5 = q_5/2$ | $-\alpha_{25} = q_{26}/2$ | $-\alpha_{44} - \alpha_{262} - \alpha_{263} - \alpha_{45} = q_{45}/2$ |
| $-\alpha_5 - \alpha_6 = q_6/2$ | $-\alpha_{26} - \alpha_{27} = q_{27}/2$ | $-\alpha_{45} - \alpha_{46} = q_{46}/2$ |
| $-\alpha_6 = q_7/2$ | $-\alpha_{27} - \alpha_{28} - \alpha_{29} = q_{28}/2$ | $-\alpha_{46} - \alpha_{47} = q_{47}/2$ |
| $-\alpha_7 - \alpha_8 - \alpha_{12} - \alpha_{18} = q_8/2$ | $-\alpha_{28} = q_{29}/2$ | $-\alpha_{47} - \alpha_{48} = q_{48}/2$ |
| $-\alpha_8 - \alpha_9 - \alpha_{10} = q_9/2$ | $-\alpha_{29} - \alpha_{270} - \alpha_{30} = q_{30}/2$ | $-\alpha_{48} - \alpha_{89} - \alpha_{49} - \alpha_{88} = q_{49}/2$ |
| $-\alpha_9 = q_{10}/2$ | $-\alpha_{30} - \alpha_{31} = q_{31}/2$ | $-\alpha_{49} - \alpha_{50} = q_{50}/2$ |
| $-\alpha_{10} = q_{11}/2$ | $-\alpha_{385} - \alpha_{31} - \alpha_{44} - \alpha_{32} = q_{32}/2$ | $-\alpha_{50} - \alpha_{51} = q_{51}/2$ |
| $-\alpha_{12} - \alpha_{13} = q_{12}/2$ | $-\alpha_{32} - \alpha_{33} = q_{33}/2$ | $-\alpha_{51} - \alpha_{52} = q_{52}/2$ |
| $-\alpha_{13} - \alpha_{14} = q_{13}/2$ | $-\alpha_{33} - \alpha_{34} = q_{34}/2$ | $-\alpha_{52} - \alpha_{53} = q_{53}/2$ |
| $-\alpha_{14} - \alpha_{15} = q_{14}/2$ | $-\alpha_{34} - \alpha_{35} = q_{35}/2$ | $-\alpha_{53} - \alpha_{54} = q_{54}/2$ |
| $-\alpha_{15} - \alpha_{11} = q_{15}/2$ | $-\alpha_{35} - \alpha_{36} = q_{36}/2$ | $-\alpha_{55} - \alpha_{56} - \alpha_{66} - \alpha_{80} = q_{55}/2$ |
| $-\alpha_{11} = q_{18}/2$ | $-\alpha_{36} - \alpha_{37} = q_{37}/2$ | $-\alpha_{56} - \alpha_{57} = q_{56}/2$ |
| $-\alpha_{18} - \alpha_{19} = q_{19}/2$ | $-\alpha_{37} - \alpha_{38} = q_{38}/2$ | |
| $-\alpha_{19} - \alpha_{20} - \alpha_{24} = q_{20}/2$ | $-\alpha_{38} - \alpha_{39} = q_{39}/2$ | |
| $-\alpha_{20} - \alpha_{21} = q_{21}/2$ | $-\alpha_{39} - \alpha_{40} = q_{40}/2$ | |

GASTOS ACTUALIZADOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Posteriormente se calculan los gastos actualizados en las diferentes tuberías como se indica a continuación. Gastos actualizados de la red de distribución

Se empleará la herramienta de Excel que permite hacer cálculos iterativos y se igualara el gasto propuesto al principio de todos los cálculos con el gasto actualizado, en consecuencia se recalcularan todos los parámetros de forma automática y una vez que las iteraciones se detengan se obtendrán las alturas piezometricas finales de las conexiones que determinaran que para (n) tubería se cumpla cierta velocidad con determinado diámetro. De lo anterior se concluyen las pérdidas por fricción que se presentan en diversos puntos de la red. Para conocer así las variables hidráulicas necesarias para satisfacer las necesidades del proyecto.

| | |
|---|---|
| $Q_1 = \alpha_1[\text{abs}(h_1 - h_2)] + Qp_1/2$ | $Q_{25} = \alpha_{25}[\text{abs}(h_{25} - h_{26})] + Qp_{25}/2$ |
| $Q_2 = \alpha_2[\text{abs}(h_2 - h_3)] + Qp_2/2$ | $Q_{26} = \alpha_{26}[\text{abs}(h_{25} - h_{27})] + Qp_{26}/2$ |
| $Q_3 = \alpha_3[\text{abs}(h_3 - h_4)] + Qp_3/2$ | $Q_{27} = \alpha_{27}[\text{abs}(h_{27} - h_{28})] + Qp_{27}/2$ |
| $Q_4 = \alpha_4[\text{abs}(h_4 - h_5)] + Qp_4/2$ | $Q_{28} = \alpha_{28}[\text{abs}(h_{28} - h_{29})] + Qp_{28}/2$ |
| $Q_5 = \alpha_5[\text{abs}(h_5 - h_6)] + Qp_5/2$ | $Q_{29} = \alpha_{29}[\text{abs}(h_{28} - h_{30})] + Qp_{29}/2$ |
| $Q_6 = \alpha_6[\text{abs}(h_6 - h_7)] + Qp_6/2$ | $Q_{30} = \alpha_{30}[\text{abs}(h_{30} - h_{31})] + Qp_{30}/2$ |
| $Q_7 = \alpha_7[\text{abs}(h_3 - h_8)] + Qp_7/2$ | $Q_{31} = \alpha_{31}[\text{abs}(h_{31} - h_{32})] + Qp_{31}/2$ |
| $Q_8 = \alpha_8[\text{abs}(h_8 - h_9)] + Qp_8/2$ | $Q_{32} = \alpha_{32}[\text{abs}(h_{32} - h_{33})] + Qp_{32}/2$ |
| $Q_9 = \alpha_9[\text{abs}(h_9 - h_{10})] + Qp_9/2$ | $Q_{33} = \alpha_{33}[\text{abs}(h_{33} - h_{34})] + Qp_{33}/2$ |
| $Q_{10} = \alpha_{10}[\text{abs}(h_9 - h_{11})] + Qp_{10}/2$ | $Q_{34} = \alpha_{34}[\text{abs}(h_{34} - h_{35})] + Qp_{34}/2$ |
| $Q_{11} = \alpha_{11}[\text{abs}(h_{15} - h_{18})] + Qp_{11}/2$ | $Q_{35} = \alpha_{35}[\text{abs}(h_{35} - h_{36})] + Qp_{35}/2$ |
| $Q_{12} = \alpha_{12}[\text{abs}(h_8 - h_{12})] + Qp_{12}/2$ | $Q_{36} = \alpha_{36}[\text{abs}(h_{36} - h_{37})] + Qp_{36}/2$ |
| $Q_{13} = \alpha_{13}[\text{abs}(h_{12} - h_{13})] + Qp_{13}/2$ | $Q_{37} = \alpha_{37}[\text{abs}(h_{37} - h_{38})] + Qp_{37}/2$ |
| $Q_{14} = \alpha_{14}[\text{abs}(h_{13} - h_{14})] + Qp_{14}/2$ | $Q_{38} = \alpha_{38}[\text{abs}(h_{38} - h_{39})] + Qp_{38}/2$ |
| $Q_{15} = \alpha_{15}[\text{abs}(h_{14} - h_{15})] + Qp_{15}/2$ | $Q_{39} = \alpha_{39}[\text{abs}(h_{39} - h_{40})] + Qp_{39}/2$ |
| $Q_{18} = \alpha_{18}[\text{abs}(h_8 - h_{19})] + Qp_{18}/2$ | $Q_{40} = \alpha_{40}[\text{abs}(h_{40} - h_{41})] + Qp_{40}/2$ |
| $Q_{19} = \alpha_{19}[\text{abs}(h_{19} - h_{20})] + Qp_{19}/2$ | $Q_{41} = \alpha_{41}[\text{abs}(h_{41} - h_{42})] + Qp_{41}/2$ |
| $Q_{20} = \alpha_{20}[\text{abs}(h_{20} - h_{21})] + Qp_{20}/2$ | $Q_{42} = \alpha_{42}[\text{abs}(h_{42} - h_{43})] + Qp_{42}/2$ |
| $Q_{21} = \alpha_{21}[\text{abs}(h_{21} - h_{22})] + Qp_{21}/2$ | $Q_{43} = \alpha_{43}[\text{abs}(h_{43} - h_{44})] + Qp_{43}/2$ |
| $Q_{22} = \alpha_{22}[\text{abs}(h_{22} - h_{23})] + Qp_{22}/2$ | $Q_{44} = \alpha_{44}[\text{abs}(h_{32} - h_{45})] + Qp_{44}/2$ |
| $Q_{23} = \alpha_{23}[\text{abs}(h_{23} - h_{24})] + Qp_{23}/2$ | $Q_{45} = \alpha_{45}[\text{abs}(h_{45} - h_{46})] + Qp_{45}/2$ |
| $Q_{24} = \alpha_{24}[\text{abs}(h_{20} - h_{25})] + Qp_{24}/2$ | $Q_{46} = \alpha_{46}[\text{abs}(h_{46} - h_{47})] + Qp_{46}/2$ |

ANEXO 2

INFORMACIÓN DE VÁLVULAS



Ilustración: Válvula reductora de presión.

Tabla: Válvulas implementadas en la red de distribución para mejorar su funcionamiento.

| NOMBRE | TIPO | CONSIGNA |
|--------|--|-----------|
| 1A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6" | 35 M.C.A. |
| 2A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 1 1/2" | 46 M.C.A. |
| 3A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6" | 45 M.C.A. |
| 4A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 8" | 45 M.C.A. |
| 5A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 16" | 46 M.C.A. |
| 6A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2 1/2" | 46 M.C.A. |
| 7A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6" | 34 M.C.A. |
| 8A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 8" | 40 M.C.A. |
| 9A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 10" | 45 M.C.A. |
| 10A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2" | 43 M.C.A. |
| 11A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 3" | 43 M.C.A. |
| 12A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 1 1/2" | 40 M.C.A. |
| 13A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4" | 40 M.C.A. |
| 14A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4" | 45 M.C.A. |
| 15A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2" | 42 M.C.A. |
| 16A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4" | 38 M.C.A. |
| 17A | VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2" | 41 M.C.A. |

Dimensiones
(En pulgadas)

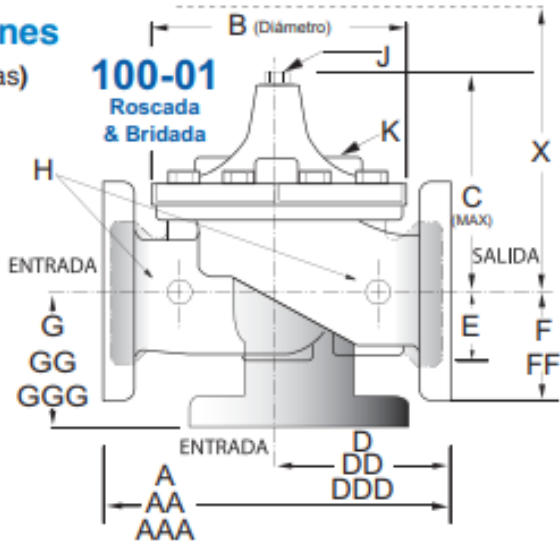


Ilustración: Modelo 90-01(utilizan válvula básica 100-01).

| Medida de Válvula (pulgadas) | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 30 | 36 |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A Roscada | 7.25 | 7.25 | 7.25 | 9.38 | 11.00 | 12.50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AA 150 ANSI | - | - | 8.50 | 9.38 | 11.00 | 12.00 | 15.00 | 20.00 | 25.38 | 29.75 | 34.00 | 39.00 | 41.38 | 46.00 | 52.00 | 61.50 | 63.00 | 76.00 |
| AAA 300 ANSI | - | - | 9.00 | 10.00 | 11.62 | 13.25 | 15.62 | 21.00 | 26.38 | 31.12 | 35.50 | 40.50 | 43.50 | 47.64 | 53.62 | 63.24 | 64.50 | 76.00 |
| AAAA Conexión Ranurada | - | - | 8.50 | 9.00 | 11.00 | 12.50 | 15.00 | 20.00 | 25.38 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| B Diámetro | 5.62 | 5.62 | 5.62 | 6.62 | 8.00 | 9.12 | 11.50 | 15.75 | 20.00 | 23.62 | 28.00 | 32.75 | 35.50 | 41.50 | 45.00 | 53.16 | 56.00 | 66.00 |
| C Máximo | 5.50 | 5.50 | 5.50 | 6.50 | 7.56 | 8.19 | 10.62 | 13.38 | 16.00 | 17.12 | 20.88 | 24.19 | 25.00 | 39.06 | 41.90 | 43.93 | 54.60 | 61.50 |
| CC Max. Conexión Ranurada | - | - | 4.75 | 5.75 | 6.88 | 7.25 | 9.31 | 12.12 | 14.62 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D Roscada | 3.25 | 3.25 | 3.25 | 4.75 | 5.50 | 6.25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DD 150 ANSI | - | - | 4.00 | 4.75 | 5.50 | 6.00 | 7.50 | 10.00 | 12.69 | 14.88 | 17.00 | 19.50 | 20.81 | - | - | 30.75 | - | - |
| DDD 300 ANSI | - | - | 4.25 | 5.00 | 5.88 | 6.38 | 7.88 | 10.50 | 13.25 | 15.56 | 17.75 | 20.25 | 21.62 | - | - | 31.62 | - | - |
| DDDD Conexión Ranurada | - | - | - | 4.75 | - | 6.00 | 7.50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| E | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.50 | 1.69 | 2.06 | 3.19 | 4.31 | 5.31 | 9.25 | 10.75 | 12.62 | 15.50 | 12.95 | 15.00 | 17.75 | 21.31 | 24.56 |
| EE Conexión Ranurada | - | - | 2.00 | 2.50 | 2.88 | 3.12 | 4.25 | 6.00 | 7.56 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| F 150 ANSI | - | - | 2.50 | 3.00 | 3.50 | 3.75 | 4.50 | 5.50 | 6.75 | 8.00 | 9.50 | 10.50 | 11.75 | 15.00 | 16.50 | 19.25 | 22.50 | 25.60 |
| FF 300 ANSI | - | - | 3.06 | 3.25 | 3.75 | 4.13 | 5.00 | 6.25 | 7.50 | 8.75 | 10.25 | 11.50 | 12.75 | 15.00 | 16.50 | 19.25 | 24.00 | 25.60 |
| G Roscada | 1.88 | 1.88 | 1.88 | 3.25 | 4.00 | 4.50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| GG 150 ANSI | - | - | 4.00 | 3.25 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 8.00 | 8.62 | 13.75 | 14.88 | 15.69 | - | - | 22.06 | - | - |
| GGG 300 ANSI | - | - | 4.25 | 3.50 | 4.31 | 4.38 | 5.31 | 6.50 | 8.50 | 9.31 | 14.50 | 15.62 | 16.50 | - | - | 22.90 | - | - |
| GGGG Conexión Ranurada | - | - | - | 3.25 | - | 4.25 | 5.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| H Conexiones en Cuerpo NPT | .375 | .375 | .375 | .375 | .50 | .50 | .75 | .75 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| J Tapón central en Tapa NPT | .25 | .25 | .25 | .50 | .50 | .50 | .75 | .75 | 1 | 1 | 1.25 | 1.5 | 2 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2 | 2 |
| K Conexiones en Tapa NPT | .375 | .375 | .375 | .375 | .50 | .50 | .75 | .75 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Recorrido del Vástago | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 3.4 | 4.0 | 4.5 | 5.1 | 5.63 | 6.75 | 7.5 | 8.5 |
| Peso aproximado en Lbs. | 15 | 15 | 15 | 35 | 50 | 70 | 140 | 285 | 500 | 780 | 1165 | 1600 | 2265 | 2982 | 3900 | 6200 | 7703 | 11720 |
| X Sistema de Pilotos | 11 | 11 | 11 | 13 | 14 | 15 | 17 | 29 | 31 | 33 | 36 | 40 | 40 | 43 | 47 | 68 | 79 | 85 |
| Y Sistema de Pilotos | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 20 | 22 | 24 | 26 | 29 | 30 | 32 | 34 | 39 | 40 | 45 |
| Z Sistema de Pilotos | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 20 | 22 | 24 | 26 | 29 | 30 | 32 | 34 | 39 | 42 | 47 |

Ilustración: Dimensiones de modelo 90-01 (pulgadas).

| 90-01 Selección de Válvula | 100-01 Tipo: Globo (G), Ángulo (A), Conexiones: Roscada (T), Ranurada (GR), Bridada (F) Indican Diametros Disponibles | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|----------|-----------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Pulgadas | 1 | 1½ | 1½ | 2 | 2½ | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 | 30 | 36 |
| | mm | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 750 | 900 |
| Válvula Básica 100-01 | Tipo | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G, A | G | G | G, A | G | G |
| | Conexione | T | T | T, F, Gr* | T, F, Gr | T, F, Gr* | T, F, Gr | F, Gr | F, Gr* | F, Gr* | F | F | F | F | F | F | F | F | F |
| Flujo Sugerido (gpm) | Máximo | 55 | 93 | 125 | 210 | 300 | 460 | 800 | 1800 | 3100 | 4900 | 7000 | 8400 | 11000 | 14000 | 17000 | 25000 | 42000 | 50000 |
| | Max. Intermitente | 68 | 120 | 160 | 260 | 370 | 580 | 990 | 2250 | 3900 | 6150 | 8720 | 10540 | 13700 | 17500 | 21700 | 31300 | 48000 | 62500 |
| | Minimo | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 10 | 15 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 275 | 450 | 650 |
| Flujo Sugerido (Litros/Seg) | Máximo | 3.5 | 6 | 8 | 13 | 19 | 29 | 50 | 113 | 195 | 309 | 442 | 530 | 694 | 883 | 1073 | 1577 | 2650 | 3150 |
| | Max. Intermitente | 4.3 | 7.6 | 10 | 16 | 23 | 37 | 62 | 142 | 246 | 387 | 549 | 664 | 863 | 1104 | 1369 | 1972 | 3028 | 3940 |
| | Minimo | .03 | .03 | .03 | .06 | .09 | 0.13 | 0.25 | 0.63 | 0.95 | 2.2 | 3.2 | 4.4 | 6.0 | 7.6 | 9.5 | 17.4 | 28.4 | 41.0 |
| La Serie 100-01 es una Hytrol de puerto completo para valvulas basicas. Para Flujos Bajos Consulte a Fabrica. *Ranurada Solamente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ilustración: Selección de válvulas marca CLA-VAL.

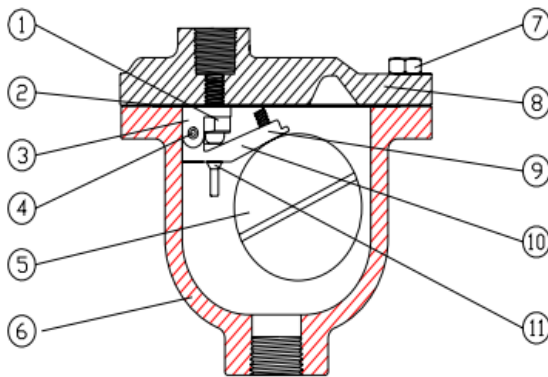
Con base en la imagen anterior, la elección del tamaño de válvulas se hace con referencia al tamaño del conducto al que se unirá y a la cantidad de flujo que pasará en un instante de tiempo determinado, los rangos de ajuste de las válvulas se acuerdan directamente con el fabricante.

Los rangos de ajuste convencionales que maneja el fabricante de válvulas (CLA-VAL), varían de la siguiente manera:

- 2 a 30 psi
- 15 a 75 psi
- 20 a 105 psi
- 30 a 300 psi



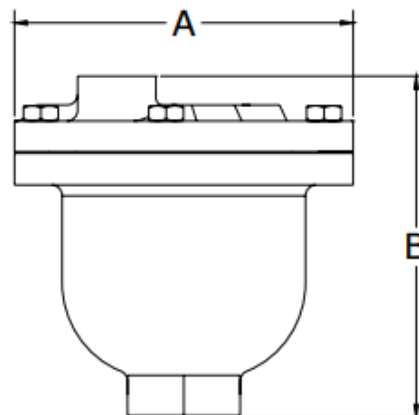
Ilustración: Válvula de expulsión de aire (Vayremex).



| MATERIALES DE CONSTRUCCION | | |
|----------------------------|---------------|--------------------------------|
| No. | PARTE | MATERIAL |
| 1 | Asiento | Derlin |
| 2 | Junta de tapa | Kevlar |
| 3 | Horquilla | Derlin |
| 4 | Perno | Acero inoxidable |
| 5 | Flotador | Acero inoxidable |
| 6 | Cuerpo | Hierro Gris ASTM A-126 Grado B |
| 7 | Tornillos | Acero SAE Grado 2 galvanizado |
| 8 | Tapa | Hierro Gris ASTM A-126 Grado B |
| 9 | Tuerca | Acero inoxidable |
| 10 | Brazo | Derlin |
| 11 | Obturador | Buna-N |

Tabla: Medidas de válvulas de expulsión de aire modelo (EAP) Vayremex

| MODELO | CONEXIÓN | DIAMETRO DE ORIFICIO | PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO | A | B | PESO APROXIMADO |
|--------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------|--------|-----------------|
| EAP25 | 1/2", 3/4" y 1" | 1/16" | 1-150 psi | 4-7/8" | 4-3/4" | 2 Kg. |
| EAP26 | 1", 1-1/2" y 2" | 1/8" | 1-150 psi | 5-7/8" | 6-1/2" | 4.5 Kg. |
| EAP26 | 1", 1-1/2" y 2" | 1/16" | 1-300 psi | 5-7/8" | 6-1/2" | 4.5 Kg. |



ANEXO 3

TABLA DE RESULTADOS EN CONEXIONES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (EPANET)

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|-------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 1 | 2433 | 0.122 | 2462.9 | 29.9 |
| Conexión 2 | 2437 | 0.357 | 2466.08 | 29.08 |
| Conexión 3 | 2439 | 0.481 | 2468.73 | 29.73 |
| Conexión 4 | 2439 | 0.126 | 2467.67 | 28.67 |
| Conexión 5 | 2439 | 0.605 | 2467.23 | 28.23 |
| Conexión 6 | 2440 | 0.479 | 2464.05 | 24.05 |
| Conexión 7 | 2440 | 0.119 | 2461.06 | 21.06 |
| Conexión 8 | 2440 | 0.587 | 2469.57 | 29.57 |
| Conexión 9 | 2440 | 0.375 | 2468.46 | 28.46 |
| Conexión 10 | 2440 | 0.089 | 2467.12 | 27.12 |
| Conexión 11 | 2443 | 0.176 | 2465.44 | 22.44 |
| Conexión 12 | 2444 | 0.204 | 2467.96 | 23.96 |
| Conexión 13 | 2446 | 0.116 | 2467.51 | 21.51 |
| Conexión 14 | 2449 | 0.113 | 2466.26 | 17.26 |
| Conexión 15 | 2449 | 0.129 | 2465.2 | 16.2 |
| Conexión 18 | 2449 | 0.085 | 2464.02 | 15.02 |
| Conexión 19 | 2436 | 0.517 | 2470.28 | 34.28 |
| Conexión 20 | 2434 | 0.466 | 2471.14 | 37.14 |
| Conexión 21 | 2434 | 0.239 | 2469.16 | 35.16 |
| Conexión 22 | 2434 | 0.265 | 2467.51 | 33.51 |
| Conexión 23 | 2434 | 0.23 | 2465.04 | 31.04 |
| Conexión 24 | 2435 | 0.074 | 2464.23 | 29.23 |
| Conexión 25 | 2430 | 0.677 | 2472.69 | 42.69 |
| Conexión 26 | 2431 | 0.346 | 2464.65 | 33.65 |
| Conexión 27 | 2431 | 0.293 | 2467.41 | 36.41 |
| Conexión 28 | 2431 | 0.383 | 2471.8 | 40.8 |
| Conexión 29 | 2432 | 0.132 | 2467.86 | 35.86 |
| Conexión 30 | 2430 | 0.454 | 2475.07 | 45.07 |
| Conexión 31 | 2429 | 0.299 | 2474.8 | 45.8 |
| Conexión 32 | 2428 | 0.672 | 2474.54 | 46.54 |
| Conexión 33 | 2429 | 0.339 | 2472.15 | 43.15 |
| Conexión 34 | 2429 | 0.296 | 2469.82 | 40.82 |
| Conexión 35 | 2429 | 0.243 | 2467.29 | 38.29 |
| Conexión 36 | 2429 | 0.379 | 2464.76 | 35.76 |
| Conexión 37 | 2430 | 0.167 | 2464.31 | 34.31 |
| Conexión 38 | 2430 | 0.196 | 2463.15 | 33.15 |
| Conexión 39 | 2430 | 0.149 | 2461.88 | 31.88 |
| Conexión 40 | 2433 | 0.154 | 2460.78 | 27.78 |
| Conexión 41 | 2434 | 0.209 | 2459.53 | 25.53 |
| Conexión 42 | 2435 | 0.208 | 2456.08 | 21.08 |
| Conexión 43 | 2438 | 0.131 | 2454.67 | 16.67 |
| Conexión 44 | 2444 | 0.059 | 2454.22 | 10.22 |
| Conexión 45 | 2427 | 0.749 | 2474.32 | 47.32 |
| Conexión 46 | 2428 | 0.384 | 2473.95 | 45.95 |
| Conexión 47 | 2426 | 0.414 | 2473.61 | 47.61 |
| Conexión 48 | 2424 | 0.388 | 2470.78 | 46.78 |
| Conexión 49 | 2423 | 0.578 | 2470.51 | 47.51 |
| Conexión 50 | 2422 | 0.422 | 2468.9 | 46.9 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 51 | 2422 | 0.738 | 2467.26 | 45.26 |
| Conexión 52 | 2425 | 0.315 | 2463.4 | 38.4 |
| Conexión 53 | 2426 | 0.159 | 2462.1 | 36.1 |
| Conexión 54 | 2426 | 0.177 | 2460.24 | 34.24 |
| Conexión 55 | 2427 | 0.371 | 2464.75 | 37.75 |
| Conexión 56 | 2429 | 0.169 | 2463.88 | 34.88 |
| Conexión 57 | 2432 | 0.133 | 2463.33 | 31.33 |
| Conexión 58 | 2435 | 0.154 | 2462.43 | 27.43 |
| Conexión 59 | 2439 | 0.204 | 2461.35 | 22.35 |
| Conexión 60 | 2447 | 0.178 | 2460.16 | 13.16 |
| Conexión 61 | 2451 | 0.141 | 2459.09 | 8.09 |
| Conexión 62 | 2458 | 0.156 | 2458.11 | 0.11 |
| Conexión 66 | 2430 | 0.202 | 2463.18 | 33.18 |
| Conexión 67 | 2429 | 0.172 | 2461.71 | 32.71 |
| Conexión 68 | 2429 | 0.279 | 2458.34 | 29.34 |
| Conexión 69 | 2433 | 0.124 | 2455.01 | 22.01 |
| Conexión 70 | 2429 | 0.256 | 2460.49 | 31.49 |
| Conexión 71 | 2432 | 0.184 | 2459.23 | 27.23 |
| Conexión 72 | 2435 | 0.085 | 2458.05 | 23.05 |
| Conexión 73 | 2427 | 0.164 | 2461.75 | 34.75 |
| Conexión 74 | 2428 | 0.166 | 2463.22 | 35.22 |
| Conexión 75 | 2427 | 0.377 | 2465.64 | 38.63 |
| Conexión 76 | 2424 | 0.348 | 2467.94 | 43.94 |
| Conexión 77 | 2425 | 0.21 | 2466.97 | 41.97 |
| Conexión 78 | 2426 | 0.261 | 2466.26 | 40.26 |
| Conexión 79 | 2427 | 0.258 | 2465.23 | 38.23 |
| Conexión 83 | 2427 | 0.248 | 2458.68 | 31.68 |
| Conexión 84 | 2430 | 0.124 | 2455.37 | 25.37 |
| Conexión 85 | 2432 | 0.159 | 2459.03 | 27.03 |
| Conexión 86 | 2424 | 0.239 | 2468.62 | 44.62 |
| Conexión 87 | 2423 | 0.264 | 2469.51 | 46.51 |
| Conexión 89 | 2422 | 0.204 | 2462.82 | 40.82 |
| Conexión 90 | 2421 | 0.286 | 2462.63 | 41.63 |
| Conexión 91 | 2422 | 0.224 | 2457.63 | 35.63 |
| Conexión 92 | 2421 | 0.288 | 2447.81 | 26.81 |
| Conexión 93 | 2421 | 0.348 | 2427.12 | 6.12 |
| Conexión 94 | 2422 | 0.171 | 2424.33 | 2.33 |
| Conexión 95 | 2420 | 0.236 | 2462.44 | 42.44 |
| Conexión 96 | 2420 | 0.159 | 2461.43 | 41.43 |
| Conexión 97 | 2420 | 0.17 | 2459.32 | 39.32 |
| Conexión 98 | 2420 | 0.139 | 2458.87 | 38.87 |
| Conexión 100 | 2421 | 0.206 | 2461.67 | 40.67 |
| Conexión 101 | 2420 | 0.122 | 2461.06 | 41.06 |
| Conexión 102 | 2421 | 0.128 | 2460.87 | 39.87 |
| Conexión 103 | 2419 | 0.185 | 2460.23 | 41.23 |
| Conexión 104 | 2418 | 0.324 | 2459.69 | 41.69 |
| Conexión 105 | 2418 | 0.136 | 2455.4 | 37.4 |
| Conexión 106 | 2418 | 0.25 | 2459.1 | 41.1 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 107 | 2418 | 0.154 | 2455.52 | 37.52 |
| Conexión 108 | 2418 | 0.119 | 2451.72 | 33.72 |
| Conexión 109 | 2418 | 0.123 | 2450.69 | 32.69 |
| Conexión 110 | 2419 | 0.225 | 2448.24 | 29.24 |
| Conexión 111 | 2415 | 0.269 | 2442.36 | 27.36 |
| Conexión 112 | 2417 | 0.207 | 2437.12 | 20.12 |
| Conexión 113 | 2418 | 0.071 | 2436.39 | 18.39 |
| Conexión 114 | 2418 | 0.44 | 2451.83 | 33.83 |
| Conexión 115 | 2417 | 0.312 | 2450.42 | 33.42 |
| Conexión 116 | 2421 | 0.21 | 2449.33 | 28.33 |
| Conexión 117 | 2423 | 0.128 | 2448.98 | 25.98 |
| Conexión 118 | 2423 | 0.244 | 2447.61 | 24.61 |
| Conexión 119 | 2423 | 0.225 | 2445.26 | 22.26 |
| Conexión 120 | 2422 | 0.08 | 2444.3 | 22.3 |
| Conexión 121 | 2412 | 0.559 | 2451.01 | 39.01 |
| Conexión 122 | 2413 | 0.244 | 2448.21 | 35.21 |
| Conexión 123 | 2416 | 0.104 | 2446.16 | 30.16 |
| Conexión 124 | 2409 | 0.467 | 2450.39 | 41.39 |
| Conexión 125 | 2410 | 0.23 | 2445.38 | 35.38 |
| Conexión 127 | 2408 | 0.265 | 2450.15 | 42.15 |
| Conexión 128 | 2408 | 0.197 | 2445.62 | 37.62 |
| Conexión 129 | 2411 | 0.077 | 2444.72 | 33.72 |
| Conexión 130 | 2407 | 0.225 | 2450.01 | 43.01 |
| Conexión 131 | 2409 | 0.205 | 2445.02 | 36.02 |
| Conexión 132 | 2412 | 0.085 | 2443.84 | 31.84 |
| Conexión 133 | 2406 | 0.202 | 2449.9 | 43.9 |
| Conexión 134 | 2408 | 0.286 | 2447.82 | 39.82 |
| Conexión 135 | 2409 | 0.283 | 2447 | 38 |
| Conexión 136 | 2411 | 0.362 | 2446.03 | 35.03 |
| Conexión 137 | 2412 | 0.144 | 2441.01 | 29.01 |
| Conexión 138 | 2413 | 0.158 | 2443.91 | 30.91 |
| Conexión 139 | 2412 | 0.176 | 2440.88 | 28.88 |
| Conexión 140 | 2414 | 0.092 | 2439.42 | 25.42 |
| Conexión 141 | 2410 | 0.242 | 2446.5 | 36.5 |
| Conexión 142 | 2409 | 0.09 | 2445.12 | 36.12 |
| Conexión 143 | 2411 | 0.298 | 2446.11 | 35.11 |
| Conexión 144 | 2409 | 0.153 | 2444.04 | 35.04 |
| Conexión 145 | 2413 | 0.284 | 2445.51 | 32.51 |
| Conexión 146 | 2410 | 0.153 | 2443.44 | 33.44 |
| Conexión 147 | 2405 | 0.2 | 2445.88 | 40.88 |
| Conexión 148 | 2403 | 0.454 | 2442.45 | 39.45 |
| Conexión 149 | 2403 | 0.101 | 2441.84 | 38.84 |
| Conexión 150 | 2404 | 0.282 | 2441.05 | 37.05 |
| Conexión 151 | 2406 | 0.217 | 2435.65 | 29.65 |
| Conexión 152 | 2403 | 0.299 | 2440.01 | 37.01 |
| Conexión 153 | 2403 | 0.227 | 2439.05 | 36.05 |
| Conexión 154 | 2403 | 0.288 | 2435.79 | 32.79 |
| Conexión 155 | 2401 | 0.206 | 2433.37 | 32.37 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 156 | 2400 | 0.24 | 2430.01 | 30.01 |
| Conexión 157 | 2401 | 0.256 | 2432.33 | 31.33 |
| Conexión 158 | 2400 | 0.171 | 2434.42 | 34.42 |
| Conexión 159 | 2401 | 0.198 | 2437.05 | 36.05 |
| Conexión 160 | 2402 | 0.232 | 2440.1 | 38.1 |
| Conexión 161 | 2403 | 0.141 | 2442.09 | 39.09 |
| Conexión 162 | 2412 | 0.118 | 2444.66 | 32.66 |
| Conexión 163 | 2412 | 0.195 | 2444.02 | 32.02 |
| Conexión 164 | 2412 | 0.21 | 2442.76 | 30.76 |
| Conexión 165 | 2413 | 0.18 | 2440.97 | 27.97 |
| Conexión 166 | 2415 | 0.223 | 2439.5 | 24.5 |
| Conexión 167 | 2417 | 0.161 | 2437.13 | 20.13 |
| Conexión 168 | 2412 | 0.158 | 2443.3 | 31.3 |
| Conexión 169 | 2412 | 0.249 | 2439.8 | 27.8 |
| Conexión 170 | 2414 | 0.222 | 2440.19 | 26.19 |
| Conexión 171 | 2416 | 0.167 | 2441.71 | 25.71 |
| Conexión 172 | 2415 | 0.146 | 2444.97 | 29.97 |
| Conexión 173 | 2414 | 0.194 | 2445.58 | 31.58 |
| Conexión 174 | 2413 | 0.213 | 2445.11 | 32.11 |
| Conexión 175 | 2411 | 0.069 | 2444.45 | 33.45 |
| Conexión 176 | 2409 | 0.231 | 2443.73 | 34.73 |
| Conexión 177 | 2410 | 0.197 | 2442.16 | 32.16 |
| Conexión 178 | 2413 | 0.078 | 2441.23 | 28.23 |
| Conexión 179 | 2412 | 0.281 | 2446.31 | 34.31 |
| Conexión 180 | 2410 | 0.136 | 2445.58 | 35.58 |
| Conexión 181 | 2407 | 0.126 | 2445.2 | 38.2 |
| Conexión 182 | 2399 | 0.141 | 2444.04 | 45.04 |
| Conexión 183 | 2398 | 0.275 | 2443.25 | 45.25 |
| Conexión 184 | 2399 | 0.13 | 2439.46 | 40.46 |
| Conexión 185 | 2402 | 0.129 | 2442.17 | 40.17 |
| Conexión 186 | 2410 | 0.105 | 2441.41 | 31.41 |
| Conexión 187 | 2414 | 0.053 | 2441.09 | 27.09 |
| Conexión 188 | 2415 | 0.166 | 2447.14 | 32.14 |
| Conexión 189 | 2415 | 0.382 | 2447.33 | 32.33 |
| Conexión 190 | 2415 | 0.31 | 2445.47 | 30.47 |
| Conexión 191 | 2415 | 0.143 | 2444.78 | 29.78 |
| Conexión 192 | 2415 | 0.227 | 2444.57 | 29.57 |
| Conexión 193 | 2416 | 0.101 | 2443.81 | 27.81 |
| Conexión 194 | 2416 | 0.228 | 2443.26 | 27.26 |
| Conexión 195 | 2415 | 0.087 | 2442.01 | 27.01 |
| Conexión 196 | 2415 | 0.234 | 2441.14 | 26.14 |
| Conexión 197 | 2415 | 0.14 | 2436.5 | 21.5 |
| Conexión 198 | 2415 | 0.259 | 2441.37 | 26.37 |
| Conexión 199 | 2417 | 0.122 | 2438.19 | 21.19 |
| Conexión 200 | 2417 | 0.269 | 2448.12 | 31.12 |
| Conexión 201 | 2417 | 0.404 | 2449.38 | 32.38 |
| Conexión 202 | 2417 | 0.135 | 2445.2 | 28.2 |
| Conexión 203 | 2416 | 0.194 | 2450.39 | 34.39 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 204 | 2415 | 0.521 | 2451.23 | 36.23 |
| Conexión 205 | 2412 | 0.114 | 2448.58 | 36.58 |
| Conexión 206 | 2416 | 0.397 | 2451.73 | 35.73 |
| Conexión 207 | 2416 | 0.392 | 2450.37 | 34.37 |
| Conexión 208 | 2417 | 0.242 | 2447.83 | 30.83 |
| Conexión 209 | 2416 | 0.128 | 2444.22 | 28.22 |
| Conexión 210 | 2416 | 0.205 | 2446.11 | 30.11 |
| Conexión 211 | 2416 | 0.141 | 2444.6 | 28.6 |
| Conexión 212 | 2416 | 0.083 | 2443.49 | 27.49 |
| Conexión 213 | 2417 | 0.282 | 2462.74 | 45.74 |
| Conexión 214 | 2417 | 0.496 | 2463.49 | 46.49 |
| Conexión 215 | 2418 | 0.222 | 2464.22 | 46.22 |
| Conexión 216 | 2417 | 0.214 | 2464.67 | 47.67 |
| Conexión 217 | 2418 | 0.145 | 2463.92 | 45.92 |
| Conexión 218 | 2418 | 0.277 | 2456.18 | 38.18 |
| Conexión 219 | 2418 | 0.276 | 2448.21 | 30.21 |
| Conexión 220 | 2417 | 0.302 | 2444.16 | 27.16 |
| Conexión 221 | 2415 | 0.258 | 2442.62 | 27.62 |
| Conexión 222 | 2412 | 0.185 | 2438.76 | 26.76 |
| Conexión 223 | 2411 | 0.055 | 2438.4 | 27.4 |
| Conexión 224 | 2417 | 0.169 | 2441.94 | 24.94 |
| Conexión 225 | 2416 | 0.22 | 2439.95 | 23.95 |
| Conexión 226 | 2415 | 0.109 | 2437.6 | 22.6 |
| Conexión 227 | 2418 | 0.544 | 2465.41 | 47.41 |
| Conexión 228 | 2419 | 0.218 | 2459.95 | 40.95 |
| Conexión 229 | 2418 | 0.199 | 2464.18 | 46.18 |
| Conexión 230 | 2421 | 0.17 | 2463.21 | 42.21 |
| Conexión 231 | 2422 | 0.089 | 2462.74 | 40.74 |
| Conexión 232 | 2421 | 0.598 | 2466.28 | 45.28 |
| Conexión 233 | 2423 | 0.267 | 2471 | 48 |
| Conexión 234 | 2426 | 0.347 | 2472.41 | 46.41 |
| Conexión 235 | 2425 | 0.342 | 2469.03 | 44.03 |
| Conexión 236 | 2425 | 0.767 | 2464.42 | 39.42 |
| Conexión 237 | 2422 | 0.255 | 2449.55 | 27.55 |
| Conexión 238 | 2422 | 0.142 | 2446.51 | 24.51 |
| Conexión 239 | 2422 | 0.201 | 2441.95 | 19.95 |
| Conexión 240 | 2422 | 0.094 | 2441.4 | 19.4 |
| Conexión 241 | 2423 | 0.314 | 2458.4 | 35.4 |
| Conexión 242 | 2423 | 0.184 | 2451.43 | 28.43 |
| Conexión 243 | 2422 | 0.223 | 2450.27 | 28.27 |
| Conexión 244 | 2422 | 0.105 | 2449.53 | 27.53 |
| Conexión 245 | 2421 | 0.073 | 2449.49 | 28.49 |
| Conexión 246 | 2427 | 0.17 | 2472.79 | 45.79 |
| Conexión 247 | 2426 | 0.348 | 2473.07 | 47.07 |
| Conexión 248 | 2426 | 0.375 | 2462.52 | 36.52 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 249 | 2425 | 0.821 | 2472.17 | 47.17 |
| Conexión 250 | 2424 | 0.251 | 2448.89 | 24.89 |
| Conexión 251 | 2427 | 0.211 | 2473.56 | 46.56 |
| Conexión 252 | 2429 | 0.196 | 2473.93 | 44.93 |
| Conexión 253 | 2430 | 0.151 | 2472.19 | 42.19 |
| Conexión 254 | 2429 | 0.257 | 2466.44 | 37.44 |
| Conexión 255 | 2427 | 0.313 | 2466.91 | 39.91 |
| Conexión 256 | 2429 | 0.434 | 2474.52 | 45.52 |
| Conexión 257 | 2429 | 0.519 | 2475.28 | 46.28 |
| Conexión 258 | 2430 | 0.43 | 2475.57 | 45.57 |
| Conexión 259 | 2431 | 0.119 | 2475.42 | 44.42 |
| Conexión 260 | 2432 | 0.188 | 2475.34 | 43.34 |
| Conexión 261 | 2430 | 0.223 | 2474.68 | 44.68 |
| Conexión 262 | 2430 | 0.286 | 2473.03 | 43.03 |
| Conexión 263 | 2430 | 0.087 | 2471.77 | 41.77 |
| Conexión 264 | 2432 | 0.259 | 2470.46 | 38.46 |
| Conexión 265 | 2432 | 0.064 | 2469.91 | 37.91 |
| Conexión 266 | 2433 | 0.107 | 2468.24 | 35.24 |
| Conexión 267 | 2429 | 0.337 | 2475.87 | 46.87 |
| Conexión 268 | 2430 | 0.264 | 2478.02 | 48.02 |
| Conexión 269 | 2430 | 0.199 | 2478.21 | 48.21 |
| Conexión 270 | 2433 | 0.145 | 2476.88 | 43.88 |
| Conexión 271 | 2432 | 0.18 | 2473.52 | 41.52 |
| Conexión 272 | 2431 | 0.085 | 2472.34 | 41.34 |
| Conexión 273 | 2430 | 0.336 | 2478.26 | 48.26 |
| Conexión 274 | 2429 | 0.269 | 2470.7 | 41.7 |
| Conexión 275 | 2431 | 0.211 | 2467.35 | 36.35 |
| Conexión 276 | 2431 | 0.215 | 2462.4 | 31.4 |
| Conexión 277 | 2429 | 0.19 | 2455.92 | 26.92 |
| Conexión 278 | 2428 | 0.132 | 2453.75 | 25.75 |
| Conexión 279 | 2428 | 0.191 | 2451.34 | 23.34 |
| Conexión 280 | 2422 | 0.253 | 2448.61 | 26.61 |
| Conexión 281 | 2421 | 0.067 | 2447.99 | 26.99 |
| Conexión 282 | 2422 | 0.213 | 2446.96 | 24.96 |
| Conexión 283 | 2423 | 0.249 | 2445.19 | 22.19 |
| Conexión 284 | 2423 | 0.184 | 2443.92 | 20.92 |
| Conexión 285 | 2424 | 0.219 | 2443.05 | 19.05 |
| Conexión 286 | 2424 | 0.195 | 2447.99 | 23.99 |
| Conexión 287 | 2425 | 0.258 | 2449 | 24 |
| Conexión 288 | 2427 | 0.122 | 2445.83 | 18.83 |
| Conexión 289 | 2425 | 0.172 | 2450.91 | 25.91 |
| Conexión 290 | 2427 | 0.308 | 2453.96 | 26.96 |
| Conexión 291 | 2426 | 0.124 | 2452.81 | 26.81 |
| Conexión 292 | 2429 | 0.149 | 2457.37 | 28.37 |
| Conexión 293 | 2428 | 0.193 | 2459.83 | 31.83 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 294 | 2426 | 0.396 | 2467.35 | 41.35 |
| Conexión 295 | 2428 | 0.321 | 2469.7 | 41.7 |
| Conexión 296 | 2419 | 0.704 | 2458.57 | 39.57 |
| Conexión 297 | 2414 | 0.431 | 2441.4 | 27.4 |
| Conexión 298 | 2413 | 0.366 | 2436.18 | 23.18 |
| Conexión 299 | 2411 | 0.11 | 2433.78 | 22.78 |
| Conexión 300 | 2410 | 0.552 | 2432.75 | 22.75 |
| Conexión 301 | 2401 | 0.168 | 2430.09 | 29.09 |
| Conexión 302 | 2410 | 0.117 | 2431.84 | 21.84 |
| Conexión 303 | 2413 | 0.524 | 2430.45 | 17.45 |
| Conexión 304 | 2417 | 0.259 | 2421.67 | 4.67 |
| Conexión 305 | 2412 | 0.266 | 2438.74 | 26.74 |
| Conexión 306 | 2410 | 0.204 | 2441.07 | 31.07 |
| Conexión 307 | 2406 | 0.201 | 2443.38 | 37.38 |
| Conexión 308 | 2404 | 0.336 | 2445.71 | 41.71 |
| Conexión 309 | 2412 | 0.159 | 2439.13 | 27.12 |
| Conexión 310 | 2403 | 0.329 | 2446.98 | 43.98 |
| Conexión 311 | 2412 | 0.438 | 2448.7 | 36.7 |
| Conexión 312 | 2406 | 0.255 | 2439.35 | 33.35 |
| Conexión 313 | 2405 | 0.065 | 2438.78 | 33.78 |
| Conexión 314 | 2413 | 0.364 | 2449.37 | 36.37 |
| Conexión 315 | 2414 | 0.351 | 2447.11 | 33.11 |
| Conexión 316 | 2416 | 0.189 | 2443.43 | 27.43 |
| Conexión 317 | 2405 | 0.275 | 2438.56 | 33.57 |
| Conexión 318 | 2401 | 0.181 | 2440.22 | 39.22 |
| Conexión 319 | 2408 | 0.124 | 2441.82 | 33.82 |
| Conexión 320 | 2411 | 0.148 | 2442.81 | 31.81 |
| Conexión 321 | 2411 | 0.283 | 2443.89 | 32.89 |
| Conexión 322 | 2410 | 0.266 | 2446.24 | 36.24 |
| Conexión 323 | 2410 | 0.177 | 2447.65 | 37.65 |
| Conexión 324 | 2412 | 0.249 | 2449.26 | 37.26 |
| Conexión 325 | 2408 | 0.248 | 2450.58 | 42.58 |
| Conexión 326 | 2408 | 0.196 | 2451.42 | 43.42 |
| Conexión 327 | 2408 | 0.523 | 2452.57 | 44.57 |
| Conexión 328 | 2408 | 0.217 | 2446.95 | 38.95 |
| Conexión 329 | 2399 | 0.225 | 2440.53 | 41.53 |
| Conexión 330 | 2397 | 0.194 | 2438.68 | 41.68 |
| Conexión 331 | 2395 | 0.388 | 2433.48 | 38.48 |
| Conexión 332 | 2398 | 0.151 | 2427.77 | 29.77 |
| Conexión 333 | 2395 | 0.271 | 2430.32 | 35.32 |
| Conexión 334 | 2397 | 0.164 | 2423.15 | 26.15 |
| Conexión 335 | 2409 | 0.231 | 2450.12 | 41.12 |
| Conexión 336 | 2407 | 0.088 | 2448.83 | 41.83 |
| Conexión 337 | 2412 | 0.276 | 2454.37 | 42.37 |
| Conexión 338 | 2414 | 0.147 | 2454.93 | 40.93 |
| Conexión 339 | 2416 | 0.271 | 2455.75 | 39.75 |
| Conexión 340 | 2414 | 0.149 | 2451.51 | 37.51 |
| Conexión 341 | 2415 | 0.247 | 2449.65 | 34.65 |

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

| ID Nudo | Cota m | Demanda Base LPS | Altura m | Presión m |
|--------------|-----------|---------------------|-------------|--------------|
| Conexión 342 | 2412 | 0.183 | 2439.96 | 27.96 |
| Conexión 343 | 2417 | 0.298 | 2458.54 | 41.54 |
| Conexión 344 | 2420 | 0.511 | 2461.1 | 41.1 |
| Conexión 345 | 2421 | 0.424 | 2462.66 | 41.66 |
| Conexión 346 | 2422 | 0.371 | 2464.67 | 42.67 |
| Conexión 347 | 2423 | 0.502 | 2466.28 | 43.28 |
| Conexión 348 | 2423 | 0.185 | 2466.21 | 43.2 |
| Conexión 349 | 2424 | 0.408 | 2466.55 | 42.55 |
| Conexión 350 | 2428 | 0.334 | 2460.98 | 32.98 |
| Conexión 351 | 2427 | 0.206 | 2447.55 | 20.55 |
| Conexión 352 | 2431 | 0.677 | 2478.56 | 47.56 |
| Conexión 353 | 2443 | 0.239 | 2471.51 | 28.51 |
| Conexión 354 | 2432 | 0.737 | 2478.87 | 46.87 |
| Conexión 355 | 2452 | 0.353 | 2479.19 | 27.19 |
| Conexión 356 | 2439 | 0.555 | 2478.21 | 39.21 |
| Conexión 357 | 2430 | 0.451 | 2475.68 | 45.68 |
| Conexión 358 | 2428 | 0.216 | 2460.38 | 32.38 |
| Conexión 359 | 2440 | 0.508 | 2477.98 | 37.98 |
| Conexión 360 | 2429 | 0.256 | 2469.48 | 40.48 |
| Conexión 361 | 2438 | 0.389 | 2477.22 | 39.22 |
| Conexión 362 | 2430 | 0.421 | 2473.28 | 43.28 |
| Conexión 363 | 2440 | 0.167 | 2474.5 | 34.5 |
| Conexión 364 | 2440 | 0.443 | 2472.45 | 32.45 |
| Conexión 365 | 2428 | 0.408 | 2469.4 | 41.4 |
| Conexión 366 | 2438 | 0.578 | 2471.25 | 33.25 |
| Conexión 367 | 2423 | 0.326 | 2465.74 | 42.74 |
| Conexión 368 | 2436 | 0.419 | 2478.62 | 42.62 |
| Conexión 369 | 2432 | 0.114 | 2475.99 | 43.99 |
| Conexión 370 | 2428 | 0.414 | 2457.2 | 29.2 |

ANEXO 4

TABLA DE RESULTADOS EN TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (EPANET).

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 1 | 34.4 | 15.3 | 0.18 | 1 | 92.51 | 0.028 |
| Tubería 2 | 66.2 | 30.2 | 0.72 | 1 | 40.04 | 0.024 |
| Tubería 3 | 23.8 | 43.1 | 1.99 | 1.37 | 44.73 | 0.02 |
| Tubería 4 | 11.7 | 43.1 | 1.8 | 1.24 | 37.45 | 0.021 |
| Tubería 5 | 101.3 | 34.5 | 0.9 | 0.96 | 31.39 | 0.023 |
| Tubería 6 | 33.7 | 15.3 | 0.18 | 0.97 | 88.58 | 0.028 |
| Tubería 7 | 45.3 | 63.5 | 3.43 | 1.08 | 18.43 | 0.02 |
| Tubería 8 | 31.1 | 34.5 | 0.96 | 1.03 | 35.4 | 0.023 |
| Tubería 9 | 25.1 | 15.3 | 0.13 | 0.73 | 53.47 | 0.03 |
| Tubería 10 | 49.5 | 19.1 | 0.26 | 0.92 | 61.13 | 0.027 |
| Tubería 11 | 23.9 | 15.3 | 0.13 | 0.69 | 49.37 | 0.031 |
| Tubería 12 | 44.4 | 34.5 | 0.97 | 1.04 | 36.09 | 0.023 |
| Tubería 13 | 13 | 30.2 | 0.66 | 0.93 | 34.88 | 0.024 |
| Tubería 14 | 19.6 | 23.8 | 0.49 | 1.1 | 63.62 | 0.024 |
| Tubería 15 | 12.3 | 19.1 | 0.32 | 1.12 | 86.1 | 0.026 |
| Tubería 18 | 44.5 | 81.7 | 6.24 | 1.19 | 16.06 | 0.018 |
| Tubería 19 | 43.5 | 81.7 | 7.02 | 1.34 | 19.82 | 0.018 |
| Tubería 20 | 37 | 34.5 | 1.21 | 1.3 | 53.52 | 0.022 |
| Tubería 21 | 30.5 | 30.2 | 0.85 | 1.19 | 54.3 | 0.023 |
| Tubería 22 | 44 | 23.8 | 0.46 | 1.02 | 55.95 | 0.025 |
| Tubería 23 | 20.9 | 15.3 | 0.11 | 0.6 | 38.86 | 0.032 |
| Tubería 24 | 50.7 | 81.7 | 8.93 | 1.7 | 30.58 | 0.017 |
| Tubería 25 | 40 | 19.1 | 0.52 | 1.81 | 201.03 | 0.023 |
| Tubería 26 | 55.8 | 15.3 | 0.19 | 1.01 | 94.65 | 0.028 |
| Tubería 27 | 26.7 | 15.3 | 0.25 | 1.38 | 164.36 | 0.026 |
| Tubería 28 | 37.1 | 15.3 | 0.2 | 1.08 | 106.16 | 0.027 |
| Tubería 29 | 44.1 | 30.3 | 1.03 | 1.42 | 74.16 | 0.022 |
| Tubería 30 | 42.6 | 231.2 | 59.38 | 1.41 | 6.3 | 0.014 |
| Tubería 31 | 41.8 | 231.2 | 58.93 | 1.4 | 6.21 | 0.014 |
| Tubería 32 | 42.4 | 52.2 | 3.8 | 1.77 | 56.48 | 0.018 |
| Tubería 33 | 53.3 | 52.2 | 3.29 | 1.54 | 43.63 | 0.019 |
| Tubería 34 | 30 | 43.1 | 2.84 | 1.95 | 84.39 | 0.019 |
| Tubería 35 | 38.3 | 43.1 | 2.48 | 1.7 | 65.99 | 0.019 |
| Tubería 36 | 10.9 | 43.1 | 1.91 | 1.31 | 41.41 | 0.02 |
| Tubería 37 | 36.1 | 43.1 | 1.66 | 1.14 | 32.24 | 0.021 |
| Tubería 38 | 19.2 | 34.5 | 1.37 | 1.46 | 66.14 | 0.021 |
| Tubería 39 | 22.8 | 34.5 | 1.14 | 1.22 | 48.11 | 0.022 |
| Tubería 40 | 20.5 | 30.2 | 0.91 | 1.27 | 60.89 | 0.022 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 41 | 38.4 | 23.8 | 0.6 | 1.34 | 89.99 | 0.023 |
| Tubería 42 | 20.2 | 19.1 | 0.28 | 0.99 | 69.89 | 0.026 |
| Tubería 43 | 16.8 | 15.3 | 0.09 | 0.48 | 26.32 | 0.034 |
| Tubería 44 | 61.1 | 231.2 | 43.48 | 1.04 | 3.57 | 0.015 |
| Tubería 45 | 56.5 | 195.1 | 39.09 | 1.31 | 6.68 | 0.015 |
| Tubería 46 | 51.7 | 195.1 | 38.51 | 1.29 | 6.5 | 0.015 |
| Tubería 47 | 30 | 195.1 | 37.89 | 1.27 | 6.32 | 0.015 |
| Tubería 48 | 44.2 | 195.1 | 37.31 | 1.25 | 6.14 | 0.015 |
| Tubería 49 | 45.9 | 52.2 | 2.9 | 1.36 | 34.97 | 0.019 |
| Tubería 50 | 72.9 | 52.2 | 2.27 | 1.06 | 22.55 | 0.021 |
| Tubería 51 | 77.5 | 34.5 | 1.16 | 1.25 | 49.83 | 0.022 |
| Tubería 52 | 11.1 | 23.8 | 0.69 | 1.55 | 116.81 | 0.023 |
| Tubería 53 | 33.6 | 23.8 | 0.45 | 1.02 | 55.35 | 0.025 |
| Tubería 54 | 16.1 | 15.3 | 0.19 | 1.02 | 96.7 | 0.028 |
| Tubería 55 | 19 | 15.3 | 0.37 | 2.01 | 319.39 | 0.024 |
| Tubería 56 | 26 | 43.1 | 1.7 | 1.17 | 33.76 | 0.021 |
| Tubería 57 | 21.5 | 43.1 | 1.45 | 0.99 | 25.35 | 0.022 |
| Tubería 58 | 16 | 34.5 | 1.25 | 1.34 | 56.51 | 0.021 |
| Tubería 59 | 27.4 | 34.5 | 1.02 | 1.09 | 39.3 | 0.022 |
| Tubería 60 | 30.1 | 30.2 | 0.71 | 0.99 | 39.46 | 0.024 |
| Tubería 61 | 20 | 23.8 | 0.45 | 1 | 53.7 | 0.025 |
| Tubería 62 | 19.8 | 19.1 | 0.23 | 0.82 | 49.51 | 0.028 |
| Tubería 66 | 33.4 | 30.2 | 0.79 | 1.1 | 47.16 | 0.023 |
| Tubería 67 | 23.6 | 23.8 | 0.49 | 1.09 | 62.4 | 0.025 |
| Tubería 68 | 24.9 | 15.3 | 0.23 | 1.24 | 135.05 | 0.027 |
| Tubería 69 | 35 | 15.3 | 0.19 | 1.01 | 95.18 | 0.028 |
| Tubería 70 | 18.8 | 19.1 | 0.38 | 1.32 | 114.42 | 0.025 |
| Tubería 71 | 28.1 | 23.8 | 0.4 | 0.91 | 45.13 | 0.026 |
| Tubería 72 | 23.8 | 15.3 | 0.13 | 0.69 | 49.37 | 0.031 |
| Tubería 73 | 25.2 | 34.5 | 1.16 | 1.25 | 49.88 | 0.022 |
| Tubería 74 | 20.9 | 34.5 | 1.41 | 1.51 | 70.13 | 0.021 |
| Tubería 75 | 25.8 | 34.5 | 1.66 | 1.78 | 93.73 | 0.02 |
| Tubería 76 | 35.3 | 43.1 | 2.46 | 1.69 | 65.31 | 0.019 |
| Tubería 77 | 32.2 | 63.5 | 4.51 | 1.42 | 30.05 | 0.018 |
| Tubería 78 | 26.9 | 63.5 | 4.2 | 1.32 | 26.4 | 0.019 |
| Tubería 79 | 46.7 | 63.5 | 3.8 | 1.2 | 22.15 | 0.019 |
| Tubería 80 | 26 | 63.5 | 3.42 | 1.08 | 18.28 | 0.02 |
| Tubería 84 | 34.8 | 15.3 | 0.19 | 1.01 | 95.18 | 0.028 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 85 | 44.9 | 15.3 | 0.24 | 1.3 | 147.06 | 0.026 |
| Tubería 86 | 30.4 | 81.7 | 7.5 | 1.43 | 22.31 | 0.017 |
| Tubería 87 | 36.8 | 81.7 | 7.86 | 1.5 | 24.27 | 0.017 |
| Tubería 88 | 37.6 | 81.7 | 8.25 | 1.57 | 26.51 | 0.017 |
| Tubería 89 | 15.1 | 156.5 | 25.29 | 1.31 | 8.77 | 0.016 |
| Tubería 90 | 22.3 | 156.5 | 24.98 | 1.3 | 8.58 | 0.016 |
| Tubería 91 | 32 | 30.2 | 1.55 | 2.16 | 156.46 | 0.02 |
| Tubería 92 | 31 | 23.8 | 1.21 | 2.72 | 316.76 | 0.02 |
| Tubería 93 | 50 | 19.1 | 0.78 | 2.72 | 413.72 | 0.021 |
| Tubería 94 | 48 | 19.1 | 0.26 | 0.9 | 58.12 | 0.027 |
| Tubería 95 | 26.3 | 156.5 | 23.01 | 1.2 | 7.4 | 0.016 |
| Tubería 96 | 8.4 | 23.8 | 0.7 | 1.58 | 119.91 | 0.022 |
| Tubería 97 | 36.6 | 23.8 | 0.46 | 1.04 | 57.57 | 0.025 |
| Tubería 98 | 11.3 | 19.1 | 0.21 | 0.73 | 40.5 | 0.029 |
| Tubería 100 | 31.7 | 120.3 | 21.95 | 1.93 | 24.13 | 0.015 |
| Tubería 101 | 26.2 | 120.3 | 21.64 | 1.9 | 23.51 | 0.015 |
| Tubería 102 | 8.2 | 120.3 | 21.46 | 1.89 | 23.16 | 0.015 |
| Tubería 103 | 27.8 | 120.3 | 21.27 | 1.87 | 22.78 | 0.015 |
| Tubería 104 | 24.4 | 120.3 | 20.99 | 1.85 | 22.24 | 0.015 |
| Tubería 105 | 38.4 | 15.3 | 0.2 | 1.11 | 111.85 | 0.027 |
| Tubería 106 | 28.3 | 120.3 | 20.3 | 1.79 | 20.94 | 0.016 |
| Tubería 107 | 18.3 | 30.2 | 1.75 | 2.45 | 195.65 | 0.019 |
| Tubería 108 | 25 | 30.2 | 1.52 | 2.12 | 151.88 | 0.02 |
| Tubería 109 | 8.5 | 30.2 | 1.34 | 1.87 | 121.51 | 0.021 |
| Tubería 110 | 26.2 | 30.2 | 1.16 | 1.62 | 93.34 | 0.021 |
| Tubería 111 | 37.2 | 23.8 | 0.82 | 1.84 | 158.19 | 0.022 |
| Tubería 112 | 38.4 | 19.1 | 0.42 | 1.46 | 136.5 | 0.024 |
| Tubería 113 | 20 | 15.3 | 0.11 | 0.58 | 36.18 | 0.032 |
| Tubería 114 | 13.9 | 120.3 | 18.17 | 1.6 | 17.13 | 0.016 |
| Tubería 115 | 37.9 | 43.1 | 1.8 | 1.23 | 37.23 | 0.021 |
| Tubería 116 | 50 | 43.1 | 1.33 | 0.91 | 21.79 | 0.022 |
| Tubería 117 | 9 | 34.5 | 1.02 | 1.09 | 39.09 | 0.022 |
| Tubería 118 | 26.9 | 30.2 | 0.82 | 1.15 | 50.96 | 0.023 |
| Tubería 119 | 41.7 | 23.8 | 0.46 | 1.03 | 56.27 | 0.025 |
| Tubería 120 | 21.6 | 15.3 | 0.12 | 0.65 | 44.46 | 0.031 |
| Tubería 121 | 62.2 | 120.3 | 15.71 | 1.38 | 13.17 | 0.016 |
| Tubería 122 | 39.4 | 23.8 | 0.52 | 1.17 | 70.99 | 0.024 |
| Tubería 123 | 29.3 | 15.3 | 0.16 | 0.85 | 70.06 | 0.029 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 124 | 55.7 | 120.3 | 14.35 | 1.26 | 11.18 | 0.017 |
| Tubería 125 | 51.2 | 19.1 | 0.34 | 1.2 | 97.74 | 0.025 |
| Tubería 127 | 24.6 | 120.3 | 13.31 | 1.17 | 9.76 | 0.017 |
| Tubería 128 | 34 | 19.1 | 0.41 | 1.43 | 133.05 | 0.024 |
| Tubería 129 | 21.6 | 15.3 | 0.12 | 0.63 | 41.62 | 0.032 |
| Tubería 130 | 16.1 | 120.3 | 12.5 | 1.1 | 8.72 | 0.017 |
| Tubería 131 | 33.9 | 19.1 | 0.44 | 1.52 | 147.08 | 0.024 |
| Tubería 132 | 23.9 | 15.3 | 0.13 | 0.69 | 49.37 | 0.031 |
| Tubería 133 | 13.3 | 120.3 | 11.73 | 1.03 | 7.78 | 0.017 |
| Tubería 134 | 43.7 | 81.7 | 11.42 | 2.18 | 47.7 | 0.016 |
| Tubería 135 | 17.8 | 63.5 | 5.73 | 1.81 | 46.13 | 0.018 |
| Tubería 136 | 40.5 | 43.1 | 1.4 | 0.96 | 23.79 | 0.022 |
| Tubería 142 | 40.6 | 15.3 | 0.22 | 1.17 | 123.61 | 0.027 |
| Tubería 143 | 20.9 | 23.8 | 0.64 | 1.44 | 101.5 | 0.023 |
| Tubería 144 | 23.7 | 19.1 | 0.4 | 1.4 | 127.95 | 0.024 |
| Tubería 145 | 25.8 | 15.3 | 0.14 | 0.75 | 56.62 | 0.03 |
| Tubería 146 | 21.5 | 63.5 | 3.9 | 1.23 | 23.19 | 0.019 |
| Tubería 147 | 25.3 | 15.3 | 0.14 | 0.73 | 54.5 | 0.03 |
| Tubería 148 | 21.4 | 63.5 | 3.41 | 1.08 | 18.16 | 0.02 |
| Tubería 149 | 43.2 | 19.1 | 0.23 | 0.8 | 47.86 | 0.028 |
| Tubería 150 | 19.3 | 52.2 | 2.73 | 1.28 | 31.28 | 0.02 |
| Tubería 151 | 43.1 | 19.1 | 0.23 | 0.8 | 47.86 | 0.028 |
| Tubería 152 | 19 | 52.2 | 5.27 | 2.46 | 101.93 | 0.017 |
| Tubería 153 | 37.4 | 52.2 | 4.97 | 2.32 | 91.7 | 0.017 |
| Tubería 154 | 10.3 | 30.2 | 0.9 | 1.26 | 59.65 | 0.022 |
| Tubería 155 | 18.2 | 30.2 | 0.75 | 1.04 | 43.05 | 0.023 |
| Tubería 156 | 61.2 | 19.1 | 0.33 | 1.14 | 88.24 | 0.026 |
| Tubería 157 | 68.4 | 43.1 | 1.75 | 1.2 | 35.63 | 0.021 |
| Tubería 158 | 15.7 | 34.5 | 1.31 | 1.4 | 61.15 | 0.021 |
| Tubería 159 | 48.3 | 30.2 | 0.97 | 1.35 | 67.6 | 0.022 |
| Tubería 160 | 32.8 | 23.8 | 0.53 | 1.2 | 73.84 | 0.024 |
| Tubería 161 | 25.3 | 15.3 | 0.22 | 1.22 | 132.54 | 0.027 |
| Tubería 162 | 42.3 | 15.3 | 0.14 | 0.74 | 54.67 | 0.03 |
| Tubería 163 | 29.7 | 23.8 | 0.52 | 1.17 | 70.33 | 0.024 |
| Tubería 164 | 18.4 | 23.8 | 0.78 | 1.74 | 143.17 | 0.022 |
| Tubería 165 | 37.4 | 30.2 | 1.07 | 1.5 | 81.47 | 0.022 |
| Tubería 166 | 28 | 34.5 | 1.42 | 1.52 | 71.02 | 0.021 |
| Tubería 167 | 11.7 | 43.1 | 1.63 | 1.12 | 31.32 | 0.021 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 168 | 17.6 | 43.1 | 2.07 | 1.42 | 47.96 | 0.02 |
| Tubería 169 | 15.7 | 43.1 | 1.9 | 1.3 | 40.9 | 0.02 |
| Tubería 170 | 25.5 | 34.5 | 1.16 | 1.24 | 49.59 | 0.022 |
| Tubería 171 | 33.4 | 30.2 | 0.85 | 1.18 | 53.45 | 0.023 |
| Tubería 172 | 17.4 | 23.8 | 0.58 | 1.29 | 84.46 | 0.024 |
| Tubería 173 | 45.3 | 19.1 | 0.24 | 0.84 | 52.31 | 0.028 |
| Tubería 174 | 13.6 | 23.8 | 0.44 | 0.99 | 53.1 | 0.025 |
| Tubería 175 | 30.8 | 15.3 | 0.21 | 1.12 | 113.44 | 0.027 |
| Tubería 176 | 39.4 | 23.8 | 0.17 | 0.38 | 9.81 | 0.032 |
| Tubería 177 | 23 | 23.8 | 0.5 | 1.13 | 65.99 | 0.024 |
| Tubería 178 | 24.1 | 23.8 | 0.75 | 1.69 | 135.27 | 0.022 |
| Tubería 179 | 17.1 | 34.5 | 0.97 | 1.04 | 36.08 | 0.023 |
| Tubería 180 | 9.2 | 34.5 | 1.18 | 1.26 | 51.2 | 0.022 |
| Tubería 181 | 19.4 | 15.3 | 0.1 | 0.56 | 34.45 | 0.033 |
| Tubería 182 | 31.4 | 30.2 | 0.76 | 1.06 | 44.11 | 0.023 |
| Tubería 183 | 33.5 | 23.8 | 0.41 | 0.93 | 46.91 | 0.025 |
| Tubería 184 | 21.9 | 15.3 | 0.12 | 0.64 | 42.56 | 0.032 |
| Tubería 185 | 28.4 | 52.2 | 2.44 | 1.14 | 25.68 | 0.02 |
| Tubería 186 | 23.3 | 43.1 | 1.64 | 1.13 | 31.69 | 0.021 |
| Tubería 187 | 15.1 | 43.1 | 1.44 | 0.99 | 25.04 | 0.022 |
| Tubería 188 | 10 | 34.5 | 1.25 | 1.34 | 56.55 | 0.021 |
| Tubería 189 | 19.3 | 34.5 | 1.04 | 1.11 | 40.65 | 0.022 |
| Tubería 190 | 36.7 | 15.3 | 0.19 | 1.06 | 103.36 | 0.028 |
| Tubería 191 | 21.5 | 23.8 | 0.43 | 0.97 | 50.56 | 0.025 |
| Tubería 192 | 14.9 | 19.1 | 0.24 | 0.83 | 50.62 | 0.028 |
| Tubería 193 | 14.8 | 15.3 | 0.08 | 0.43 | 21.9 | 0.035 |
| Tubería 194 | 27.5 | 63.5 | 4.51 | 1.42 | 30.01 | 0.018 |
| Tubería 195 | 19.3 | 81.7 | 4.76 | 0.91 | 9.87 | 0.019 |
| Tubería 196 | 57.6 | 52.2 | 2.78 | 1.3 | 32.27 | 0.02 |
| Tubería 197 | 29.8 | 52.2 | 2.31 | 1.08 | 23.26 | 0.02 |
| Tubería 198 | 10.4 | 52.2 | 2.1 | 0.98 | 19.56 | 0.021 |
| Tubería 199 | 14.9 | 34.5 | 1.19 | 1.27 | 51.42 | 0.022 |
| Tubería 200 | 13.5 | 34.5 | 1.03 | 1.11 | 40.34 | 0.022 |
| Tubería 201 | 24.4 | 15.3 | 0.13 | 0.71 | 51.4 | 0.031 |
| Tubería 202 | 26.3 | 23.8 | 0.56 | 1.26 | 80.62 | 0.024 |
| Tubería 203 | 39.5 | 15.3 | 0.21 | 1.14 | 117.66 | 0.027 |
| Tubería 204 | 38.5 | 23.8 | 0.57 | 1.28 | 83.3 | 0.024 |
| Tubería 205 | 34.3 | 15.3 | 0.18 | 1 | 92.51 | 0.028 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 206 | 30.7 | 81.7 | 8.11 | 1.55 | 25.68 | 0.017 |
| Tubería 207 | 45 | 81.7 | 8.51 | 1.62 | 28.03 | 0.017 |
| Tubería 208 | 37.9 | 15.3 | 0.2 | 1.1 | 110.41 | 0.027 |
| Tubería 209 | 30.7 | 81.7 | 9.32 | 1.78 | 33.01 | 0.017 |
| Tubería 210 | 23.9 | 81.7 | 9.61 | 1.83 | 34.9 | 0.017 |
| Tubería 211 | 32.2 | 15.3 | 0.17 | 0.93 | 82.19 | 0.029 |
| Tubería 212 | 38.7 | 120.3 | 15.55 | 1.37 | 12.92 | 0.016 |
| Tubería 213 | 36.8 | 43.1 | 1.79 | 1.22 | 36.79 | 0.021 |
| Tubería 214 | 32.1 | 23.8 | 0.56 | 1.25 | 79.1 | 0.024 |
| Tubería 215 | 35.9 | 15.3 | 0.19 | 1.04 | 100.6 | 0.028 |
| Tubería 216 | 41.5 | 23.8 | 0.64 | 1.45 | 102.76 | 0.023 |
| Tubería 217 | 16.2 | 19.1 | 0.34 | 1.17 | 93.3 | 0.025 |
| Tubería 218 | 23.4 | 15.3 | 0.12 | 0.68 | 47.38 | 0.031 |
| Tubería 219 | 16.3 | 120.3 | 17.93 | 1.58 | 16.72 | 0.016 |
| Tubería 220 | 43 | 120.3 | 18.35 | 1.61 | 17.44 | 0.016 |
| Tubería 221 | 39.1 | 120.3 | 19.09 | 1.68 | 18.74 | 0.016 |
| Tubería 222 | 23.3 | 120.3 | 19.43 | 1.71 | 19.33 | 0.016 |
| Tubería 223 | 8.1 | 43.1 | 2.99 | 2.05 | 92.64 | 0.019 |
| Tubería 224 | 32.8 | 34.5 | 2.78 | 2.97 | 235.98 | 0.018 |
| Tubería 225 | 45.2 | 34.5 | 2.36 | 2.53 | 176.26 | 0.019 |
| Tubería 226 | 32.5 | 34.5 | 1.95 | 2.08 | 124.71 | 0.019 |
| Tubería 227 | 35.9 | 30.2 | 0.75 | 1.04 | 42.89 | 0.023 |
| Tubería 228 | 36.6 | 19.1 | 0.36 | 1.26 | 105.34 | 0.025 |
| Tubería 229 | 15.5 | 15.3 | 0.08 | 0.45 | 23.33 | 0.035 |
| Tubería 230 | 16.6 | 23.8 | 0.75 | 1.68 | 133.88 | 0.022 |
| Tubería 231 | 30.9 | 23.8 | 0.49 | 1.11 | 64.3 | 0.024 |
| Tubería 232 | 30.9 | 15.3 | 0.16 | 0.89 | 76.02 | 0.029 |
| Tubería 233 | 28.9 | 120.3 | 22.74 | 2 | 25.73 | 0.015 |
| Tubería 234 | 61.4 | 19.1 | 0.33 | 1.14 | 88.95 | 0.026 |
| Tubería 235 | 33.4 | 30.2 | 0.69 | 0.96 | 37 | 0.024 |
| Tubería 236 | 22.8 | 23.8 | 0.39 | 0.87 | 42.22 | 0.026 |
| Tubería 237 | 25.1 | 19.1 | 0.13 | 0.47 | 18.71 | 0.032 |
| Tubería 238 | 29.4 | 120.3 | 24.57 | 2.16 | 29.61 | 0.015 |
| Tubería 239 | 18.9 | 120.3 | 28.17 | 2.48 | 37.96 | 0.015 |
| Tubería 240 | 36.2 | 120.3 | 28.57 | 2.51 | 38.95 | 0.015 |
| Tubería 241 | 33.5 | 43.2 | 3.16 | 2.16 | 100.87 | 0.018 |
| Tubería 242 | 62.8 | 43.2 | 2.65 | 1.81 | 73.38 | 0.019 |
| Tubería 243 | 61.8 | 23.8 | 1.04 | 2.33 | 240.58 | 0.021 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 244 | 10 | 19.1 | 0.66 | 2.29 | 304.41 | 0.022 |
| Tubería 245 | 30.1 | 19.1 | 0.44 | 1.54 | 151.59 | 0.024 |
| Tubería 246 | 26.5 | 19.1 | 0.14 | 0.49 | 20.56 | 0.032 |
| Tubería 247 | 49.2 | 30.2 | 1.35 | 1.88 | 122.47 | 0.02 |
| Tubería 248 | 39.1 | 23.8 | 0.88 | 1.97 | 178.29 | 0.021 |
| Tubería 249 | 12.7 | 23.8 | 0.6 | 1.35 | 91.2 | 0.023 |
| Tubería 250 | 29.7 | 19.1 | 0.16 | 0.55 | 24.89 | 0.031 |
| Tubería 251 | 20.5 | 15.3 | 0.11 | 0.6 | 37.95 | 0.032 |
| Tubería 252 | 28 | 156.5 | 32.25 | 1.68 | 13.64 | 0.015 |
| Tubería 253 | 19.9 | 156.5 | 32.51 | 1.69 | 13.84 | 0.015 |
| Tubería 254 | 43.8 | 15.3 | 0.32 | 1.72 | 240.82 | 0.025 |
| Tubería 255 | 61.8 | 15.3 | 0.25 | 1.34 | 156.24 | 0.026 |
| Tubería 256 | 70.8 | 15.3 | 0.38 | 2.05 | 328.94 | 0.024 |
| Tubería 257 | 34.2 | 156.5 | 33.34 | 1.73 | 14.49 | 0.015 |
| Tubería 258 | 25.2 | 156.5 | 33.66 | 1.75 | 14.74 | 0.015 |
| Tubería 259 | 21.4 | 23.8 | 0.56 | 1.27 | 81.42 | 0.024 |
| Tubería 260 | 21.2 | 15.3 | 0.34 | 1.84 | 271.3 | 0.024 |
| Tubería 261 | 50.9 | 15.3 | 0.05 | 0.26 | 9.2 | 0.041 |
| Tubería 262 | 37.1 | 19.1 | 0.52 | 1.81 | 199.89 | 0.023 |
| Tubería 263 | 26.1 | 52.2 | 2.75 | 1.28 | 31.64 | 0.02 |
| Tubería 264 | 42.3 | 23.8 | 0.89 | 2 | 183.27 | 0.021 |
| Tubería 265 | 4.3 | 156.5 | 34.52 | 1.79 | 15.44 | 0.015 |
| Tubería 266 | 40.7 | 156.5 | 38.26 | 1.99 | 18.61 | 0.014 |
| Tubería 267 | 14.8 | 156.5 | 39.52 | 2.05 | 19.74 | 0.014 |
| Tubería 268 | 21.8 | 231.2 | 61.55 | 1.47 | 6.72 | 0.014 |
| Tubería 269 | 11.8 | 231.2 | 61.37 | 1.46 | 6.68 | 0.014 |
| Tubería 270 | 41.2 | 231.2 | 61.09 | 1.46 | 6.63 | 0.014 |
| Tubería 271 | 31.5 | 43.1 | 1.54 | 1.05 | 28.22 | 0.021 |
| Tubería 272 | 31.2 | 34.5 | 1.2 | 1.29 | 52.93 | 0.022 |
| Tubería 273 | 24.5 | 15.3 | 0.13 | 0.71 | 51.4 | 0.031 |
| Tubería 274 | 24.9 | 23.8 | 0.64 | 1.45 | 103.19 | 0.023 |
| Tubería 275 | 18 | 15.3 | 0.1 | 0.52 | 30.26 | 0.033 |
| Tubería 276 | 30.2 | 15.3 | 0.16 | 0.87 | 73.61 | 0.029 |
| Tubería 277 | 53 | 290.2 | 103.25 | 1.56 | 5.76 | 0.013 |
| Tubería 278 | 21.8 | 290.2 | 103.76 | 1.57 | 5.8 | 0.013 |
| Tubería 279 | 32.4 | 290.2 | 104.15 | 1.57 | 5.85 | 0.013 |
| Tubería 280 | 14 | 23.8 | 0.61 | 1.38 | 94.85 | 0.023 |
| Tubería 281 | 26.8 | 19.1 | 0.4 | 1.39 | 125.44 | 0.024 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 282 | 23.9 | 15.3 | 0.13 | 0.69 | 49.37 | 0.031 |
| Tubería 283 | 9.7 | 290.2 | 105.07 | 1.59 | 5.94 | 0.013 |
| Tubería 284 | 19 | 43.1 | 3.37 | 2.31 | 114.78 | 0.018 |
| Tubería 285 | 36.7 | 43.1 | 2.97 | 2.04 | 91.28 | 0.019 |
| Tubería 286 | 22.8 | 34.5 | 2.65 | 2.84 | 217.44 | 0.018 |
| Tubería 287 | 37.6 | 34.5 | 2.33 | 2.49 | 172.21 | 0.019 |
| Tubería 288 | 15.9 | 34.5 | 2.05 | 2.19 | 136.27 | 0.019 |
| Tubería 289 | 21.3 | 34.5 | 1.85 | 1.98 | 113.55 | 0.02 |
| Tubería 290 | 32.5 | 34.5 | 1.56 | 1.67 | 84.02 | 0.02 |
| Tubería 291 | 18.9 | 15.3 | 0.1 | 0.55 | 32.74 | 0.033 |
| Tubería 292 | 19.9 | 30.2 | 1.08 | 1.51 | 82.61 | 0.021 |
| Tubería 293 | 40 | 30.2 | 0.76 | 1.06 | 44.39 | 0.023 |
| Tubería 294 | 30 | 23.8 | 0.39 | 0.87 | 42.16 | 0.026 |
| Tubería 295 | 21.9 | 15.3 | 0.11 | 0.61 | 39.58 | 0.032 |
| Tubería 296 | 39.8 | 15.3 | 0.22 | 1.18 | 123.92 | 0.027 |
| Tubería 297 | 15 | 23.8 | 0.51 | 1.14 | 67.86 | 0.024 |
| Tubería 298 | 34.3 | 15.3 | 0.18 | 1 | 92.51 | 0.028 |
| Tubería 299 | 23.2 | 30.2 | 1.08 | 1.51 | 82.29 | 0.022 |
| Tubería 300 | 25.3 | 30.2 | 1.34 | 1.87 | 120.58 | 0.021 |
| Tubería 301 | 34.9 | 19.1 | 0.19 | 0.65 | 33.2 | 0.03 |
| Tubería 302 | 26.4 | 34.5 | 1.98 | 2.12 | 129.09 | 0.019 |
| Tubería 303 | 15.7 | 34.5 | 2.21 | 2.36 | 156.31 | 0.019 |
| Tubería 304 | 38.6 | 34.5 | 2.5 | 2.67 | 195.05 | 0.019 |
| Tubería 305 | 73 | 43.1 | 3.09 | 2.12 | 98.14 | 0.018 |
| Tubería 306 | 90.5 | 23.8 | 0.48 | 1.08 | 61.57 | 0.025 |
| Tubería 307 | 100.1 | 43.1 | 2.7 | 1.85 | 77.07 | 0.019 |
| Tubería 308 | 98.1 | 30.2 | 1.65 | 2.3 | 175.01 | 0.02 |
| Tubería 309 | 23.2 | 23.8 | 1 | 2.25 | 225.02 | 0.021 |
| Tubería 310 | 31.1 | 15.3 | 0.17 | 0.9 | 77.24 | 0.029 |
| Tubería 311 | 48.8 | 19.1 | 0.29 | 1 | 70.25 | 0.026 |
| Tubería 312 | 47.2 | 19.1 | 0.25 | 0.88 | 56.35 | 0.027 |
| Tubería 313 | 10.6 | 30.2 | 1.1 | 1.54 | 85.44 | 0.021 |
| Tubería 314 | 22.2 | 30.2 | 0.93 | 1.29 | 62.76 | 0.022 |
| Tubería 315 | 72.9 | 19.1 | 0.39 | 1.36 | 120.47 | 0.025 |
| Tubería 316 | 52.5 | 15.3 | 0.25 | 1.35 | 157.78 | 0.026 |
| Tubería 317 | 22.5 | 23.8 | 0.65 | 1.45 | 103.83 | 0.023 |
| Tubería 318 | 34.9 | 30.2 | 0.95 | 1.33 | 66.05 | 0.022 |
| Tubería 319 | 21.7 | 30.2 | 1.25 | 1.75 | 107.69 | 0.021 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 320 | 44.8 | 15.3 | 0.24 | 1.3 | 147.06 | 0.026 |
| Tubería 321 | 28.2 | 43.1 | 2 | 1.37 | 44.88 | 0.02 |
| Tubería 322 | 64.7 | 52.2 | 2.49 | 1.16 | 26.58 | 0.02 |
| Tubería 323 | 53.4 | 19.1 | 0.48 | 1.68 | 175.05 | 0.023 |
| Tubería 324 | 18.4 | 15.3 | 0.1 | 0.53 | 31.08 | 0.033 |
| Tubería 325 | 5.1 | 43.1 | 3.63 | 2.49 | 130.85 | 0.018 |
| Tubería 326 | 45.5 | 30.2 | 0.81 | 1.13 | 49.49 | 0.023 |
| Tubería 327 | 53.2 | 19.1 | 0.28 | 0.99 | 69.25 | 0.027 |
| Tubería 328 | 48.9 | 34.5 | 1.9 | 2.03 | 118.91 | 0.02 |
| Tubería 329 | 28.4 | 43.1 | 2.31 | 1.58 | 58.12 | 0.02 |
| Tubería 330 | 22.6 | 43.1 | 2.58 | 1.77 | 70.92 | 0.019 |
| Tubería 331 | 12.4 | 43.1 | 2.77 | 1.9 | 80.36 | 0.019 |
| Tubería 332 | 29.3 | 52.2 | 2.99 | 1.4 | 36.79 | 0.019 |
| Tubería 333 | 50.3 | 52.2 | 3.41 | 1.59 | 46.67 | 0.019 |
| Tubería 334 | 24.7 | 52.2 | 3.81 | 1.78 | 56.92 | 0.018 |
| Tubería 335 | 25.1 | 52.2 | 4.08 | 1.91 | 64.24 | 0.018 |
| Tubería 336 | 45.1 | 63.5 | 4.45 | 1.41 | 29.33 | 0.019 |
| Tubería 337 | 10 | 63.5 | 4.82 | 1.52 | 33.87 | 0.018 |
| Tubería 338 | 30.6 | 63.5 | 5.12 | 1.62 | 37.67 | 0.018 |
| Tubería 339 | 10 | 34.5 | 2.41 | 2.58 | 183.58 | 0.019 |
| Tubería 340 | 45.4 | 34.5 | 2.09 | 2.24 | 141.54 | 0.019 |
| Tubería 341 | 17.9 | 34.5 | 1.75 | 1.87 | 103.24 | 0.02 |
| Tubería 342 | 36.8 | 30.2 | 1.46 | 2.04 | 141.33 | 0.02 |
| Tubería 343 | 42.5 | 15.3 | 0.23 | 1.23 | 134.33 | 0.027 |
| Tubería 344 | 30 | 23.8 | 0.65 | 1.47 | 105.33 | 0.023 |
| Tubería 345 | 46.2 | 15.3 | 0.25 | 1.34 | 155.28 | 0.026 |
| Tubería 346 | 40.2 | 23.8 | 0.48 | 1.08 | 60.9 | 0.025 |
| Tubería 347 | 24.7 | 15.3 | 0.13 | 0.72 | 52.42 | 0.031 |
| Tubería 348 | 60.6 | 81.7 | 8.79 | 1.68 | 29.74 | 0.017 |
| Tubería 349 | 17.1 | 81.7 | 9.21 | 1.76 | 32.32 | 0.017 |
| Tubería 350 | 24.3 | 81.7 | 9.43 | 1.8 | 33.72 | 0.017 |
| Tubería 351 | 24.2 | 23.8 | 0.87 | 1.95 | 175.04 | 0.021 |
| Tubería 352 | 18 | 23.8 | 0.64 | 1.45 | 103.19 | 0.023 |
| Tubería 353 | 51.5 | 15.3 | 0.27 | 1.49 | 188.28 | 0.025 |
| Tubería 354 | 17.8 | 81.7 | 10.7 | 2.04 | 42.41 | 0.016 |
| Tubería 355 | 56.1 | 81.7 | 11.15 | 2.13 | 45.67 | 0.016 |
| Tubería 356 | 30.3 | 81.7 | 11.92 | 2.27 | 51.51 | 0.016 |
| Tubería 357 | 20 | 81.7 | 13.17 | 2.51 | 61.78 | 0.016 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 358 | 35.5 | 81.7 | 11.1 | 2.12 | 45.32 | 0.016 |
| Tubería 359 | 45.2 | 19.1 | 0.04 | 0.14 | 1.69 | 0.03 |
| Tubería 360 | 6.8 | 19.1 | 0.24 | 0.82 | 50.23 | 0.028 |
| Tubería 361 | 36 | 23.8 | 0.81 | 1.82 | 154.61 | 0.022 |
| Tubería 362 | 57.9 | 15.3 | 0.31 | 1.68 | 231.96 | 0.025 |
| Tubería 363 | 46 | 290.2 | 108.94 | 1.65 | 6.35 | 0.013 |
| Tubería 364 | 67.4 | 19.1 | 0.36 | 1.25 | 104.57 | 0.025 |
| Tubería 365 | 48.5 | 290.2 | 110.32 | 1.67 | 6.49 | 0.013 |
| Tubería 366 | 99.5 | 362.8 | 135.48 | 1.31 | 3.21 | 0.013 |
| Tubería 367 | 30.9 | 156.5 | 24.06 | 1.25 | 8.02 | 0.016 |
| Tubería 368 | 32 | 15.3 | 0.17 | 0.93 | 82.19 | 0.029 |
| Tubería 369 | 55.3 | 156.5 | 23.26 | 1.21 | 7.55 | 0.016 |
| Tubería 370 | 66.2 | 34.5 | 1 | 1.07 | 38.09 | 0.023 |
| Tubería 371 | 60.7 | 15.3 | 0.32 | 1.76 | 252.21 | 0.024 |
| Tubería 372 | 34.8 | 156.5 | 21.43 | 1.11 | 6.5 | 0.016 |
| Tubería 373 | 72 | 19.1 | 0.38 | 1.34 | 118.02 | 0.025 |
| Tubería 374 | 36.3 | 120.3 | 20.28 | 1.78 | 20.91 | 0.016 |
| Tubería 375 | 16.6 | 43.1 | 2.29 | 1.57 | 57.3 | 0.02 |
| Tubería 376 | 72 | 34.5 | 1.66 | 1.77 | 93.55 | 0.02 |
| Tubería 377 | 26.5 | 81.7 | 17.41 | 3.32 | 102.52 | 0.015 |
| Tubería 378 | 20.6 | 81.7 | 17.16 | 3.27 | 99.85 | 0.015 |
| Tubería 379 | 24.2 | 81.7 | 12.51 | 2.39 | 56.25 | 0.016 |
| Tubería 380 | 60.7 | 81.7 | 11.9 | 2.27 | 51.35 | 0.016 |
| Tubería 381 | 49.9 | 63.5 | 3.98 | 1.26 | 24.06 | 0.019 |
| Tubería 382 | 25.3 | 43.1 | 3.12 | 2.14 | 99.63 | 0.018 |
| Tubería 383 | 36.4 | 52.2 | 2.63 | 1.23 | 29.26 | 0.02 |
| Tubería 384 | 56.6 | 23.8 | 0.62 | 1.4 | 96.49 | 0.023 |
| Tubería 385 | 44 | 81.7 | 10.65 | 2.03 | 42.03 | 0.016 |
| Tubería 386 | 51.8 | 63.5 | 4.98 | 1.57 | 35.94 | 0.018 |
| Tubería 81 | 250 | 362.8 | 136.01 | 1.32 | 3.24 | 0.013 |
| Tubería 17 | 20 | 120.3 | 17.93 | 1.58 | 16.71 | 0.016 |
| Tubería 63 | 10.5 | 34.5 | 1.25 | 1.34 | 56.5 | 0.021 |
| Tubería 65 | 20 | 120.3 | 28.17 | 2.48 | 37.97 | 0.015 |
| Tubería 83 | 4.3 | 156.5 | 34.52 | 1.79 | 15.4 | 0.015 |
| Tubería 126 | 20 | 290.2 | 103.76 | 1.57 | 5.81 | 0.013 |
| Tubería 138 | 26.1 | 52.2 | 2.75 | 1.28 | 31.64 | 0.02 |
| Tubería 140 | 10 | 120.3 | 18.17 | 1.6 | 17.13 | 0.016 |
| Tubería 387 | 20 | 156.5 | 25.29 | 1.31 | 8.77 | 0.016 |

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

| ID Línea | Longitud m | Diámetro mm | Caudal LPS | Velocidad m/s | Pérd.Unit. m/km | Factor de Fricción |
|-------------|---------------|----------------|---------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tubería 389 | 34.9 | 195.1 | 37.89 | 1.27 | 6.32 | 0.015 |
| Tubería 391 | 20 | 43.1 | 3.37 | 2.31 | 114.78 | 0.018 |
| Tubería 393 | 14.7 | 63.5 | 4.82 | 1.52 | 33.88 | 0.018 |
| Tubería 395 | 5.7 | 34.5 | 2.41 | 2.58 | 183.58 | 0.019 |
| Tubería 397 | 10 | 81.7 | 10.7 | 2.04 | 42.4 | 0.016 |
| Tubería 399 | 12.6 | 81.7 | 13.18 | 2.51 | 61.78 | 0.016 |
| Tubería 401 | 30 | 43.1 | 3.12 | 2.14 | 99.6 | 0.018 |
| Tubería 403 | 30 | 81.7 | 12.51 | 2.39 | 56.24 | 0.016 |
| Tubería 405 | 30 | 43.1 | 2.29 | 1.57 | 57.27 | 0.02 |

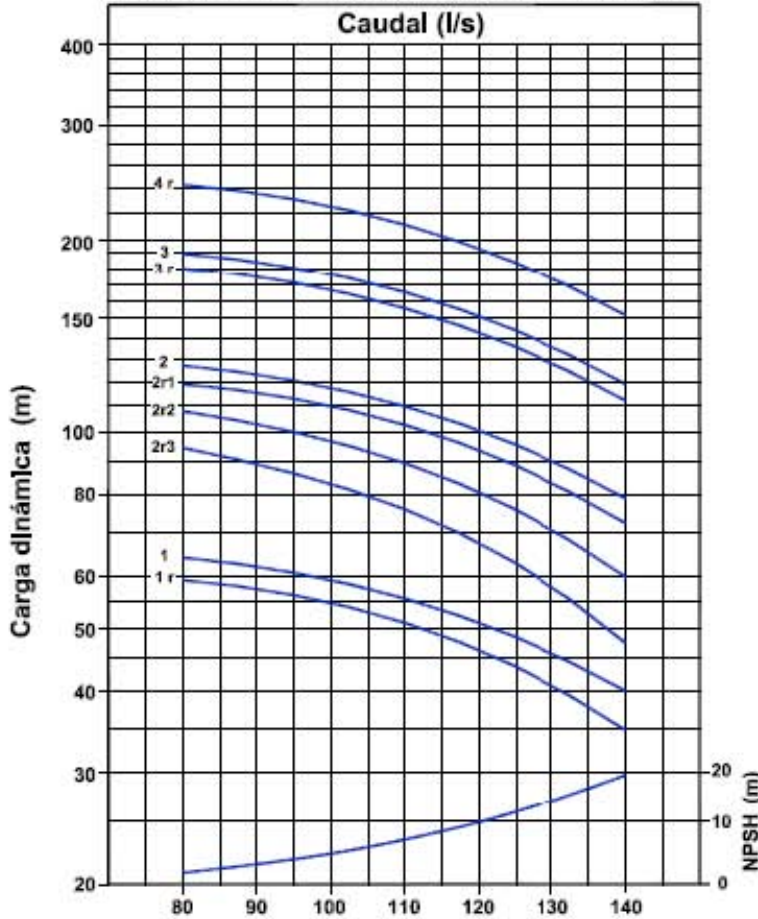
ANEXO 5

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO



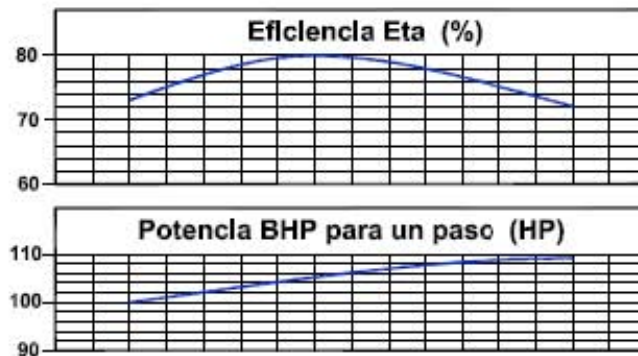
BOMBAS CENTRÍFUGAS ALEMANAS, S.A. DE C.V.

Laboratorio acreditado por ema para los ensayos indicados en el escrito con número de acreditación N° MM-183-034/12. Acreditación a partir de 2012-04-19.



| Combinaciones | |
|---------------|-------------------|
| Bomba | Motor |
| N° De Pasos | Motor acoplado |
| | Diámetro • HP |
| 1 r | SUM 10 • 100 |
| 1 | SUM 10 • 125 |
| 2 r3 | SUM 10 • 150 |
| 2 r2 | SUM 10 • 175 |
| 2 r1 | SUM 10 (12) • 200 |
| 2 | SUM 10 (12) • 250 |
| 3 r | SUM 10 (12) • 300 |
| 3 | SUM 12 • 350 |
| 4 r | SUM 12 • 400 |

| Correcciones de Eficiencia | |
|----------------------------|----------------------|
| Número de Pasos | Cambio de Eficiencia |
| 1 r | + 4 Puntos |
| 1 | + 3 Puntos |
| 2 r3 | + 4 Puntos |
| 2 r2 | + 3 Puntos |
| 2 r1 | + 2 Puntos |
| 2 | + 1 Punto |
| 3 r | + 1 Punto |



Observaciones:
 Las bombas pueden operar en cualquier punto de las curvas.
 Máxima temperatura del agua 30°C.
 De 30°C - 40°C seleccionar motor de mayor potencia.

Modelo: BA 12-140
 60 ciclos, 2 pobs

01/09/2010



BOMBAS CENTRÍFUGAS ALEMANAS

40 AÑOS DE EXPERENCIA

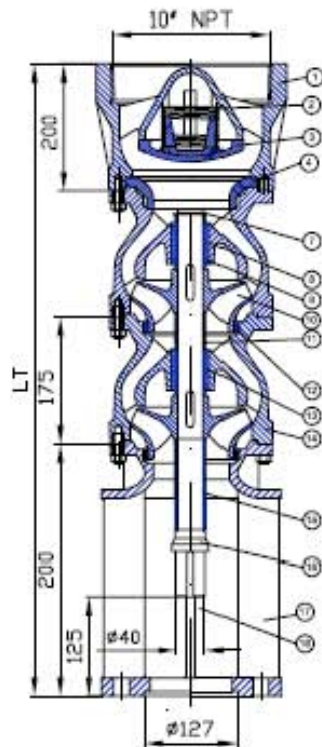
MODELO: BA 12-140

Ficha Técnica: Bombas

Auténtica
Tecnología
Alemana

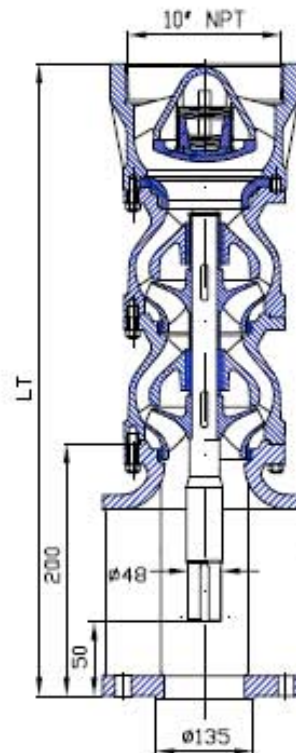
(80-140 l/s)

con SUM-10



| CANT. PASOS | 1 | 2 |
|-------------|-----|-----|
| LT (mm) | 895 | 930 |

con SUM-12



| CANT. PASOS | 2 | 3 | 4 |
|-------------|-----|------|------|
| LT (mm) | 890 | 1005 | 1180 |

| ITEM | DESCRIPCION |
|------|-------------------------|
| 1 | CUERPO DE VALVULA |
| 2 | RESORTE DE VALVULA |
| 3 | PIRATILLO DE VALVULA |
| 4 | ASIENTO DE VALVULA |
| 5 | BIJLO M12 |
| 6 | TUERCA DE M12 |
| 7 | ANILLO TIARC |
| 8 | CHUMACERA SUPERIOR |
| 9 | BUJE CHUMACERA SUPERIOR |

| ITEM | DESCRIPCION |
|------|--------------------------------|
| 10 | IMPULSOR |
| 11 | BUJE DISTANCIADOR |
| 12 | ANILLO DE DESGASTE |
| 13 | CHUMACERA DE HULE |
| 14 | TAZON |
| 15 | BUJE DISTANCIADOR PRIMER TAZON |
| 16 | FLECHA DE BOMBA |
| 17 | CUERPO DE SUCCION |
| 18 | MUNON DE FLECHA |