



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL
DESARROLLO HABITACIONAL URBI VILLA DEL REY,
HUEHUETOCA, MÉXICO.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

CARLOS BAÑUELOS LÓPEZ

ASESOR: DR. RAÚL PINEDA OLMEDO

OCTUBRE 2011



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.

AGRADECIMIENTOS.

A mi mamá gracias por su apoyo en todo momento, por tus consejos, por tus regaños y por sacarnos adelante a mí y a mis hermanos porque sin ti yo no estaría aquí cumpliendo esta gran meta de mi vida. A mi abuelita por sus palabras que me inspiran a ser una mejor persona a superarme día a día, a mis hermanos por su apoyo y por aguantarme todo el tiempo. Al Dr. Raúl Pineda Olmedo que además de asesorarme en mi tesina y brindarme de su tiempo se convirtió en un buen amigo. Por último a mis amigos por su apoyo incondicional, por todas esas grandes pláticas y por todos esos consejos que me dan. A todos ellos les dedico este trabajo.

INDICE

Introducción	3
1. Descripción General	5
1.1 Localización	5
1.2 Condiciones de proyecto	8
1.2.1 Localización del Proyecto	11
2. Diseño del equipo de bombeo y selección de equipo	16
2.1 Diseño hidráulico	16
2.1.1 Conducción por bombeo	16
2.1.2 Cálculo de la Carga dinámica total (CDT)	17
2.1.3 Cálculo de la potencia de la bomba	18
2.2 Selección de equipo de bombeo	19
2.2.1 Selección de proveedor y Equipo de bombeo	21
2.2.2 Graficas de selección	22
3. Diseño hidráulico de la línea de alimentación	28
3.1 Diámetro Económico	28
3.1.1 Perfil topográfico	28
3.1.2 Selección de la tubería	33
3.1.3 Tubería a utilizar	33
3.1.4 Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)	34
3.1.5 Golpe de ariete	36
3.1.6 Cálculo y selección del diámetro económico	38
3.1.6.1 Costo total de la conducción	41
3.1.6.2 Selección de diámetro	42
3.2 Diseño de la línea de alimentación	44
3.2.1 Consideraciones Generales de Diseño en la línea de alimentación	44
3.2.2 Golpe de Ariete	46
3.2.2.1 Dispositivos para controlar el golpe de ariete	47
3.2.3 Cálculo de golpe de ariete por el método de velocidad equivalente	47
3.2.4 Diseño de la línea	50
4. Modelación y de análisis funcional	60
4.1 EPANET 2.0	60
4.2 MODELO	61
4.3 ANÁLISIS	64
5. Fijación	81
5.1 Atraques	81
5.1.1 Diseño del Atraque	84
5.1.2 Revisión por volteo	88
5.2 Soportes	89
5.2.1 Peso total que descarga en los soportes	90
5.2.2 Diseño del soporte	91
Conclusiones	99
Bibliografía	101
Anexo de Plano	102

Introducción

El agua es un recurso esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. El agua tiene un valor económico, social y ambiental para todos esos usos a los que se destina y por tanto su análisis, administración y planificación. La tarea integrada a este recurso debe contemplar las relaciones existentes entre economía, sociedad y medio ambiente.

El agua actualmente es un elemento vital para el ser humano y con el paso de los días se encuentra más escasa, debido a esta situación la obtención o traslado de este líquido es cada vez más complejo puede ser aguas superficiales o subterráneas.

El País sufre de insuficiencias en los recursos hídricos por ejemplo, siendo más específico el Estado de México padece una grave escasez de agua debido a la alta densidad de población y a su apresurado crecimiento de aproximadamente 380,000 habitantes por año. Sumando a lo anterior, las áreas metropolitanas de la Ciudad de México, han caracterizado en los últimos años, el más grande desarrollo urbano – industrial de su historia, lo que ocasiona que las manchas urbanas y los servicios que éstas requieren, crezcan abundantemente.

Este entorno representa una gran tarea en materia hidráulica para llevar de una forma adecuada el proceso de crecimiento y al mismo tiempo mejorar la calidad en los servicios de abastecimiento de agua potable; los problemas para transportar el agua desde la fuente hasta los usuarios se traduce en traerla de lugares cada vez más alejados, transportarla grandes distancias y además tener que bombear hasta los sitios de consumo. Una opción es el diseño de líneas de alimentación, consiste en un sistema que transporta el agua desde el sitio de captación (aguas subterráneas) ya sea por medio de bombeo o por gravedad hasta un tanque de regulación, planta potabilizadora, etc.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

En el presente proyecto, se propone implementar el diseño y el análisis de la línea de alimentación para el abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, en el Estado de México; la conducción del agua se realizará a base de bombeo.

En el primer capítulo se describen a los datos básicos del proyecto, como la localización del proyecto y algo muy importante que son las condiciones actuales del proyecto (suelo, clima, urbanización etc.), con estos datos se puede dar inicio al diseño de la línea de alimentación.

En el segundo capítulo corresponde en realizar el diseño hidráulico del equipo de bombeo tomando en cuenta las condiciones del proyecto (gasto, carga dinámica total, desnivel, etc.). Posteriormente, con los resultados obtenidos en el diseño hidráulico del equipo se procede a seleccionar el equipo de bombeo que cumpla con lo que demanda el proyecto.

El tercer capítulo se hace referencia a la selección del diámetro económico este apartado es importante debido a la selección adecuada beneficiará a la economía del proyecto; también se realiza el diseño hidráulico de la línea de alimentación tomando en cuenta el golpe de ariete, velocidades permisibles al igual las válvulas necesarias en el diseño.

En el cuarto capítulo se desarrolla un modelo donde se ejecuta una simulación del comportamiento hidráulico de la línea de alimentación usando el software llamado EPANET 2.0, con los resultados obtenidos en esta simulación se realiza una comparación con los resultados conseguidos en el capítulo 3.

El quinto capítulo corresponde al diseño de las estructuras para la fijación (atraques y soportes) que son necesarias para la línea de alimentación; el diseño del atraque se realizó de acuerdo con el RCDF y el diseño del soporte se realizó empleando el manual IMCA.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Objetivo: Exponer los datos básicos de proyecto para el diseño de la línea de alimentación del sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, México.

- 1.1. Localización
- 1.2. Condiciones de proyecto

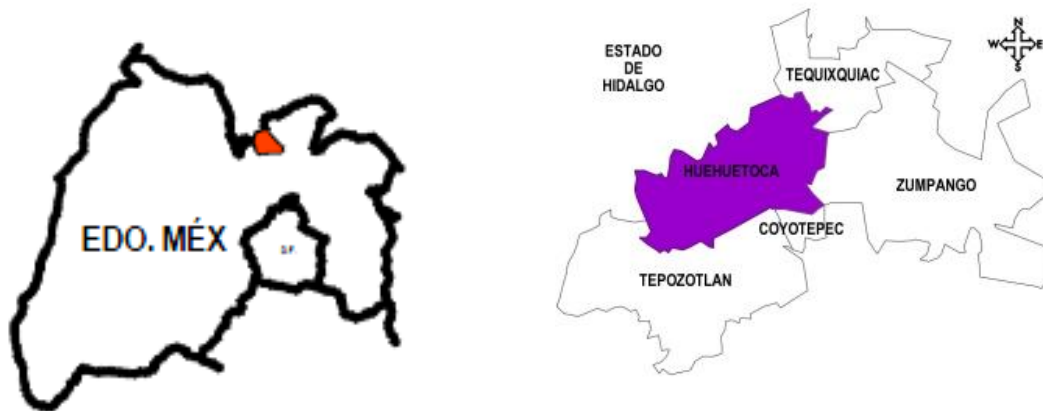
1.1 Localización

Esta obra se realizará en el municipio de Huehuetoca, México.

Huehuetoca se ubica en las coordenadas latitud 19°45`01" y 19°53`34", longitud 99°10`19" y 99°21`08" y con una altitud de 2250 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Huehuetoca puede considerarse como estratégico, gracias a la ubicación geográfica que ocupa dentro del territorio estatal, pues su localización lo convierte en un potencial polo de desarrollo, tanto para la inversión industrial y comercial, así como para el crecimiento urbano-habitacional.

Huehuetoca limita al norte con la cabecera Apaxco, entrando por Santa María Apaxco, y con la población de El Salto, perteneciente a Tepeji de Ocampo, Hidalgo, al sur con la Sierra de Tepotzotlán, el ejido de Coyotepec y el municipio de Teoloyucan, al este con el Pueblo de Zitlaltepec del municipio de Zumpango, Tequixquiac y Coyotepec, al oeste con la Sierra de Tepotzotlán y Tepeji de Ocampo, Hidalgo.



Extensión Territorial

Ocupa una extensión de 161.98 km², ocupando el 0.72% de acuerdo con el territorio del Estado de México, que es de 22,499.95 kilómetros cuadrados.

Clima

En Huehuetoca predomina el clima templado subhúmedo, mesotérmico, la temperatura mínima registrada en el año más frío fue de -4.5°C alcanzada en el periodo invernal, y una máxima de 32°C en verano.

La precipitación promedio se establece entre 700 y 800mm. Los meses que presentan mayor precipitación son los meses de junio, julio y agosto.

OROGRAFÍA

El territorio de Huehuetoca se encuentra limitado por la mesa La Ahumada (2550 msnm). La Guiñada (2450 msnm); al oeste por el Pico del Sincoque (2550 msnm) y al este por el cerro de Xalpa o de la Estrella (2650msnm), mientras que hacia el sur y suroeste de encuentra una parte de la sierra de Tepetzotlán, que ocupa cerca de la mitad del territorio municipal. De esas elevaciones el cuerpo Sincoque

y el cerro de Xalpa se consideran cuerpos volcánicos. La parte central se caracteriza por planicie a una altura de 2259 msnm, donde se asientan las principales localidades del municipio.

GEOMORFOLOGÍA

El municipio muestra un perfil geomorfológicamente claramente delimitado. En su parte noreste presenta terreno plano y lomeríos bajos. El análisis de pendiente arroja dos zonas claramente diferenciadas: la zona plana y la zona montañosa la zona plana ocupa toda la parte central del municipio a las riveras del río Cuautitlán y la montañosa todo el extremo oriente del municipio. En la zona plana tenemos una pendiente entre 0 y 5% mientras que en la montañosa es entre 15 y 55%.

HIDROLOGÍA

El municipio forma parte de la cuenca hidrológica del Valle de México – Pánuco, por lo que Huehuetoca cuenta con cuerpos que lo atraviesan como el Río Cuautitlán en el sentido norponiente en el que se descargan aguas residuales municipales, industria y comercio. El agua superficial se almacena en tres presas Santa María, Cuevecillas y Jaguey Prieto, utilizadas como abrevadero y riego.

EDAFOLOGÍA

Huehuetoca cuenta con las siguientes características edafológicas:

- 60% Rocas ígneas y sedimentarias de tobas y areniscas (clásticas y volcaniclásticas), principalmente en las áreas de planicie y lomerío bajo.
- El resto del territorio muestra material aluvial que se extiende hacia el sur entre la cabecera municipal y el municipio de Coyotepec y a lo largo del Río Cuautitlán.

- El tipo de suelo predominante es del tipo Feozem háplico en fase durica y en las partes sur y norte del municipio fase dúrica profunda hacia la parte oriente y fase lítica en la parte poniente. La parte central del municipio es vertisol localizado en las partes más planas.

1.2 Condiciones de proyecto

El municipio de Huehuetoca cuenta con la siguiente infraestructura:

Comunicaciones y Transporte

Actualmente el municipio cuenta aproximadamente con 36.2 kilómetros de red carretera pavimentada, cruzan 2 líneas de ferrocarril a través de 16 kilómetros y brindan servicio de carga, tenemos conexión directa con la autopista México Querétaro, con el circuito mexiquense y carretera Jorobas Tula por la cual nos conectamos al arco norte. El servicio de transporte intermunicipal es a través de 8 líneas de taxis y microbuses, para el transporte regional se cuenta con dos líneas de autobuses.

Educación

El municipio cuenta con 107 escuelas en total; 3 particulares: Cuenta con 30 jardines de niños: En primaria hay 45 planteles: En secundaria se cuenta con 12 planteles: 3 del sistema televisivo, de nivel medio superior funcionan 3 planteles: una preparatoria, otra de nivel técnico y un Colegio de Bachilleres del Estado de México, (COBAEM): Escuelas para adultos 6 planteles.

Salud

El municipio cuenta con 6 centros de salud, 3 unidades medicas, 1 hospital general, 1 clínica de especialidades, 1 centro de prevención y atención emocional (CEPAE), 50 consultorios privados, 1 consultorio de ISSEMYM, 3 clínicas médicas

privadas, El sistema DIF Municipal cuenta con 1 clínica de rehabilitación, 1 casa para atención a diabéticos y 1 centro de atención y educación para personas con discapacidad.

Deporte

En este rubro se cuenta con 25 canchas de Fut-bol soccer (1 de ellas cuenta con pasto sintético y es de las más sofisticadas en el estado de México), 13 canchas de Fut-bol rápido (3 con pasto sintético), 17 canchas de Básquet- bol, 15 canchas de Volé-bol, 2 canchas de Beis- bol, 1 cancha de Frontón en las diferentes comunidades.

Abasto y Comercio

Para satisfacer las necesidades de abasto del municipio cuenta con 4 mercados municipales, 5 asociaciones de tianguistas que abastecen todos los días de la semana las diferentes comunidades, 2 centros comerciales Soriana y Aurrera, 200 negocios establecidos con giros comerciales y de servicios 30 puestos semifijos.

Actividad Económica

Principales Sectores, Productos y Servicios

- Agricultura: Predomina la producción agrícola de baja tecnificación. El maíz, las hortalizas y alfalfa, son algunos de los principales productos.
- Ganadería: La práctica de esta actividad es, por una parte de autoconsumo, y por otra, se está introduciendo el ganado cebú e incrementando la cría de ganado ovino y caprino.
- Industria: Esta actividad constituye la base económica del municipio y todas las empresas establecidas en el mismo se caracterizan por ser industrias medianas no contaminantes.

Zonas Industriales

Zona Industrial Barranca Prieta: Cuenta con 2 empresas de manufacturara (Grupo Zapata, Producción de Envases de Plástico y Metal) y 1 constructora (Cotrisa Construcción del Emisor Oriente) y Grupo Odonnell, renta de Bodegas Comerciales

Zona Industrial Xalpa: cuenta con 10 empresas de manufactura destacando; (Trinity Industrias en la Producción de Tanques de Acero, de Planta y uso Domestico), (Yale de México producción textil), (Panatubos galvanizado de aceros), (Copamex, productos derivados de la celulosa).

Zona Industrial Salitrillo y /o Parque los Charcos, cuenta con 5 empresas de manufactura, destacando (Colchas Primavera, Producción Textil), (Arttex producción de etiquetas), (Solquim productos químicos de limpieza); 3 empresas de abastecimientos y suministros (gasolineras) y 2 centros comerciales (Aurrera y Soriana).

Zona industrial parque de las Américas: cuenta con 6 empresas de manufactura de las cuales destacan,(Weg de México, producción de motores y transformadores), (Plásticos del Futuro, producción de PVC y productos biodegradables), (Grupo Val Ro producción de tubos de PVC), (Termoplastic fabricación de domos de plástico); 4 de servicios destacan; (Peri Cimbras y Andamios, producción y renta de cimbras metálicas), (Total information Managamet (Recall) administración de archivos generales) (Ingenieros Mecánicos y Civiles, S.A. de C.V. (Obra Civil y Eléctrica).

Población

De acuerdo con el último censo realizado en el año 2010 los resultados de la población del municipio de Huehuetoca son los siguientes:

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

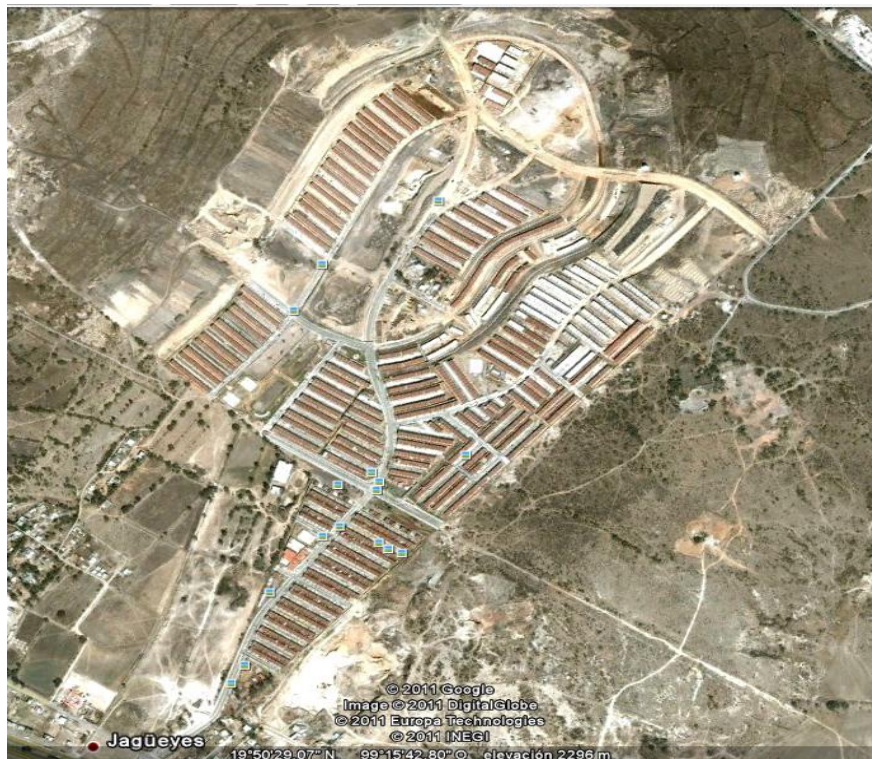
Municipio	Población Total	Población Hombres	Población Mujeres	Población de Km ²	Viviendas Habitadas
Huehuetoca	100052	49395	50657	844.3	25199

Fuente. INEGI Censo de población y vivienda 2010

Haciendo una comparación de la población del municipio de Huehuetoca se obtuvo que en el 2005 la población era de 59 721 habitantes y en el 2010 es de 100052 habitantes, por lo que el municipio de Huehuetoca tuvo un aumento de población del 67.53 % en tan solo 5 años (2005 – 2010). Debido a esta situación la población demanda más y mejores servicios por ejemplo: abastecimiento de agua potable, drenaje, luz eléctrica, etc.

1.2.1 Localización del Proyecto

La línea de alimentación se realizará en el conjunto habitacional Urbi Villa de Rey su localización de la unidad es en la Avenida Hidalgo sin número, Barrio San Miguel de los Jagüeyes, Municipio de Huehuetoca, Estado de México.

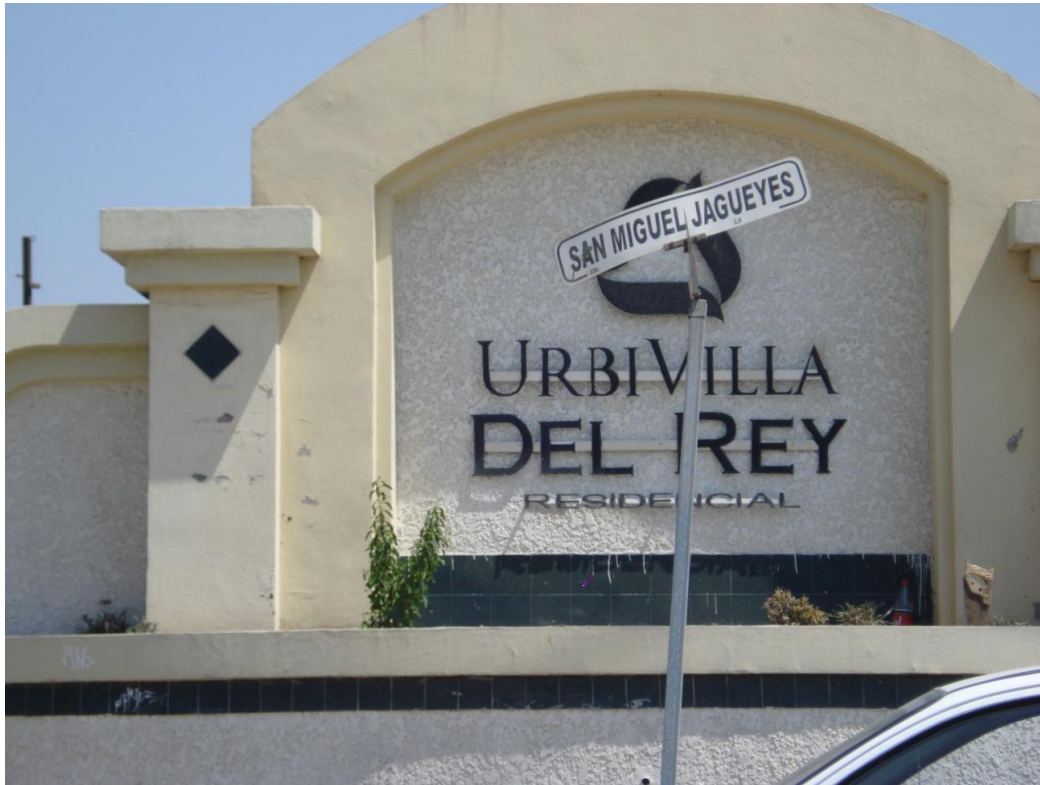


Fuente. Google Earth (vista satelital)

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

El conjunto habitacional cuenta con una superficie total de 1´293,813.927 metros cuadrados; la superficie total se divide de la siguiente forma:

- Superficie habitacional vendible: 594,970.632 m²
- Superficie de comercio de productos y servicios básicos vendible: 4,807.256 m²
- Superficie de centro urbano regional (CUR) vendible: 72,740.498 m²
- Superficie de donación municipal: 152,359.808 m²
- Superficie de donación estatal: 61,341.065 m²
- Superficie de vías públicas: 307,835.897 m²
- Superficie total del conjunto urbano: 1´194,025.156 m²
- Superficie fuera de autorización: 99,788.771 m²
- Número de manzanas: 185
- Número de lotes: 2,408
- Número de viviendas: 9,107



Unidad habitacional Urbi Villa del Rey

El conjunto urbano Urbi Villa del Rey está formado por lo siguiente:

I. Áreas de donación

- Donación municipal
- Donación estatal



Donación municipal

II. Obras de urbanización

- Red de distribución de agua potable hasta la toma domiciliaria, así como también los sistemas que se usarán para el ahorro, reusó, y el tratamiento del agua.
- Red separada de drenaje sanitario y drenaje pluvial.
- Red de distribución de energía eléctrica.
- Alumbrado público usando sistemas ahorradores de energía eléctrica.
- Guarniciones y banquetas
- Pavimento en calles
- Jardinería y forestación.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- Sistema de nomenclatura para las vías públicas
- Señalamiento vial



Urbanización de la unidad

III. Obras de infraestructura primaria

- Suministro de agua potable y descarga de aguas negras y pluviales
- Vialidad



Obras de infraestructura de la unidad

IV. Obras de equipamiento

- Tres jardines de niños de 9 aulas.
- Tres escuelas primarias de 18 aulas.
- Una escuela secundaria de 28 aulas.
- Una escuela preparatoria de 28 aulas.
- Obras de equipamiento urbano básico (unidad médica, biblioteca pública, casa de cultura, etc.)
- Jardín vecinal y área deportiva.
- Guardería infantil.
- Centro administrativo de servicios.



Fracción de la Unidad Habitacional Urbi Villa del Rey

2. DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO Y SELECCIÓN DE EQUIPO

Objetivo: Realizar el diseño hidráulico del equipo de bombeo y la selección del equipo para el sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, México.

- 2.1. Diseño hidráulico
- 2.2. Selección de equipo de bombeo

2.1 Diseño hidráulico

La línea de alimentación es el sistema que traslada el agua desde el pozo de la captación, por medio de bombeo o gravedad, hasta un tanque de regulación, planta potabilizadora, etc. En el proyecto se realizará la conducción por bombeo.

2.1.1 Conducción por bombeo

La conducción por bombeo se realiza generalmente desde un pozo o desde un cárcamo. El equipo de bombeo origina un incremento brusco en el gradiente hidráulico para imponerse a todas las pérdidas de energía que se desarrollan en la tubería de conducción.

Se deben analizar los fenómenos transitorios en la línea de alimentación, con el objetivo de revisar si los tipos y clases de la tubería seleccionada (diámetro económico) son los adecuados, y si se requiere la instalación de dispositivos de protección, por ejemplo, válvulas aliviadoras de presión, cámara de aire, etc.

La alimentación del agua se realizará por medio bombeo, por lo que se tiene que considerar la presión adicional que se producirá en la línea debido al cierre súbito

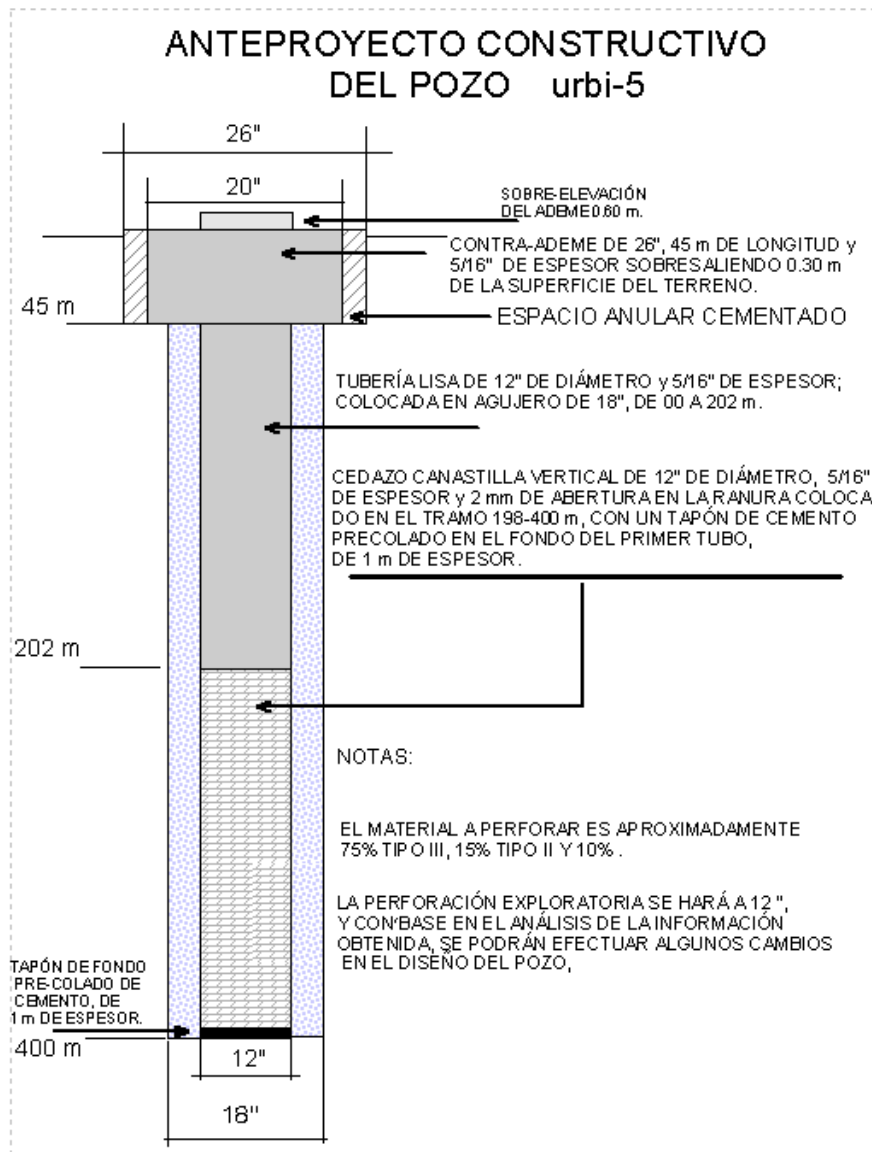
LÍNEA DE CONDUCCIÓN

de válvulas o por paro de la bomba a este fenómeno es conocido como “Golpe de Ariete”.

2.1.2 Cálculo de la Carga dinámica total (CDT)

La carga dinámica total es la suma de la carga dinámica del pozo, carga estática, las pérdidas por fricción y las pérdidas por accesorios el (5% de pérdidas por fricción).

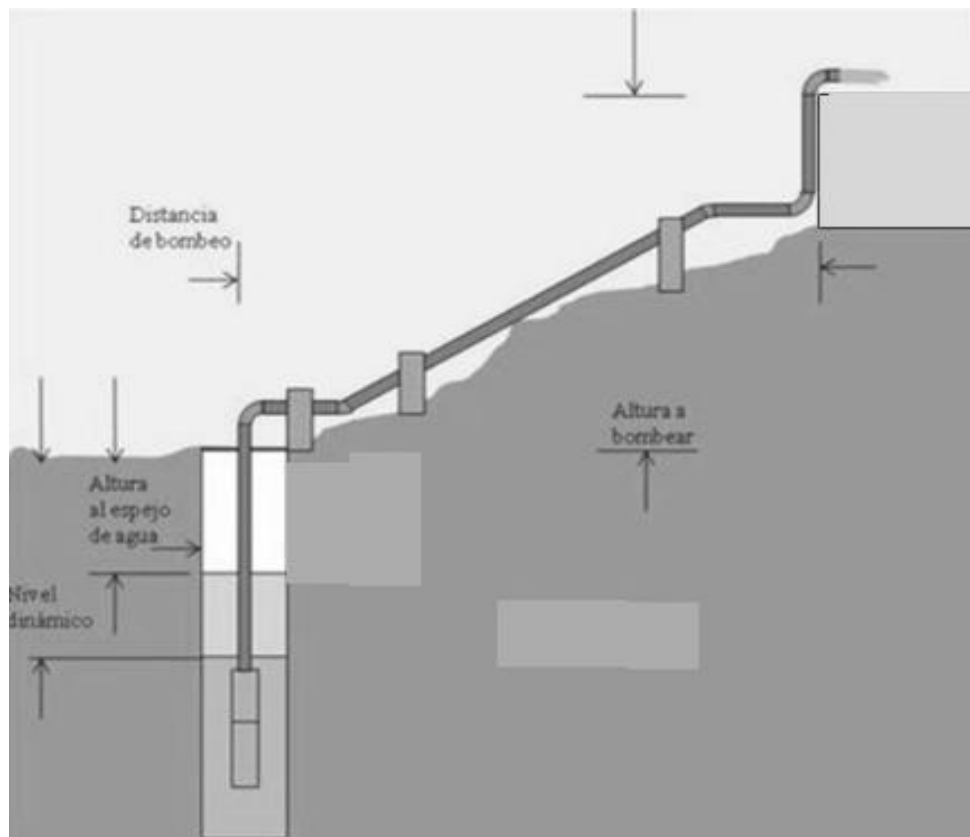
$$CDT = CD \text{ (nivel dinámico)} + \text{carga estática} + (\text{pérdidas})_{hf} + 5\%_{hf}$$



LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Datos del proyecto

CD (nivel dinámico)	202 m
Carga estática	93.6 m
hf	14.211 m
$h_l = 5\% hf$	0.710 m
CDT (H)	310.521 m



Ejemplo de la línea de alimentación

2.1.3 Cálculo de la potencia de la bomba

La potencia en H.P de la bomba se calcula con la siguiente formula:

$$POTENCIA = \frac{\gamma QH}{76\eta}$$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Bomba sumergible de bombeo			
Peso volumétrico del agua	$\gamma =$	1000	Kg/m ³
Carga dinámica total	H =	310.521	m
*Gasto	Q =	0.035	m ³ /seg
Eficiencia de la bomba	$\eta =$	0.82	
Potencia de la bomba =	Potencia =	174.39	H.P.
	Tiempo de trabajo =	24.00	hr

El gasto de 0.035 m³/seg es dato proporcionado por Urbi ya que es el caudal máximo que el pozo puede abastecer.

Por lo tanto se necesita una bomba de una :

Potencia = 174.39 H.P

2.2 Selección de equipo de bombeo

El equipo mecánico de mayor utilización en los sistemas de agua potable y saneamiento, son los equipos de bombeo. Una bomba puede definirse como una máquina que consiste de un conjunto de elementos rotatorios (impulsores), encerrados dentro de una cubierta (carcasa); que son capaces de transformar la energía mecánica derivada de cualquier medio motriz, en energía de velocidad, y presión adicionada a un fluido.

En el mercado existen diferentes tipos de bombas, los prototipos que existen con mayor uso en el sector del agua potable son de tipo centrífuga, estos tipos son los siguientes:

- Por succión (simple succión y doble succión).
- Por dirección de flujo (flujo radial, flujo axial y flujo mixto).
- Por la posición de su flecha (horizontales, verticales y con motor sumergido).

Para el diseño de la línea de conducción se deberá seleccionar un **equipo de bombeo con motor sumergido** debido a la profundidad, tener mejor eficiencia y mayor facilidad de mantenimiento, su característica principal de este tipo de equipo es que el medio motriz (motor eléctrico), se encuentra directamente acoplado a la bomba estando ambos sumergidos en el líquido a bombear. Se trata de una bomba centrífuga vertical con impulsores radiales, cerrados o semiabiertos.

La succión de esta bomba se encuentra entre la compa y el motor y va cubierto con un colador de lámina, para evitar la entrada de sólidos. El medio motriz es un motor eléctrico de inducción llenado con agua, la cual se utiliza para lubricación de las chumaceras y el enfriamiento de las bobinas aisladas a prueba de agua.

El empuje axial se origina de la bomba y se absorbe por medio de un cojinete de empuje que se encuentra en la parte inferior del motor. El motor esta sellado por anillos de retén para evitar que el agua del pozo entre al motor; los extremos de flecha de bomba y motor se conectan por un cople rígido.

Este tipo de bombas tienen la ventaja de que su instalación es relativamente fácil, al no poseer flechas largas y de que su posición dentro del agua puede ser horizontal, vertical o inclinada. Son ideales para instalarse, en pozos rigurosamente desviados o pozos cuyo nivel de bombeo es muy profundo. La bomba para la línea de conducción deberá ser de velocidad constante, para trabajo pesado y operación continua. La bomba debe ser de tipo de turbina, para colocarse en el pozo profundo.

Para la selección del equipo de bombeo es necesario calcular la potencia de la bomba; esta fuerza es la que demanda la carga dinámica total de la línea de alimentación.

Potencia = 174.39 H.P

Teniendo la potencia de la bomba es necesario consultar proveedores de equipos de bombeo por ejemplo:

- Impel
- Grundfos
- Goulds
- Aurora PICSA
- KSB
- Entre otras

Cada proveedor debe acompañar a cada bomba la siguiente información:

- Dibujos generales, con dimensionamientos y masas.
- Dibujos seccionales, con lista de partes.
- Curvas de comportamiento de la bomba relacionando el flujo, con la carga total, el rendimiento, la potencia al freno y la carga neta positiva de succión requerida.

2.2.1 Selección de proveedor y Equipo de bombeo

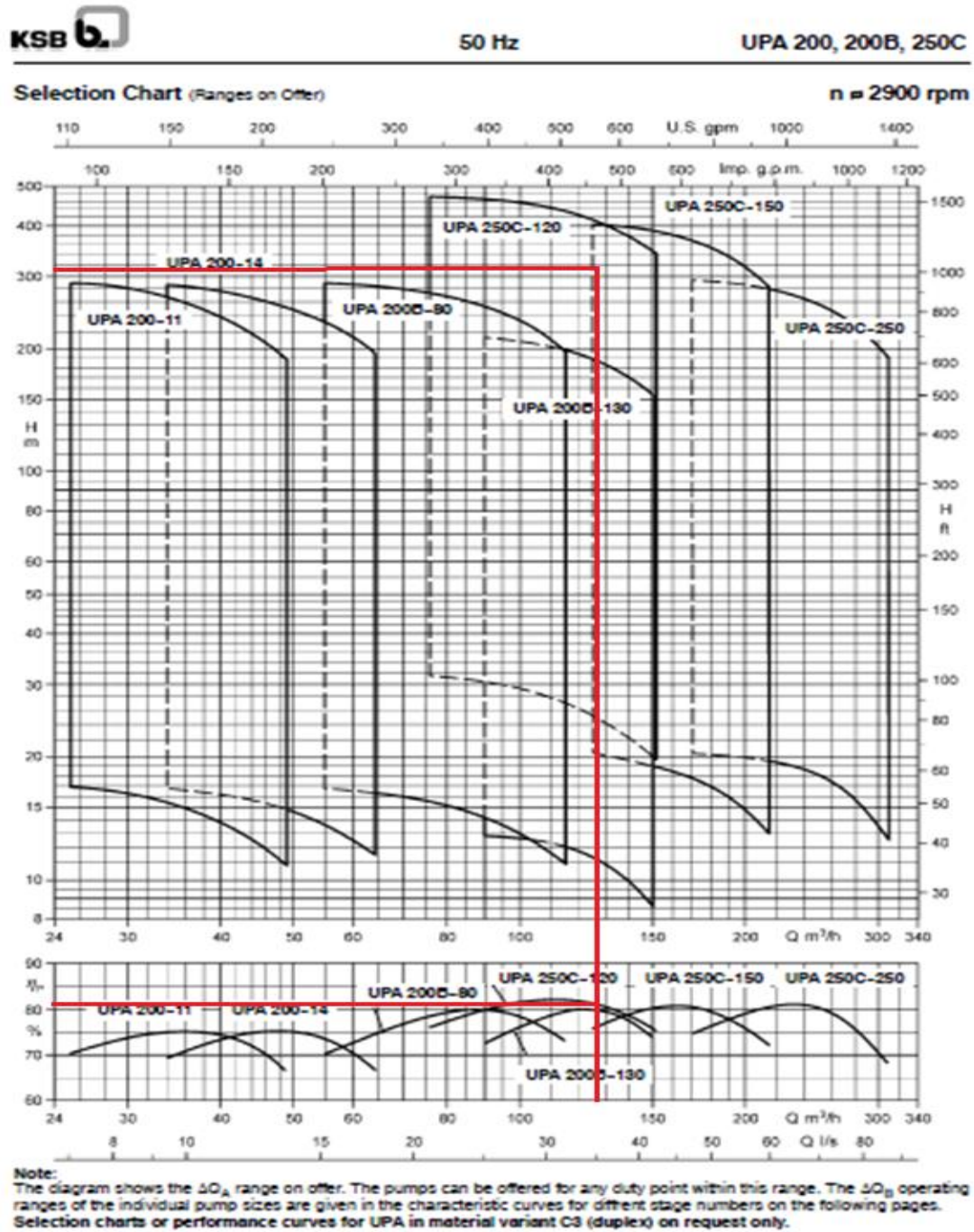
Para la selección del proveedor del equipo de bombeo, se evaluaron diferentes proveedores de bombas sumergibles donde se considero: modelos de bombas que cumplieran con los datos calculados de la línea de alimentación (CDT, Potencia y Gasto). Por lo tanto se seleccionó al proveedor KSB.

KSB es uno de los principales proveedores del mundo de bombas y válvulas y excelente servicio para ofrecer soluciones inteligentes. KSB ha estado creciendo continuamente desde su fundación en 1871. Hoy este Grupo tiene presencia en todos los continentes con sus propias ventas y las empresas de comercialización, instalaciones de fabricación y operaciones de servicio.

2.2.2 Graficas de selección

Datos:

- $Q_{\text{Hora}} = 126 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\text{CDT} = H = 310.521 \text{ m}$
- $\text{Potencia} = 174.39 \text{ H.P}$



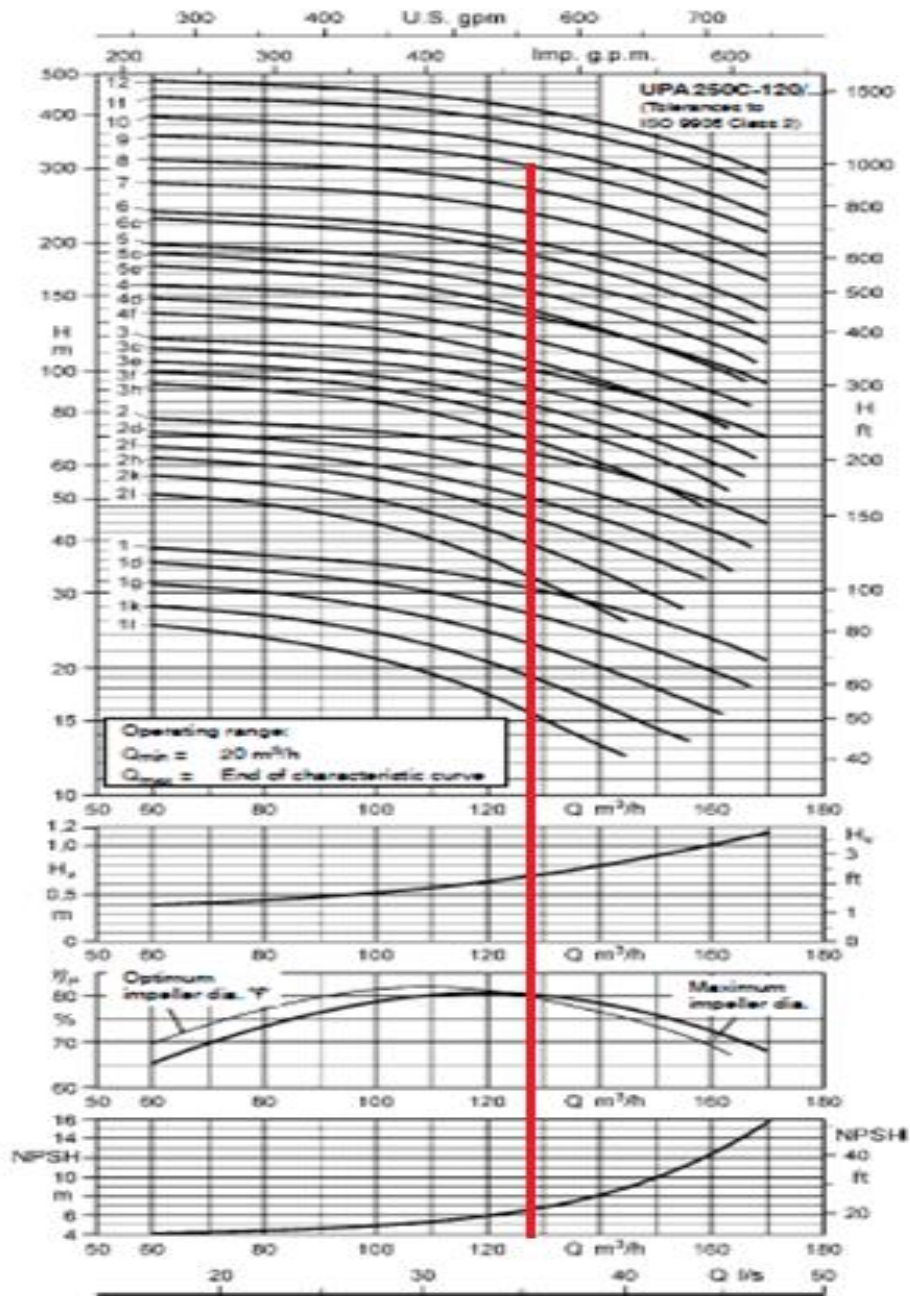
Grafica 1

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Para la selección del modelo de la bomba, se usa la grafica 1 donde el eje de las abscisas (x) son valores del gasto (l/s, m³/h) y el eje de las ordenadas (y) son valores de la altura H (m, ft); primero se ubica el gasto de 35 l/s o 126 m³/h en el eje de las abscisas y después se ubica la altura H de 310.521 m en el eje de las ordenadas y en donde las dos líneas se crucen se identifica la curva del modelo de la bomba al igual su eficiencia a elegir.

Por lo tanto, de la gráfica 1 se elige la bomba modelo UPA 250C-120 con una eficiencia (η) del 82 %.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



Grafica 2

Ya teniendo el modelo de la bomba (upa 250C-120) se selecciona el numero de motor de la bomba usando la grafica 2 donde el eje de las abscisas (x) son valores del gasto (l/s, m³/h) y el eje de las ordenadas (y) son valores de la altura H (m, ft), al igual que en la grafica 1 primero se ubica el gasto de 35 l/s o 126 m³/h en el eje de las abscisas y en el eje de las ordenadas se ubica la altura H de 310.521 m y

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

donde se intercepten las líneas se busca la curva del número de motor a elegir, el cual será el adecuado para las condiciones del proyecto.

Por lo tanto, de la grafica 2 del modelo UPA 250C-120 se elige el tipo de motor con el numero 9.

Después de elegir el número de motor se usa la tabla 1 y 2 en las cuales se busca el número seleccionado en la gráfica 2; en dichas tablas se obtiene el tipo de motor y características del modelo de la bomba.

UPA 250C - 120 for Well Diameters of 250 mm (10 inches) and above

Pumps with submersible motors for **three-phase current (3~) / 400 V / d.o.l. (D) or star-delta (Y-Δ) starting**

Pump + motor	Pump		Motor				Motor lead ²⁾ , flat	
	Discharge head Q = 0 m ³ /h	Rated power	Max. temperature of the fluid pumped v ≥ 0.2 m/s (= 0 m/s)	Rated current	Efficiency	Power factor	Number x cross-section of conductors (use under water, 400 V and ± +30 °C)	
UPA 250C - 120/.. + ...	H ₀ m	P _N kW	t _{max} °C ¹⁾	I _N A	η _M %	cos φ --	D.o.l. mm ²	Y-Δ mm ²
1i + UMA 150D 9/21	29	9.0	31 (26)	20.5	77.9	0.82	4 x 2.5	3/4 x 2.5
1k + UMA 150D 13/21	32	10.5	36 (32)	25.0	80.8	0.76	4 x 2.5	3/4 x 2.5
1g + UMA 150D 13/21	36	12.0	32 (27)	27.0	80.5	0.80	4 x 2.5	3/4 x 2.5
1d + UMA 150D 15/21	40	14.0	33 (28)	30.5	82.1	0.82	4 x 4.0	3/4 x 2.5
1 + UMA 150D 18/21	43	16.5	32 (26)	37.0	82.2	0.79	4 x 4.0	3/4 x 2.5
2i + UMA 150D 18/21	57	18.0	28 (21)	39.5	81.8	0.81	4 x 4.0	3/4 x 2.5
2k + UMA 150D 22/21	62	21.0	32 (26)	46.0	83.5	0.80	4 x 4.0	3/4 x 2.5
2h + UMA 150D 26/21	68	24.0	35 (30)	52.0	84.9	0.80	4 x 6.0	3/4 x 4.0
2f + UMA 150D 26/21	72	26.0	32 (27)	55.0	84.6	0.82	4 x 6.0	3/4 x 4.0
2d + UMA 150D 30/21	79	29.0	32 (26)	63.0	84.6	0.80	4 x 6.0	3/4 x 4.0
2 + UMA 150D 37/22	84	34.0	43 (38)	74.0	84.0	0.80	3/4 x 4.0 ⁴⁾	3/4 x 4.0
3h + UMA 150D 37/22	99	35.0	42 (36)	76.0	83.9	0.80	3/4 x 4.0 ⁴⁾	3/4 x 4.0
3f + UMA 150D 37/22	106	37.0	38 (32)	79.0	83.6	0.82	3/4 x 4.0 ⁴⁾	3/4 x 4.0
3e + UMA 200D 45/21	113	42.0	31 (25)	85.0	86.1	0.83	3/4 x 6.0 ³⁾	3/4 x 6.0
3c + UMA 200D 45/21	122	45.0	27 (20)	90.0	86.0	0.84	3/4 x 6.0 ³⁾	3/4 x 6.0
3 + UMA 200D 55/21	125	52.0	30 (24)	104.0	87.1	0.83	3/4 x 6.0 ³⁾	3/4 x 6.0
4f + UMA 200D 55/21	145	54.0	29 (23)	108.0	87.0	0.84	3/4 x 6.0 ³⁾	3/4 x 6.0
4d + UMA 200D 65/21	158	60.0	31 (25)	120.0	87.8	0.83	3/4 x 10.0 ³⁾	3/4 x 10.0
4 + UMA 200D 75/21	168	70.0	27 (21)	143.0	87.4	0.81	3/4 x 10.0 ³⁾	3/4 x 10.0
5e + UMA 200D 75/21	189	70.0	27 (21)	143.0	87.4	0.81	3/4 x 10.0 ³⁾	3/4 x 10.0
5c + UMA 200D 75/21	203	75.0	22 (14)	151.0	87.3	0.83	3/4 x 10.0 ³⁾	3/4 x 10.0
5 + UMA 200D 90/21	209	86.0	27 (20)	173.0	88.1	0.82	3/4 x 16.0 ³⁾	3/4 x 16.0
6c + UMA 250D 110/21	247	95.0	27 (20)	191.0	88.7	0.81	3/4 x 25.0 ³⁾	3/4 x 25.0
6 + UMA 250D 110/21	251	105.0	23 (15)	208.0	88.6	0.83	3/4 x 25.0 ³⁾	3/4 x 25.0
7 + UMA 250D 132/21	293	120.0	24 (16)	229.0	89.2	0.85	3/4 x 25.0 ³⁾	3/4 x 25.0
8 + UMA 250D 160/21	335	140.0	24 (16)	268.0	89.5	0.85	3/4 x 25.0 ⁴⁾	3/4 x 35.0 ⁵⁾
9 + UMA 250D 190/21	380	155.0	25 (17)	309.0	90.0	0.81	3/4 x 35.0 ⁴⁾ ⁵⁾	3/4 x 50.0 ⁵⁾
10 + UMA 250D 190/21	420	175.0	20 (11)	341.0	89.9	0.83	3/4 x 35.0 ⁴⁾ ⁵⁾	3/4 x 50.0 ⁵⁾
11 + UMA 300D 250/22	471	195.0	58 (52)	366.0	90.6	0.85	2x3x70 + 1x35 ⁴⁾ ⁶⁾	2x3x70 + 1x35 ⁶⁾
12 + UMA 300D 250/22	513	215.0	56 (50)	398.0	90.7	0.86	2x3x70 + 1x35 ⁴⁾ ⁶⁾	2x3x70 + 1x35 ⁶⁾

¹⁾ also see pages 3 and 60.

²⁾ 3/4 = 1 x 3-core + 1 x 4-core, 90° spacing.

³⁾ Delta wiring in the cable connector or control cabinet.

⁴⁾ Parallel cable

⁵⁾ 1 x 3-core, flat and 1 x 4-core, round

⁶⁾ 2 x 3-core, flat and 1 x 1-core, round

Tabla 1

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Dimensions / Weights / Horizontal Installation ¹⁾

UPA 250C - 120/..	L _p mm	L _A = mm		m _A = kg		D _{max} = mm		Installation ²⁾	A = mm
		G (Standard)	B (Special)	G (Standard)	B (Special)	D.o.l.	Y-Δ		
1l	681	1430	1445	115	128	230	232	v + h	710
1k, 1g	681	1510	1525	122	135	230	232	v + h	750
1d	681	1555	1570	126	139	230	232	v + h	775
1	681	1600	1615	130	143	230	232	v + h	795
2l	828	1745	1760	150	167	230	232	v + h	945
2k	828	1835	1850	158	175	230	232	v + h	990
2h, 2f	828	1940	1955	167	185	232	233	v + h	1040
2d	828	2040	2055	176	193	232	233	v + h	1090
2	828	2120	2135	183	200	233	233	v ³⁾	-
3h, 3f	975	2270	2280	203	225	233	233	v ³⁾	-
3e, 3c	975	2205	2205	258	282	235	235	v + h	1245
3	975	2315	2315	278	302	235	235	v + h	1300
4f	1122	2465	2465	298	326	235	235	v + h	1450
4d	1122	2595	2595	321	349	239	239	v + h	1515
4	1122	2685	2685	337	365	239	239	v + h	1560
5e, 5c	1269	2830	2830	357	389	239	239	v + h	1705
5	1269	3010	3010	389	421	244	244	v ³⁾ 4)	-
6c, 6	1416	2945	2945	479	514	257	257	v + h	1835
7	1563	3220	3220	544	583	257	257	v ⁴⁾	-
8	1710	3480	3480	601	644	257	266	v ⁴⁾	-
9	1857	3775	3775	672	719	266	280	v ³⁾ 4)	-
10	2004	3925	3925	692	744	266	280	v ³⁾ 4)	-
11	2151	4225	4225	637	891	304	304	v ⁴⁾	-
12	2298	4370	4370	857	915	304	304	v ⁴⁾	-

¹⁾ Including check valve with threaded end and standard motor leads.
³⁾ Horizontal installation on request.

²⁾ v = vertical and h = horizontal.
⁴⁾ Horizontal installation only with bearing pedestals of special design.

Tabla 2

De la tabla 1 se elige la bomba UPA 250C-120 de número 9 con motor UMA 250D 190/21 con las siguientes características:

UPA 250C - 120 for Well Diameters of 250 mm (10 inches) and above

Pumps with submersible motors for three-phase current (3~) / 400 V / d.o.l. (D) or star-delta (Y-Δ) starting

Pump + motor	Pump		Motor				Motor lead ²⁾ , flat	
	Discharge head Q = D m ³ /h	Rated power	Max. temperature of the fluid pumped v ≥ 0.2 m/s (= 0 m/s)	Rated current	Efficiency	Power factor	Number x cross-section of conductors (use under water, 400 V and ≤ +30 °C)	
UPA 250C - 120/.. + ...	H ₀ m	P _N kW	t _{max} ¹⁾ °C	I _N A	η _M %	cos φ --	D.o.l. mm ²	Y-Δ mm ²
9 + UMA 250D 190/21	380	155.0	25 (17)	309.0	90.0	0.81	3/4 x 35.0 ⁴⁾ 5)	3/4 x 50.0 ⁵⁾

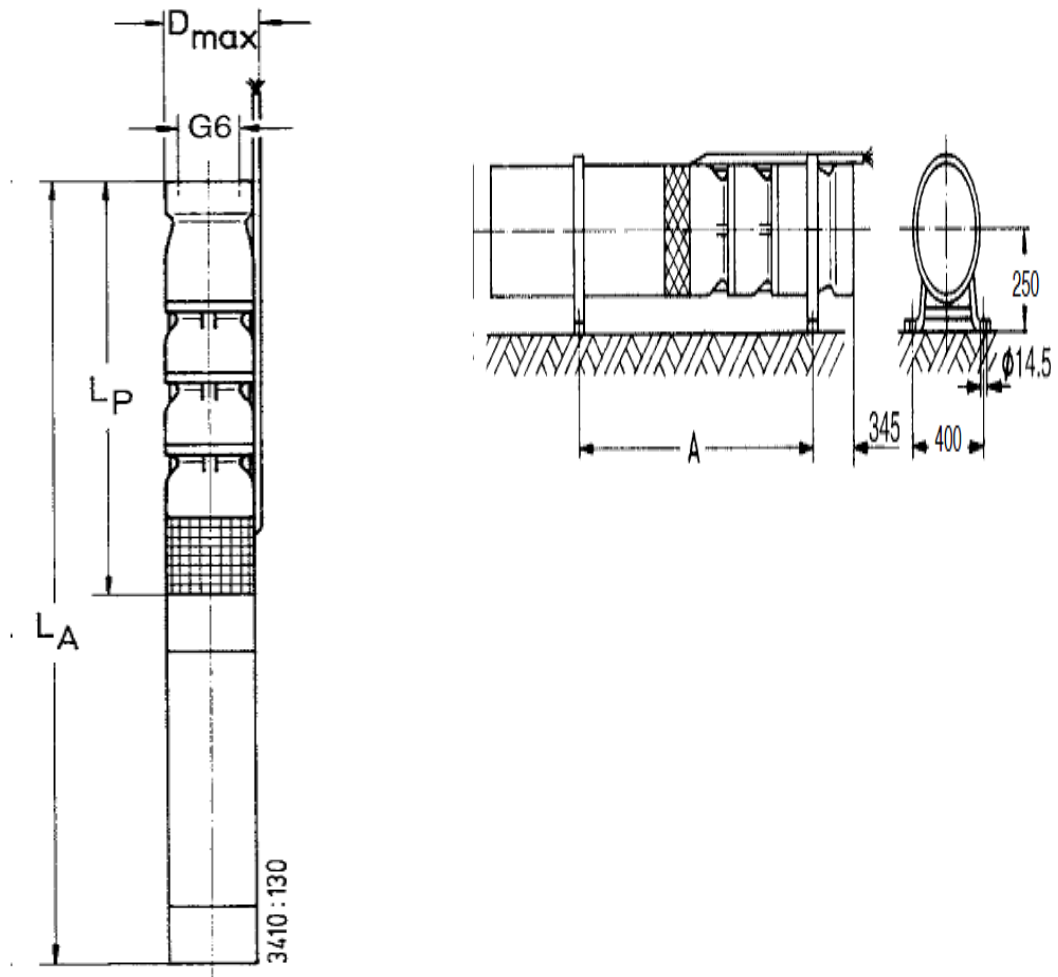
El motor UMA 250D 190/21 si cumple con la potencia que requiere el proyecto:

$$\text{POTENCIA}_{\text{motor}} = 155 \text{ Kw} = 207.85 \text{ H.P} > \text{POTENCIA}_{\text{proyecto}} = 174.39 \text{ H.P}$$

Por lo tanto nuestro equipo de bombeo seleccionado es:

UPA 250C-120 con un motor UMA 250D 190/21 del proveedor KSB

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



3. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN

Objetivo: Diseñar hidráulicamente la línea de alimentación para el sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, México.

3.1 Diámetro económico

3.2 Diseño de la línea de alimentación

3.1 Diámetro Económico

3.1.1 Perfil topográfico

El perfil topográfico es una representación de tipo lineal, que permite establecer las diferencias de altitud que se presentan a lo largo de la trayectoria de la conducción, de acuerdo con la regularidad que guarde la dirección de su recorrido, se les clasifica como longitudinal y transversal.

Se llama **perfil longitudinal** al determinado por un plano o superficie que contenga a la alineación. Se le llama **perfil transversal** al determinado por un plano perpendicular a la citada alineación, y que abarca un determinado ancho.

La longitud del perfil longitudinal es el total de la alineación, la de los perfiles transversales es variable en función de las necesidades de cada obra o cada tramo de la misma.

La línea del plano definida por los puntos que limitan el perfil se llama *directriz* y la línea horizontal de comparación sobre la que se construye el perfil, *base*. Una de las aplicaciones más importantes de los perfiles o secciones verticales, es en la

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

construcción de obras de gran longitud y poca anchura, por ejemplo caminos o carreteras, alcantarillados, oleoductos, etc.

Mediante el dibujo de un gráfico, con las distancias en el eje de las x y las altitudes en el eje de las y , se puede trazar el perfil de una sección transversal del terreno que muestre su elevación.

Para el diseño de la línea es obligada la presentación del plano del perfil de la conducción, por lo que se requiere del levantamiento topográfico (nivelación) con datos a cada 20 metros.

El perfil de la línea de conducción tiene una longitud de 3120 metros y un desnivel de 93.6 m.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Cadenamiento	Elevación
0+000	2353
0+020	2353
0+040	2353
0+060	2353
0+080	2353
0+100	2353
0+120	2353
0+140	2352
0+160	2351.5
0+180	2350.5
0+200	2349.3
0+220	2348
0+240	2347
0+260	2346
0+280	2345.5
0+300	2345
0+320	2343.5
0+340	2342
0+360	2342
0+380	2342
0+400	2342
0+420	2342
0+440	2342
0+460	2342
0+480	2342
0+500	2342
0+520	2342
0+540	2334
0+560	2330
0+580	2326
0+600	2322
0+620	2319.2
0+640	2317
0+660	2314.8
0+680	2313
0+700	2310
0+720	2308
0+740	2305
0+760	2302.2
0+780	2300.5
0+800	2298.7
0+820	2296
0+840	2293.5

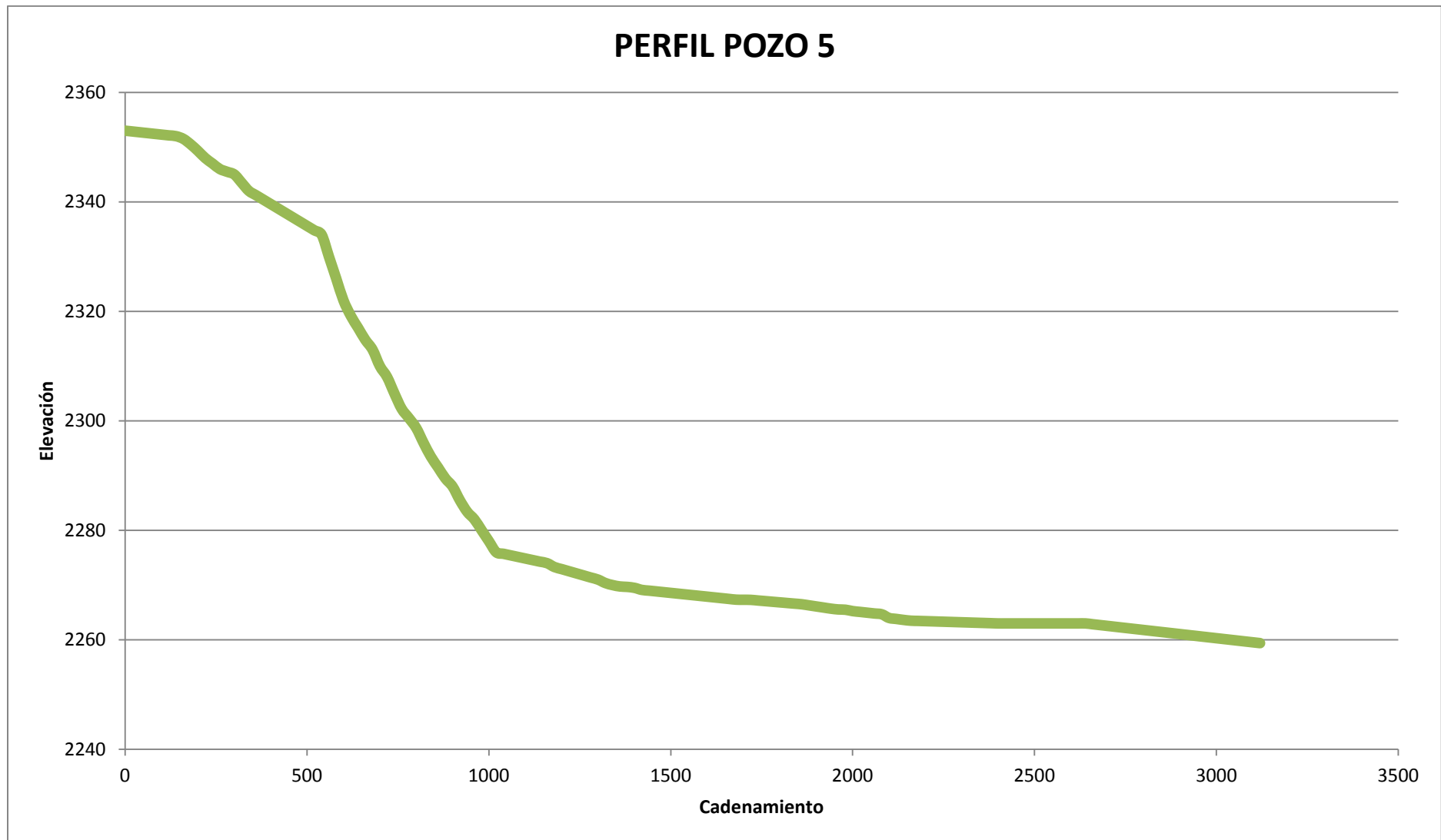
0+860	2291.5
0+880	2289.5
0+900	2288
0+920	2285.5
0+940	2283.4
0+960	2282
0+980	2280
1+000	2278
1+020	2276
1+040	2276
1+060	2276
1+080	2276
1+100	2276
1+120	2276
1+140	2276
1+160	2274
1+180	2273.3
1+200	2273.3
1+220	2273.3
1+240	2273.3
1+260	2273.3
1+280	2273.3
1+300	2271
1+320	2270.375
1+340	2270
1+360	2269.75
1+380	2269.67
1+400	2269.5
1+420	2269.125
1+440	2268.9875
1+460	2268.85
1+480	2268.7125
1+500	2268.575
1+520	2268.4375
1+540	2268.3
1+560	2268.1625
1+580	2268.025
1+600	2267.8875
1+620	2267.75
1+640	2267.6125
1+660	2267.475
1+680	2267.3375
1+700	2267.31875
1+720	2267.3

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1+740	2267.186
1+760	2267.072
1+780	2266.958
1+800	2266.844
1+820	2266.73
1+840	2266.616
1+860	2266.5
1+880	2266.5
1+900	2266.5
1+920	2266.5
1+940	2266.5
1+960	2266.5
1+980	2265.5
2+000	2265.25
2+020	2265.25
2+040	2265.25
2+060	2265.25
2+080	2264.67
2+100	2264
2+120	2264
2+140	2264
2+160	2263.5
2+180	2263.5
2+200	2263.5
2+220	2263.5
2+240	2263.5
2+260	2263.5
2+280	2263.5
2+300	2263.5
2+320	2263.5
2+340	2263.5
2+360	2263.5
2+380	2263.5
2+400	2263.5
2+420	2263
2+440	2263
2+460	2263
2+480	2263
2+500	2263
2+520	2263
2+540	2263
2+560	2263
2+580	2263
2+600	2263

2+620	2263
2+640	2263
2+660	2262.85
2+680	2262.7
2+700	2262.55
2+720	2262.4
2+740	2262.25
2+760	2262.1
2+780	2261.95
2+800	2261.8
2+820	2261.65
2+840	2261.5
2+860	2261.35
2+880	2261.2
2+900	2261.05
2+920	2260.9
2+940	2260.75
2+960	2260.6
2+980	2260.45
3+000	2260.3
3+020	2260.15
3+040	2260
3+060	2259.85
3+080	2259.7
3+100	2259.55
3+120	2259.4

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



3.1.2 Selección de la tubería

Para la selección de la tubería para la línea de alimentación es necesario elegir el diámetro adecuado por medio de un análisis conocido como “el criterio del diámetro económico” en donde se analiza 3 diámetros posibles que cumplan con la capacidad y eficiencia requerida para llevar el gasto requerido, así como con el rango de velocidades propuesta por el proveedor de la tubería seleccionando el que proyecte el menor costo anual comparativo, mismo que es la suma del costo de instalación y de operación.

El gasto dado, puede ser conducido por diferentes diámetros, por ejemplo, diámetros menores que el necesario las pérdidas de carga son mayores y que traen como consecuencia un consumo de energía mayor; mientras que el costo de instalación de la tubería es menor. Para diámetros mayores el consumo de energía es menor ya que son menores las pérdidas de carga, sin embargo el costo de instalación es mayor.

Lo conveniente es elegir el diámetro que logre que la suma del costo operación y del costo de instalación de la tubería tengan el valor mínimo, esto es el costo de comparativo de la línea de alimentación.

3.1.3 Tubería a utilizar

Una conducción se define como el conjunto formado por el tubo, el sistema de unión y los accesorios y piezas especiales requeridas; actualmente las tuberías más usadas son las fabricadas de plástico (PVC y polietileno) y de acero. En la selección del diámetro se tiene que tomar en cuenta el RD (relación del diámetro con el espesor), también se debe considerar que el diámetro a referirse será el interno ya que los espesores de la tuberías plásticas tienden a reducir las áreas de conducción. Para el diseño de la línea de alimentación se seleccionó el material de la tubería el cual será de **PEAD**, debido a que el constructor definió este material porque esta línea no estaba considerada en el proyecto inicial del desarrollo habitacional, por lo tanto fue el material indicado

para hacer la línea por la rapidez de ejecución y menor volumen de excavación.

Las ventajas de este tipo de tuberías son: su gran flexibilidad, permite su presentación en rollos; su ligereza, ya que pesa menos que el acero, ausencia de corrosión. Sin embargo, no resisten la abrasión y los roedores fácilmente la dañan.

3.1.4 Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)

Las tuberías de polietileno se fabrican en cinco diferentes relaciones de dimensión y son aptas para trabajar a las presiones especificadas en la Tabla 3.1. Según las condiciones de operación se aplica un factor de seguridad igual a 3 ó 4 veces la presión de trabajo para llegar a la presión de ruptura. El factor de 3 (F3) se aplica en líneas subterráneas en terreno estable, y el factor de 4 (F4) se aplica en líneas expuestas a movimientos de terreno o tráfico pesado y líneas a la intemperie.

Densidad por ASTM-1505, G/ CM³	0.941 a 0.955 G/m³.
Módulo de flexión por la ASTM D-1238 G/10 min.	De 110,000 a 160,000 lb/pulg ²
Esfuerzo a la tracción por la ASTM- D-638 psi.	De 3200 a 3500 lb/ pulg ²
Resistencia al agrietamiento por esfuerzo ambiental por la ASTM-D-1693, 5 falla en horas.	Mayor a 5,000 horas.
Base de diseño hidrostático por la ASTM D-2387 psi.	1600 lbs / pulg ²
Color estabilizador ultravioleta.	Negro, con 2% mínimo de negro humo.

Tabla 3.1. Propiedades físicas de la tubería PEAD

La relación de diámetros o dimensiones (RD), utilizado como referencia para establecer las diferentes clasificaciones de las tuberías de PEAD según su rango de presión de trabajo, es la abreviatura de Relación de Dimensiones.

Esta se refiere a la proporción que existe entre el diámetro exterior y el espesor mínimo de pared del tubo. Dentro de un mismo RD la proporción entre el diámetro exterior y el espesor de pared se mantiene constante. Esto significa que en un RD-17 el diámetro exterior es 17 veces mayor que el espesor de pared. Esto sin importar el diámetro de que se trate. Por ejemplo, una tubería

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

de 4" (100 mm) con diámetro exterior real de 114.3 mm y un espesor de pared de 6.7 mm es un RD-17. O un tubo de 12" (300 mm) con un diámetro exterior real de 323.8 mm y un espesor de pared de 19 mm es también un RD-17.

$$RD = \frac{D}{e_{\min}}$$

Tabla de dimensiones y presiones de trabajo de tubería PEAD

<i>TABLA DE DIMENSIONES Y DE PRESIONES DE TRABAJO DE LA TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD <small>DriscoPlex</small></i>												
PRESION DE TRABAJO		2 6 5		2 5 4		2 0 0		1 6 0		1 3 0		PRESION DE TRABAJO
Kg/cm ²		18.63		17.86		14.06		11.25		9.14		
		RD 7		RD 7.3		RD 9		RD 11		RD 13.5		
DIAMETRO EXTERIOR NOMINAL	REAL	ESPESOR MINIMO DE PARED	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	ESPESOR MINIMO DE PARED	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	ESPESOR MINIMO DE PARED	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	ESPESOR MINIMO DE PARED	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	ESPESOR MINIMO DE PARED	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	IPS DIAMETRO Ø (pulg.)
P U L G A D A S												
1/2	0.840	0.120	0.586	0.115	0.596	0.093	0.643					1/2
3/4	1.050	0.150	0.732	0.144	0.745	0.117	0.802					3/4
1	1.315	0.188	0.916	0.180	0.933	0.146	0.005	0.120	1.061			1
1 1/4	1.660	0.237	1.158	0.227	1.179	0.184	1.270	0.151	1.340			1 1/4
1 1/2	1.900	0.271	1.325	0.260	1.349	0.211	1.453	0.173	1.533	0.141	1.601	1 1/2
2	2.375	0.339	1.656	0.325	1.686	0.264	1.815	0.216	1.917	0.176	2.002	2
2 1/2	2.874	0.411	2.003	0.394	2.039	0.319	2.198	0.261	2.321	0.213	2.422	2 1/2
3	3.500	0.500	2.440	0.479	2.485	0.389	2.675	0.318	2.826	0.259	2.951	3
4	4.500	0.643	3.137	0.616	3.194	0.500	3.440	0.409	3.633	0.333	3.794	4
6	6.625	0.946	4.619	0.908	4.700	0.736	5.065	0.602	5.349	0.491	5.584	6
8	8.625	1.232	6.013	1.182	6.119	0.958	6.594	0.784	6.963	0.639	7.270	8
10	10.750	1.536	7.494	1.473	7.627	1.194	8.219	0.977	8.679	0.796	9.062	10
12	12.750	1.821	8.889	1.747	9.046	1.417	9.746	1.159	10.293	0.944	10.749	12
14	14.000	2.000	9.760	1.918	9.934	1.556	10.701	1.273	11.301	1.037	11.802	14
16	16.000	2.286	11.154	2.192	11.353	1.778	12.231	1.455	12.915	1.185	13.488	16
18	18.000	2.571	12.549	2.466	12.772	2.000	13.760	1.636	14.532	1.333	15.174	18
20	20.000	2.857	13.943	2.740	14.191	2.222	15.289	1.818	16.146	1.481	16.860	20
22	22.000	3.143	15.337	3.014	15.610	2.444	16.819	2.000	17.160	1.630	18.544	22
24	24.000	3.429	16.731	3.288	17.029	2.667	18.346	2.182	19.374	1.778	20.231	24
26	26.000	3.714	18.126	3.562	18.449	2.889	19.875	2.364	20.988	1.926	21.917	26
28	28.000	4.000	19.520	3.836	19.868	3.111	21.405	2.545	22.605	2.074	23.603	28
30	30.000	4.286	20.914	4.110	21.287	3.333	22.934	2.727	24.219	2.222	25.289	30
32	32.000	4.571	22.309	4.384	22.706	3.556	24.461	2.909	25.833	2.370	26.976	32
34	34.000	4.857	23.703	4.658	24.125	3.778	25.991	3.091	27.447	2.519	28.660	34
36	36.000	5.143	25.097	4.932	25.544	4.000	27.520	3.273	29.061	2.667	30.346	36
42	42.000									3.111	35.405	42
48	48.000											48
54	54.000											54

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

TABLA DE DIMENSIONES Y DE PRESIONES DE TRABAJO DE LA TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD <small>DrivexPlus</small>											
PRESION DE TRABAJO	1 0 0		8 0		6 5		5 0		4 0		PRESION DE TRABAJO
	7.03		5.63		4.57		3.52		2.82		
	RD 17		RD 21		RD 26		RD 32.5		RD 41		
	ESPESOR DE PARED	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR DE PARED	DIAMETRO INTERIOR	
P U L G A D A S											
1/2											1/2
3/4											3/4
1											1
1 1/4											1 1/4
1 1/2	0.112	1.663	0.090	1.709							1 1/2
2	0.140	2.078	0.113	2.135	0.091	2.182					2
2 1/2	0.169	2.516	0.137	2.584	0.111	2.639					2 1/2
3	0.206	3.063	0.167	3.146	0.135	3.214	0.108	3.271	0.085	3.320	3
4	0.265	3.938	0.214	4.046	0.173	4.133	0.138	4.207	0.110	4.267	4
6	0.390	5.798	0.315	5.957	0.255	6.084	0.204	6.193	0.162	6.282	6
8	0.507	7.550	0.411	7.754	0.332	7.921	0.265	8.063	0.210	8.180	8
10	0.632	9.410	0.512	9.665	0.413	9.874	0.331	10.048	0.262	10.195	10
12	0.750	11.160	0.607	11.463	0.490	11.711	0.392	11.919	0.311	12.091	12
14	0.824	12.253	0.667	12.586	0.538	12.859	0.431	13.086	0.341	13.277	14
16	0.941	14.005	0.762	14.385	0.615	14.696	0.492	14.957	0.390	15.173	16
18	1.059	15.755	0.857	16.183	0.692	16.533	0.554	16.826	0.439	17.069	18
20	1.176	17.507	0.952	17.982	0.769	18.370	0.615	18.696	0.488	18.965	20
22	1.294	19.257	1.048	19.778	0.846	20.206	0.677	20.565	0.537	20.862	22
24	1.412	21.007	1.143	21.577	0.923	22.043	0.738	22.435	0.585	22.760	24
26	1.529	22.759	1.238	23.375	1.000	23.880	0.800	24.304	0.634	24.656	26
28	1.647	24.508	1.333	25.174	1.077	25.717	0.862	26.173	0.683	26.552	28
30	1.765	26.258	1.429	26.971	1.154	27.554	0.923	28.043	0.732	28.448	30
32	1.882	28.010	1.524	28.769	1.231	29.390	0.985	29.912	0.780	30.346	32
34	2.000	29.760	1.619	30.568	1.308	31.227	1.046	31.782	0.829	32.243	34
36	2.118	31.510	1.714	32.366	1.385	33.064	1.108	33.651	0.878	34.139	36
42	2.471	36.761	2.000	37.760	1.615	38.576	1.292	39.261	0.966	39.829	42
48	2.824	42.013	2.286	43.154	1.846	44.086	1.477	44.869	1.170	45.519	48
54			2.571	48.549	2.077	49.597	1.662	50.477	1.317	51.177	54

3.1.5 Golpe de ariete

La velocidad de un fluido anulada o aumentada se transforma en sobrepresión; a esta sobrepresión se le llama "Golpe de Ariete", este es un caso particular del fenómeno transitorio hidráulico, que tiene lugar cuando en el sistema se lleva a cabo un cierre de la válvula ubicada al final de la conducción.

Por consecuencia de esta sobrepresión la tubería se dilata y el fluido se comprime volviendo a ambos elasticidad a su posición inicial, este efecto se repite estableciéndose un movimiento de presión oscilatorio.

Estas sobrepresiones producen ondas de presión que se transfieren a lo largo de la conducción, hasta el depósito o la bomba en que se reflejan.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Para calcular el golpe de ariete se usará la siguiente fórmula la cual fue propuesta por Nikolai Joukowski investigador ruso:

$$(B) = 145 v$$

$$(Z) = \sqrt{1 + \frac{Ea * d}{Et * e}}$$

$$\text{Sobrepresión} = (B)/(Z)$$

Donde:

Ea = Módulo de elasticidad del agua = 20670 kg/cm²

Et = Módulo de la elasticidad de las paredes del tubo = 9600 kg/cm²

d = Diámetro interior

e = Espesor de pared

Y (B) es calculada como el producto con respecto a la velocidad y a un factor 145.

La presión total a la que se verá expuesta la tubería está dada por la suma de la sobrepresión absorbida por la tubería a la carga normal de operación, misma que se determina con las pérdidas totales calculadas. La sobrepresión absorbida de la tubería es el 20% de la sobrepresión y el 80% restante de sobrepresión lo absorbe la válvula. Para el cálculo del Golpe de Ariete se considero RD de 7,9 y 11 del material PEAD.

Golpe de Ariete para un RD 7 PEAD

GOLPE DE ARIETE												
Presión de trabajo de la tubería Km/cm ²	Diámetro Interior (d) cm.	espesor pared tubo? (e) cm.	Velocidad (m/seg)	(B) 145*V	Ea*d	Et*e	$\frac{(Z)}{\left(1 + \frac{Ea*d}{Et*e}\right)^{1/2}}$	Sobrepresión (m) h=(B)/(Z)	Sobrepresión absorv. por válvula R.P.=80%h	Sobrepresión absorv. por tubería R.P.=20%h	Carga normal operación m	Presión total = 20% h + carga normal de operación
18.6	15.27	3.1290	1.910	277.011	315,693	28,161	3.494	79.275	63.420	15.85	168.92	184.77
18.6	19.03	3.9010	1.230	178.355	393,433	35,109	3.494	51.050	40.840	10.21	116.88	127.09
18.6	22.58	4.6250	0.874	126.758	466,687	41,625	3.495	36.273	29.019	7.25	102.97	110.22

Ea = Módulo de elasticidad del agua (20,670 Kg/cm²), Et = Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (A-C = 328,000 Kg/cm², Acero = 2,100,000 Kg/cm², P.V.C. = 28,100 Kg/cm², PEAD = 9,000 Kg/cm²)

Golpe de Ariete para un RD 9 PEAD

GOLPE DE ARIETE												
Presión de trabajo de la tubería Km/cm ²	Diámetro Interior (d) cm.	espesor pared tubo? (e) cm.	Velocidad (m/seg)	(B) 145*V	Ea*d	Et*e	$\frac{(Z)}{1 + \frac{Ea*d}{Et*e}}^{1/2}$	Sobrepresión (m) h=(B)/(Z)	Sobrepresión absorv. por válvula R.P.=80%h	Sobrepresión absorv. por tubería R.P.=20%h	Carga normal operación m	Presión total = 20 % h + carga normal de operación
14.6	16.75	2.4333	1.589	230.346	346,197	21,900	4.100	56.185	44.948	11.24	139.65	150.89
14.6	20.88	3.0328	1.023	148.266	431,512	27,295	4.100	36.163	28.931	7.23	107.82	115.06
14.6	24.75	3.5992	0.727	105.445	511,683	32,393	4.098	25.729	20.583	5.15	99.33	104.48

Ea = Módulo de elasticidad del agua (20,670 Kg/cm²), Et = Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (A-C = 328,000 Kg/cm², Acero = 2,100,000 Kg/cm², P.V.C. = 28,100 Kg/cm², PEAD = 9,000 Kg/cm²)

Golpe de Ariete para un RD 11 PEAD

GOLPE DE ARIETE												
Presión de trabajo de la tubería Km/cm ²	Diámetro Interior (d) cm.	espesor pared tubo? (e) cm.	Velocidad (m/seg)	(B) 145*V	Ea*d	Et*e	$\frac{(Z)}{1 + \frac{Ea*d}{Et*e}}^{1/2}$	Sobrepresión (m) h=(B)/(Z)	Sobrepresión absorv. por válvula R.P.=80%h	Sobrepresión absorv. por tubería R.P.=20%h	Carga normal operación m	Presión total = 20 % h + carga normal de operación
14.1	17.69	1.9914	1.425	206.579	365,570	17,922	4.626	44.658	35.727	8.93	128.05	136.98
14.1	22.04	2.4816	0.917	132.966	455,663	22,334	4.626	28.742	22.993	5.75	104.24	109.99
14.1	26.14	2.9439	0.652	94.535	540,401	26,495	4.626	20.437	16.350	4.09	97.88	101.97

Ea = Módulo de elasticidad del agua (20,670 Kg/cm²), Et = Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (A-C = 328,000 Kg/cm², Acero = 2,100,000 Kg/cm², P.V.C. = 28,100 Kg/cm², PEAD = 9,000 Kg/cm²)

La carga normal operación es igual a las pérdidas totales (Hft) y se obtiene de la siguiente forma:

$$Hft = hf + \%hf + desnivel$$

3.1.6 Cálculo y selección del diámetro económico

Para la selección del diámetro económico se consideraron tres diámetros (8", 10" y 12") estos diámetros son considerados a partir de la ecuación de continuidad donde se propuso una velocidad de 1 m/s y por lo que se obtuvo un diámetro intermedio al igual se considero tres relaciones de diámetros (RD) para cada uno de los diámetros (RD-7, RD-9 y RD-11). Primero se calcula la potencia de la bomba.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Para la potencia se determinan las pérdidas totales que se obtienen por medio de la siguiente fórmula:

$$H_{ft} = h_{ft} + \text{desnivel}$$

Donde h_{ft} es igual a:

$$h_{ft} = h_f + 5\%h_f$$

y h_f se calcula con la fórmula

$$h_f = LQ^2 K$$

Donde K está determinado por el coeficiente de fricción y el diámetro la expresión es la siguiente:

$$K = \frac{10.3 n^2}{d^{16/3}}$$

Donde:

n = es la rugosidad de Manning
 d = diámetro

La potencia de la bomba se calcula por la siguiente fórmula:

$$H.P = \frac{Q * H_{ft}}{N}$$

$$N = 76 * @; @ = 75\%$$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

CALCULO DEL DIAMETRO ECONOMICO EN LINEA A PRESION POR BOMBEO

OBRA: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL URBIVILLA DEL REY, HUEHUETOCA, MÉXICO

DETALLE: Tramo a bombeo del km 0+000 al km 3+120

TIEMPO DE BOMBEO: 24 horas al día

Fecha: Noviembre del 2010

Potencia con un RD 7 Diámetros 8",10" y 12"

TUBERIA DE POLIETILENO RD 7

Diámetro Interior		Área m ² (A)	Gasto m ³ /seg. (Q)?	Velocidad m/seg (V)	Longitud m (L)?	Coef. fricción n	K	Pérdidas hf=L(Q ²)K m	Otras pérdidas 5 % hf	hf=hf'+%hf m	desnivel m?	Hft = hft+ desnivel m	Q * Hft (Q en lps)	N=76*@ @=75%	Q*Hft HP=----- 76*@
mm.?	pulg.?														
152.7	6.013	0.0183	0.03500	1.910	3,120.000	0.0090	18.7685	71.733	3.587	75.320	93.600	168.920	5,912.20	57.000	104
190.3	7.494	0.0285	0.03500	1.230	3,120.000	0.0090	5.8014	22.173	1.109	23.282	93.600	116.882	4,090.86	57.000	72
225.8	8.889	0.0400	0.03500	0.874	3,120.000	0.0090	2.3337	8.919	0.446	9.365	93.600	102.965	3,603.78	57.000	63

152.7 mm, 8"; 190.3 mm, 10"; 225.8 mm, 12"

Potencia con un RD 9 Diámetros 8",10" y 12"

TUBERIA DE POLIETILENO RD 9

Diámetro Interior		Área m ² (A)	Gasto m ³ /seg. (Q)?	Velocidad m/seg (V)	Longitud m (L)?	Coef. fricción n	K	Pérdidas hf=L(Q ²)K m	Otras pérdidas 5 % hf	hf=hf'+%hf m	desnivel m?	Hft = hft+ desnivel m	Q * Hft (Q en lps)	N=76*@ @=75%	Q*Hft HP=----- 76*@
mm.?	pulg.?														
167.5	6.594	0.0220	0.03500	1.589	3,120.000	0.0090	11.4759	43.861	2.193	46.054	93.600	139.654	4,887.89	57.000	86
208.8	8.219	0.0342	0.03500	1.023	3,120.000	0.0090	3.5444	13.347	0.677	14.224	93.600	107.824	3,773.84	57.000	66
247.5	9.746	0.0481	0.03500	0.727	3,120.000	0.0090	1.4284	5.459	0.273	5.732	93.600	99.332	3,476.63	57.000	61

167.5 mm, 8"; 208.8 mm, 10"; 247.5 mm, 12"

Potencia con un RD 11 Diámetros 8",10" y 12"

TUBERIA DE POLIETILENO RD 11

Diámetro Interior		Área m ² (A)	Gasto m ³ /seg. (Q)?	Velocidad m/seg (V)	Longitud m (L)?	Coef. fricción n	K	Pérdidas hf=L(Q ²)K m	Otras pérdidas 5 % hf	hf=hf'+%hf m	desnivel m?	Hft = hft+ desnivel m	Q * Hft (Q en lps)	N=76*@ @=75%	Q*Hft HP=----- 76*@
mm.?	pulg.?														
176.9	6.963	0.0246	0.03500	1.425	3,120.000	0.0090	8.5835	32.806	1.640	34.447	93.600	128.047	4,481.63	57.000	79
220.4	8.679	0.0382	0.03500	0.917	3,120.000	0.0090	2.6510	10.132	0.507	10.639	93.600	104.239	3,648.35	57.000	64
261.4	10.293	0.0537	0.03500	0.652	3,120.000	0.0090	1.0675	4.080	0.204	4.284	93.600	97.884	3,425.94	57.000	60

176.9 mm, 8"; 220.4 mm, 10"; 261.4 mm, 12"

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

3.1.6.1 Costo total de la conducción

Para establecer el costo total de la conducción se tomara en cuenta los siguientes conceptos de obra:

- Excavación con material "A"
- Plantilla apisonada
- Relleno compactado
- Relleno de volteo
- Instalación de tubería
- Suministro de tubería
- Acarreo de tubería

Costo total con un RD 7 Diámetros 8", 10" y 12"

C O N C E P T O	Diámetro 8"				Diámetro 10"				Diámetro 12"			
	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$
Excavación en material clase "A"	873.6	m3	12.73	11,120.93	1,053.0	m3	12.73	13,404.69	1,248.0	m3	12.73	15,887.04
Plantilla apisonada	62.4	m3	243.72	15,208.13	70.2	m3	243.72	17,109.14	78.0	m3	243.72	19,010.16
Relleno compactado.	530.2	m3	63.21	33,513.08	621.9	m3	63.21	39,307.96	716.2	m3	63.21	45,272.76
Relleno a volteo	163.5	m3	28.02	4,580.93	178.3	m3	28.02	4,996.19	198.1	m3	28.02	5,551.32
Instalación de tubería.	3,120.0	m	19.11	59,623.20	3,120.0	m	29.19	91,072.80	3,120.0	m	32.65	101,868.00
Suministro de tubería.	3,120.0	m	283.10	883,272.00	3,120.0	m	358.75	1,119,300.00	3,120.0	m	424.65	1,324,908.00
Acarreo de tubería	34.4	ton-km	4.76	163.73	59.5	ton-km	4.76	283.25	89.0	ton-km	4.76	423.48
Costo Total de la Conducción				1,007,482.00				1,285,474.03				1,512,920.76

Costo total con un RD 9 Diámetros 8", 10" y 12"

C O N C E P T O	Diámetro 8"				Diámetro 10"				Diámetro 12"			
	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$
Excavación en material clase "A"	873.6	m3	12.73	11,120.93	1,053.0	m3	12.73	13,404.69	1,248.0	m3	12.73	15,887.04
Plantilla apisonada	62.4	m3	243.72	15,208.13	70.2	m3	243.72	17,109.14	78.0	m3	243.72	19,010.16
Relleno compactado.	530.2	m3	63.21	33,513.08	621.9	m3	63.21	39,307.96	716.2	m3	63.21	45,272.76
Relleno a volteo	163.5	m3	28.02	4,580.93	178.3	m3	28.02	4,996.19	198.1	m3	28.02	5,551.32
Instalación de tubería.	3,120.0	m	19.11	59,623.20	3,120.0	m	29.19	91,072.80	3,120.0	m	32.65	101,868.00
Suministro de tubería.	3,120.0	m	283.10	883,272.00	3,120.0	m	358.75	1,119,300.00	3,120.0	m	424.65	1,324,908.00
Acarreo de tubería	34.4	ton-km	4.76	163.73	59.5	ton-km	4.76	283.25	89.0	ton-km	4.76	423.48
Costo Total de la Conducción				1,007,482.00				1,285,474.03				1,512,920.76

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Costo total con un RD 11 Diámetros 8", 10" y 12"

C O N C E P T O	Diámetro 8"				Diámetro 10"				Diámetro 12"			
	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$	Cantidad	Unid.	P.U. \$	Importe \$
Excavación en material clase "A"	873.6	m ³	12.73	11,120.93	1,053.0	m ³	12.73	13,404.69	1,248.0	m ³	12.73	15,887.04
Plantilla apisonada	62.4	m ³	243.72	15,208.13	70.2	m ³	243.72	17,109.14	78.0	m ³	243.72	19,010.16
Relleno compactado.	530.2	m ³	63.21	33,513.08	621.9	m ³	63.21	39,307.96	716.2	m ³	63.21	45,272.76
Relleno a volteo	163.5	m ³	28.02	4,580.93	178.3	m ³	28.02	4,996.19	198.1	m ³	28.02	5,551.32
Instalación de tubería.	3,120.0	m	19.11	59,623.20	3,120.0	m	29.19	91,072.80	3,120.0	m	32.65	101,868.00
Suministro de tubería.	3,120.0	m	283.10	883,272.00	3,120.0	m	358.75	1,119,300.00	3,120.0	m	424.65	1,324,908.00
Acarreo de tubería	34.4	ton-km	4.76	163.73	59.5	ton-km	4.76	283.25	89.0	ton-km	4.76	423.48
Costo Total de la Conducción				1,007,482.00				1,285,474.03				1,512,920.76

3.1.6.2 Selección de diámetro

El diámetro seleccionado para su instalación como línea de conducción será como su nombre lo indica el diámetro más económico, es el que arroje el costo anual de bombeo menor en los 365 días del año.

Para el cálculo del costo anual se toma en cuenta los siguientes datos:

La potencia de la bomba y el costo del Kw/h que es igual a \$0.95, con estos datos se determina el costo por hora bombeo y así se conseguirá el cargo anual de bombeo.

RD 7

Presión de trabajo de la tubería (kg/cm ²)	Diámetro nominal		Potencia (H.P.)	K.W.h.	Costo por hora bombeo (\$)	Cargo anual de bombeo (\$)	Costo total de la conducción. (\$)	Cargo anual de amortización. No. de años = 20 i % anual = 12	Costo anual Total para operación de 365 días. (\$)
	(pulg.)	(mm)							
18.6	6.012992	153	104	77.346	73.48	214,558.10	1,007,482.00	134,880.46	349,438.56
18.6	7.493701	190	72	53.518	50.84	148,460.20	1,285,474.03	172,097.69	(**) 320,557.89
18.6	8.888976	226	63	47.146	44.79	130,783.91	1,512,920.76	202,547.99	333,331.90
2=1'0.7457			Costo del K.W.h.	\$0.95	3=2'Costo	4=3'2,320	6=5' anualidad	7=4+6	(**) Diámetro Seleccionado.

NOTA: El diámetro más económico está dado por el menor costo determinado en la columna 7. para los precios se empleo el catalogo base de CAEM 2007.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

RD 9

Presión de trabajo de la tubería (kg/cm ²)	Diámetro nominal		Potencia (H.P.)	K.W.h.	Costo por hora bombeo (\$)	Carga anual de bombeo (\$)	Costo total de la conducción. (\$)	Carga anual de amortización. No. de años = 20 i % anual = 12	Costo anual Total para operación de 365 días. (\$)
	(pulg.)	(mm)							
14.6	6.594	167	86	63.946	60.75	177,384.95	1,007,482.00	134,880.46	312,265.41
14.6	8.219	209	66	49.371	46.90	136,955.59	1,285,474.03	172,097.69	(**) 309,053.29
14.6	9.746	248	61	45.483	43.21	126,169.32	1,512,920.76	202,547.99	328,717.30
2 = 1" 0.7457		Costo del K.W.h.		\$0.95	3 = 2" Costo	4 = 3" 2,920	6 = 5" anualidad	7 = 4 + 6	(**) Diámetro Seleccionado.

NOTA: El diámetro más económico está dado por el menor costo determinado en la columna 7.
para los precios se empleó el catálogo base de CAEM 2007.

RD 11

Presión de trabajo de la tubería (kg/cm ²)	Diámetro nominal		Potencia (H.P.)	K.W.h.	Costo por hora bombeo (\$)	Carga anual de bombeo (\$)	Costo total de la conducción. (\$)	Carga anual de amortización. No. de años = 20 i % anual = 12	Costo anual Total para operación de 365 días. (\$)
	(pulg.)	(mm)							
14.1	6.963	177	79	58.631	55.70	162,641.68	1,007,482.00	134,880.46	(**) 297,522.14
14.1	8.679	220	64	47.729	45.34	132,401.47	1,285,474.03	172,097.69	304,499.16
14.1	10.293	261	60	44.820	42.58	124,329.71	1,512,920.76	202,547.99	326,877.70
2 = 1" 0.7457		Costo del K.W.h.		\$0.95	3 = 2" Costo	4 = 3" 2,920	6 = 5" anualidad	7 = 4 + 6	(**) Diámetro Seleccionado.

NOTA: El diámetro más económico está dado por el menor costo determinado en la columna 7.
para los precios se empleó el catálogo base de CAEM 2007.

En la columna del costo total de la conducción en RD 7, RD 9 y RD 11 tienen el mismo costo debido a que los conceptos de los trabajos realizados para la conducción son los mismos en los tres diámetros seleccionados, por lo que no afecta en el costo el tipo de RD.

Resultados obtenidos del costo anual de bombeo para RD 7, 9 y 11 con los diámetros 8", 10" y 12".

SELECCIÓN DEL DIAMETRO ECONOMICO						
DIAMETRO	RD-11	RD-9	RD-7	CARGA RD-11	CARGA RD-9	CARGA RD-7
8"	\$ 297,522.14	\$ 312,265.41	\$ 349,438.56	136.98	150.89	184.77
10"	\$ 304,499.16	\$ 309,053.29	\$ 320,557.89	109.99	115.06	127.09
12"	\$ 326,877.70	\$ 328,717.30	\$ 333,331.90	101.97	104.48	110.22
			Diámetro Seleccionado			

Aunque en la tabla anterior hay costos menores se elige diámetro económico de **10" PEAD con un RD 9** debido a que la carga que demanda es la óptima para la línea de conducción.

Por lo tanto este será el diámetro que utilizaremos para los cálculos del diseño de la línea de conducción, y también para el cálculo del golpe de ariete equivalente.

3.2 Diseño de la línea de alimentación

Una línea de alimentación está constituida por la tubería que alimenta y transporta el agua desde el sitio de la captación ya sea por medio de bombeo ó gravedad, hasta el punto de entrega ya sea tanque de regulación, planta potabilizadora, etc. El gasto que conduce esta línea es el máximo horario, así sea una o varias líneas; este gasto depende del clima, del tipo de edificación y del número de habitantes. También se consideran como parte de la línea de alimentación al conjunto de conductos, estructuras de operación y cruceros.

Los accesorios que se deben de instalar con la línea de alimentación por bombeo, se deben tomar en cuenta las válvulas de seccionamiento, expulsoras de aire, combinadas, de alivio de presión, desfogues, juntas de dilatación, entre otros; cuya ubicación y cantidad varía de acuerdo al proyecto.

La línea de alimentación debe ser de fácil observación y acceso, preferentemente paralela a un camino. En caso contrario se debe de analizar la conveniencia de construir un camino de acceso, sobre el establecimiento del derecho de vía correspondiente a la línea de alimentación, debe considerarse que el incremento en costo de éste se verá compensado con el ahorro que se tendrá en los costos de conservación y mantenimiento de la conducción, y sobre todo podrá detectarse y corregirse de inmediato las fugas ó desperfectos que sufran las tuberías. Las mismas condiciones de facilidad de inspección y mantenimiento deberán considerarse en las líneas ubicadas en la zona urbana.

3.2.1 Consideraciones Generales de Diseño en la línea de alimentación.

- Cualquier tipo y clase de tubería a proyectar, debe cumplir con las normas oficiales mexicanas (NOM) vigentes.
- La tubería debe seguir, el perfil del terreno y su localización se elige para que sea la más favorable, con relación al costo de construcción y las

presiones resultantes. Una parte muy importante la línea **nunca** debe quedar completamente horizontal.

- Se debe tener mucha atención en la línea de gradiente hidráulico, ya que mientras más cercana esté la conducción a esta línea, la presión en los tubos es menor; esta circunstancia puede traer como resultado un ahorro en el costo de la tubería. En algunos casos, las altas presiones internas se pueden eliminar rompiendo la línea de gradiente hidráulico con la colocación de almacenamientos auxiliares, como embalses ó cajas rompedoras de presión. La velocidad en la tubería deben ser lo suficientemente grande para prevenir que los sedimentos se depositen en ella, considerando la velocidad mínima de 0.50 m/s.
- En la mayoría de las obras de conducción, la tubería se instala en zanja; durante el trazo topográfico debe procurarse disminuir al máximo posible, la excavación en roca.
- Cuando la topografía es muy accidentada se localizan válvulas de admisión y expulsión de aire en los sitios más elevados del perfil y, cuando la topografía sea más ó menos plana se ubican en puntos situados cada 1.5 Km. como máximo, y en los puntos más altos del perfil de la línea.
- En tramos con pendiente fuerte, ascendente ó descendente, se debe de instalar válvulas de admisión y/o expulsión de aire en puntos intermedios.
- Los desagües se utilizan generalmente en los puntos más bajos del perfil, con el objetivo de vaciar la línea en caso de roturas durante su funcionamiento. También se utilizan para el lavado de la línea durante su construcción.

- En los puntos más altos del perfil se deben de instalar válvulas eliminadoras de aire.
- Para evitar que se sedimenten partículas que arrastre el agua, el flujo deberá tener una velocidad mínima de 0.5 m/s.

3.2.2 Golpe de Ariete

El golpe de ariete es un cambio súbito en la presión que tiene lugar en una conducción, ya sea por arriba o por debajo de la presión normal, que se produce por una variación brusca en la velocidad del flujo de la tubería. Cada vez que la velocidad del flujo cambia, ya sea en aumento o en decremento, se origina el fenómeno de golpe de ariete.

El golpe de ariete es un caso particular del fenómeno transitorio hidráulico que como ya se mencionó, es generado por cambios bruscos en la operación de diversos dispositivos mismos que son derivados de maniobras rápidas, como por ejemplo, la parada repentina de una bomba o cierre rápido de una válvula. Estos cambios bruscos en la velocidad se acompañan de cambios bruscos en la presión que se propagan por la tubería, generando ondas de presión de periodo muy corto (pocos segundos). Las variaciones de presión en un transitorio de este tipo son muy importantes, por lo que es necesario considerar los efectos elásticos de la tubería y del líquido.

El fenómeno del golpe de ariete puede generar presiones extremas mismas que pueden llevar a fallas en la línea y en los dispositivos y accesorios, e inclusive rupturas en las tuberías, con el consecuente riesgo de corte del servicio, pérdidas de agua, intrusión de contaminantes a la línea, etc. Un golpe de ariete severo puede generar la separación de la columna de agua, con consecuencias desastrosas para la integridad de las tuberías, y de los equipos de bombeo. Debido a esto el golpe de ariete se ha convertido en un requisito de análisis esencial para asegurar el correcto diseño y operación de líneas de alimentación.

3.2.2.1 Dispositivos para controlar el golpe de ariete

Para reducir los efectos del golpe de ariete causado por el cierre de válvulas, hay que estrangular gradualmente la corriente de fluido, es decir, cortándola con lentitud utilizando para ello, por ejemplo, válvulas de alivio.

Válvula anticipadora del golpe de ariete

Esta válvula protege al equipo de bombeo de la onda de sobrepresión causada por el paro de la bomba o falla de la energía. Esta válvula opera con la presión de la línea de conducción, y el nombre de anticipadora se debe a que entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión.

Este tipo de válvula realiza la apertura mediante la activación de la solenoide (Un **solenoide** es cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme) al ocurrir la falla de energía del motor o cuando baja la presión hasta un valor preestablecido y desaloja a la atmósfera el exceso de presión que provoca la onda de sobrepresión.

3.2.3 Cálculo de golpe de ariete por el método de velocidad equivalente

La fórmula con la que se calcula el golpe de ariete equivalente es la siguiente:

$$H = av/g$$

Donde:

H = Golpe de ariete equivalente

a = Velocidad de propagación de la onda de presión (celeridad)

v = Velocidad equivalente

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

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

El cálculo de la **velocidad equivalente** (v) la fórmula empleada es la siguiente:

$$v = \frac{\sum l * V}{L}$$

L= longitud total del tramo de la tubería

l = Es la longitud de cada tramo para cada clase de material (en este proyecto solo se considera PEAD con RD 9)

V = Velocidad del agua

VELOCIDAD EQUIVALENTE				
LONGITUD (M)	VELOCIDAD (M/SEG)	GASTO (M3/SEG)	LONG X VEL	VELOCIDAD EQUIVALENTE
3120.00	1.02	0.035	3189.12	
0.00	0.00	0	0.00	
0.00	0.00	0	0.00	
0.00	0.00	0	0.00	1.022
3120.00			3189.12	

$$v = \frac{3189.12}{3120.00} = 1.022 \text{ m/s}$$

El cálculo para la **velocidad de propagación** de la onda de presión (a) la fórmula es la siguiente:

$$a = \frac{L}{\sum l/V.P.I.}$$

$$V.P.I. = 1420/\sqrt{1 + (d * 20670)/ \text{espesor}} * 2100000$$

VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LA ONDA DE PRESION							
TIPO Y CLASE DE MATERIAL	DIAMETRO INTERIOR (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD (M)	MODULO DE ELASTICIDAD	V.P.I.	LONG/V.P.I.	VELOCIDAD DE PROPAGACION FINAL
PEAD 10	20.88	3.13	3120.00	9,000	1375.54	2.268	
			3120.00			2.268	1375.544

$$a = \frac{3120.00}{2.268} = 1375.544 \text{ m/s}$$

Por lo tanto el golpe de ariete del proyecto es el siguiente:

$$H = \frac{(1375.544)(1.022)}{9.81} = 143.32 \text{ m}$$

SOBRE PRESION ABSORVIDA POR LA VALVULA	114.66
CONTRA GOLPE DE ARIETE (80%)	
SOBRE PRESION ABSORVIDA POR LA TUBERIA (20%)	28.66

- La sobre presión absorbida por la válvula contra golpe de ariete es el 80% del golpe de ariete equivalente.
- La sobre presión absorbida por la tubería es el 20 % del golpe de ariete equivalente.

Las pérdidas por fricción y por accesorios se calculan con la siguiente fórmula; en donde las pérdidas por accesorios se considera con un valor del 5 % de las pérdidas por fricción; esta fórmula es la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$hf = \left[\eta * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} * 1.05 \right]$$

TIPO Y CLASE DE MATERIAL	DIAMETRO INTERIOR (M)	AREA (M2)	GASTO (M3/SEG)	VELOCIDAD (M/SEG)	No. DE REYNOLDS	COEFICIENTE DE FRICCIÓN	LONGITUD (M)	PERDIDAS POR FRICCIÓN (M)
PEAD10	0.209	0.03424	0.035	1.022	183987.65	0.033829	3120.00	28.26

El coeficiente de fricción η se calcula con la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{0.25}{\left[\log \left[\left(\frac{.0014}{d/3.71} \right) + \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2 \right]}$$

$$SH = (KQ^2)1.05$$

Cálculo de las pérdidas para el tramo:

$$Hf = SH * L$$

En la selección del diámetro económico se mostró el perfil del terreno, con los datos de elevación de terreno se calculó la elevación piezométrica es igual:

$$\text{elevación de terreno} + \sum Hf + (\text{cota mas alta} - \text{cota mas baja}) + 2$$

Posteriormente el primer valor de la elevación piezometrica que corresponde al kilometro 0+000, los valores siguientes se calculan restando el valor anterior de la elevación piezometrica menos la pérdida del tramo.

Finalmente se calculan los valores de las cargas de trabajo de la tubería y la del gradiente hidráulico con las siguientes fórmulas:

$$\text{carga de trabajo} = \text{elevación piezometrica} - \text{elevación de terreno}$$

$$h G.A = (\text{elevación piezométrica} + \text{golpe de ariete}) - \text{elevación de terreno}$$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL URBI VILLA DEL REY, HUEHUETOCA, MÉXICO

KMS.	Longitud mts.	Gasto m ³ /seg	Diametro		Velocidad m/seg	Rugosidad n	K	Pendiente Hidráulica SH	Hf	Elevación		Carga	
			Interior mts	nominal pulg.						Terreno m.s.n.m.	Piezo. m.s.n.m.	Trabajo m.	h G.A. m.
3+120.00										2259.400	2369.211	109.811	138.476
3+100.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2259.550	2369.119	109.569	138.234
3+080.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2259.700	2369.028	109.328	137.993
3+060.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2259.850	2368.937	109.087	137.752
3+040.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.000	2368.846	108.846	137.511
3+020.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.150	2368.755	108.605	137.270
3+000.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.300	2368.664	108.364	137.029
2+980.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.450	2368.573	108.123	136.788
2+960.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.600	2368.482	107.882	136.547
2+940.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.750	2368.391	107.641	136.306
2+920.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2260.900	2368.300	107.400	136.065
2+900.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.050	2368.209	107.159	135.824
2+880.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.200	2368.117	106.917	135.582
2+860.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.350	2368.026	106.676	135.341
2+840.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.500	2367.935	106.435	135.100
2+820.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.650	2367.844	106.194	134.859
2+800.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.800	2367.753	105.953	134.618
2+780.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2261.950	2367.662	105.712	134.377

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

2+760.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.100	2367.571	105.471	134.136
2+740.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.250	2367.480	105.230	133.895
2+720.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.400	2367.389	104.989	133.654
2+700.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.550	2367.298	104.748	133.413
2+680.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.700	2367.207	104.507	133.171
2+660.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2262.850	2367.115	104.265	132.930
2+640.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2367.024	104.024	132.689
2+620.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.933	103.933	132.598
2+600.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.842	103.842	132.507
2+580.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.751	103.751	132.416
2+560.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.660	103.660	132.325
2+540.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.569	103.569	132.234
2+520.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.478	103.478	132.143
2+500.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.387	103.387	132.052
2+480.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.296	103.296	131.961
2+460.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.204	103.204	131.869
2+440.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.113	103.113	131.778
2+420.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2366.022	103.022	131.687
2+400.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.000	2365.931	102.931	131.596
2+380.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.042	2365.840	102.798	131.463
2+360.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.083	2365.749	102.666	131.331
2+340.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.125	2365.658	102.533	131.198
2+320.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.167	2365.567	102.400	131.065
2+300.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.208	2365.476	102.267	130.932
2+280.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.250	2365.385	102.135	130.800

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

2+260.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.292	2365.294	102.002	130.667
2+240.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.333	2365.202	101.869	130.534
2+220.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.375	2365.111	101.736	130.401
2+200.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.417	2365.020	101.604	130.269
2+180.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.458	2364.929	101.471	130.136
2+160.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.500	2364.838	101.338	130.003
2+140.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.639	2364.747	101.108	129.773
2+120.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2263.819	2364.656	100.836	129.501
2+100.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2264.000	2364.565	100.565	129.230
2+080.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2264.670	2364.474	99.804	128.469
2+060.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2264.815	2364.383	99.568	128.233
2+040.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2264.960	2364.292	99.332	127.996
2+020.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.105	2364.200	99.095	127.760
2+000.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.250	2364.109	98.859	127.524
1+980.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.500	2364.018	98.518	127.183
1+960.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.553	2363.927	98.374	127.039
1+940.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.700	2363.836	98.136	126.801
1+920.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2265.900	2363.745	97.845	126.510
1+900.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.100	2363.654	97.554	126.219
1+880.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.300	2363.563	97.263	125.928
1+860.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.500	2363.472	96.972	125.637
1+840.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.616	2363.381	96.765	125.430
1+820.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.730	2363.289	96.559	125.224
1+800.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.844	2363.198	96.354	125.019
1+780.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2266.958	2363.107	96.149	124.814

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1+760.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.072	2363.016	95.944	124.609
1+740.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.186	2362.925	95.739	124.404
1+720.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.300	2362.834	95.534	124.199
1+700.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.319	2362.743	95.424	124.089
1+680.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.338	2362.652	95.314	123.979
1+660.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.475	2362.561	95.086	123.751
1+640.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.613	2362.470	94.857	123.522
1+620.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.750	2362.379	94.629	123.294
1+600.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2267.888	2362.287	94.400	123.065
1+580.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.025	2362.196	94.171	122.836
1+560.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.163	2362.105	93.943	122.608
1+540.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.300	2362.014	93.714	122.379
1+520.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.438	2361.923	93.486	122.151
1+500.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.575	2361.832	93.257	121.922
1+480.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.713	2361.741	93.028	121.693
1+460.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.850	2361.650	92.800	121.465
1+440.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2268.988	2361.559	92.571	121.236
1+420.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2269.125	2361.468	92.343	121.008
1+400.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2269.500	2361.377	91.877	120.542
1+380.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2269.670	2361.285	91.615	120.280
1+360.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2269.750	2361.194	91.444	120.109
1+340.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2270.000	2361.103	91.103	119.768
1+320.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2270.375	2361.012	90.637	119.302
1+300.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2271.000	2360.921	89.921	118.586
1+280.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2271.383	2360.830	89.447	118.112

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1+260.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2271.767	2360.739	88.972	117.637
1+240.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2272.150	2360.648	88.498	117.163
1+220.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2272.533	2360.557	88.023	116.688
1+200.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2272.917	2360.466	87.549	116.214
1+180.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2273.300	2360.375	87.075	115.739
1+160.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2274.000	2360.283	86.283	114.948
1+140.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2274.286	2360.192	85.907	114.572
1+120.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2274.571	2360.101	85.530	114.195
1+100.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2274.857	2360.010	85.153	113.818
1+080.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2275.143	2359.919	84.776	113.441
1+060.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2275.429	2359.828	84.399	113.064
1+040.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2275.714	2359.737	84.023	112.688
1+020.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2276.000	2359.646	83.646	112.311
1+000.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2278.000	2359.555	81.555	110.220
0+980.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2280.000	2359.464	79.464	108.129
0+960.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2282.000	2359.372	77.372	106.037
0+940.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2283.400	2359.281	75.881	104.546
0+920.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2285.500	2359.190	73.690	102.355
0+900.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2288.000	2359.099	71.099	99.764
0+880.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2289.500	2359.008	69.508	98.173
0+860.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2291.500	2358.917	67.417	96.082
0+840.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2293.500	2358.826	65.326	93.991
0+820.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2296.000	2358.735	62.735	91.400
0+800.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2298.700	2358.644	59.944	88.609
0+780.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2300.500	2358.553	58.053	86.718

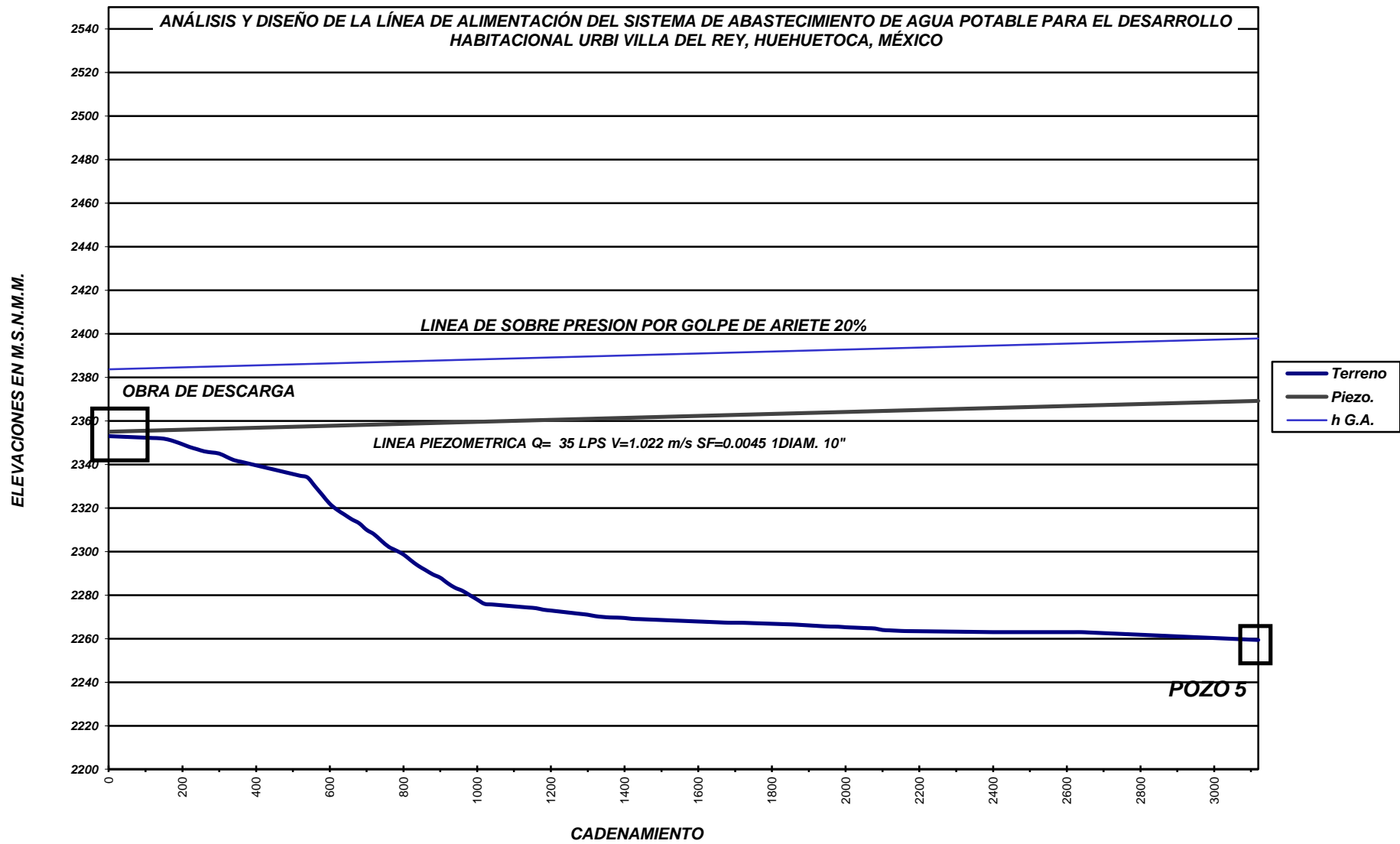
LÍNEA DE CONDUCCIÓN

0+760.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2302.200	2358.462	56.262	84.927
0+740.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2305.000	2358.370	53.370	82.035
0+720.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2308.000	2358.279	50.279	78.944
0+700.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2310.000	2358.188	48.188	76.853
0+680.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2313.000	2358.097	45.097	73.762
0+660.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2314.800	2358.006	43.206	71.871
0+640.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2317.000	2357.915	40.915	69.580
0+620.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2319.200	2357.824	38.624	67.289
0+600.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2322.000	2357.733	35.733	64.398
0+580.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2326.000	2357.642	31.642	60.307
0+560.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2330.000	2357.551	27.551	56.216
0+540.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2334.000	2357.460	23.460	52.125
0+520.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2334.800	2357.368	22.568	51.233
0+500.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2335.600	2357.277	21.677	50.342
0+480.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2336.400	2357.186	20.786	49.451
0+460.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2337.200	2357.095	19.895	48.560
0+440.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2338.000	2357.004	19.004	47.669
0+420.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2338.800	2356.913	18.113	46.778
0+400.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2339.600	2356.822	17.222	45.887
0+380.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2340.400	2356.731	16.331	44.996
0+360.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2341.200	2356.640	15.440	44.105
0+340.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2342.000	2356.549	14.549	43.214
0+320.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2343.500	2356.457	12.957	41.622
0+300.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2345.000	2356.366	11.366	40.031
0+280.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2345.500	2356.275	10.775	39.440

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

0+260.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2346.000	2356.184	10.184	38.849
0+240.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2347.000	2356.093	9.093	37.758
0+220.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2348.000	2356.002	8.002	36.667
0+200.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2349.300	2355.911	6.611	35.276
0+180.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2350.500	2355.820	5.320	33.985
0+160.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2351.500	2355.729	4.229	32.894
0+140.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.000	2355.638	3.638	32.303
0+120.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.143	2355.547	3.404	32.069
0+100.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.286	2355.455	3.170	31.835
0+080.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.429	2355.364	2.936	31.601
0+060.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.571	2355.273	2.702	31.367
0+040.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.714	2355.182	2.468	31.133
0+020.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2352.857	2355.091	2.234	30.899
0+000.00	20	0.035	0.2088	10.00	1.02216	0.009	3.5410	0.004555	0.0911	2353.000	2355.000	2.000	30.665
3120.00	3120.00								14.2106	93.600			

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



4. MODELACIÓN Y ANÁLISIS FUNCIONAL

Objetivo: Modelar y analizar el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, México.

4.1 Epanet

4.2 Modelo

4.3 Análisis

4.1 EPANET 2.0

Como parte de la realización del diseño de la línea de conducción se ejecutará una simulación del comportamiento hidráulico a través del software llamado EPANET 2.0 el autor del software es Lewis A. Rossman, *Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency*.

EPANET 2.0 es un programa que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de calidad del agua en redes de distribución a presión. Se puede emplear para simular: tuberías, nodos, bombas, válvulas y tanques de almacenamiento. EPANET 2.0 determina el caudal que circula por toda la conducción, la presión que circula en todos los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red, en un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo.

No obstante que el software no puede realizar simulación dinámica, con la suma de varias simulaciones en intervalos se puede conjuntar un análisis dinámico. Esta es una de las principales virtudes de EPANET 2.0.

Las principales características de EPANET 2.0 son las siguientes:

- Las pérdidas de carga o energía se calculan mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- Admite bombas de velocidad fija y variable.
- Admite depósitos de geometría variable (el diámetro varia con el nivel)
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite considerar varios tipos de válvulas por ejemplo; válvulas de corte, de retención y reguladoras de presión o caudal.
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.

EPANET 2.0 en una red hidráulica se representa como una serie de líneas conectadas a nudos; las líneas representan tuberías, bombas, y válvulas de control. Los nudos representan conexiones, tanques y depósitos (figura 4.1).

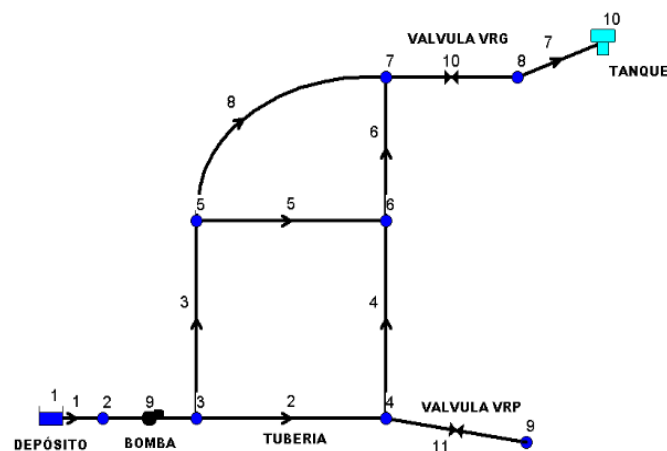


Figura 4.1 Ejemplo de una red hidráulica en EPANET 2.0

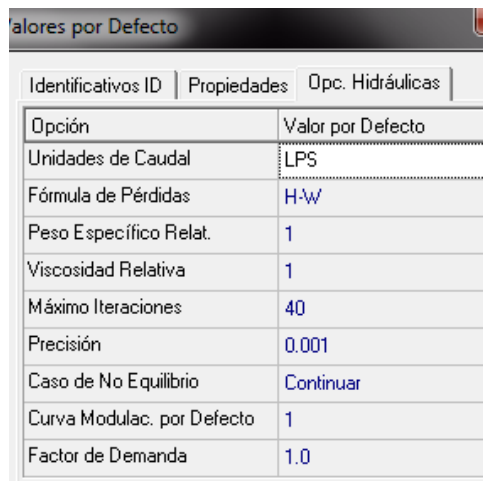
4.2 MODELO

El modelo de simulación hidráulica calcula las alturas piezométricas en los nodos y en las líneas calcula los caudales; al dar los niveles en depósitos y embalses, y el ciclo del tiempo de las demandas destinadas en los nodos. Al correr la simulación se actualizan los niveles en los depósitos conforme a los

caudales calculados que entran o salen de estos, las demandas en los nudos y al igual los niveles en los embalses conforme a sus curvas de modulación.

Los pasos a seguir para construir el modelo de la línea de alimentación son los siguientes:


1. Primero se tiene que seleccionar las unidades (en EPANET se llaman valores por defecto) que se aplicarán al modelo de la línea. Las unidades utilizadas; el caudal en (LPS), Diámetro en (mm), longitud de la tubería en (m), para las pérdidas por fricción se usa la fórmula de Hazen - William y el coeficiente de rugosidad es 140 que es la rugosidad del polietileno.




Opción	Valor por Defecto
Unidades de Caudal	LPS
Fórmula de Pérdidas	H-W
Peso Específico Relat.	1
Viscosidad Relativa	1
Máximo Iteraciones	40
Precisión	0.001
Caso de No Equilibrio	Continuar
Curva Modulac. por Defecto	1
Factor de Demanda	1.0

2. Dibujar el esquema de la línea de alimentación usando los siguientes iconos de EPANET:

 Nodo

 Embalse

 Deposito

 Tubería

 Bomba

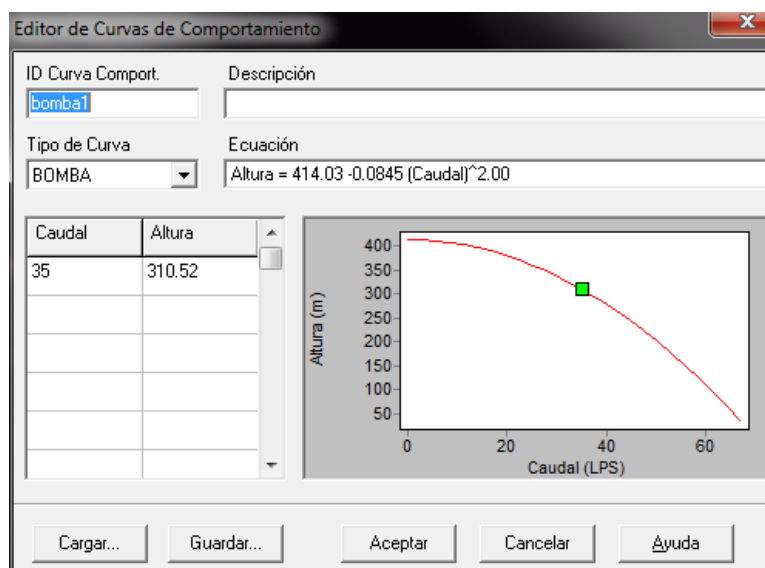
 Válvula

T Rótulo o Texto

Primero dibujar el embalse y depósito, después los nudos y por último la bomba, válvula y la tubería.

3. Editar las propiedades de los objetos:

- Nudos 3 y nudo 4 no tienen ninguna propiedad, debido a que solo son puntos intermedios para conectar la bomba con la válvula y conectar la válvula con la tubería.
- Embalse 1 con una altura total de -202 m, el valor es negativo debido a que el embalse simula el pozo de la línea.
- Depósito 2 con una cota de 93.6 m el cual es el desnivel del perfil del terreno, un diámetro de 208.76 mm que es el diámetro interior de la tubería seleccionada.
- Tubería 1 con una longitud de 3120 m, diámetro 208.76 mm y un coeficiente de rugosidad de 140.
- Bomba 4 se tiene que asignar una curva de comportamiento la cual es la siguiente:



LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- Válvula 2 con un diámetro de 208.76 mm y la válvula es de regulación.

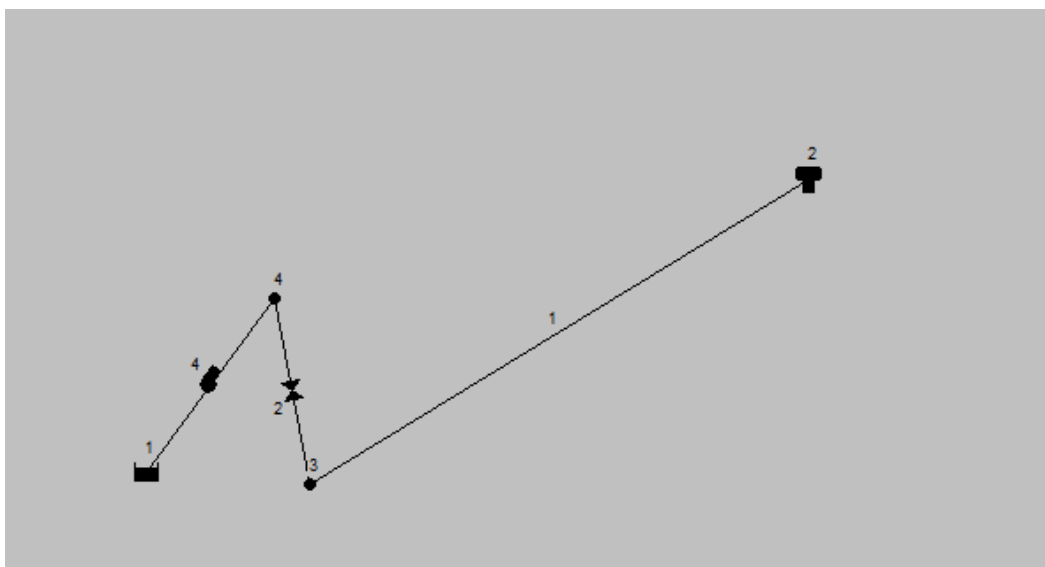


Figura 4.2 Esquema de la línea de alimentación

4. Describir el modo de operación del modelo.
5. Elegir las opciones de cálculo.
6. Ejecutar la simulación hidráulica.
7. Observar los resultados de la simulación.

4.3 ANÁLISIS

Al ejecutar EPANET nos proporciona resultados de velocidad, presión, caudal de acuerdo a las propiedades dadas en la línea. Los cuales se revisan de acuerdo a las especificaciones del fabricante en el diámetro seleccionado, algo muy importante es verificar que el sistema trabaje en condiciones más óptimas en cuestión de velocidad y presión.

Los resultados de la simulación hidráulica de la línea son los siguientes:

Resultados de la simulación hidráulica				
ID Nudo	Demanda Base (LPS)	Cota terreno (m)	Altura Piezometrica (m)	Presión (m)
3	0	0	108.26	108.26

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

4	0	0	108.26	108.26
---	---	---	--------	--------

Resultados de la simulación hidráulica					
ID Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (m)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería 1	3120	208.76	140	35.04	1.02

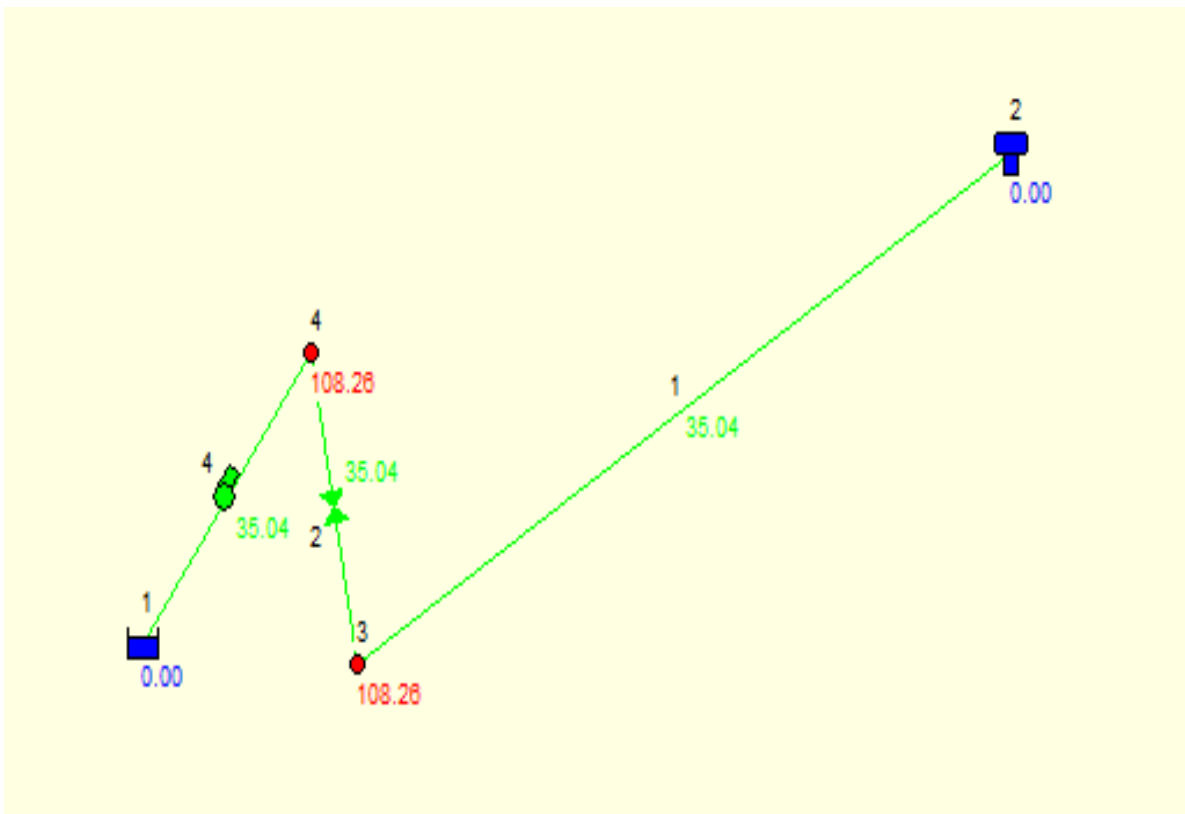
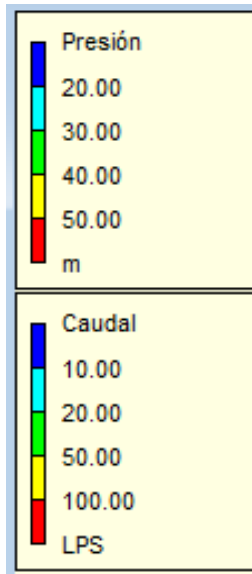


Figura 4.3 Análisis de la línea de alimentación (presión y caudal)

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

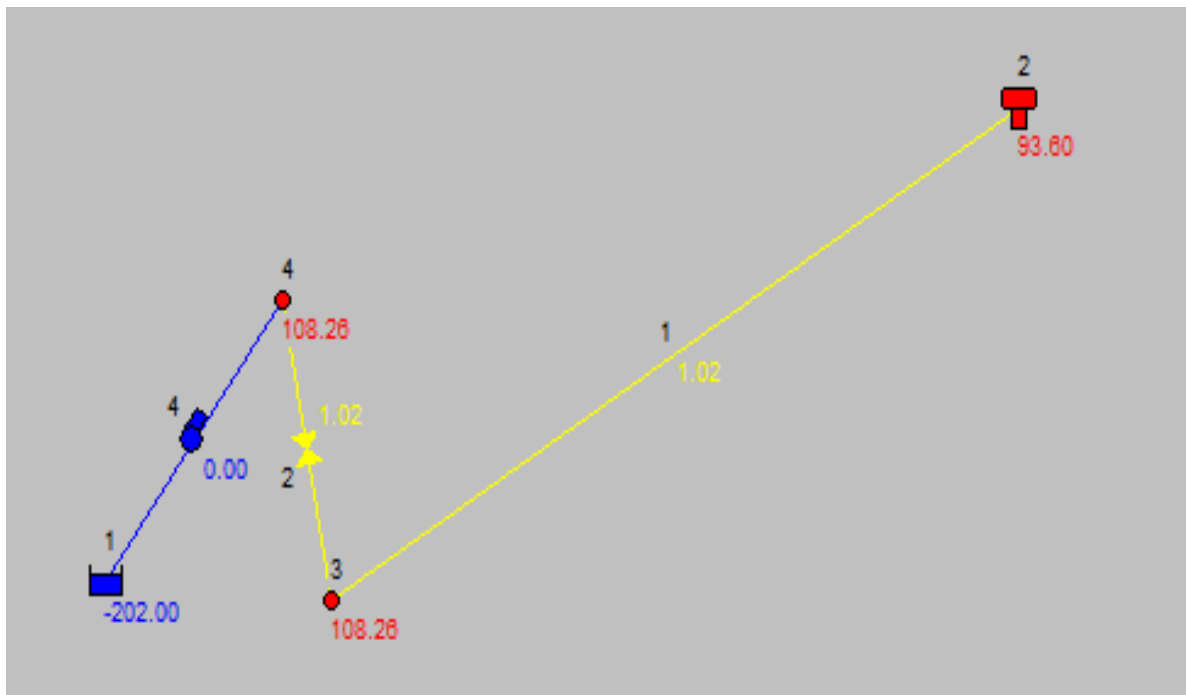
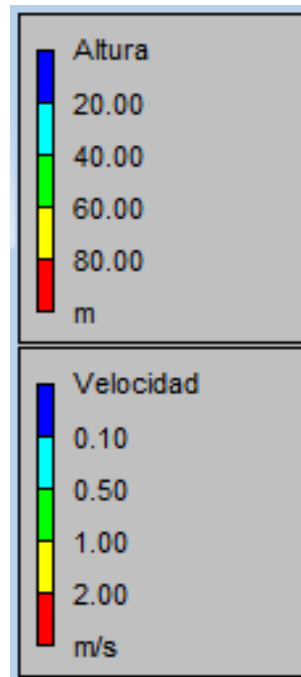


Figura 4.4 Análisis de la línea de alimentación (altura y velocidad)

Además se realizó el análisis de la línea para saber su comportamiento durante 24 horas que es la duración del día. Para realizar este tipo de análisis efectuó

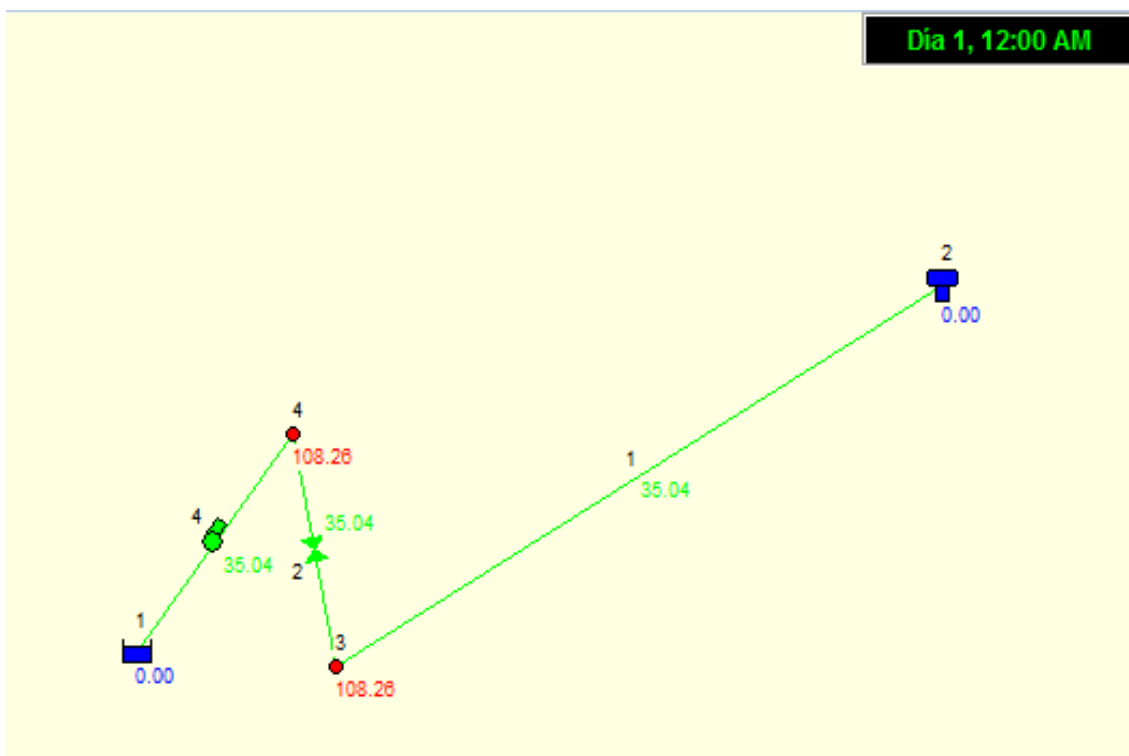
LÍNEA DE CONDUCCIÓN

una curva para EPANET se llama curva de modulación; los resultados fueron los siguientes:



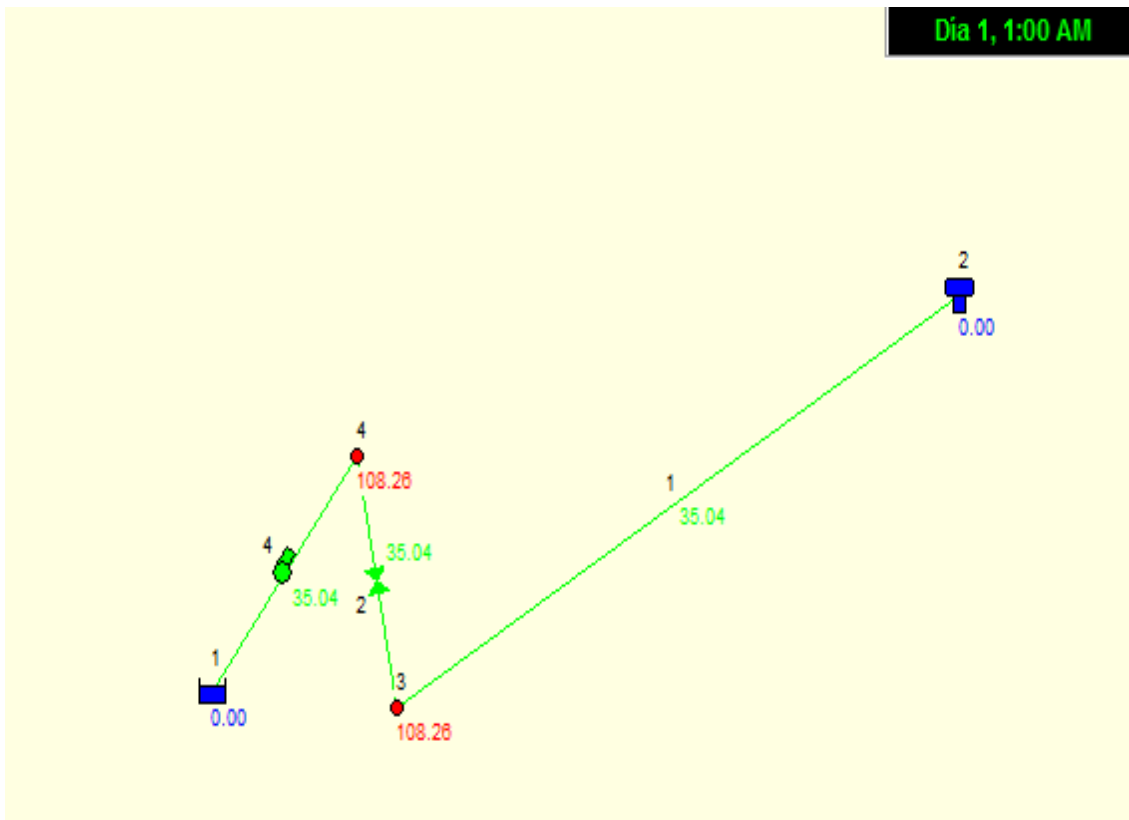
Figura 4.5 Curva de Modulación

Día 1, 12:00 am

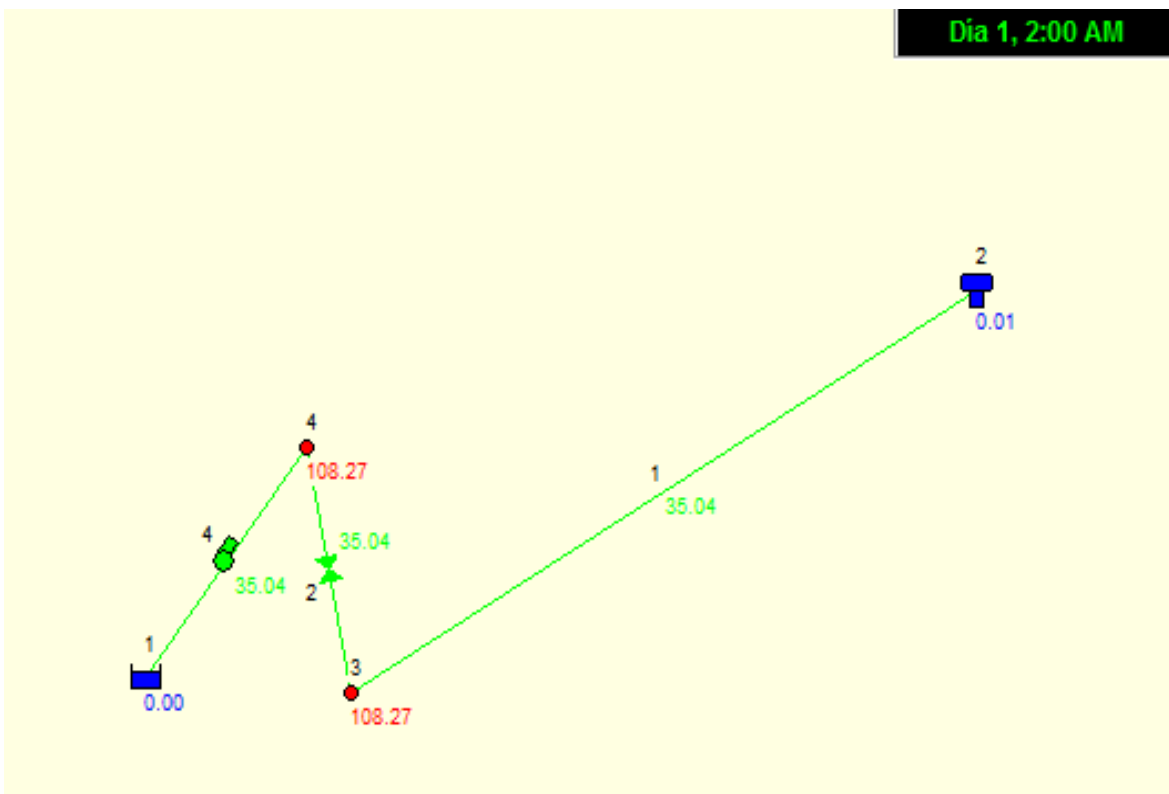


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 1:00 am

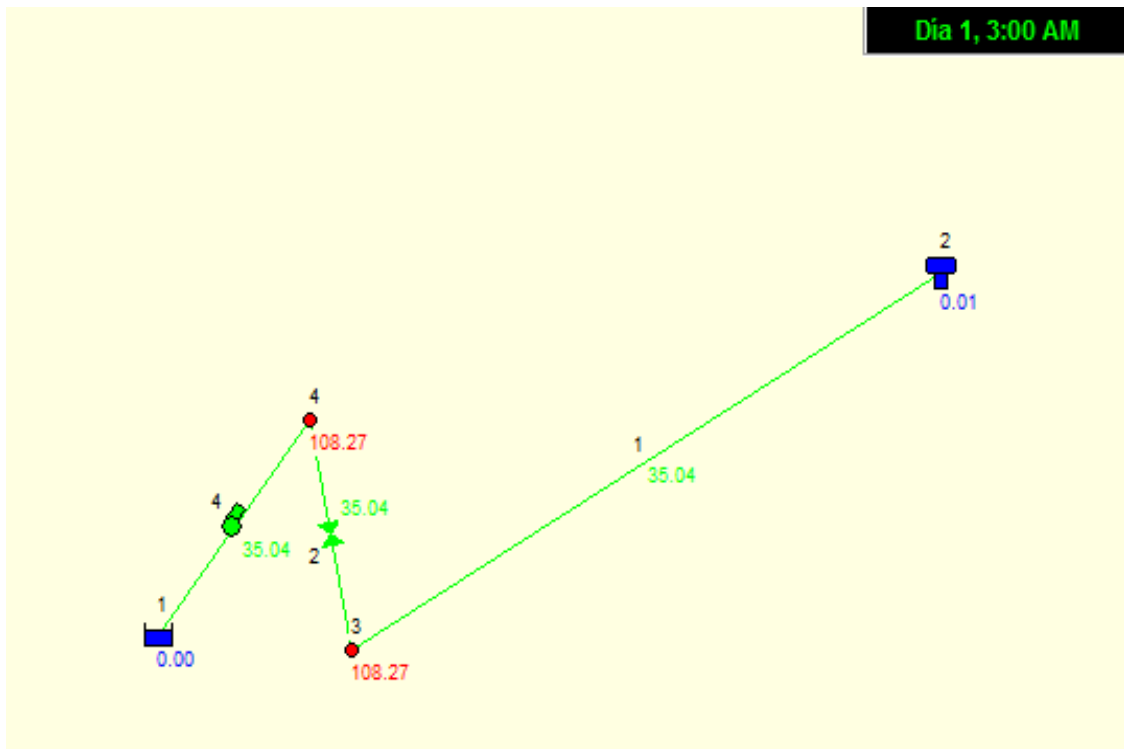


Día 1, 2:00 am

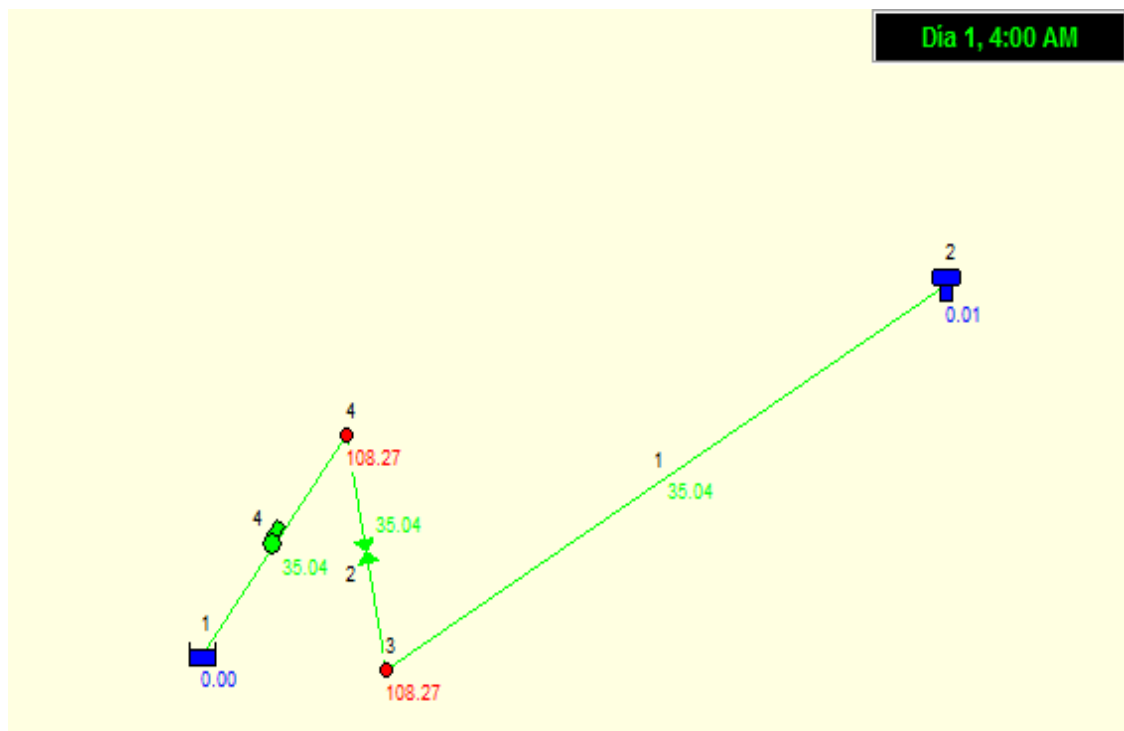


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 3:00 am

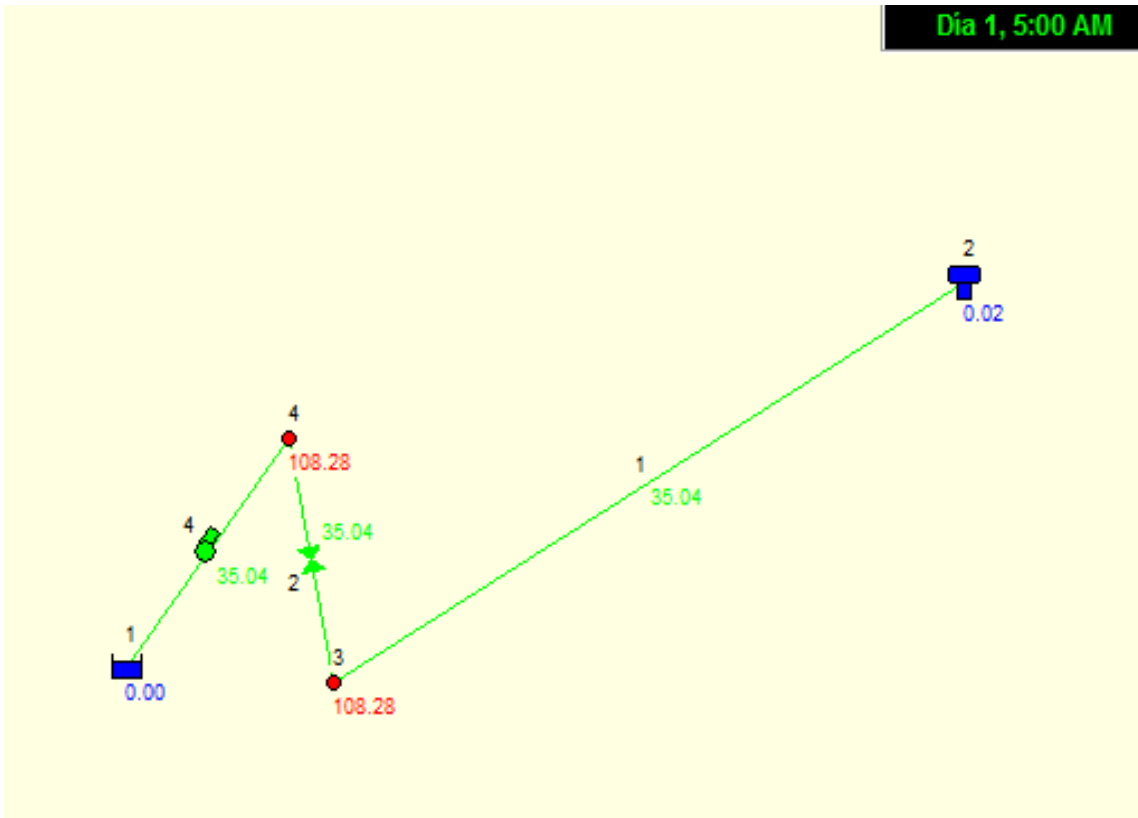


Día 1, 4:00 am

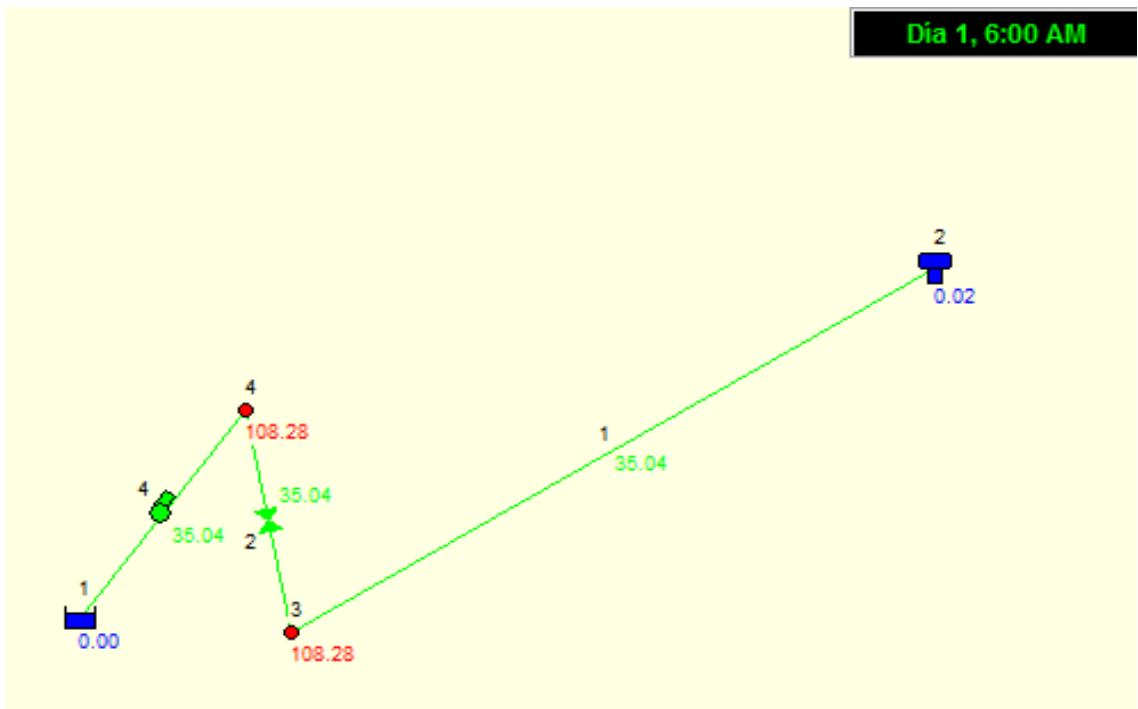


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 5:00 am

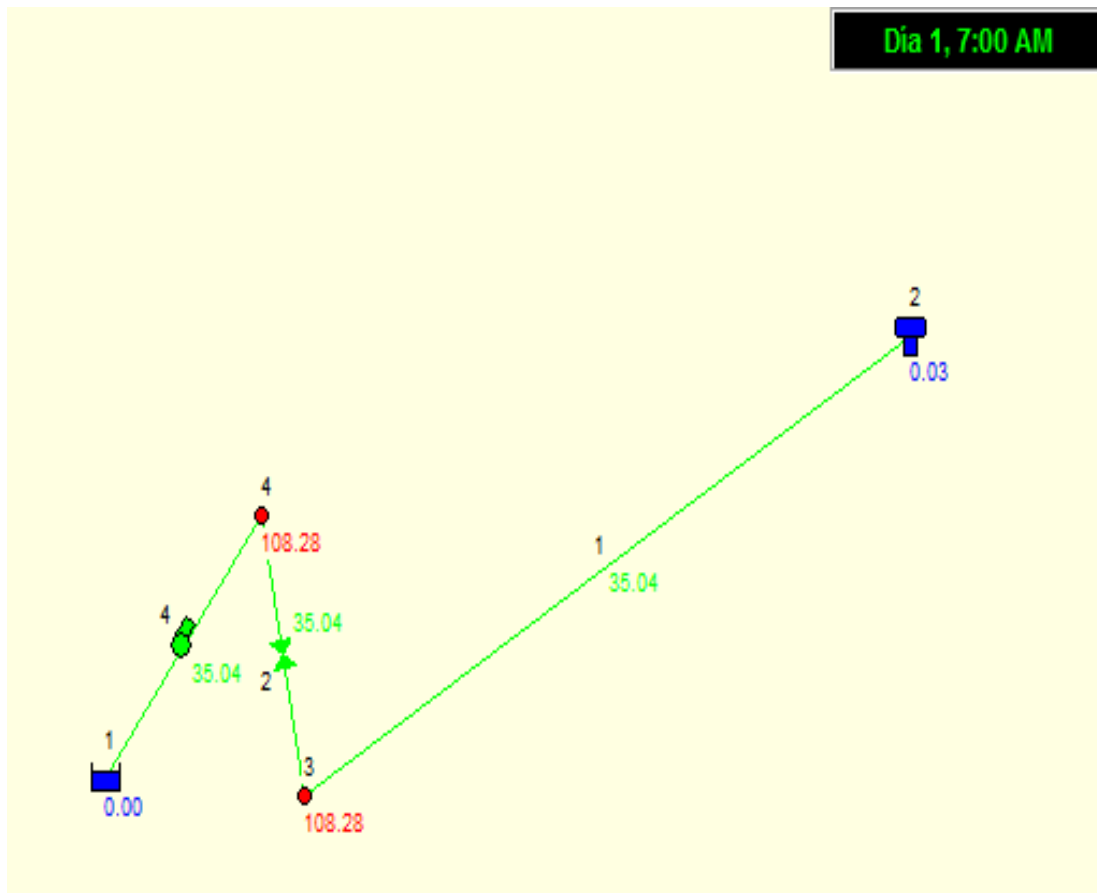


Día 1, 6:00 am

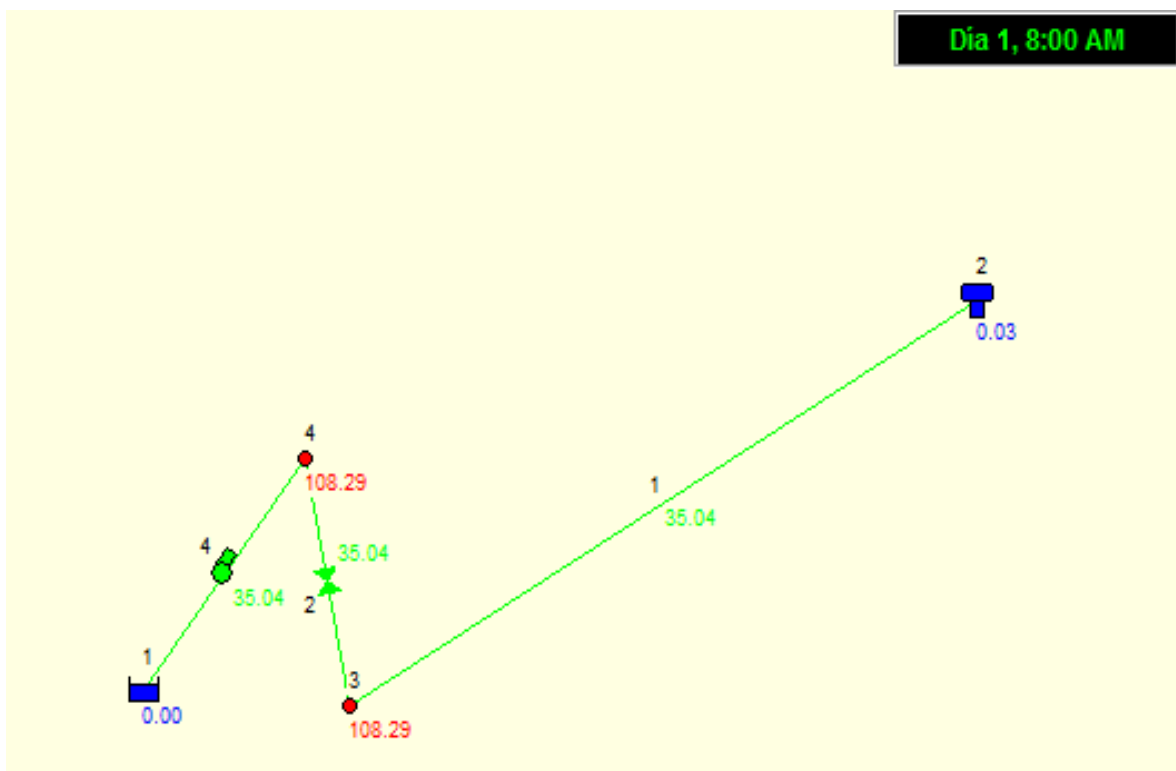


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 7:00 am

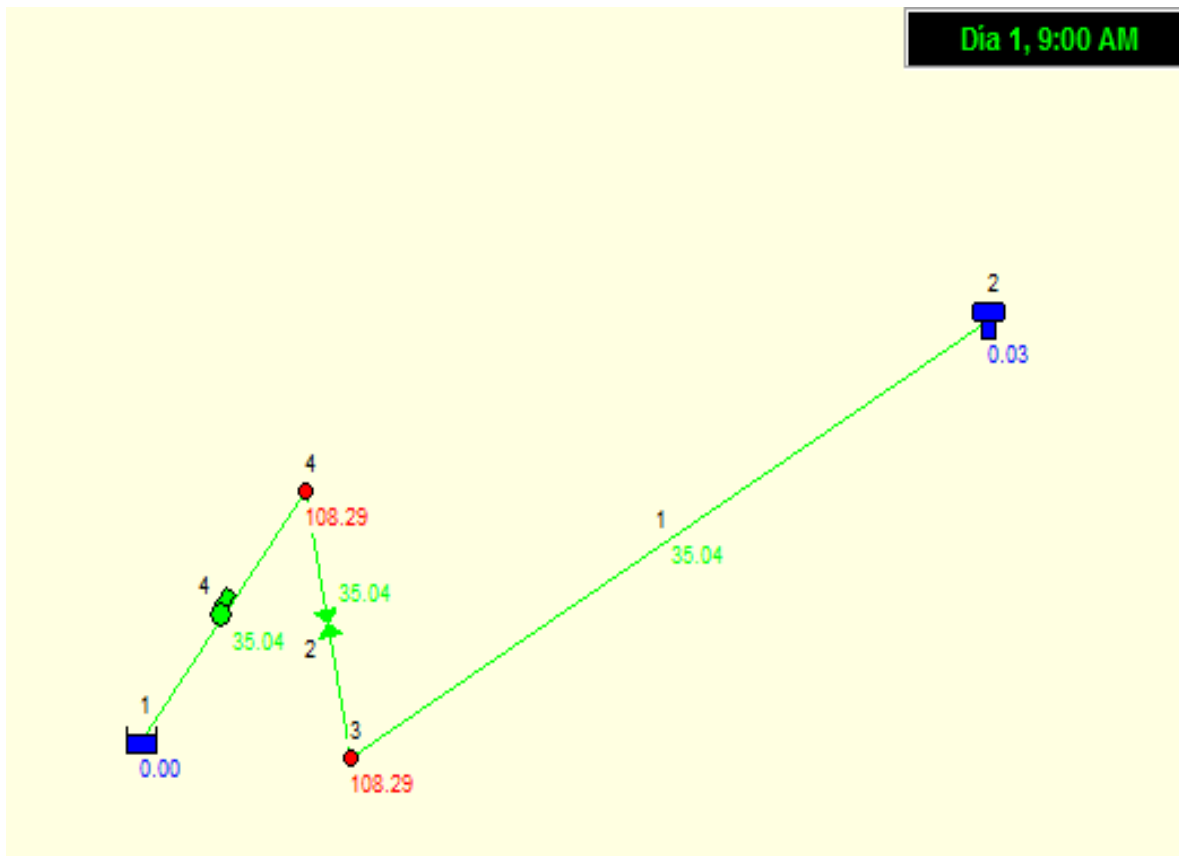


Día 1, 8:00 am

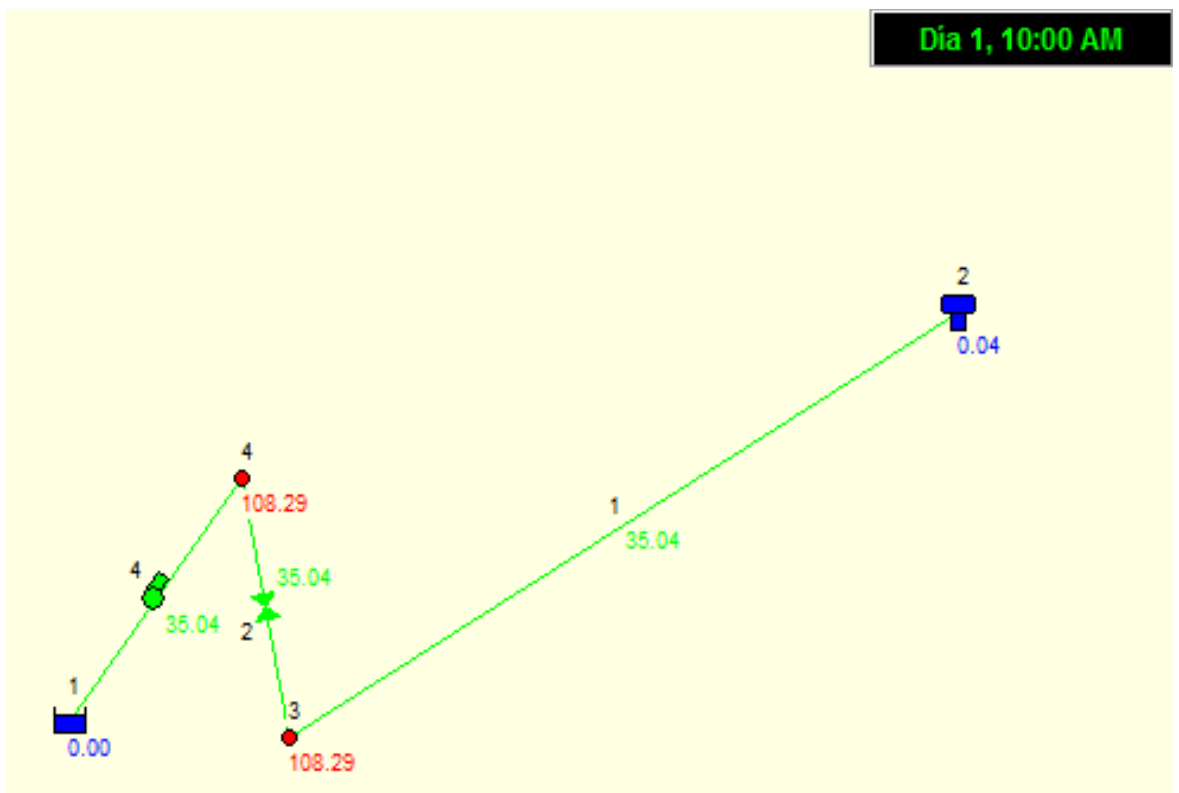


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 9:00 am

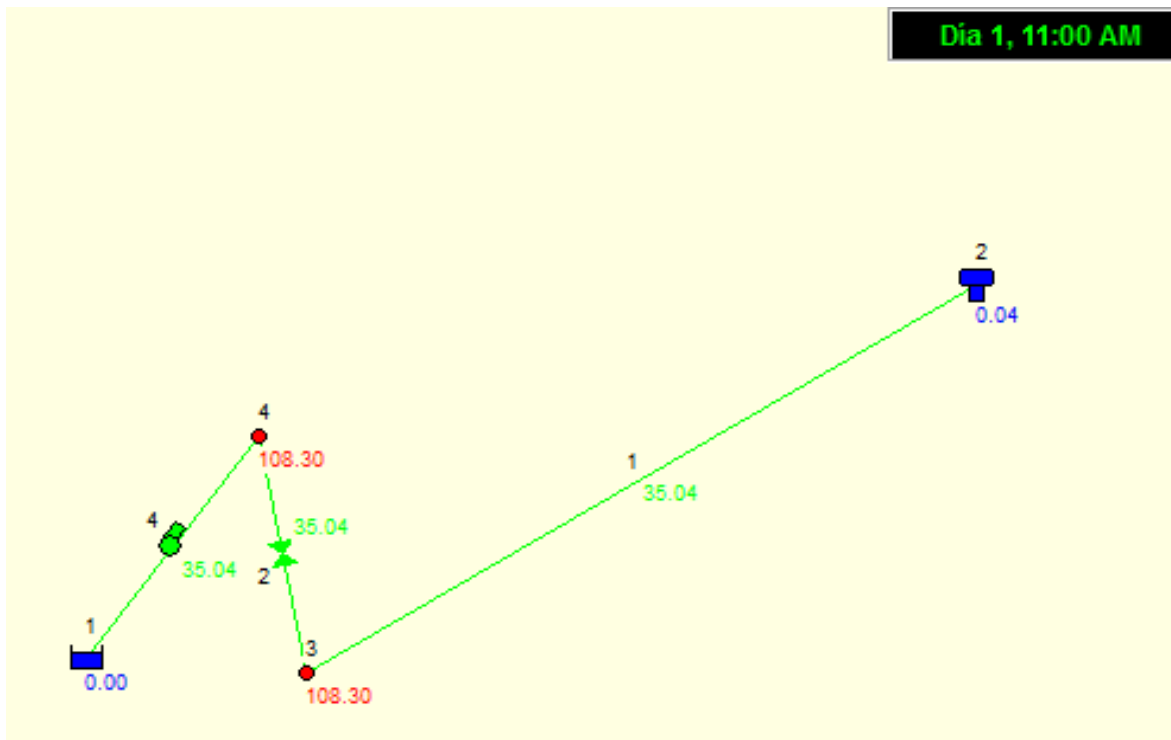


Día 1, 10:00 am

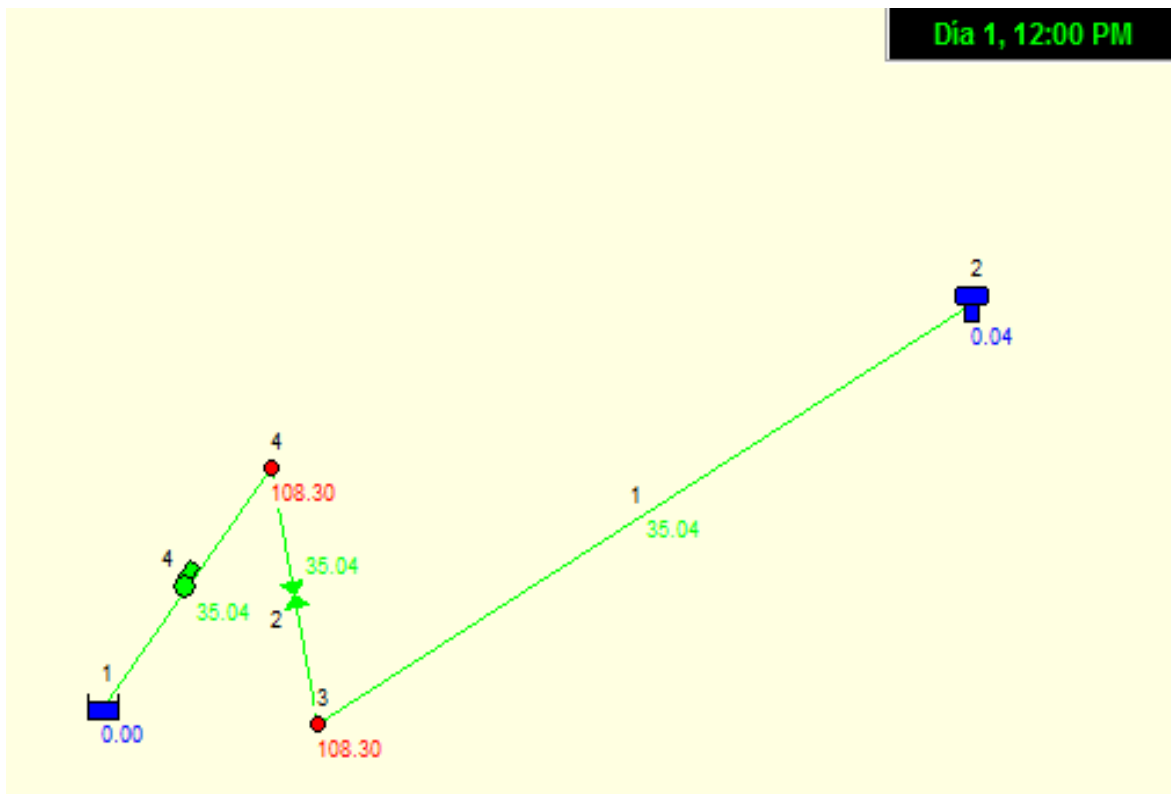


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 11:00 am

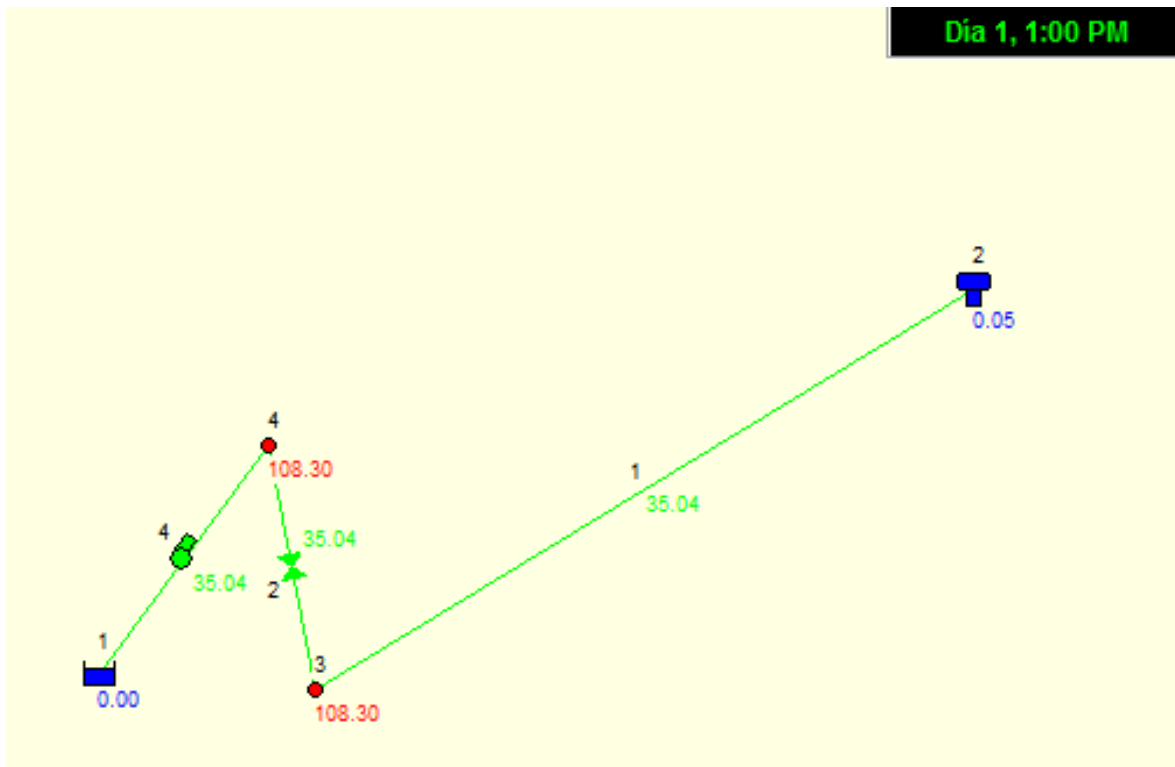


Día 1, 12:00 pm

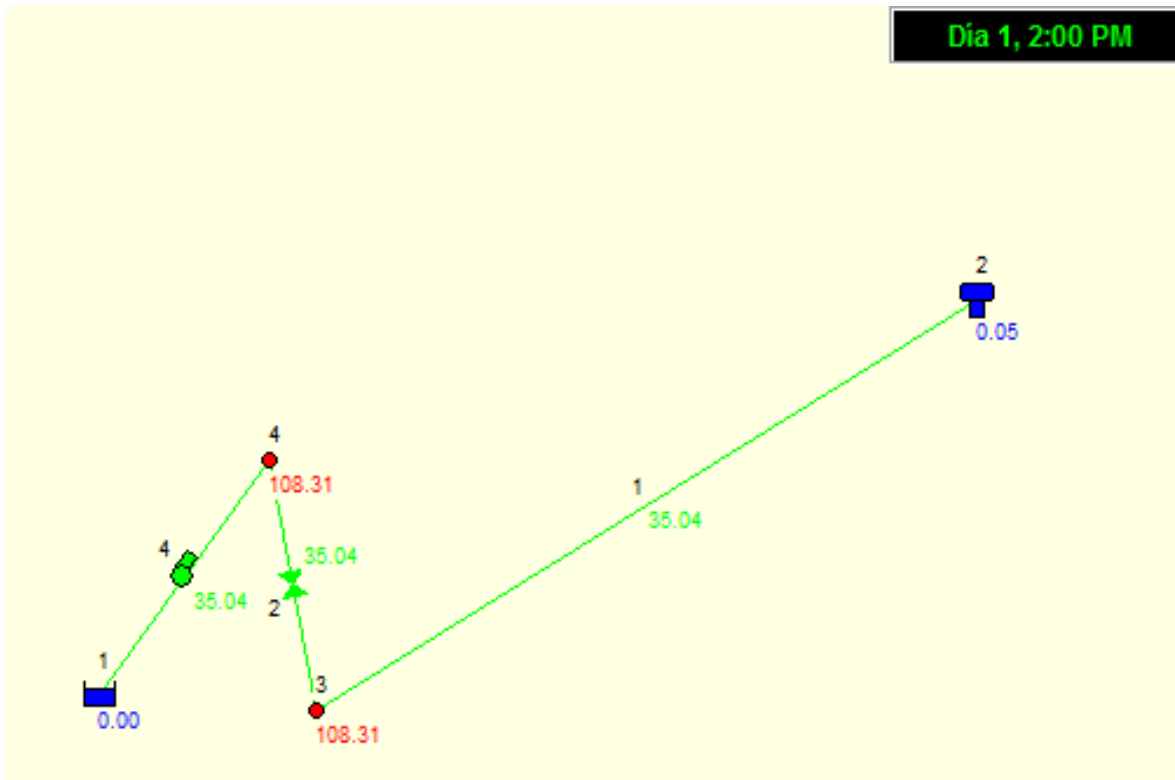


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 1:00 pm

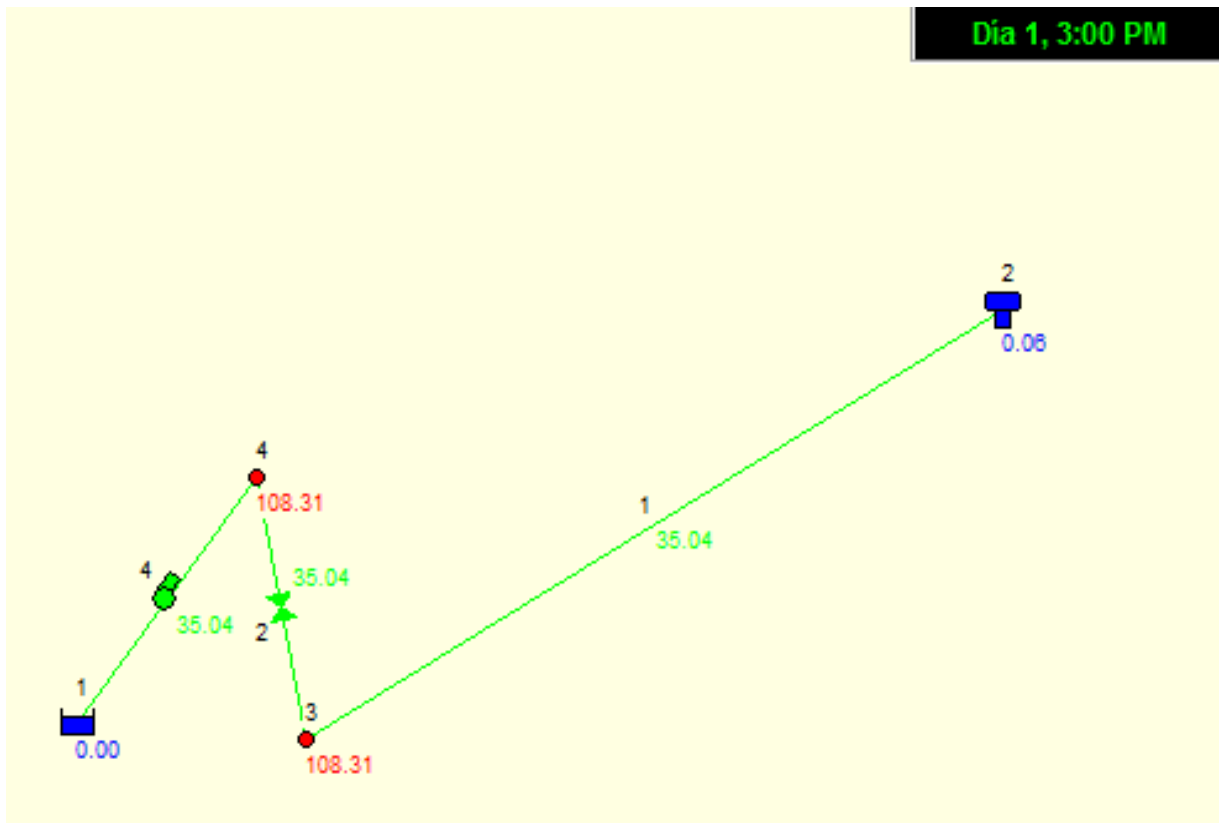


Día 1, 2:00 pm

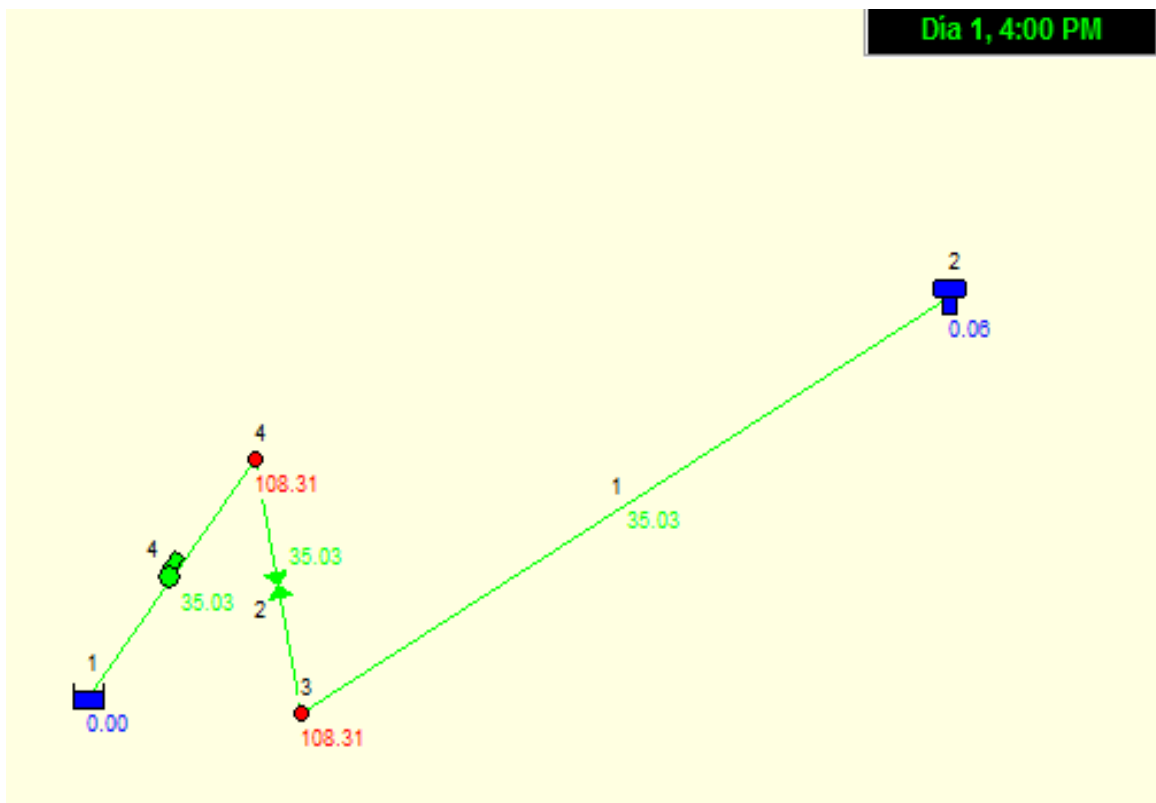


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 3:00 pm

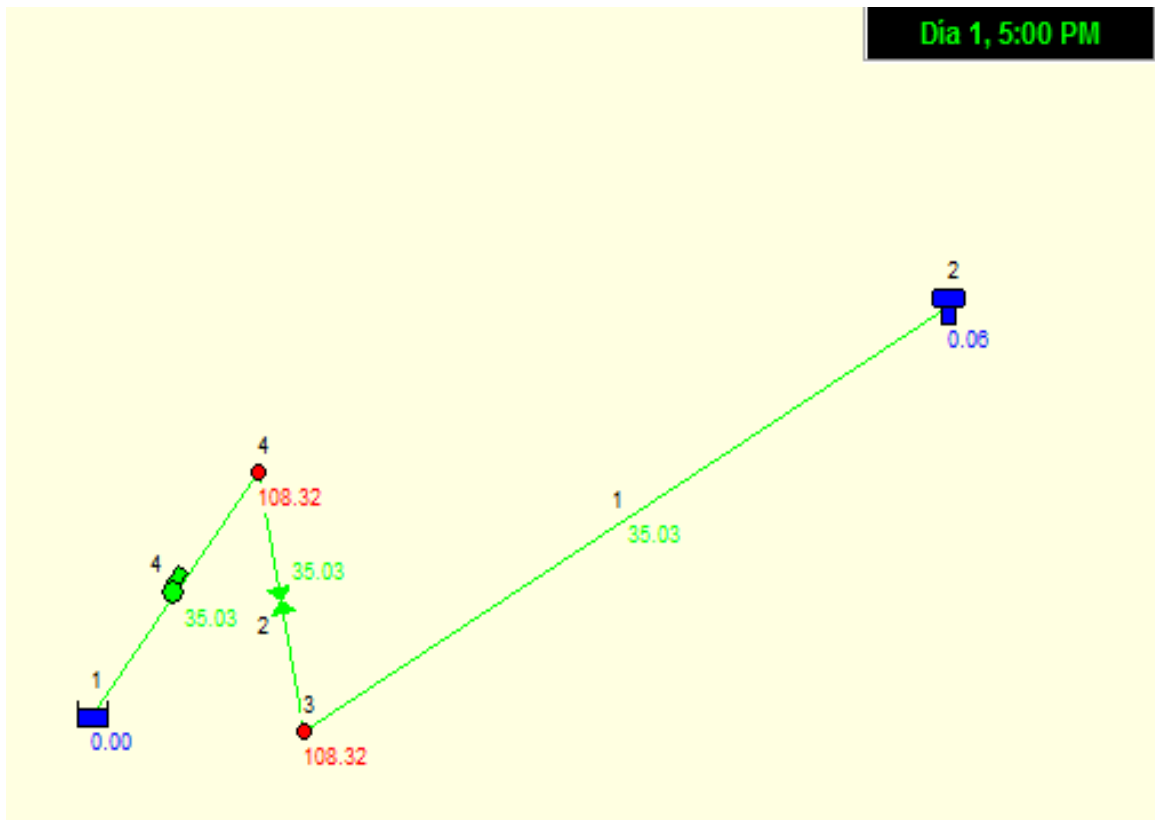


Día 1, 4:00 pm

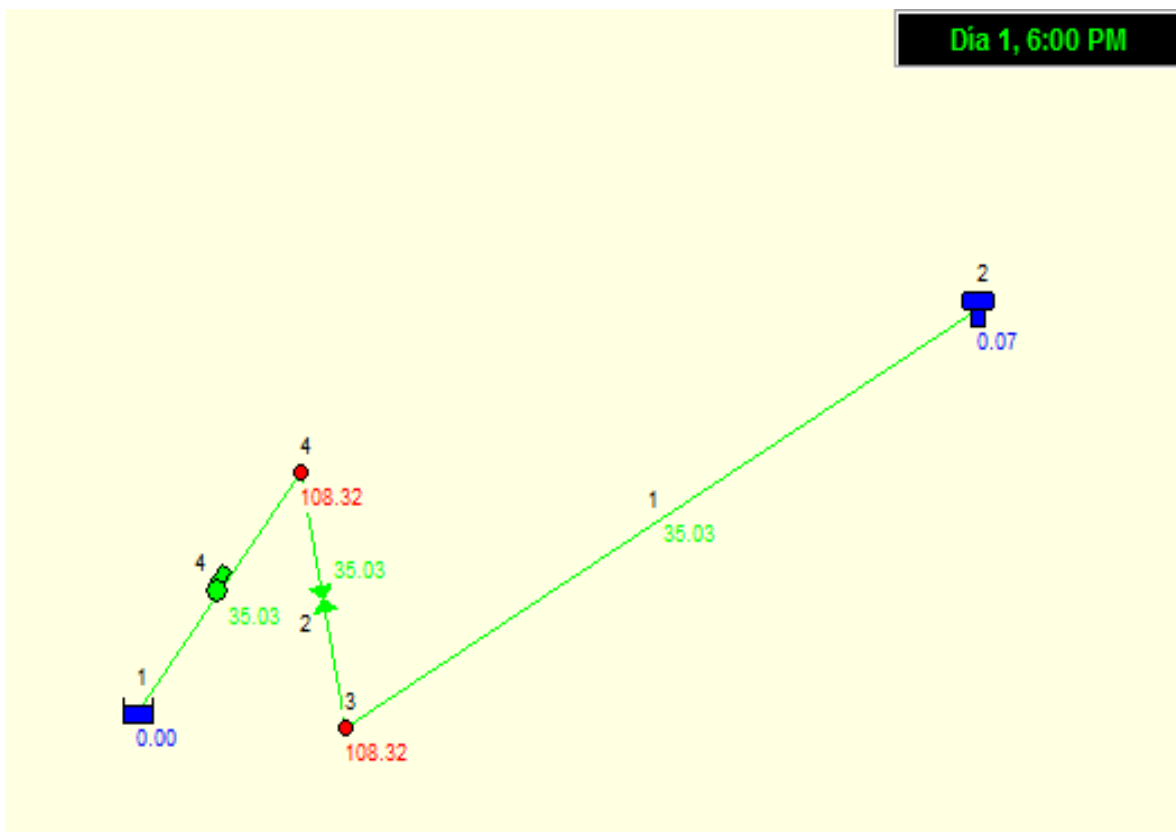


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 5:00 pm

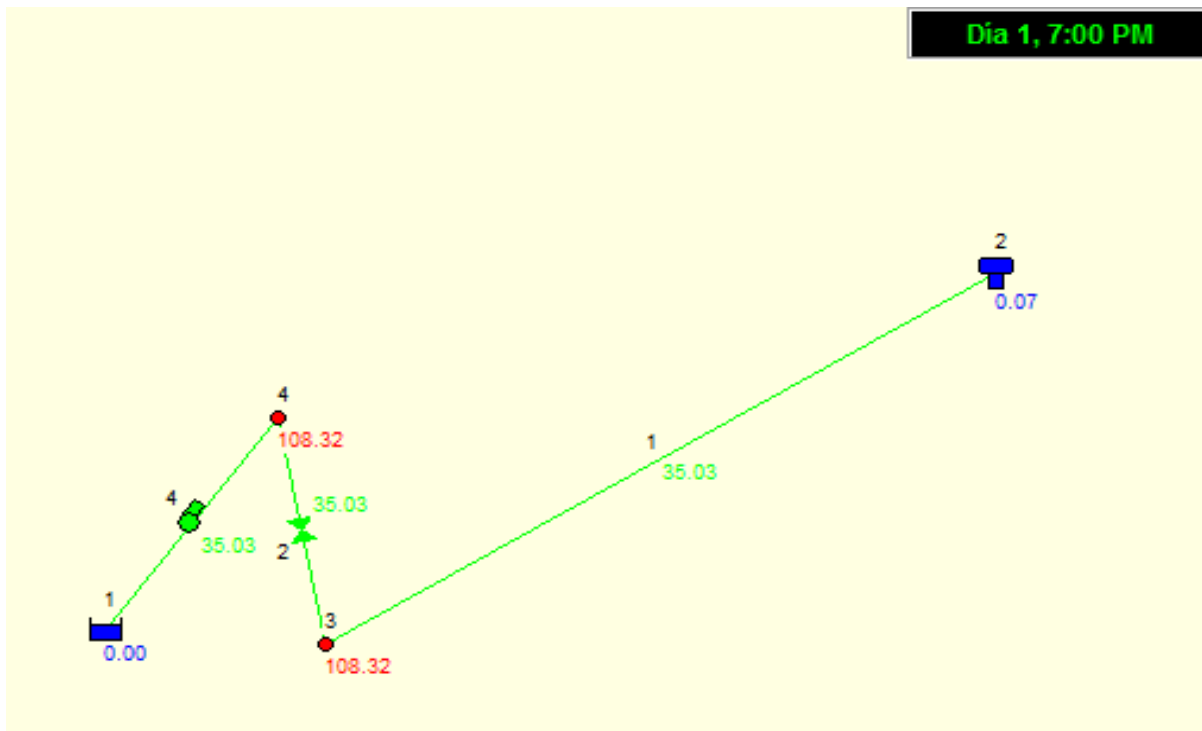


Día 1, 6:00 pm

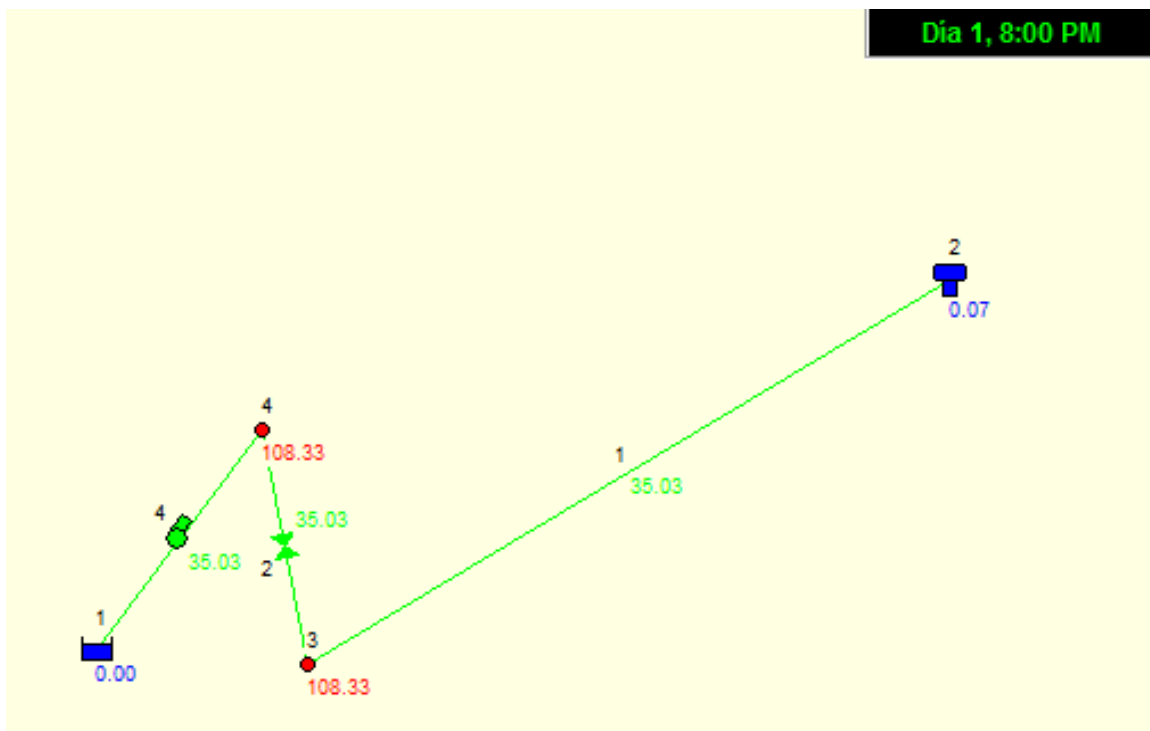


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 7:00 pm

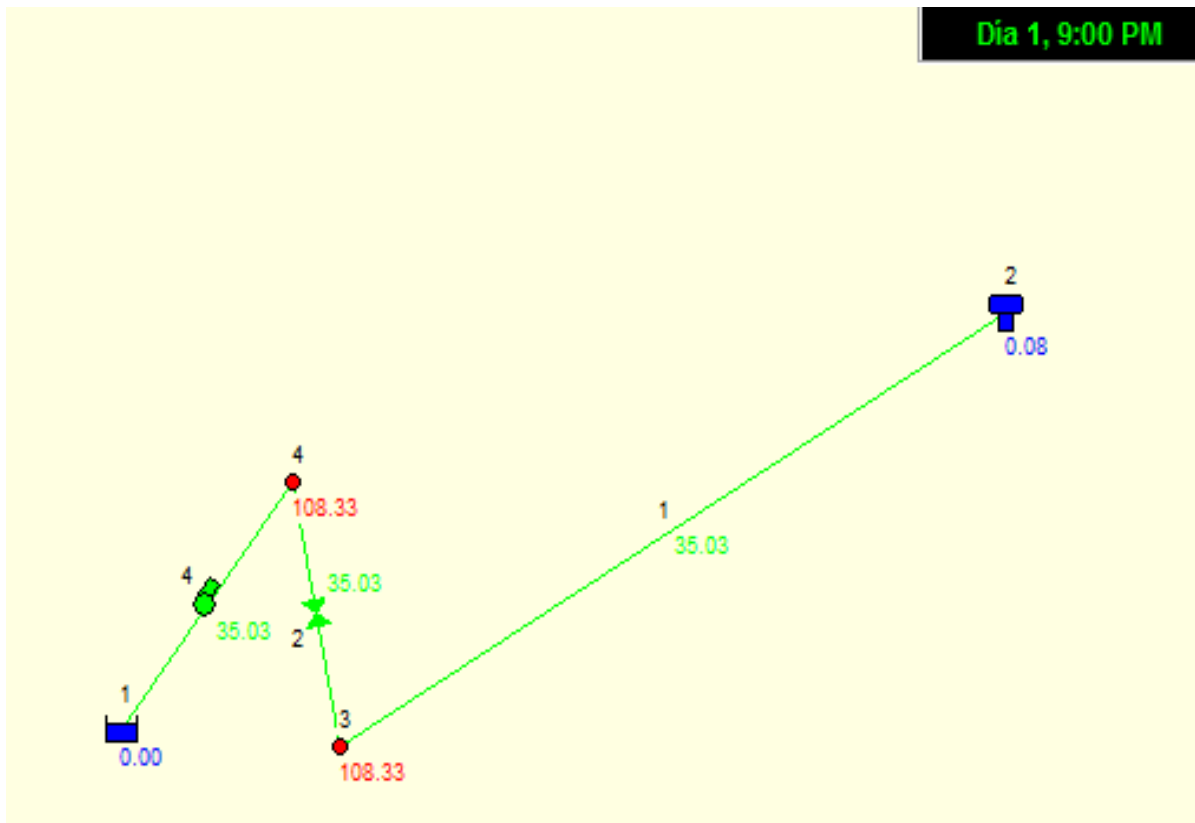


Día 1, 8:00 pm

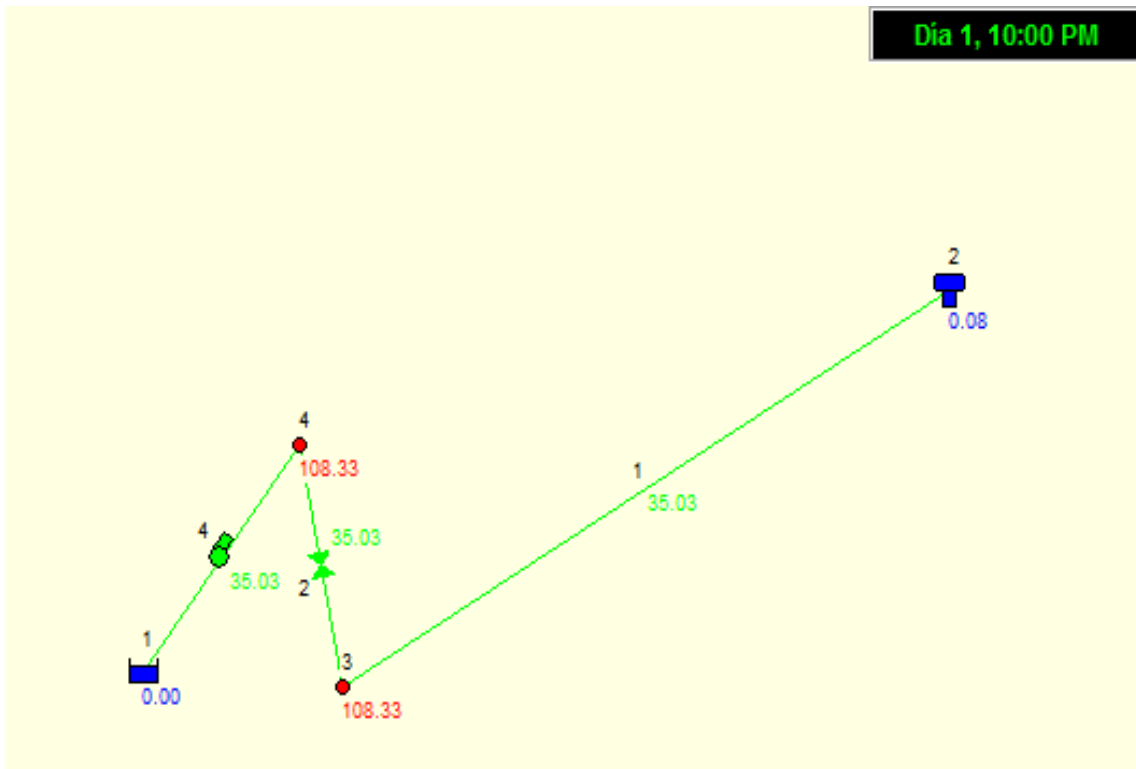


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 9:00 pm

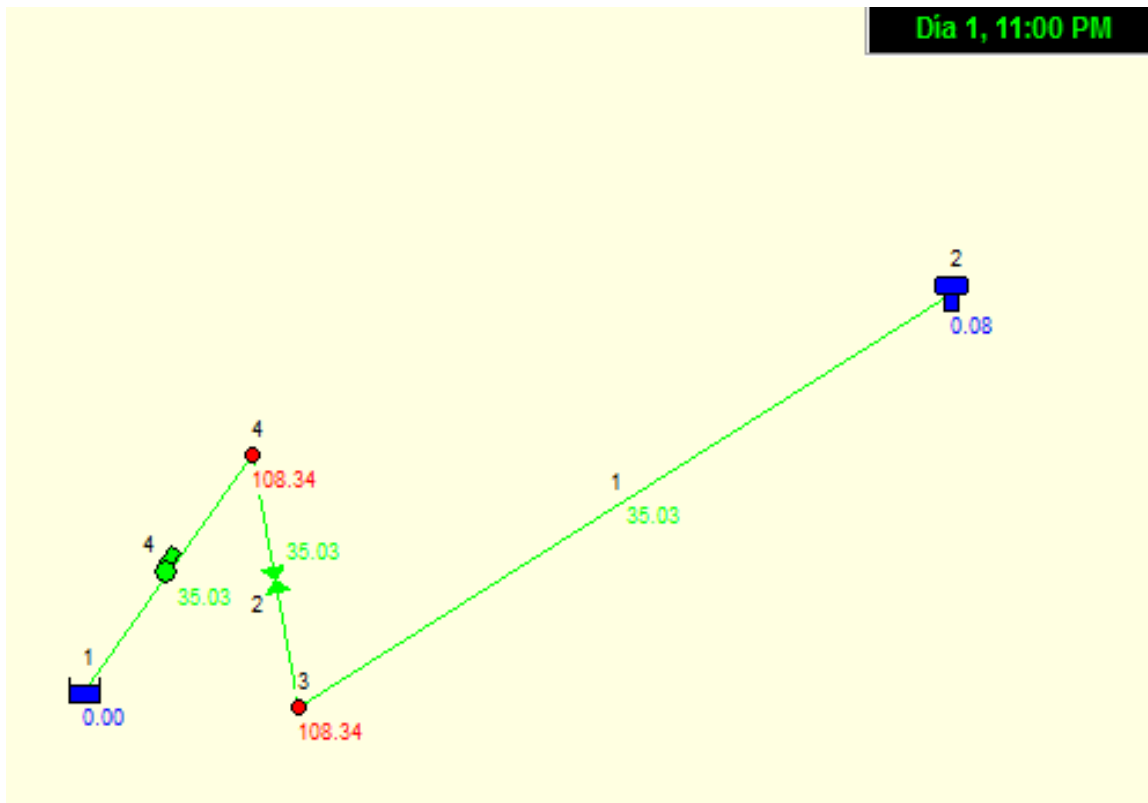


Día 1, 10:00 pm

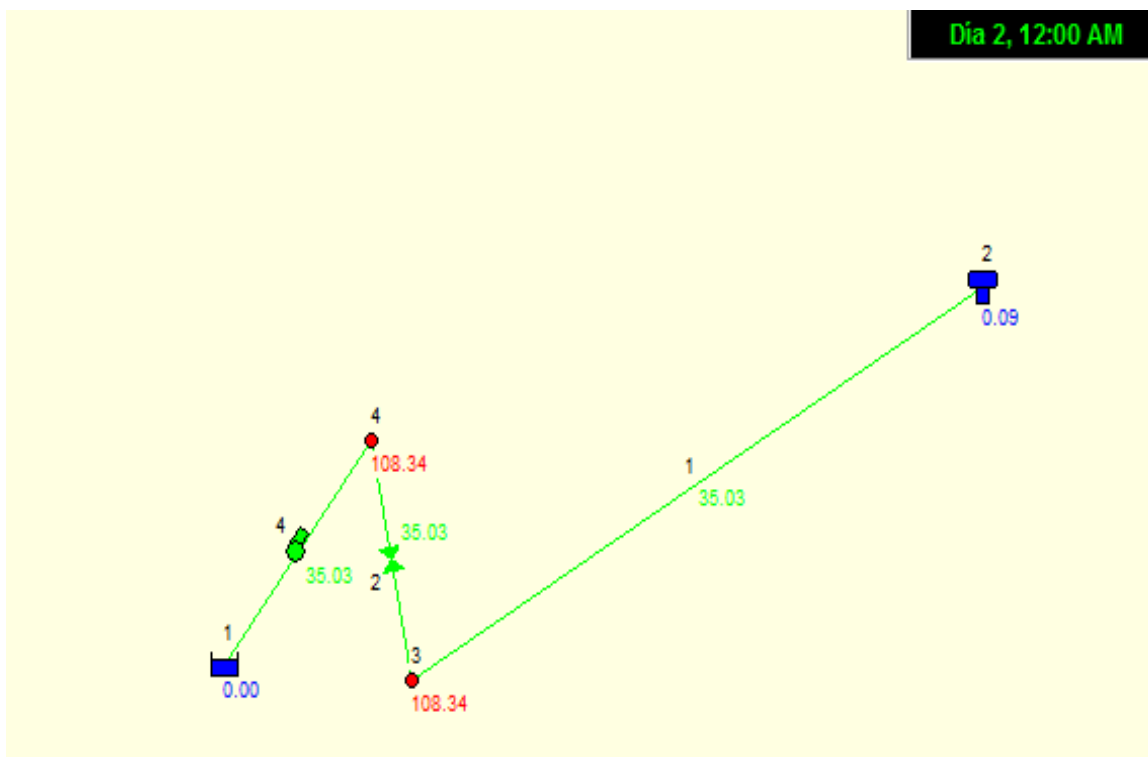


LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Día 1, 11:00 pm



Día 2, 12:00 am



Con los resultados obtenidos en el Capítulo 3, se comparan con los resultados obtenidos con el software EPANET.

EPANET		Capítulo 3
ID Nudo	Presión (m)	Presión (m)
3, 4	108.26	109.81

EPANET			Capítulo 3	
ID Tubería	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería 1	35.04	1.02	35	1.022

En las tablas anteriores se muestra la comparación de los resultados obtenidos; los cuales tienen una pequeña diferencia esto debido a que el software al analizar la línea realiza iteraciones, lo cual provoca pequeñas variaciones con los resultados del capítulo 3.

5. FIJACIÓN

Objetivo: Diseñar los soportes de la línea de alimentación del sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey, Huehuetoca, México.

5.1. Atraques

5.2. Soportes

5.1 Atraques

En el diseño de la línea de conducción es necesario diseñar unas estructuras conocidas como **atraques**.

Los atraques son estructuras que transmiten al suelo que se generan las fuerzas los cambios de dirección (horizontal y/o vertical) y en las piezas especiales de la tubería (cambios de diámetro, válvulas, yee, tee, etc).

Estos se modelan como empotres, restringiendo todos los posibles movimientos con atraques los cuales absorban las fuerzas axiales que origine la tubería en operación. Para conseguir una mayor resistencia del atraque al volteo y disminuir el tamaño del bloque puede colocarse anclas al terreno, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan.

El diseño del atraque de la línea de conducción se tomara la fuerza que se presenta por presión hidrostática, dicha fuerza se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_r = P_i A$$

Donde:

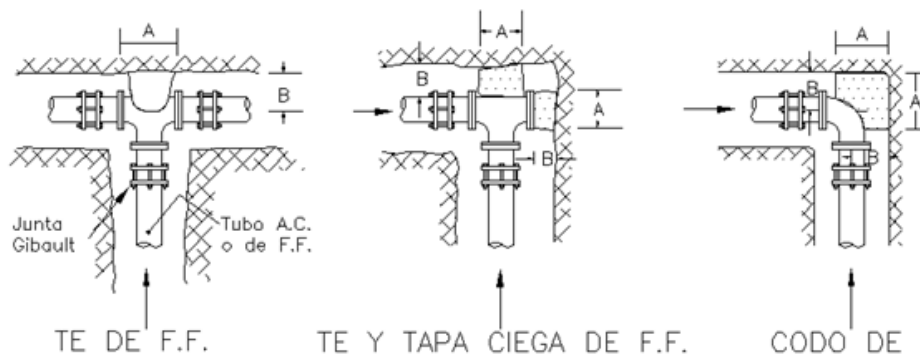
F_r = Fuerza resultante para el diseño

P_i = Presión interna máxima

A = Área de la sección transversal de la tubería

La fuerza resultante obtenida en la línea de conducción, esta fuerza se utilizara para el diseño de atraques de la línea; la resistencia se obtiene al transferir la fuerza al suelo mediante un área mayor de contacto del atraque (bloque) de modo que la presión resultante con el suelo no exceda la fuerza cortante horizontal del mismo (el empuje pasivo).

DIRECCION DE LOS EMPUJES Y FORMA DE COLOCAR LOS ATRAQUES



- 1.-LAS PIEZAS ESPECIALES DEBERAN ESTAR ALINEADAS Y NIVELADAS ANTES DE COLOCAR LOS ATRAQUES, LOS CUALES QUEDARAN PERFECTAMENTE APOYADOS AL FONDO Y PARED DE LA ZANJA.
- 2.-EL ATRAQUE DEBERA COLOCARSE EN TODOS LOS CASOS ANTES DE HACER LA PRUEBA HIDROSTATICA DE LAS TUBERIAS.
- 3.-ESTOS ATRAQUES SE USARAN EXCLUSIVAMENTE PARA TUBERIAS ALOJADAS EN ZANJA.

Los parámetros involucrados en el diseño de atraques son: diámetro del tubo, presión de diseño, ángulo del codo (o configuración de los accesorios implicados) y la fuerza de corte horizontal del suelo (empuje pasivo del suelo).

Criterios generales para diseño de atraques:

- La superficie de apoyo debe estar en contacto con suelo inalterado. Cuando esto no sea posible, el relleno entre el atraque y el suelo inalterado deberá compactarse por lo menos al 90% de la prueba Proctor Estándar.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- La altura (h) del bloque debe ser igual o menor que la mitad de la profundidad de la excavación, (Ht), pero no menor que el diámetro del tubo (D).
- La altura del bloque (h) deberá ser escogida de tal manera que el ancho calculado del bloque (b) varíe entre una y dos veces la altura.

Para el diseño del atraque, primero se tiene que convertir las cargas de trabajo y de sobrepresión de la tubería en una presión para así poder calcular la fuerza. Esta fuerza será la base con la que se diseñara la estructura.

$$Carga_{Total} = Carga \text{ de trabajo} + \text{sobrepresión absorbida por la tubería}$$

$$Carga_{Total} = 109.81 + 28.66 = 138.47 \text{ mca}$$

Convirtiendo mca a kg/cm^2 :

$$1 \frac{kg}{cm^2} = 10 \text{ mca}$$

$$138.47 \text{ mca} * \frac{1 \text{ kg/cm}^2}{10 \text{ mca}} = 13.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_i = 13.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_{Tubería} = 208.76 \text{ mm} = 20.876 \text{ cm}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (20.876)^2}{4} = 342.282 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto:

$$F_r = P_i A = \left(13.84 \frac{kg}{cm^2} \right) (342.282 \text{ cm}^2) = 4737.182 \text{ kg} = 4.7371 \text{ toneladas}$$

$$F_r = 4.7371 \text{ toneladas}$$

5.1.1 Diseño del Atraque

El diseño realizó considerando al atraque como una zapata aislada. Los datos que se tomaron en cuenta para el diseño del atraque son los siguientes:

En el estudios de mecánica de suelo se determinó que se puede transmitir una presión máxima $P_R = 8 \text{ ton/m}^2$. El diseño del atraque será con un concreto de $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de refuerzo con $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

- Carga axial de diseño

Fuerza	4.737 ton
Peso estimado del atraque	0.284 ton (se estima el 6% de la fuerza)
Fuerza total sobre el suelo	<u>P = 5.021 ton</u>

Por lo tanto:

$$P_u = F_c P = (1.4)(5.021) = 7.029 \text{ ton}$$

- Se empleará un atraque cuadrado de lado B, el área necesaria será:

$$B^2 = \frac{P_u}{P_R} = \frac{7.029}{8} = 0.878 \text{ m}^2$$

$$B = 0.878^{1/2} = 0.937 \text{ m}$$

Se empleará una **B = 1.0 m**

- La presión de contacto para el dimensionamiento del atraque se calcula sin considerar el peso del atraque:

$$p_u = \frac{1.4 * 4.737}{1 * 1} = 6.631 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Determinación del peralte del atraque:

Fuerza cortante:

$$v_u = P_u [B^2 - (c + d)^2]$$

$$c = D_{\text{tubería}} = 0.254 \text{ m}$$

$$P_u = 6.631 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Suponiendo } d = 0.3 \text{ m}$$

$$v_u = 6.631 [1^2 - (0.254 + 0.3)^2] = 4.595 \text{ ton}$$

El área de la sección crítica vale:

$$S = 4d (c + d) = 30 * 4(25.4 + 30) = 6648 \text{ cm}^2$$

El esfuerzo cortante último vale:

$$v_u = \frac{V_u}{S} = \frac{4595}{6648} = 0.69 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

El esfuerzo cortante resistente para falla por pulzonamiento según RCDF es:

$$V_R = F_R \sqrt{f * c} = 0.8 \sqrt{0.8 * f'c} = 0.8 \sqrt{0.8 * 150} = 8.763 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

La sección resulta un poco sobrada se reducirá $d = 15 \text{ cm}$

$$v_u = 6.631 [1^2 - (0.254 + 0.15)^2] = 5.548 \text{ ton}$$

$$S = 15 * 4(25.4 + 15) = 2424 \text{ cm}^2$$

$$v_u = \frac{5548}{2424} = 2.28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 8.763 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

La sección sigue sobrada pero por condiciones del proyecto el peralte se toma **$d = 15 \text{ cm}$** .

- Refuerzo por flexión

El momento en la sección crítica es:

$$M_u = P_u \times \frac{B}{8} (B - c)^2$$

$$M_u = 6.631 \times \frac{1(1 - 0.254)^2}{8} = 0.4612 \text{ ton} - \text{m} = 46120 \text{ kg} - \text{cm}$$

Área de refuerzo se calcula:

$$A_s = \frac{M_u}{F_R 0.9d \times f_y} = \frac{46120}{0.9 \times 0.9 \times 15 \times 4200} = 0.9037 \text{ cm}^2$$

Si se refuerza con barras #2 $A_b = 0.32 \text{ cm}^2$, la separación será:

$$s = \frac{BA_b}{A_s} = \frac{100 \times 0.32}{0.9037} = 35.40 \text{ cm}$$

Esto corresponde a una cuantía de refuerzo:

$$p = \frac{A_b}{sd} = \frac{0.32}{35.4 \times 15} = 0.000609$$

El refuerzo mínimo por flexión:

$$p_{\min} = \frac{0.7\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0.7\sqrt{150}}{4200} = 0.00204 > 0.000609$$

El refuerzo propuesto es menor que los mínimo exigidos por el reglamento por lo que se tomará el $A_{s\min}$.

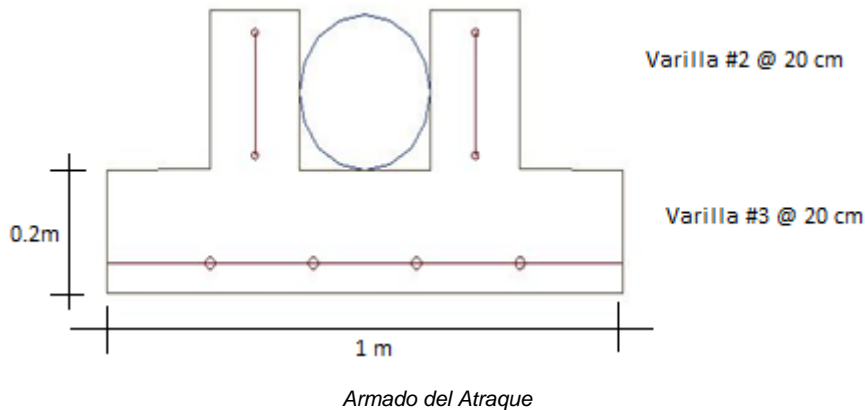
$$A_{s\min} = p_{\min}bd = 0.00204 \times 100 \times 15 = 3.06 \text{ cm}^2$$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Si se refuerza con barras #3 $A_b = 0.71 \text{ cm}^2$, la separación será:

$$s = \frac{100 \times 0.71}{0.90373.06} = 23.20 \text{ cm}$$

Se emplearán barras del **#3 @ 20 cm** en ambas direcciones



Cuantía:

$$p = \frac{0.71}{20 \times 15} = 0.00236 > 0.00204 \text{ cumple por reglamento}$$

- Peralte total del atraque resulta:

$$h = d + \frac{d_b}{2} + r$$

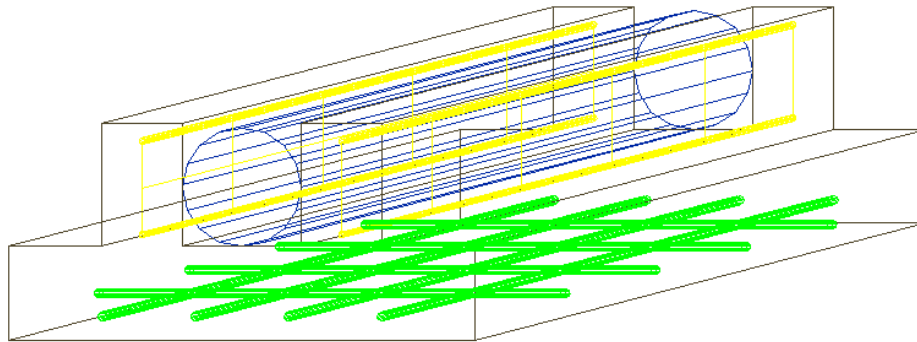
$$d_b = \varnothing \text{varilla} = 0.953 \text{ cm para una varilla \#3}$$

$$r = 5 \text{ cm por especificación en estructuras enterradas}$$

$$h = 15 + \frac{0.953}{2} + 5 = 20.47 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

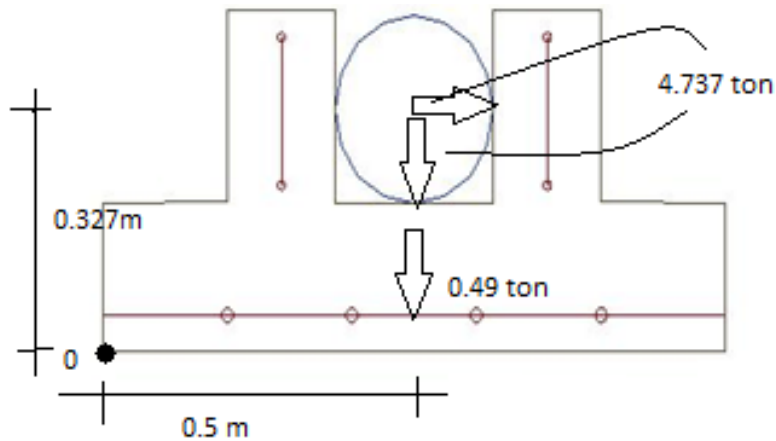
- Peso total de la zapata

$$w = 1 \times 1 \times .20 \times 2.4 = 0.48 \text{ ton}$$



Esqueleto del atraque

5.1.2 Revisión por volteo



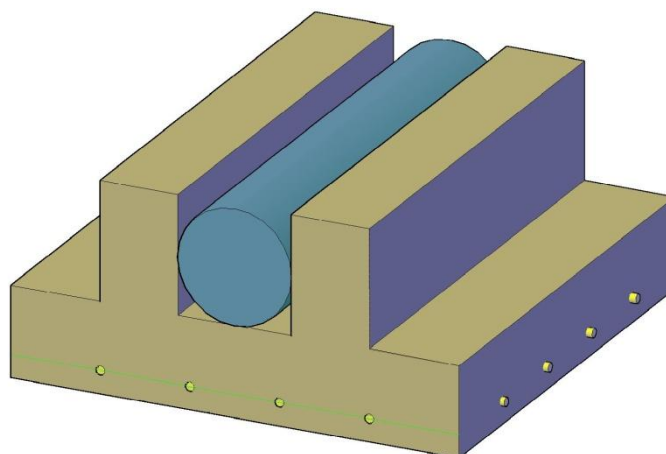
- Momento actuante de las fuerzas de presión en el tubo respecto aún punto 0:

$$M_A = 4.737 \times 0.327 \text{ m} = 1.548 \text{ ton} - \text{m}$$

- Momento de las fuerzas verticales que se oponen al volteo:

$$M_R = (0.48 \times 0.5) + (4.737 \times 0.5) = 2.608 \text{ ton} - \text{m}$$

$$F_S = \frac{M_R}{M_A} = \frac{2.608}{1.548} = 1.685 > 1.5 \text{ cumple por reglamento}$$



Vista en 3D del atraque

5.2 Soportes

Los soportes son estructuras que se utilizan para facilitar la conducción de fluidos en cruces de edificios, plantas de tratamiento, en este caso será el cruce de una Autopista. En el diseño de la línea de alimentación, es necesario cruzar por debajo (puente inferior) de la Autopista México – Querétaro; por lo que emplearán estructuras metálicas antes mencionadas que son los soportes.

En esta situación es necesario usar estos soportes a intervalos definidos a lo largo del tendido de la tubería que cruzará la Autopista.



Autopista México - Querétaro

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



Puente inferior del cruce de la línea de alimentación

5.2.1 Peso total que descarga en los soportes

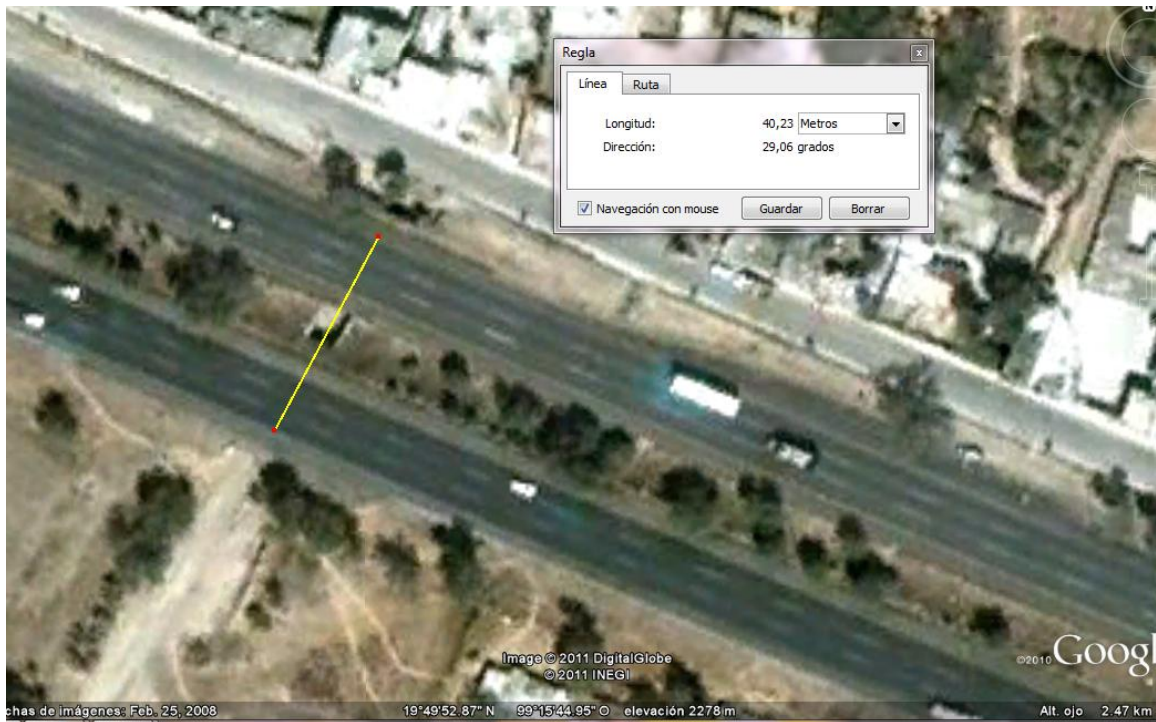


Figura 5.2 Distancia del cruce de la línea

La distancia del puente inferior para el cruce de la línea de alimentación es de 40 metros; se emplearan 7 soportes para cumplir la norma de diseño el claro tiene que ser menor o igual a 6 metros.

$$Distancia = \frac{40}{7} = 5.71 \text{ metros} \approx 6 \text{ metros}$$

$\omega \Phi 10'' = 20.96 \text{ kg}$ por tramo de 6 m dato obtenido de ADS Mexicana

$$W_T = (L \times A_{tubo} \times P_{volumetrico \text{ agua}}) + W_{tuberia}$$

$$Diametro = 0.20876 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.20876)^2}{4} = 0.034228 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{agua} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

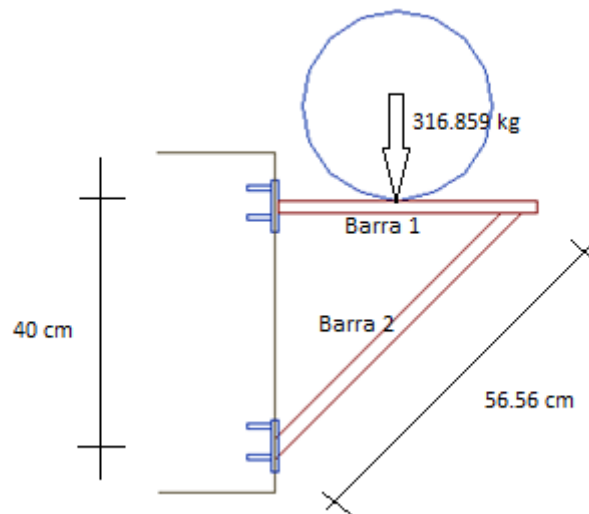
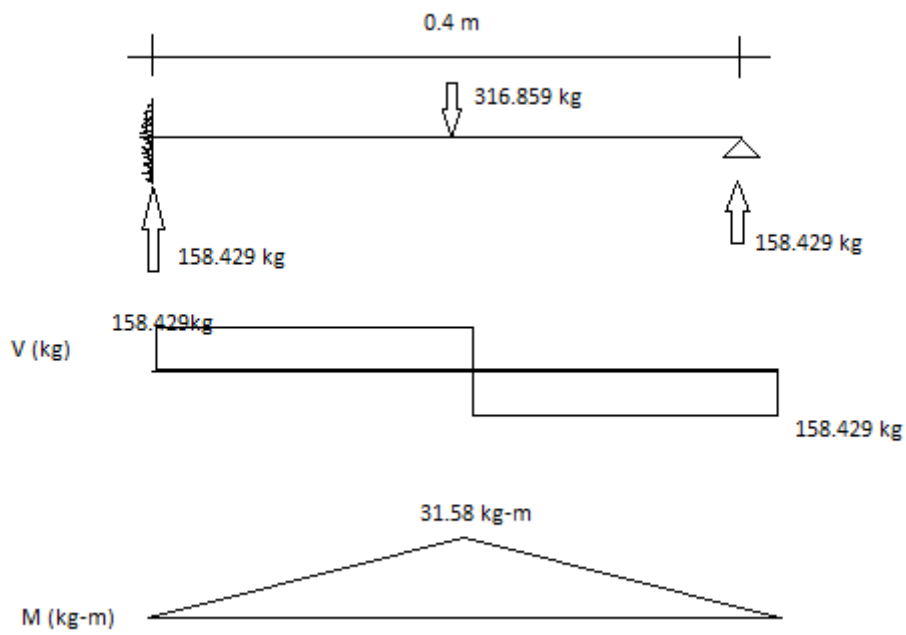
$$W_T = \left(6\text{m} \times 0.034228\text{m}^2 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) + 20.96 \text{ kg} = 226.328 \text{ kg}$$

$$W_{T\text{diseño}} = 1.4 \times 226.328 = 316.859 \text{ kg}$$

5.2.2 Diseño del soporte

Se considera al soporte como una viga empotrada con un apoyo en un extremo; con el objetivo de obtener los elementos mecánicos (momento y el cortante) para poder diseñar la estructura.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN



- Revisión por flexión de la barra 1.

Se empleará un PTR 2"x2"x1/4", Acero A-36 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Propiedades del PTR 2"x2"x1/4"

$$A = 10.26 \text{ cm}^2$$

$$I = 31.88 \text{ cm}^4$$

$$r = 1.76 \text{ cm}$$

$$S_{xx,yy} = 12.55 \text{ cm}^3$$

Calculo del esfuerzo cortante por flexión (f_b)

$$M_{\text{máx}} = 3168 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$f_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S} = \frac{3168}{12.55} = 252.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.66f_y = 0.66 \times 2530 = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de Esfuerzos

$$I = \frac{f_b}{F_b} = \frac{252.43}{1669.8} = 0.15 = 15\% \text{ Se acepta la barra}$$

- Revisión por compresión la barra 2

Se empleará un PTR 2"x2"x1/4", Acero A-36 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Propiedades del PTR 2"x2"x1/4"

$$A = 10.26 \text{ cm}^2$$

$$I = 31.88 \text{ cm}^4$$

$$r = 1.76 \text{ cm}$$

$$S_{xx,yy} = 12.55 \text{ cm}^3$$

$$\text{Compresión} = 158.429 \text{ kg}$$

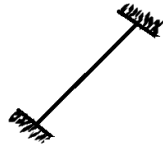
$$\frac{Kl}{r} \leq C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{f_y}}$$

si se cumple esta condición usar la siguiente fórmula:

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

$$F_a = \left[\frac{1 - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}{2C_c^2}}{\frac{5}{3} + \frac{3\frac{Kl}{r}}{8C_c} - \frac{\left(\frac{Kl}{r}\right)^3}{8C_c^3}} \right] f_y$$

La barra 2 esta empotrada en ambos lados se considera que el valor de $K = 0.5$



$$l = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56.56 \text{ cm}$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{0.5 \times 56.56}{1.76} = 16.06$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(2.1 \times 10^6)}{2530}} = 128$$

$16.06 \leq 128$ por lo tanto:

$$F_a = \left[\frac{1 - \frac{16.06^2}{2(128)^2}}{\frac{5}{3} + \frac{3(16.06)}{8(128)} - \frac{16.06^3}{8(128)^3}} \right] 2530 = 1464.91 \text{ kg/cm}^2$$

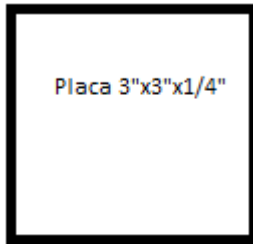
$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{158.429 \text{ kg}}{10.26 \text{ cm}^2} = 15.39 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos

$$I = \frac{f_a}{F_a} = \frac{15.39}{1464.91} = 0.0105 = 1.05\% \text{ se acepta la barra}$$

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

- Revisión de placas por cortante



Placa acero A-36 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Dimensiones: 7.62cm x 7.62cm x 0.635 cm

$V = 158.429 \text{ kg}$

$$F_v = 0.4f_y = 0.4 \times 2530 = 1012 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 7.62 \text{ cm} \times 0.635 \text{ cm} = 4.83 \text{ cm}^2$$

$$f_v = \frac{V}{A} = \frac{158.429 \text{ kg}}{4.83 \text{ cm}^2} = 32.80 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos

$$I = \frac{f_v}{F_v} = \frac{32.80}{1012} = 0.0324 = 3.24\% \text{ se acepta las placas}$$

- Revisión de la soldadura

Se empleara soldadura E60_{xx} = 60 ksi = 4222 kg/cm²

$$P = 316.859 \text{ kg}$$

$$V_s = (0.3)(f_y)(l)(0.7071)(t)$$

donde:

l = longitud de la soldadura

t = espesor de la soldadura

$$V_s = (0.3)(4222)(5.08)(0.7071)(0.5) = 2274.85 \text{ kg}$$

$$2274.85 > 316.859 \text{ cumple la soldadura}$$

- Revisión de barrenos

Se emplearan 4 barrenos $\Phi 3/8$ " (0.9525 cm) acero A-36

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Cuando la separación de los barrenos sea mayor a 3ϕ centro a centro entonces los barrenos en conjunto no se consideran como línea de falla.

$$3\phi = 3 \times 0.9525 \text{ cm} = 2.85 \text{ cm}$$

$$\text{Dist. entre barrenos} = \sqrt{6^2 + 6^2} = 8.48 \text{ cm}$$

$8.48 > 2.85$ por lo tanto no se consideran los cuatro barrenos

- Revisión por tensión de barrenos

$$be = b - \text{No. de barrenos}\phi$$

$$A_T = t \times be$$

$$b = 3" = 7.62 \text{ cm}$$

$$be = 7.62 - (2 \times 0.9525) = 5.71 \text{ cm}^2$$

$$A_T = (0.635 \text{ cm} \times 5.71) = 3.62 \text{ cm}^2$$

$$F_t = 0.6f_y = 0.6 \times 2530 = 1518 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = \frac{P}{A_t}$$

$$P = 316.859 \text{ kg}$$

$$f_t = \frac{316.859 \text{ kg}}{3.62 \text{ cm}^2} = 87.53 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos

$$I = \frac{f_t}{F_t} = \frac{87.53}{1518} = 0.0576 = 5.76 \% \text{ cumple se aceptan los barrenos}$$

- Revisión por cortante de los barrenos

$$\Phi 3/8'' = 0.9525 \text{ cm}$$

$$d_{efe} = b - (\text{No. de barrenos} \phi + 1/16'')$$

1/16'' es un valor recomendado por IMCA

$$A_{efe} = d_{efe} t$$

$$d_{efe} = 7.62 - (4 \times (0.9525 + 0.16)) = 3.17 \text{ cm}$$

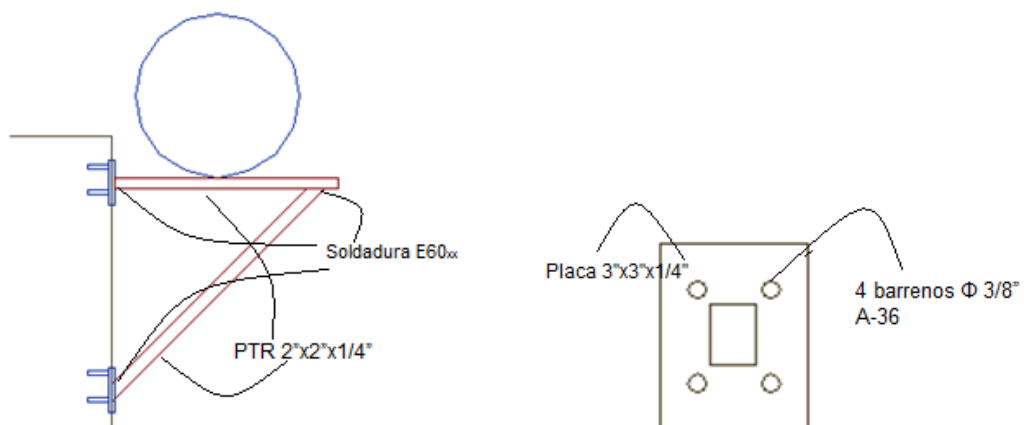
$$A_{efe} = 3.17 \times 0.635 = 2.01 \text{ cm}^2$$

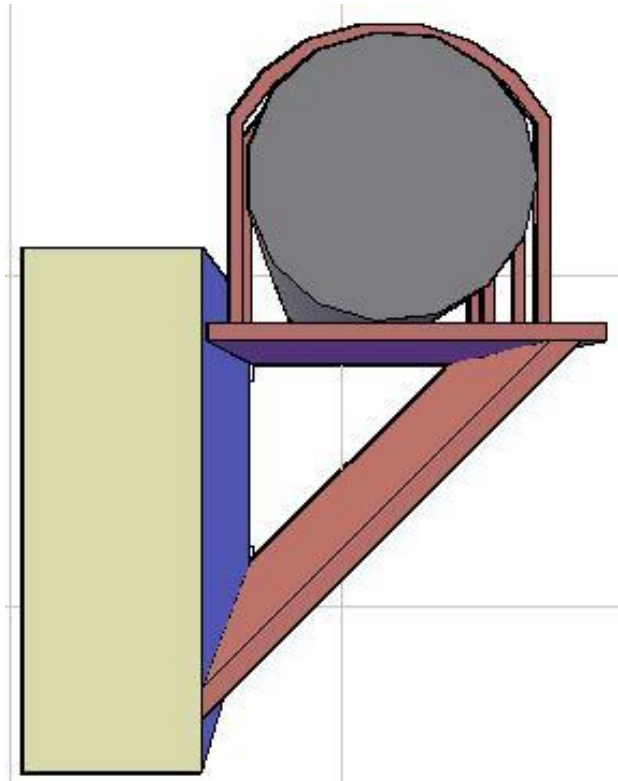
$$f_v = \frac{V}{A_{efe}} = \frac{158.429 \text{ kg}}{2.01 \text{ cm}^2} = 78.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.4 f_y = 0.4(2530) = 1012 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos

$$I = \frac{f_v}{F_v} = \frac{78.82}{1012} = 0.0778 = 7.78 \% \text{ cumple se aceptan los barrenos}$$





Soporte en 3D

Conclusiones

El principal motivo para la ejecución de este proyecto (Diseño de una Línea de Alimentación); es de abastecer de agua potable al desarrollo habitacional Urbi Villa del Rey en Huehuetoca, México, dicho proyecto beneficiará a 9,107 viviendas (aproximadamente 27,321 habitantes). Aunque con la infraestructura proyectada no se cubre el total de la demanda, debido a que las obras de abastecimiento no ha tenido el rendimiento esperado.

La obra de toma será un pozo profundo, y el destino del agua será una cisterna. La extracción del agua de abastecimiento se realizará por bombeo, mediante un equipo de bombeo sumergible modelo UPA 250C-120 con un motor UMA 250D 190/21 marca KSB con una potencia de 207.85 HP. Se eligió este modelo debido a que supera la demanda dada por la carga dinámica total de la línea (310.521 m).

Para elegir el diámetro económico de la red de alimentación se emplearon diversos materiales y diámetros; el resultado fue que la tubería de PEAD RD 9 de 10" fue la más económica. Este material de la tubería cumple con la condiciones del proyecto debido a sus características:

- Instalación rápida.
- Capacidad Hidráulica Superior.
- Resistencia a químicos, sales, aceites y corrosión.
- Resistente a temperaturas altas y bajas.
- Mayor vida útil
- Tubería ligera y fácil de manejar.
- Menor uso de equipo y mano de obra (seguridad del obrero).
- Tramos de tubería de 6 metros los cual requiere menos juntas o coples.
- Es posible una instalación poco enterrada debido a que resiste deformaciones de su sección.

Por último, a efecto de verificar el cálculo se realizó una simulación por computadora mediante el software EPANET versión 2.0. Al hacer la comparación de los resultados obtenidos en el diseño de la línea de alimentación con los resultados conseguidos mediante el software se tuvieron pequeñas diferencias en la presión de la línea, las cuales son poco significativas. Esto puede deberse a que EPANET al momento de efectuar los cálculos de la línea de conducción lo hace mediante iteraciones lo cual provoca pequeñas variaciones en los resultados por la cantidad de decimales empleados.

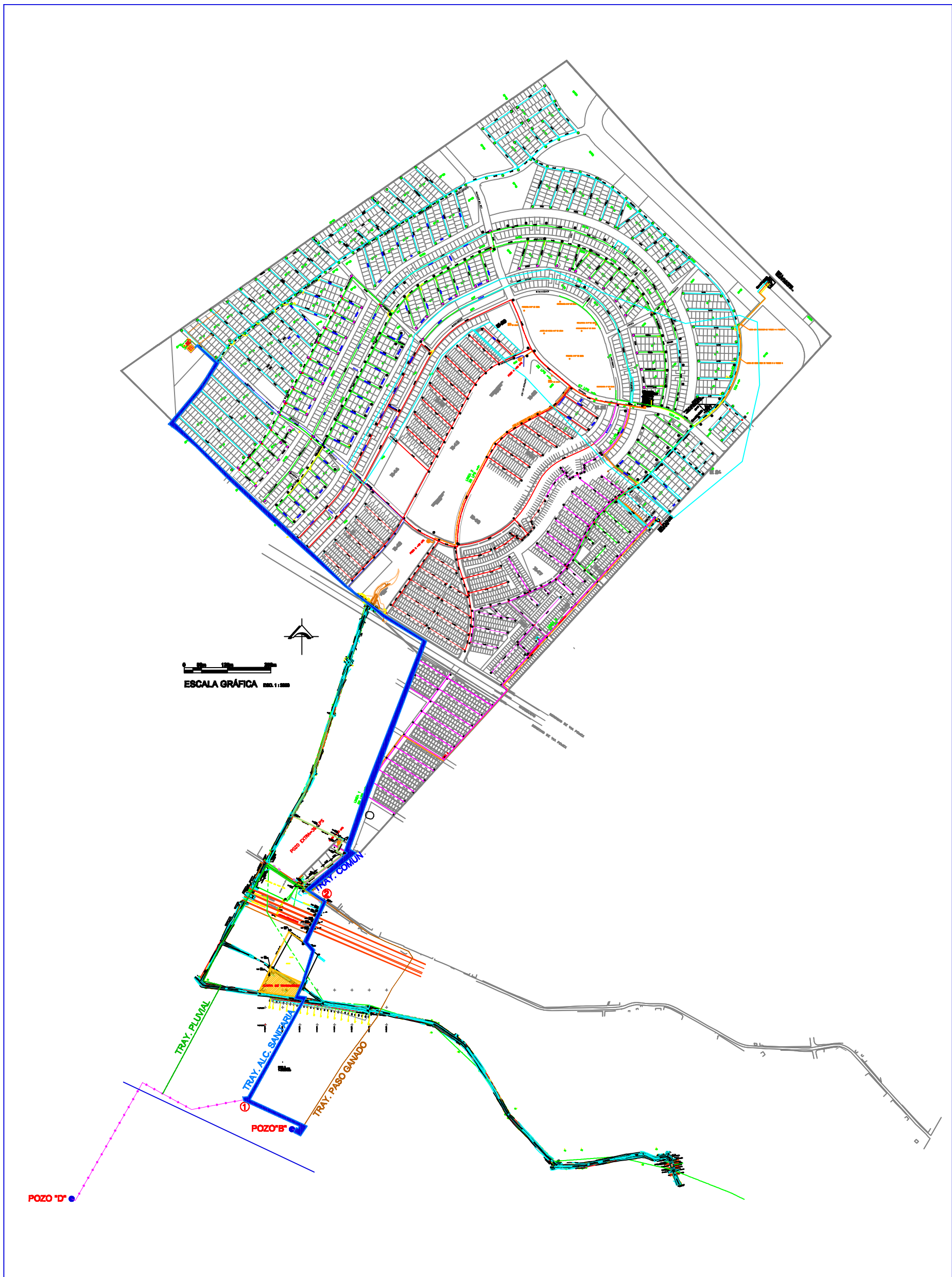
Por lo que podemos decir que nuestros resultados son válidos y que el software reproduce lo obtenido y que está calibrado el modelo. Podemos decir que en caso de que existiera un régimen de demanda se podría simular mediante este software un escenario parcial momentáneo una simulación dinámica. Se realizó pero al no existir este régimen de demanda no es claro el resultado obtenido a lo largo de 24 horas de simulación.

Bibliografía

- Terenc J. McGhee, Abastecimiento de agua y alcantarillado, Mc Graw Hill, Colombia, 1999.
- Pedro López Alegría, Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas, Ed. Alfaomega, México, 2002.
- Comisión Nacional del Agua, Manual de diseño de agua potable, alcantarilla y saneamiento, Pruebas de bombeo, libro V, Octubre, 1994.
- Comisión Nacional del Agua, Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Pruebas de bombeo, libro V, Octubre, 1994.
- Comisión Nacional del Agua, Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Diseño de instalaciones mecánicas y selección de equipo mecánico, libro V 4.1, tomo I, Septiembre, 1994.
- Comisión Nacional del Agua, Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Diseño de instalaciones mecánicas y selección de equipo mecánico, libro V 4.1, tomo II, Septiembre, 1994.
- Instituto Mexicano de la Construcción del Acero IMCA, Manual de construcción en acero diseño por esfuerzos permisibles, Ed. Limusa, México, 2002.
- Roberto Meli, Diseño Estructural, Ed. Limusa, 2ª Edición, México, 2001
- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, Ed. Alfaomega, México, 2002.

Anexo de Plano

- Cadenamiento de Perfil



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CADENAMIENTO DE PERFIL

FECHA:

MAYO 2011

PROYECTO:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL URBI VILLA DEL REY, HUEHUETOCA, MÉXICO"

DISEÑO:

CARLOS BAÑUELOS LOPEZ