



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Departamento de Ingeniería Mecánica

INFORME SERVICIO COMUNITARIO

Diseño de un Sistema de Suministro y Distribución de Agua Potable
Sector de Lomas de Baruta, Hoyo de la Puerta
Estado Miranda

TUTOR ACADÉMICO

Prof. Carlos Corrales

CÓDIGO

AT-1004

PERÍODO

Abril-Julio 2012

INTEGRANTE

Kevin Eduardo Acosta Betancourt 08-10007

Sartenejas, 09 de Octubre de 2012

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	EL SECTOR.....	2
3	DATOS Y REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR	2
4	ESTABLECIMIENTO DEL ALINEAMIENTO DE LA TUBERÍA	6
5	EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL TRAMO EN ESTUDIO	12
5.1	Especificaciones de las Bombas Hidráulicas	12
•	Especificación de la bomba	12
•	Curva de la bomba (condiciones de fábrica)	12
5.2	SIMULACIONES PRELIMINARES	14
A.	Consideraciones	14
B.	Resultados.....	14
•	Simulación 1: Tuberías de acero y diámetro 8 in.....	16
•	Simulación 2: Tuberías de polietileno y diámetro 8 in.	17
•	Simulación 3: Tuberías de acero y diámetro 6 in.	19
•	Simulación 4: Tuberías de polietileno y diámetro 6 in.	20
•	Simulación 5: Tuberías de Polietileno y diámetro de 8 in. Longitud equivalente de pérdida.....	22
C.	Comparaciones	25
5.3	SIMULACIÓN FINAL.....	26
5.3.1	A. Consideraciones	26
5.3.2	B. Resultados.....	28
5.3.3	C. Análisis.....	29
6	SELECCIÓN DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA.....	30
6.1	CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE.....	30
7	REPLANTEO, EXCAVACION E INSTALACIÓN	33
8	CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS (ZANJA).....	35
8.1	DESCRIPCION DE LAS OPCIONES DE CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS.....	39
8.1.1	OPCIÓN A.....	39
8.1.2	OPCIÓN B	40

9	CONCLUSIONES	41
10	RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS FINALES.....	43
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
	ANEXOS	45
	• Anexo A: Catálogo de Bombas KSB (Bomba KSB WKL; tamaño 80; 1750 rpm)	45
	• Anexo B: Plano base, Sector Lomas de Baruta. Plano de AUTOCAD.	46
	• Anexo C: Catálogo de REVINCA (Sistema Métrico).....	47
	• Anexo D: Catálogo de REVINCA (Sistema Inglés)	48

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los procedimientos y resultados obtenidos al realizar en análisis para el abastecimiento de agua potable en el sector de Lomas de Baruta ubicado en de Hoyo de la Puerta.

En la actualidad el sector descrito posee una línea de aducción de aproximadamente 4 pulgadas que suministra agua potable desde el sistema de Bombeo perteneciente a la empresa Hidrológica del Estado hasta diversos poblados del sector, presentándose en la actualidad deficiencias de suministro debido al crecimiento de la población y a la presencia de tomas a lo largo de la tubería de aducción.

En el presente informe se evalúa el alineamiento y las características hidráulicas que debería poseer un tramo de tubería que parte desde el sistema de bombeo del sector hasta el punto denominado Doroteo, sin que el tramo de tubería posea derivaciones en ningún punto a lo largo de su recorrido. Este nuevo tramo de tubería tiene como finalidad servir de punto de dotación a un sistema que permitiría derivar por gravedad a través de la tubería actual de suministro el agua potable a diversos poblados del sector. En análisis del sistema de recolección y de suministro por gravedad no forma parte del contenido del presente informe.

Se realizó un perfil longitudinal del tramo con ayuda de la data de campo recolectada y se estableció el alineamiento aproximado en planta que permita definir la longitud del tramo de tubería a ser instalada y los ángulos de deflexión que permitan cuantificar las desviaciones en planta de la tubería a lo largo del tramo. Una vez definida la longitud de tubería y los desniveles de la misma se procedió a realizar una evaluación hidráulica con la finalidad de verificar los parámetros de tubería necesarios que permitan la correcta funcionalidad del sistema. En análisis hidráulico arrojó que la tubería a utilizar para satisfacer 38.2 lps en el sector de Doroteo es de 200 mm; de la cual 800 m. de tubería de Acero al Carbono (API 5L/ASTM A53/A106 de 4.78 a 5.16 mm de espesor) se instalarían desde la casa de bombas hasta el sector Alto Pino y desde dicho sector se utilizarían 2000 m. de tubería de polietileno (SDR 11 – PE 80) hasta el sector de Doroteo.

Los resultados del sistema hidráulico están basados en la utilización de un nuevo sistema de bombeo compuesto de dos bombas conectadas en paralelo, similar al instalado actualmente El modelo de cada bomba es KSB WKL 807, 1750 rpm. y consta de 7 etapas.

Se presenta un resumen de las partidas de obra que se consideran necesarias para llevar a cabo la instalación de la tubería y el costo aproximado de las mismas en base a precios referenciales obtenidos de la página del Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre.

2 EL SECTOR

El proyecto se enfoca en las comunidades ubicadas en las cercanías de la zona denominada “Lomas de Baruta” en la Autopista Regional del Centro, sentido Maracay-Caracas, Km. 13, Municipio Baruta, Edo. Miranda. En la Tabla 1 se muestra en análisis demográfico y demanda de agua aproximada en función del área, la densidad de población estimada y la dotación necesaria por persona para las comunidades descritas.

Tabla 1. Análisis demográfico y demanda de agua.
Datos Suministrados por: La Comunidad.

Sector	Área [km ²]	Densidad [Hab/km ²]	Población (Área*Densidad)	Dotación por persona [LPD]	Dotación del Sector [LPS]
Los Campitos	0.31	3534.3	1097	300	3.81
El Manguito	0.16	3534.3	552	300	1.92
Carretera	0.52	3534.3	1838	300	6.38
1era Calle del Rosario	0.44	3534.3	1559	300	5.41
Canoa	0.05	3534.3	192	300	0.67
Campamento	0.03	3534.3	170	300	0.6
Pueblo Nuevo	0.17	3534.3	598	300	2.08
Alto Pino	0.1	3534.3	359	300	1.24
Bomparque- Estación de Bombeo	0.09	3534.3	328	300	1.14
Dos Kilómetros	0.7	3534.3	2488	300	8.64
Piedras Azules- La Eneca	0.51	3534.3	1801	300	6.28
Total			10982		38.17

De acuerdo con los datos suministrados la población aproximada es de 10982 Habitantes y la demanda total para todos los sectores descritos equivale a 38.17 LPS.

3 DATOS Y REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR

En la Tabla 2 se muestra el posicionamiento en planta (coordenadas UTM-REGVEN-WGS1984) y las cotas aproximadas correspondientes a cada sector para dos sistemas; uno correspondiente a un GPS con altímetro y las otras obtenidas de Google Earth.

Tabla 2. Representación Geográfica del Sector. Cuadro comparativo entre las cotas medidas en campo (GPS) y las coordenadas obtenidas a través de Google Earth.

Locación	GPS			Google Earth		
	Coordenada Este X (m)	Coordenada Norte Y (m)	Altura (m)	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Altura (m)
Doroteo (Punto Final)	732451	1147285	1220	732452	1147296	1204
Sector Buen Amigo (Entrada)	732698	1147367	1201	732671	1147370	1189
Sector Canoa (Entrada)	732909	1147405	1179	732908	1147411	1162
Sector La Capilla (Entrada)	733237	1147260	1159	733170	1147281	1143
Sector Campamento (Entrada)	733429	1146984	1177	733427	1146988	1174
Sector Pueblo Nuevo (Punto de toma)	735581	1146708	1196	733580	1146732	1173
Sector Alto Pino (Bodega señor Félix)	733724	1146627	1201	731929	1146607	1176
Entrada de la bomba (Carretera)	734000	1146511	1167	734006	1146519	1148
Curva del camino hacia la bomba	733813	1146429	1126	733819	1146427	1111
Bombas	733959	1146339	1098	733963	1146338	1082 (entre 1080 y 1087)

En la figura 1 se esquematiza el área en estudio, donde se representa el alineamiento actual de la tubería instalada y el nombre de algunos de los sectores a lo largo del tramo.

En la figura 2 se representan algunos de los sectores del tramo en estudio donde se destaca la altitud aproximada de cada uno de ellos en función de las coordenadas Este a lo largo de la trayectoria. En dicha gráfica se puede apreciar que el punto más alto se ubica Doroteo con una altitud en el orden de los 1220 m. y el sector más bajo se ubica en la caseta de bombeo con una altitud en el orden de los 1098 m. Entre ambos puntos se aprecia una diferencia de altura en el orden de los 122 m.

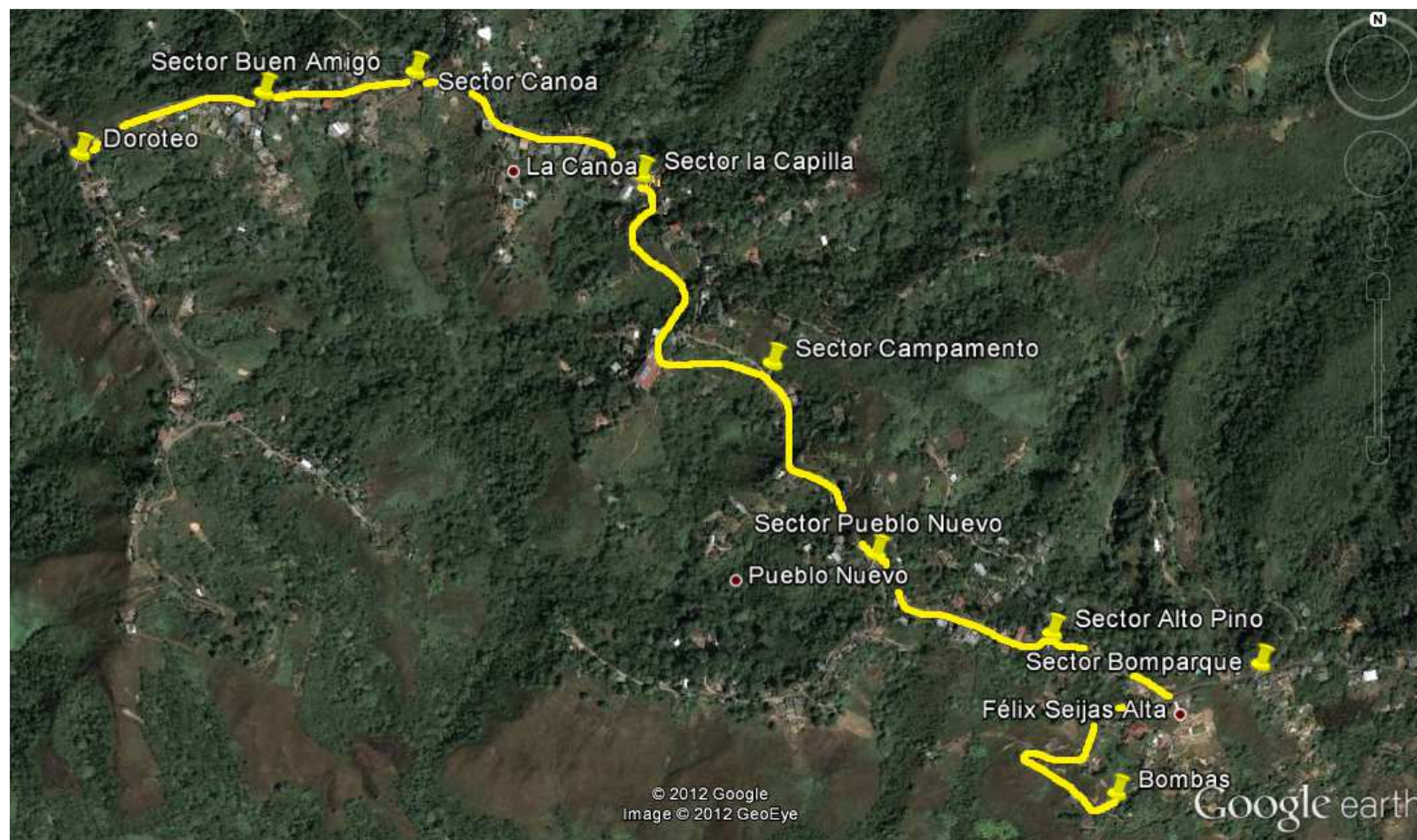


Figura 1. Vista Superior de la Ruta de Tubería Existente en la Comunidad, dada por Google Earth.

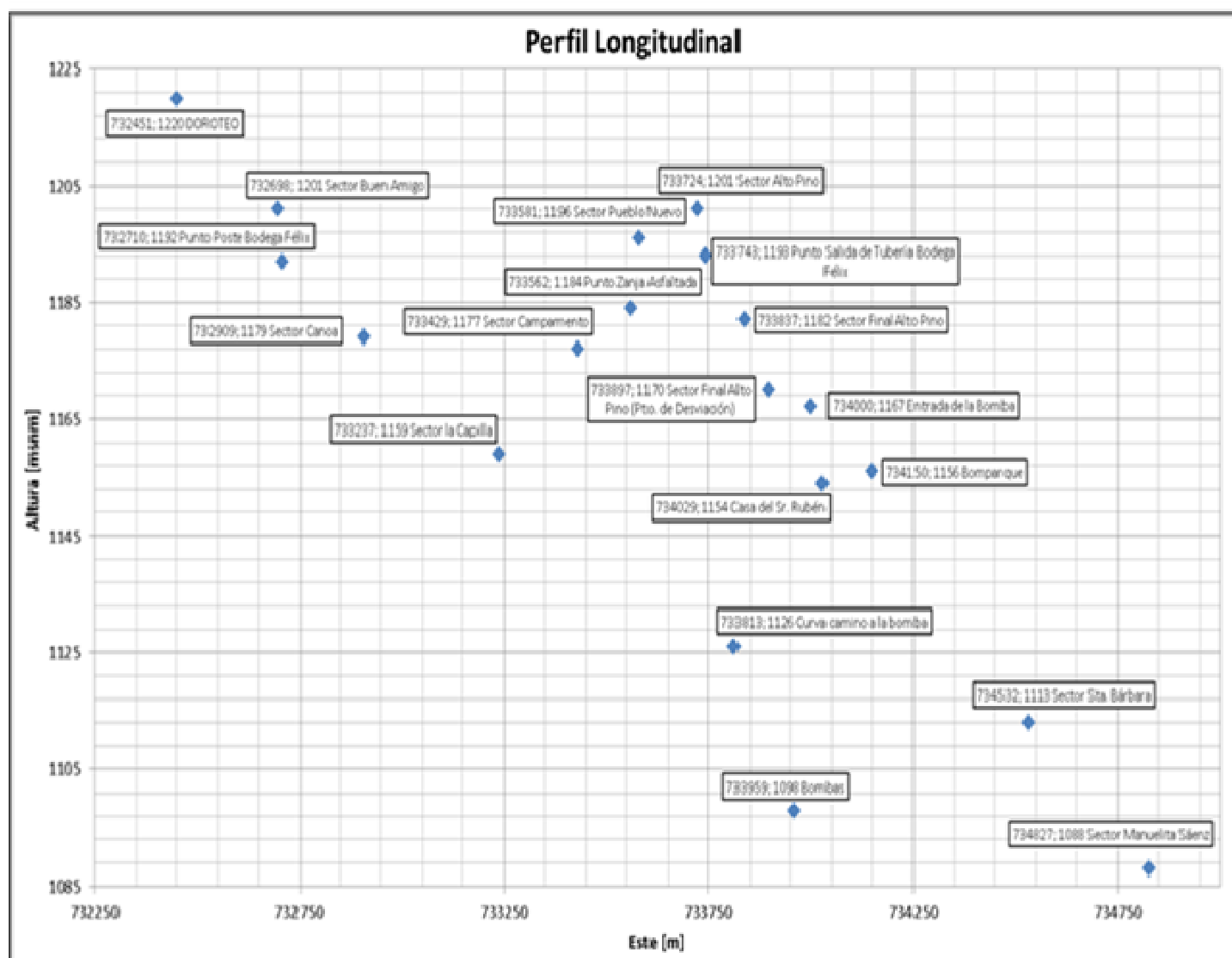


Figura2. Representación de la altura de los sectores en función de las coordenadas Este.

4 ESTABLECIMIENTO DEL ALINEAMIENTO DE LA TUBERÍA

Con la ayuda de la imagen satelital de Google se esquematizó el alineamiento de la tubería en forma general, cuya representación gráfica se aprecia en la figura 3. En dicha figura se muestra el lugar de inicio del tramo de tubería desde la sala de bombas hasta el punto final en el sector denominado Doroteo. Desde la sala de bombas hasta el sector Félix Seijas (destacado con un círculo en la figura 3) la tubería sería de acero al carbono y a partir de ese punto hasta el sector Doroteo la tubería sería de polietileno. En la figura 4 se aprecia en forma esquematizada el perfil longitudinal del recorrido de la tubería, donde se aprecian los desniveles a lo largo del recorrido. Las cotas mostradas en la gráfica muestran que existe un desnivel de aproximadamente 128 m. desde la sala de bombas hasta el sector denominado Doroteo.

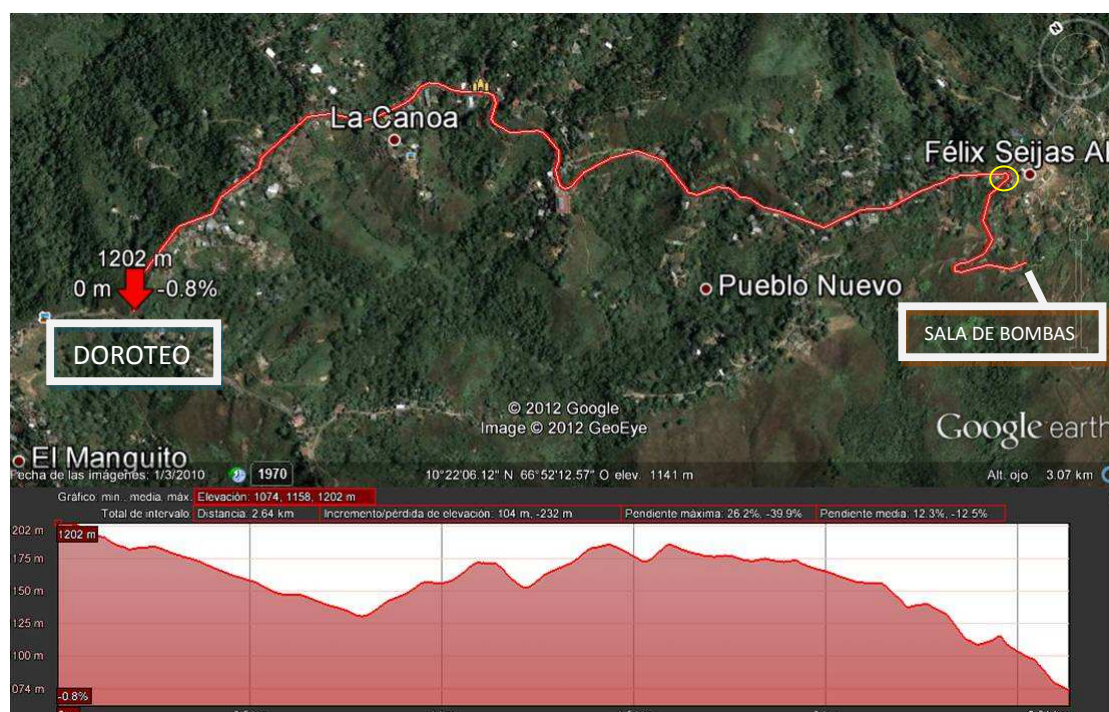


Figura 3. Perfil longitudinal del tramo de tubería

En la tabla 3 se muestran los sectores más representativos del tramo con sus coordenadas (UTM-REGVEN) y las cotas aproximadas de los mismos, las cuales fueron tomadas con un altímetro incorporado en un GPS en la visita realizada con el grupo de trabajo comunitario y personal del decanato de extensión. Aunque existen diferencias de cotas para un mismo punto entre la imagen de Google, el altímetro y el plano de curvas de nivel, si se toman los datos con una misma referencia los desniveles entre los puntos son muy similares.

Tabla 3. Coordenadas (UTM-REGVEN) y cotas de algunos sectores del tramo en estudio.

Punto	Observaciones	GPS		
		Coordenada Este X (m)	Coordenada Norte Y (m)	Altitud con GPS (m)
Final	Doroteo (Punto Final)	732451	1147285	1220
	Sector Buen Amigo (Entrada)	732698	1147367	1201
	Sector Canoa (Entrada) 1	732909	1147405	1179
	Sector La Capilla (Entrada) (Calle?)	733237	1147260	1159
	Sector Campamento (Entrada)	733429	1146984	1177
	Sector Pueblo Nuevo (Punto de toma)	735581	1146708	1196
	Sector Alto Pino (Bodega señor Felix)	733724	1146627	1201
	Entrada de la bomba (Carretera) 1	734000	1146511	1167
	Casa del señor Ruben (Punto de Referencia)	734029	1146497	1154
	Curva del camino hacia la bomba	733813	1146429	1126
	Bombas	733959	1146339	1098

Con el uso del plano base del Sector Lomas de Baruta (Anexo B) y mediante el uso del programa de Autocad, se establecieron diferentes tramos de tuberías unidos mediante diferentes ángulos, tratando siempre de que el ángulo entre tramos de tubería sea siempre de 30 o 45 grados, logrando un error de ± 5 grados en la mayoría de los ángulos. Para el tramo que corresponde a la tubería metálica (sector Bomparques) la ubicación de la tubería se estableció arbitrariamente a lo largo de la vía, debido a que la vía es de tierra y poco transitada lo que permite una mayor libertad en la disposición de la tubería. Para la zona correspondiente al tubería de polietileno, se trató de establecer siempre por el lado derecho de la vía, puesto que por inspección visual de la zona, era el camino más apropiado para realización de la zanja y, por lo tanto, de la instalación de la tubería.

Considerando las longitudes suficientemente largas en comparación al cambio de altura, se midió cada tramo de tubería para establecer la longitud total de la misma y bajo la consideración de que las tuberías de polietileno vienen en longitudes de 12 metros, se establecieron el número de tuberías requerido. Los desvíos se establecieron de modo tal que la tubería pueda acoplarse a la curvatura de la vía, esto bajo la consideración de que los ángulos deben estar en el orden de 30 o 45 grados para evitar aumentar las pérdidas. Además, tomando en cuenta la elasticidad de la tubería de polietileno, existen tramos de tuberías que presentan una deflexión pequeña, lo cual en principio podría ser absorbido por la flexibilidad de la tubería. En los tramos con ángulos cerrados habría que realizar la alineación de la tubería acorde a los dispositivos que pueda suministrar el fabricante, lo que conduciría a pequeños cambios en el alineamiento propuesto.

En la tabla 4 se hace una descripción de algunos parámetros obtenidos del alineamiento en planta de la tubería representados por el número de tuberías, la longitud de los tramos, los ángulos de desvío en el plano xy y el número de uniones estimadas para la tubería seleccionada de 20.32 cm. de diámetro. Este alineamiento puede variar, ya que ha sido realizado con apoyo de un plano de planta general que posee las curvas de nivel del sector y con apoyo de los datos de campo, la precisión en la instalación sería realizada al momento de la instalación.

A la cantidad de tuberías estimadas en la tabla 4, se le debería agregar un porcentaje adicional a la totalidad de tuberías descritas. Si le incorporamos un total de

tuberías adicionales entre el 5% y 10% tendríamos los resultados descritos en la tabla 4A. A continuación se presenta los resultados resumidos:

Tabla 4. Parámetros obtenidos del alineamiento del tramo de tubería propuesto.

Tuberías de 20.32 cm de diámetro		
	Tubería de Acero	Tubería de Polietileno
Nº de Tuberías/ cada 12 m.	39	185
Nº de Tuberías/ cada 6 m.	78	370
Longitud del Tramo	434.34 m	2213.49 m
Angulos de 30º (plano xy)	6	34
Angulos de 45 (plano xy)	8	14

Tabla 4A. Porcentaje de tuberías adicionales a ser consideradas

	Acero al Carbono	Polietileno	Acero al Carbono	Polietileno
Porcentaje del Total Estimado	5%	5%	10%	10%
Longitud del Tramo	457 m	2325 m	478 m	2435 m
Nº de Tuberías adicionales de 12 m.	2	10	4	19
Nº de Tuberías adicionales de 6 m.	4	20	8	36
Nº de Tuberías totales de 12 m.	41	195	43	204
Nº de Tuberías totales de 6 m.	82	390	86	406

Para las curvas cerradas se trató de ajustar la curvatura de la tubería mediante el alineamiento con diversos ángulos. En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 5. Sectores críticos del alineamiento de la tubería.

Curva	Coordenada Cota	Total Desviaciones	Ángulo
Alto pino (Félix Seijas)	10º 21'54.07"N, 1149 m	5	2(45º) y 2(30º)
Antes de Pueblo Nuevo	10º 22'03.79"N, 1165 m	3	45º
Frente de la Escuela	10º 22'08.89"N, 1150 m	3	2(45º) y (30º)
Antes de la Escuela	10º 22'12.91"N, 1168 m	1	45º
La Capilla	10º 22'17.91"N, 1145 m	5	1(45º) y 2(30º)
Después de La Capilla	10º 22'15.09"N, 1152 m	2	30º y 45º
Antes de La Capilla	10º 22'19.78"N, 1133 m	3	30º

A continuación se muestra el perfil de la tubería de cada curva a lo largo de los diferentes sectores que conforman el tramo:

- Alto pino (Félix Seijas)



Vale acotar que justo cuando la curva termina, la carretera posee una elevación considerada, razón por la cual se ha determinado que la tubería además del ángulo de alineamiento correspondiente debe poseer un ajuste por el ángulo de inclinación debido a los cambios de elevación de aproximadamente 18° .

- Antes de Pueblo Nuevo:



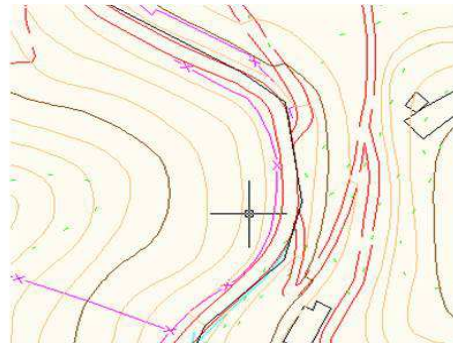
Para esta curva se tiene, según la dirección Bomparque – Doroteo, el primer ángulo tiene un ajuste por elevación de 13° y el segundo presenta un ajuste por elevación de 9° .

- Frente de la Escuela:



Para esta curva, según la dirección Bomparque – Doroteo, el tercer ángulo presenta un ajuste por elevación de 12° y el primero presenta 13° .

- Antes de la Escuela:



Para esta curva no se presentan cambios de elevación críticos.

- La Capilla



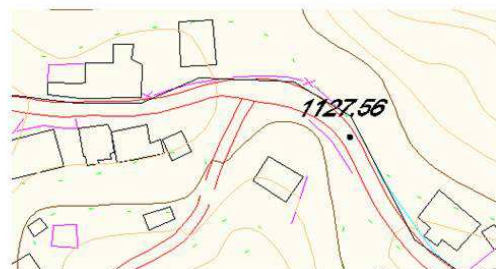
Según la dirección Bomparque – Doroteo, el primer ángulo del alineamiento presenta un ajuste por elevación de 11°.

- Después de la Capilla:



Para esta curva, el primer ángulo del alineamiento visto según la dirección Bomparque – Doroteo, presenta un ajuste por elevación de 13° en dicho codo.

- Antes de La Capilla:



Para esta curva, el tercer ángulo visto según la dirección Doroteo – Bomparque, presenta un ajuste por elevación de 13°.

Vale acotar que los cambios de elevación deben ser ajustados mediante los cortes de tubería al momento de la instalación o dispositivos que disponga el fabricante. Por otro lado, existen zonas de ajustes por elevación que no corresponden con las zonas indicadas. A continuación especificarán dicha zona:

- Zona Bomparque – Félix Seijas (Zona de Bombeo)



Esta zona posee grandes ajustes por elevación debido a lo empinado del terreno sobre distancias cortas. El primer ajuste a producir es en el primer ángulo del alineamiento visto en sentido estación de Bombeo – Bomparque, con un cambio de inclinación en la pendiente de 25° . Para el cuarto ángulo del alineamiento se debe hacer un ajuste de 23° . Se tiene también, el noveno ángulo, al cual se le debe realizar un ajuste por elevación de 10° . Por otro lado, el décimo ángulo del alineamiento posee un cambio de inclinación en la pendiente de 22° . Para finalizar, el onceavo codo presenta un ajuste por elevación de 11° .

- Doroteo



Para esta zona, el segundo ángulo del alineamiento visto según la dirección Bomparques – Doroteo presenta un ajuste por elevación de aproximadamente 8 grados.

Se tiene en consideración que los ajustes especificados se producen en los ángulos del alineamiento correspondientes, omitiendo los posibles cambios en tramos rectos. Esto debido a que los cambios en otras zonas son de grados muy pequeños los cuales pueden ser conformados por la zanja o absorbidos por la elasticidad del material.

5 EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL TRAMO EN ESTUDIO

Se realizó una evaluación hidráulica del tramo de tubería descrito con la finalidad de corroborar el comportamiento hidráulico de la tubería desde la casa de bombas hasta su destino final en el sector Doroteo. El programa empleado para la simulación fue Epanet, el cual permite analizar las variaciones de presión a lo largo de la línea acorde al caudal estimado en el tramo.

El tramo de tubería considerado no presenta desviaciones de caudal en ningún punto, el agua debe llegar directamente al sector denominado Doroteo y desde allí deberá surtirse a futuro por gravedad. En la tabla 4 se presenta el caudal total estimado en la simulación correspondiente a los sectores descritos en dicha tabla.

El caudal estimado en función de los sectores descritos es de 38.17 litros por segundo, el cual fue utilizado en el programa Epanet, y asignado en el punto final del tramo (sector Doroteo), ver Tabla 1.

5.1 Especificaciones de las Bombas Hidráulicas

El sistema de bombeo simulado fue instalado mediante la colocación de dos bombas en paralelo. El modelo de la bomba empleada es WKL 807, donde 80 es el tamaño de la brida y 7 las etapas con 1750 rpm. El modelo de bomba descrito es el que actualmente se encuentra instalado en la casa de bombas, con la diferencia que las bombas actuales poseen muchos años de uso y por ende la eficiencia de la bomba debe estar por debajo del que podría establecerse para una bomba nueva.

- Especificación de la bomba

Cada bomba posee 7 etapas y se espera utilizar el mismo modelo de bomba para el sistema en paralelo de 2 bombas.

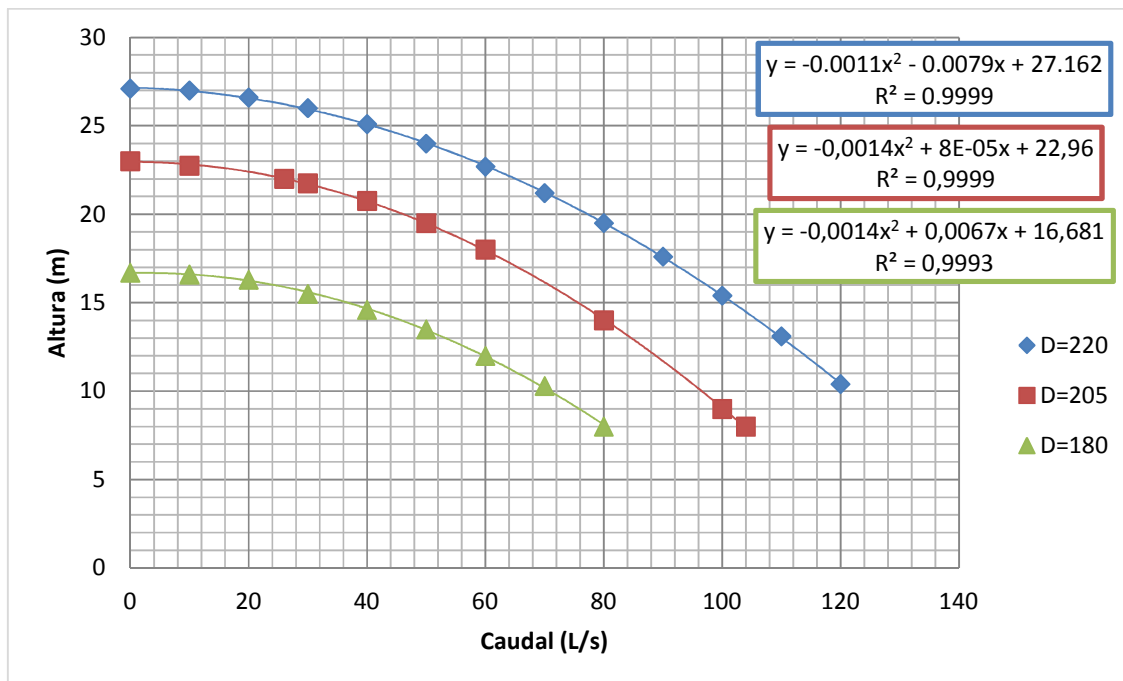
Modelo KSB WKL 807, 1750 rpm.

- Curva de la bomba (condiciones de fábrica)

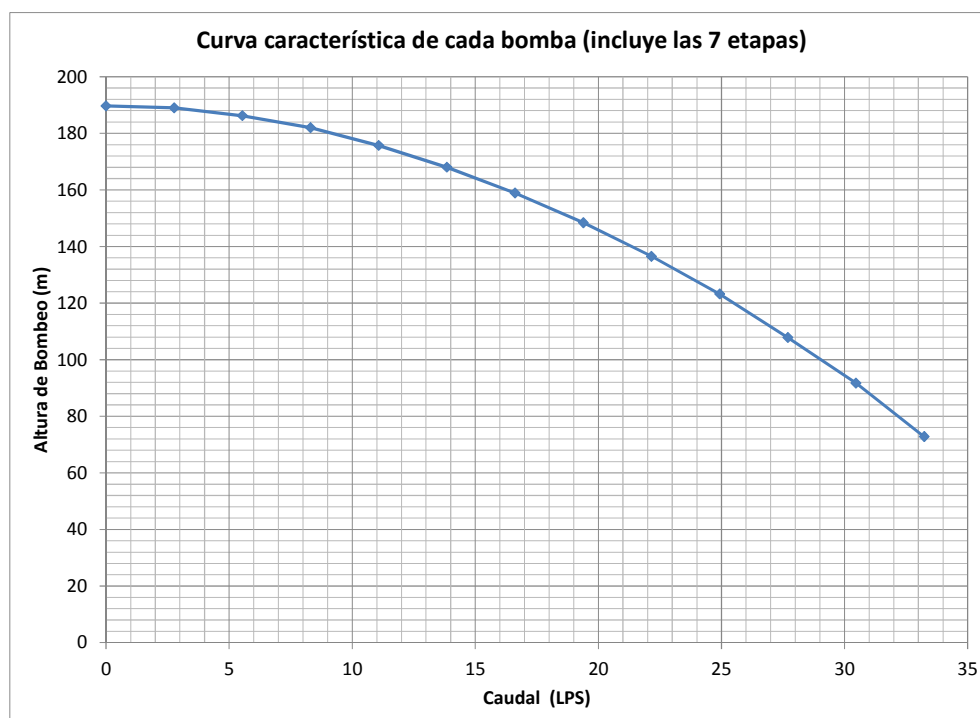
En la gráfica 1 se muestra el comportamiento de la bomba por etapa para distintos diámetros de rodete, acorde a la data proporcionada por el fabricante KSB.

En la gráfica 2 se muestra la curva característica para cada bomba utilizada con la inclusión del número de etapas de la misma. En dicha curva se aprecia el rango de caudal y el correspondiente a la altura de bombeo. Esta curva fue utilizada en el programa Epanet con un sistema de dos bombas en paralelo.

En el anexo A se presenta el catálogo de la bomba descrita.



Gráfica 1. Curvas características por etapa del modelo de bombamencionado para distintos diámetros de rodete.



Gráfica2. Curva característica de cada bomba empleada en la simulación

5.2 SIMULACIONES PRELIMINARES

A. Consideraciones

- Se emplearon las coordenadas medidas en campo con el GPS para establecer la ubicación de los nodos, con dicha información mediante la utilización del software Epanet, se determinó la longitud del tramo (distancia comprendida entre un punto y otro). Cabe destacar que a fines de realizar una primera evaluación, las distancias entre puntos se asumieron como tramos en línea recta, consideración que muestra el escenario más ideal posible, ya que no se incorporan en este la influencia de los dispositivos accesorios tales como: cantidad de codos por tramo, bridas y válvulas cuya inclusión permite determinar una longitud equivalente más cercana a la realidad.
- Se empleó la bomba que correspondía según el catálogo de la KSB, al código del modelo anotado en campo. Son bombas de 7 etapas que giran a 1750rpm. De los tres modelos contemplados en el catálogo se seleccionó la más potente de diámetro de 220mm (ver Anexo A. "Curvas de bombas KSB").
- Se utilizaron 2 bombas idénticas dispuestas en paralelo con el punto de operación en el sector de máxima eficiencia de la bomba. El punto que indica la presión a la salida de la bomba se denomina "Conexión Salida Bombas".
- Las bombas extraen agua de un reservorio, al cual le fue colocado como única condición, la altura del punto donde se encuentra la casa de máquinas.
- Se colocó en el nodo que representa a Doroteo una demanda de 38.17 LPS que representa la demanda total reportada en la Tabla 1.
- Se realizaron simulaciones para tuberías de acero y de polietileno, en donde sus rugosidades son de 0.046 mm. y 0.002 mm. respectivamente.

B. Resultados

A partir de las consideraciones expuestas anteriormente, se realizaron distintas simulaciones en las cuales se mantuvieron como variables el material y el diámetro de la tubería. Paralelo a esto, se trabajó con el tramo original del sistema de tuberías y se realizó una propuesta de tramo corto a la salida de la estación de bombeo para comparar dichos resultados (Ver figura 4 y 5).

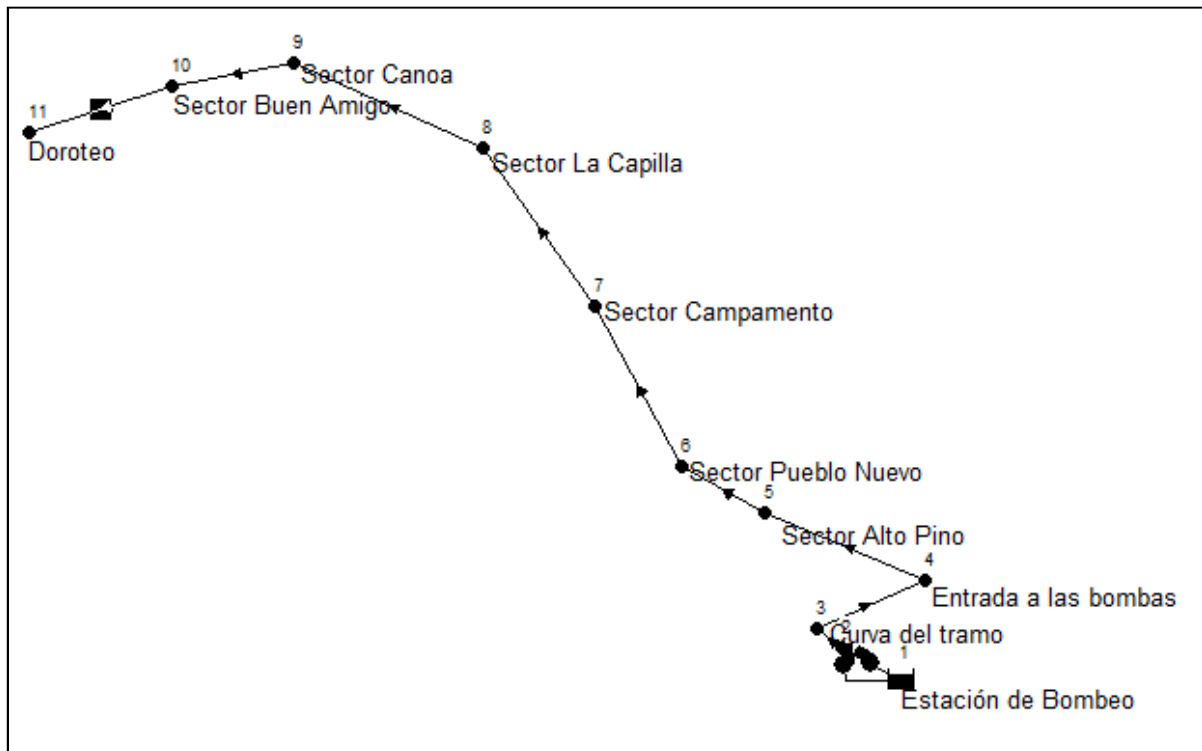


Figura 4. Vista de la simulación en EPANET del tramo existente.

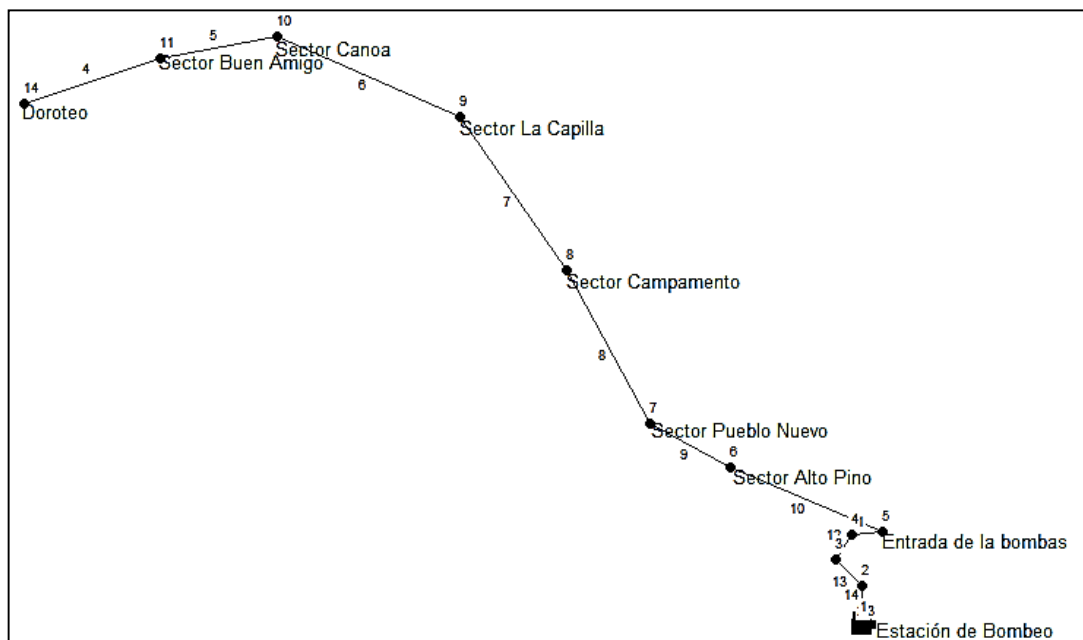


Figura 5. Vista de la simulación en EPANET de la propuesta de tramo corto.

A continuación, se describen las simulaciones realizadas:

- **Simulación 1: Tuberías de acero y diámetro 8 in.**

a) Tramo existente:

Para el tramo existente del sistema de tuberías de material de acero y diámetro 8 in, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 1, tramo existente.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1247.23	121.23
Conexión Entrada de la bomba	0	1246.02	79.02
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.26	43.26
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.29	47.29
Conexión Sector Campamento	0	1241.43	64.43
Conexión Sector La Capilla	0	1239.44	80.44
Conexión Sector Canoa	0	1237.33	58.33
Conexión Sector Buen Amigo	0	1236.06	35.06
Conexión Doroteo	38.17	1234.53	14.53
Conexión salida de las bombas	0	1247.56	149.56
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 6 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.9 m/km y el factor de fricción es de 0.017. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.56 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 43.358 LPS.

b) Tramo corto:

Para el tramo corto del sistema de tuberías de material de acero y diámetro 8 in, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 1, tramo corto.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión salida de las bombas	0	1247.75	121.75
Nodo 2. Tramo corto	0	1247.31	134.31
Nodo 3. Tramo corto	0	1246.92	112.92

**Tabla 7. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 1, tramo corto. Continuación.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Nodo 4. Tramo corto	0	1246.61	98.61
Conexión Entrada de la bombas	0	1246.27	79.27
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.5	43.5
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.53	47.53
Conexión Sector Campamento	0	1241.67	64.67
Conexión Sector La Capilla	0	1239.69	80.69
Conexión Sector Canoa	0	1237.58	58.58
Conexión Sector Buen Amigo	0	1236.31	35.31
Conexión Doroteo	38.17	1234.78	14.78
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 7 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.9 m/km y el factor de fricción es de 0.017. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.75 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 43.471 LPS.

- **Simulación 2: Tuberías de polietileno y diámetro 8 in.**

- a) Tramo existente:

Para el tramo existente del sistema de tuberías de material polietileno y diámetro 8 in, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 2, tramo existente.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1247.26	121.23
Conexión Entrada de la bomba	0	1246.19	79.19
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.61	43.61
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.74	47.74
Conexión Sector Campamento	0	1242.08	65.08
Conexión Sector La Capilla	0	1240.31	81.31

**Tabla 8. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 2, tramo existente. Continuación.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Sector Canoa	0	1238.42	59.42
Conexión Sector Buen Amigo	0	1237.29	36.29
Conexión Doroteo	38.17	1235.92	15.92
Conexión salida de las bombas	0	1247.56	149.56
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 8 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.56 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 44.056 LPS.

b) Tramo corto:

Para el tramo corto del sistema de tuberías de material de polietileno y diámetro 8 in, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 2, tramo corto.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión salida de las bombas	0	1247.75	121.75
Nodo 2. Tramo corto	0	1247.35	134.35
Nodo 3. Tramo corto	0	1247.01	113.01
Nodo 4. Tramo corto	0	1246.73	98.73
Conexión Entrada de la bombas	0	1246.43	79.43
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.85	43.85
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.98	47.98
Conexión Sector Campamento	0	1242.32	65.32
Conexión Sector La Capilla	0	1240.55	81.55
Conexión Sector Canoa	0	1238.66	59.66
Conexión Sector Buen Amigo	0	1237.53	36.53
Conexión Doroteo	38.17	1236.16	16.16
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 9 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.75 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 44.162 LPS.

- **Simulación 3: Tuberías de acero y diámetro 6 in.**

a) Tramo existente:

Para esta simulación, no se obtuvieron resultados para la demanda actual del sector, ya que las pérdidas no hacen posible mantener presiones positivas en cada nodo, por lo cual se corrió el programa para el caudal máximo que el sistema permitió, el cual es de 31.87 LPS. En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 10. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 3, tramo existente.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1258.31	132.31
Conexión Entrada de la bomba	0	1254.67	87.67
Conexión Sector Alto Pino	0	1249.34	48.34
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1246.42	50.42
Conexión Sector Campamento	0	1240.81	63.81
Conexión Sector La Capilla	0	1234.83	75.83
Conexión Sector Canoa	0	1228.45	49.45
Conexión Sector Buen Amigo	0	1224.63	23.63
Conexión Doroteo	31.87	1220	0
Conexión salida de las bombas	0	1259.3	161.63
Estación de Bombeo	-31.87	1098 *	0

*En la Tabla 10 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.75 m/s, la pérdida unitaria es de 17.8 m/km y el factor de fricción es de 0.017. En las bombas, el caudal es de 15.89 LPS y la pérdida unitaria es de -161.3 m/km.

b) Tramo corto:

Al igual que la simulación anterior, el software no arrojó resultados con el caudal actual del sector, por lo tanto se trabajó con la demanda máxima que permitió el sistema, la cual es de 31.86 LPS. En la tabla 11 se muestran los resultados de la simulación.

**Tabla 11. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 3, tramo corto.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión salida de las bombas	0	1259.32	133.32
Nodo 2. Tramo corto	0	1257.99	144.99
Nodo 3. Tramo corto	0	1256.82	122.82
Nodo 4. Tramo corto	0	1255.87	107.87
Conexión Entrada de la bombas	0	1254.84	87.84
Conexión Sector Alto Pino	0	1249.49	48.49
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1246.55	50.55
Conexión Sector Campamento	0	1240.91	63.91
Conexión Sector La Capilla	0	1234.9	75.9
Conexión Sector Canoa	0	1228.49	49.49
Conexión Sector Buen Amigo	0	1224.66	23.65
Conexión Doroteo	31.86	1220	0
Estación de Bombeo	-31.86	1098 *	0

*En la Tabla 11 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.76 m/s, la pérdida unitaria es de 17.88 m/km y el factor de fricción es de 0.017. En las bombas, el caudal es de 15.93 LPS y la pérdida unitaria es de -161.32 m/km.

- **Simulación 4: Tuberías de polietileno y diámetro 6 in.**

c) Tramo existente:

Para la simulación 4, no se obtuvieron resultados para la demanda actual del sector, por lo cual se corrió el programa para el caudal máximo que el sistema permitió, el cual es de 33.29 LPS. En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 12. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 4, tramo existente.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1255.88	129.88
Conexión Entrada de la bomba	0	1252.48	85.48
Conexión Sector Alto Pino	0	1247.49	46.49
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1244.75	48.75
Conexión Sector Campamento	0	1239.49	62.49

Tabla 12. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 4, tramo existente. Continuación.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Sector La Capilla	0	1233.89	74.89
Conexión Sector Canoa	0	1227.91	48.91
Conexión Sector Buen Amigo	0	1224.34	23.34
Conexión Doroteo	33.29	1220	0
Conexión salida de las bombas	0	1256.81	158.81
Estación de Bombeo	-33.29	1098 *	0

*En la Tabla 12 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.83 m/s, la pérdida unitaria es de 16.67 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 16.64 LPS y la pérdida unitaria es de -158.81 m/km.

d) Tramo corto:

Al igual que el caso anterior, el software no arrojó resultados con el caudal actual del sector, por lo tanto se trabajó con la demanda máxima que permitió el sistema, la cual es de 33.38 LPS. En la tabla 13 se muestran los resultados de la simulación.

Tabla 13. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 4, tramo corto.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión salida de las bombas	0	1256.83	130.83
Nodo 2. Tramo corto	0	1255.58	142.58
Nodo 3. Tramo corto	0	1254.49	120.49
Nodo 4. Tramo corto	0	1253.59	105.59
Conexión Entrada de la bombas	0	1252.64	85.64
Conexión Sector Alto Pino	0	1247.62	46.62
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1244.87	48.87
Conexión Sector Campamento	0	1239.49	62.59

**Tabla 13. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 4, tramo corto. Continuación.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura de Energía Total [m]	Presión [m]
Conexión Sector La Capilla	0	1233.96	74.96
Conexión Sector Canoa	0	1227.95	48.95
Conexión Sector Buen Amigo	0	1224.36	23.36
Conexión Doroteo	33.38	1220	0
Estación de Bombeo	-33.38	1098 *	0

*En la Tabla 13 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.84 m/s, la pérdida unitaria es de 16.75 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 16.69 LPS y la pérdida unitaria es de -158.83 m/km.

- **Simulación 5: Tuberías de Polietileno y diámetro de 8 in. Longitud equivalente de pérdida.**

Para realizar esta simulación, se seleccionó el sistema de tuberías de polietileno y diámetro nominal de 8 pulgadas, ya que en las simulaciones de diámetro de 6 pulgadas estudiadas anteriormente, ninguna arrojó resultados para el caudal requerido por el sector. Referente al material de la tubería, el polietileno mostraba menores pérdidas que en sistemas con tuberías de acero, por lo cual se escogió este material como el más idóneo.

A partir de seleccionar el mejor caso, se llevo dicho sistema a condiciones límite al colocar una longitud extra en el nodo que representa a Doroteo, cuyo extremo posee la demanda requerida y la misma cota de dicho sector. De esta manera, se busca obtener la máxima longitud equivalente en pérdidas que puede adquirir el sistema obteniendo presiones positivas en todas las conexiones y cumpliendo con la demanda dada de 38.17 LPS. Con esta metodología, se puede estimar que tantas pérdidas representadas en longitud de tubería pueden agregarse al sistema idealizado (de tramos rectos y sin accesorios como el de las simulaciones anteriores) tal que no deje de cumplir el requerimiento de caudal demandado y funcione de manera adecuada.

Esta representación puede resultar útil para tener una buena noción de la energía con la que aún cuenta el sistema y una posible comparación con la aproximación más real (que tome en cuenta el número de accesorios y la verdadera longitud de tuberías) para saber qué modificaciones podrían hacerse a futuro de dicho sistema sin que deje de funcionar correctamente.

En la figura 6 se muestra la vista del sistema con tramo existente en EPANET, en la cual se observa la longitud adicional que representa las pérdidas para la simulación 5. Esta configuración de tramo adicional es similar para el sistema de tramo corto.

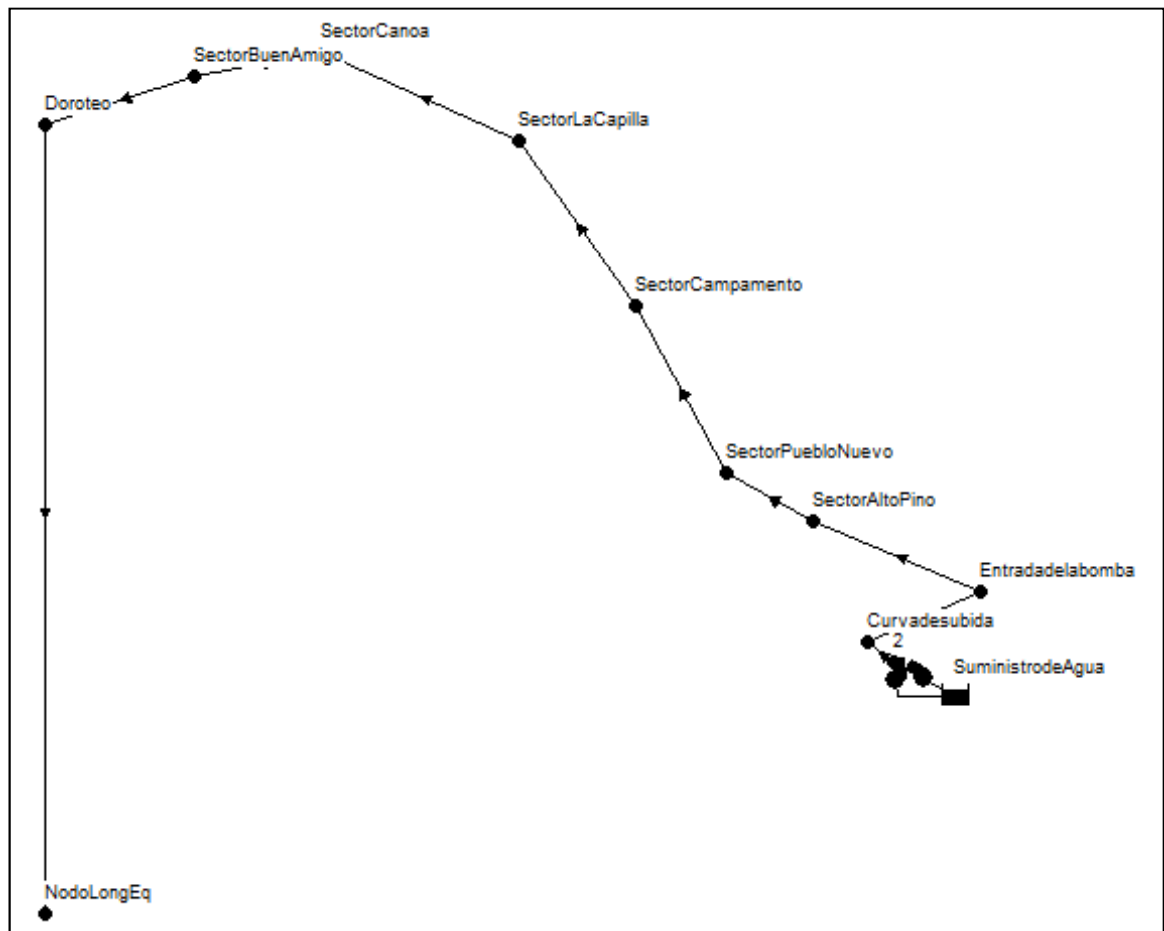


Figura 6. Vista de la simulación 5 en EPANET del tramo existente.

a) Tramo existente:

Para el tramo existente del sistema de tuberías, se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 14.

**Tabla 14. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 5, tramo existente.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1247.26	121.26
Conexión Entrada de la bomba	0	1246.19	79.19
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.61	43.61
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.74	47.74
Conexión Sector Campamento	0	1242.08	65.08
Conexión Sector La Capilla	0	1240.31	81.31
Conexión Sector Canoa	0	1238.42	59.42
Conexión Sector Buen Amigo	0	1237.29	36.29
Conexión Doroteo	0	1235.92	15.92
Nodo Longitud Equivalente	38.17	1220	0
Conexión salida de las bombas	0	1247.56	149.56
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 14 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.56 m/km.

La longitud equivalente de pérdidas obtenida es de 3022 m.

b) Tramo corto:

En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos para el tramo corto de la simulación 5.

**Tabla 15. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 5, tramo corto.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura [m]	Presión [m]
Conexión salida de las bombas	0	1247.75	121.75
Nodo 2. Tramo corto	0	1247.35	134.35
Nodo 3. Tramo corto	0	1247.01	113.01
Nodo 4. Tramo corto	0	1246.73	98.73
Conexión Entrada de la bombas	0	1246.43	79.43
Conexión Sector Alto Pino	0	1244.85	43.85
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1243.98	47.98
Conexión Sector Campamento	0	1242.32	65.32
Conexión Sector La Capilla	0	1240.55	81.55

**Tabla 15. Demanda, altura y presión obtenidas para cada nodo establecido.
Simulación 5, tramo corto. Continuación.**

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura [m]	Presión [m]
Conexión Sector Canoa	0	1238.66	59.66
Conexión Sector Buen Amigo	0	1237.53	36.53
Conexión Doroteo	0	1236.16	16.16
Nodo Longitud Equivalente	38.17	1220	0
Estación de Bombeo	-38.17	1098 *	0

*En la Tabla 15 la Altura de Energía Total refiere a la cota en el nodo más la presión en términos de columna de agua

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.75 m/km.

La longitud equivalente de pérdidas obtenida es de 3068 m.

C. Comparaciones

Al observar los resultados anteriores, puede apreciarse que para cada condición tanto de material de la tubería como de diámetro de la misma, el tramo corto presenta mayores presiones y alturas de salto de agua que el sendero existente, gracias a las pérdidas por fricción que se ahorran al acortar el camino del agua. Sin embargo, el desempeño general de ambos tramos no es muy diferente para cada una de las distintas configuraciones, dado que aunque disminuyen las pérdidas en el tramo corto, esta diferencia de longitud no es tanta en comparación a la total del sistema (lo cual puede apreciarse claramente en la Figura 1.) y lo mismo se cumple para la cantidad de energía disipada. También es notable que, de la mano con lo anterior, en el tramo corto cada configuración admite una mayor demanda de caudales máximos, aunque la diferencia no sea sustancial.

En cada uno de los tramos puede verse cómo, luego de atravesar las bombas, la altura energética del agua va decreciendo debido a las pérdidas por fricción hasta llegar a su punto mínimo en Doroteo, a excepción de la Simulación 5 donde el mínimo se alcanza en el nuevo nodo de demanda "Nodo Longitud Equivalente". El comportamiento de la presión es bastante similar salvo sus aumentos en los nodos de "Pueblo Nuevo" y "Sector la Capilla", lo cual se debe a la caída de cotas que hay en esos tramos (visible en el perfil longitudinal de la Figura 1.) que se compensa con las presiones para mantener la conservación de la energía.

Respecto a los diámetros de tubería, se realizaron simulaciones con 6 y 8 pulgadas, de cuyos resultados se puede extraer que cualquiera de los dos tramos para cualquiera de los dos materiales, funciona perfectamente para tuberías de 8", presentando presiones positivas en cada nodo y pudiendo otorgar el caudal solicitado de 38.17 LPS, e incluso mayores caudales máximos. Sin embargo, los sistemas simulados con tuberías de 6" no funcionan adecuadamente ya que no pueden aportar el caudal solicitado antes nombrado, sino caudales máximos que oscilan por los 32 LPS, insuficientes para

abastecer a las comunidades de la zona en las condiciones actuales, lo cual es completamente inaceptable puesto que, como es lógico de pensar, se esperaría un aumento de la población y por ende de la demanda de agua. Además se debe considerar que esta insuficiencia se da en las simulaciones ideales, de tramos de tubería rectos y sin accesorios, y que tomando en cuenta estos factores, el caudal que podría dar el sistema sería aún menor. Esto también es visible en las pérdidas unitarias, obteniéndose valores entre 5 y 6 m de cabezal por km de tubería de pérdidas en las tuberías de 8", mientras que en las de 6" las pérdidas oscilan entre los 16 y 17 m/km.

Puede apreciarse además, al comparar el comportamiento de los sistemas respecto al material de la tubería, que las pérdidas son mayores para las tuberías de acero que de polietileno, dado que el coeficiente de fricción es sumamente mayor en el caso de la tubería metálica. Esto representa una ventaja del polietileno como mejor elección, dado que de un sistema de tuberías de dicho material pueden satisfacerse demandas ligeramente superiores, dándose mayores presiones en los nodos y menores pérdidas unitarias, además de ser un sistema de instalación más sencilla por medio de la soldadura por fusión térmica, no tiene problemas con la corrosión y presentar cierta elasticidad respecto al acero, lo cual hace que el sistema requiera menos codos, ventaja desde el punto de vista energético del agua y de costos.

Finalmente, al observar los resultados de la Simulación 5, se puede apreciar cómo el sistema ideal de la Simulación 2 es llevado a su límite agregándole una longitud equivalente de pérdidas, la cual representa la unión de tramos adicionales de tuberías y accesorios que pueden agregársele al sistema sin que sus pérdidas mermen su cumplimiento del caudal de 38.17 LPS. Para este caso puede verse como para el tramo existente la longitud equivalente de pérdidas disponible del sistema es de 3.022 km de tubería de polietileno de 8", mientras que para el tramo corto fue de 3.068 km. Como era de esperarse, el tramo corto presenta una longitud disponible mayor ya que cuenta con más energía. Sin embargo, se ve como esta diferencia no es muy significativa.

5.3 SIMULACIÓN FINAL

5.3.1 A. Consideraciones

- Partiendo de las comparaciones hechas sobre las simulaciones preliminares, se seleccionaron tuberías de 8" de diámetro y polietileno como material para el tramo existente. Para el trayecto de tubería desde el nodo "Entrada a las bombas" hasta "Estación de bombeo" se simulará con tuberías de acero, ya que es mejor este material para las altas presiones que se presentaran a la salida de la bomba. De igual forma, se simulará el sistema con el tramo completo de polietileno para realizar una comparación entre ambas opciones.
- Se consideraron como accesorios codos de 30 y 45 grados para los cuales se fijaron valores críticos de las constantes de pérdidas locales para materiales de acero y polietileno. Posteriormente se calcularon las longitudes equivalentes de cada codo y material, para así hallar las pérdidas a través de la ecuación 1. Los valores empleados se aprecian en la Tabla 16.

$$L_{equivalente} = \frac{K_{accesorio} * D_{tubería}}{f}$$

Ecuación 1: Longitud Equivalente para un accesorio.

Tabla 16: Longitudes equivalentes para codos de 30 y 45 grados para tuberías de acero y polietileno.

Accesorio	Diámetro de la tubería [in]	Material de la tubería	$K_{accesorio}$	Factor de fricción	Longitud equivalente [m]
Codo 30	8	Acero	0.07	0.017	0.84
	8	Polietileno	0.07	0.015	0.95
Codo 45	8	Acero	0.2	0.017	2.39
	8	Polietileno	0.2	0.015	2.71

- Se discretizó el recorrido total de la tubería según las comunidades presentes para poder establecer los codos necesarios para la correcta disposición de la tubería. Seguidamente se determinaron las longitudes equivalentes totales para cada tramo considerando los codos correspondientes (Tabla 17).

Tabla 17: Longitudes equivalentes para cada tramo considerando los codos de 30 y 45 grados correspondientes.

	TRAMOS	Longitud Tubería	Codo 30	Codo 45	Longitud de Pérdidas	Longitud Total
ACERO	Estación-Curva	169	2	2	6.45	175.45
	Curva-Entrada Bombas	266	4	8	22.47	288.47
POLIETILENO	Entrada Bombas-Alto Pino	301	5	0	4.74	305.74
	Alto Pino-Pueblo Nuevo	189	1	1	3.66	192.66
	Pueblo Nuevo-Campamento	321	5	4	15.58	336.58
	Campamento-La Capilla	504	11	5	23.98	527.98
	La Capilla-Canoa	392	8	0	7.59	399.59
	Canoa-Buen Amigo	227	2	2	7.32	234.32
	Buen Amigo-Doroteo	260	2	0	1.9	261.9
	Totales	2629	40	22	93.69	2722.69

5.3.2 B. Resultados

- Simulación 6: Consideración de Longitudes Reales Entre Nodos y Pérdidas en Codos. Tuberías de diámetro de 8 in, de Acero entre “Estación de Bombeo” y “Entrada de las Bombas” y Polietileno desde “Entrada de las Bombas” hasta “Doroteo”.

En la Tabla 18. se muestran los resultados obtenidos por la simulación final para el sistema de polietileno y un tramo de tubería de acero desde el nodo “Entrada a las bombas” hasta la “Estación de bombeo”.

Tabla 18. Demanda, altura y presión obtenidas para la simulación final.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1246.52	120.52
Conexión Entrada de la bomba	0	1244.82	77.82
Conexión Sector Alto Pino	0	1243.21	42.21
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1242.19	46.19
Conexión Sector Campamento	0	1240.42	63.42
Conexión Sector La Capilla	0	1237.64	78.64
Conexión Sector Canoa	0	1235.53	56.53
Conexión Sector Buen Amigo	0	1234.3	33.3
Conexión Doroteo	38.17	1232.92	12.92
Conexión salida de las bombas	0	1247.56	149.56
Estación de Bombeo	-38.17	1098	0

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km en las tuberías de polietileno y de 5.9 m/km en las de acero, el factor de fricción promedio es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.56 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 42.705 LPS.

- **Simulación 7: Consideración de Longitudes Reales Entre Nodos y Pérdidas en Codos. Tuberías de diámetro de 8 incompletamente de Polietileno.**

Para la simulación del sistema de tuberías sólo de polietileno, se pueden observar los resultados en la Tabla 19.

Tabla 19. Demanda, altura y presión obtenidas para la simulación final. Tuberías de polietileno en todo el trayecto.

ID Nodo	Demanda [LPS]	Altura [m]	Presión [m]
Conexión Curva de subida	0	1246.63	120.63
Conexión Entrada de la bomba	0	1245.11	78.11
Conexión Sector Alto Pino	0	1243.5	42.5
Conexión Sector Pueblo Nuevo	0	1242.49	46.49
Conexión Sector Campamento	0	1240.71	63.71
Conexión Sector La Capilla	0	1237.93	78.93
Conexión Sector Canoa	0	1235.83	56.83
Conexión Sector Buen Amigo	0	1234.59	33.59
Conexión Doroteo	38.17	1233.21	13.21
Conexión salida de las bombas	0	1247.56	149.56
Estación de Bombeo	-38.17	1098	0

En las tuberías, la velocidad del fluido es de 1.18 m/s, la pérdida unitaria es de 5.27 m/km y el factor de fricción es de 0.015. En las bombas, el caudal es de 19.09 LPS y la pérdida unitaria es de -149.56 m/km.

La demanda máxima que el sistema admite es de 42.835 LPS.

5.3.3 C. Análisis

En estas últimas simulaciones, se tomó finalmente en cuenta la longitud real de los tramos de tubería existentes entre nodo y nodo en lugar de la aproximación de las primeras simulaciones de suponer tramos enteramente rectos que representaban las distancias más cortas posibles. Además de esto, también se toman en cuenta los codos como accesorios que representarán pérdidas para el sistema; pérdidas que se consideraron como una longitud equivalente adicional entre los nodos, correspondiente a la cantidad y tipo de codos que había entre estos. De esta manera, se obtienen modelos mucho más realistas del comportamiento del sistema real.

Al comparar ambos sistemas, se puede apreciar que su única diferencia consiste en que en el primero de la Simulación 6, se considera la sección desde la estación de bombeo hasta el nodo llamado “Entrada de la Bomba”, la tubería está compuesta por acero, mientras que de resto hasta Doroteo, la tubería es de polietileno. En la Simulación 7, la tubería no tiene tramos metálicos, sino que se conforma enteramente por el polímero. Como era de esperarse por las propiedades de ambos materiales, la tubería con mayor porcentaje de polietileno presenta menores pérdidas y por ende podrá dar un mayor caudal máximo demandado que la que posee tramos en metálico.

Sin embargo, hay que considerar que las pérdidas unitarias por ambos materiales, no difieren demasiado, siendo de 5.27 m/km en los tramos de polietileno y de 5.9 m/km en

los de acero; y que el tramo de metálico que diferencia una simulación de la otra, solamente representa el 17.03% de la longitud total del sistema, por ende, también puede notarse como las diferencias de comportamiento antes mencionadas, son existentes pero no en grandes magnitudes, al tenerse por ejemplo una diferencia de sólo 0.130 LPS del sistema de puro plástico respecto al otro, y una diferencia de presiones de 0.29 m en el nodo de Doroteo de menor presión; cuando la demanda de ambos sistemas es de 38.17 LPS.

Dado que de igual manera se presentan mejoras (así no sean demasiado representativas) en el uso de un sistema enteramente de plástico, hay que pensar en su viabilidad en comparación con el de tramos metálicos, ya que el objeto de estos, es que el sistema soporte las altas presiones que hay al principio de la tubería en las secciones más cercanas a las bombas. La presión más alta a la salida de la bomba para las condiciones normales de operación en el entorno de máxima eficiencia de la bomba está en el orden 149.56 m., que representaría 212.58 psi. Cabe destacar que las presiones descritas son presiones de operación del sistema, las cuales no pueden ser interpretadas para la selección de la tubería a instalar en el sistema.

6 SELECCIÓN DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA

La bomba en el punto de operación hidráulica de máxima eficiencia aporta en el orden de 38.2 LPS a una presión de 150 psi. Sin embargo, pueden existir condiciones de trabajo que obliguen al sistema de bombeo a funcionar a caudales bajos que se encuentren cercanos al punto de máxima altura de bombeo a la salida de la bomba, la cual está en el orden de 190 mca. A esta presión habría que añadirle posibles sobrepresiones por efecto de golpes de ariete producidos por la operación del sistema.

Desde la salida de la bomba hasta el sector denominado “Conexión entrada bomba” ubicado a la salida de la carretera se tiene previsto colocar tubería de acero al carbono de 8 pulgadas de diámetro externo y a partir de ese punto empezaría la instalación de la tubería de polietileno.

6.1 CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE

Una estimación de las posibles sobrepresiones máximas que se pueden generar en un sistema se realiza por medio de tres parámetros: celeridad de la onda en el fluido, velocidad del fluido y la densidad del fluido. La sobrepresión generada se calcula de la siguiente forma:

$$\Delta P = \rho * C * V$$

La celeridad de la onda se realiza empleando la ecuación de Joukowski, la cual se describe como sigue:

$$C = \frac{\sqrt{E_f / \rho_f}}{\sqrt{1 + \frac{E_f * D_t}{E_t * e_t}}}$$

donde:

E_f = Módulo de elasticidad del fluido (Newton/m²)= 2.2E+09

E_t = Módulo de elasticidad de la tubería (Newton/m²)= 1190MPa

ρ_f = Densidad del fluido (Kg/m³)= 1000 Kg/m³

D_t = Diámetro de la tubería (m)=200 mm

e_t = Espesor de la tubería (m)

C = Celeridad de la onda en el fluido (m/s)

V = Velocidad del fluido (m/s)= 1.2 m/s para Q = 38.2 lps.

En la tabla 20 se presenta el cálculo de la sobrepresión acorde al espesor de la tubería de polietileno para un diámetro de 200 mm. En la tabla se expresan los valores de la sobrepresión en metros de columna de agua (mca) y en psi.

Tabla 20. Cálculo de la sobrepresión en la tubería según su espesor.

TUBERIA DE POLIETILENO, DIAMETRO: 200 mm				
TIPO	SDR 13.6	SDR 11	SDR 9	SDR 7.4
ESPESOR (mm)	14.7	18.2	22.4	27.6
C (m/s)	290.0	321.3	354.5	390.9
V (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
ρ_f(Kg/m³)	998	998	998	998
$\Delta P_{\text{sistema}}$ (mca)	35.47	39.29	43.36	47.81
$\Delta P_{\text{sistema}}$ (psi)	50.42	55.85	61.63	67.96

En el sector “Conexión de entrada a la bomba” la presión para las condiciones de operación a máxima eficiencia de la bomba es de 78.11 mca (tabla 19), y considerando la máxima presión a la salida de la bomba (190 mca) es de 119 mca (169.2 psi). En la tabla 21 se muestra el cálculo de la presión total en la tubería correspondiente a la suma de la sobrepresión por golpe de ariete más la presión de la línea en condiciones de máxima operación.

En la tabla 21 podemos apreciar que la presión total para el espesor de tubería de 14.7 mm. (SDR 13.6) es de 219.6 mca, la cual se sale del rango de trabajo de la tubería comprendido entre los 150 - 185 psi para las tuberías PE80 Y PE 100 respectivamente. Respecto a la tubería SDR 11, la presión total del sistema es de 225.1 psi, la cual es menor al rango de trabajo de la tubería PE100 (235 psi), siendo esta la recomendada en este sector.

En función de los resultados descritos, si la tubería de polietileno comienza en el sector “Conexión de entrada de la bomba”, se recomienda que el tipo de tubería a utilizar sea SDR11, PE100 para una presión de salida de la bomba de 190 mca, la cual corresponde a la máxima presión de salida de la bomba. Si se considera la presión de operación en el punto de operación de máxima eficiencia de la bomba, el tipo de tubería recomendada sería SDR 13.6 - 185 psi.

Tabla 21. Cálculo de la sobrepresión total en la tubería según su espesor.

Sector “Conexión entrada de la bomba”

TUBERIA DE POLIETILENO, DIAMETRO: 200 mm				
TIPO	SDR 13.6	SDR 11	SDR 9	SDR 7.4
PE80 (psi)	150	185	235	290
PE100 (psi)	185	235	290	360
CALCULO DE LA PRESION TOTAL DEL SISTEMA, DIAMETRO: 200 mm				
$\Delta P_{\text{sistema}}(\text{psi})$	50.42	55.85	61.63	67.96
$\Delta P_{\text{sobrepresión}}(\text{mca})$	169.2	169.2	169.2	169.2
$\Delta P_{\text{total}}(\text{mca})$	219.6	225.1	230.8	237.2

En el sector “Alto Pino” la presión para las condiciones de operación a máxima eficiencia de la bomba es de 42.5 mca, y para la máxima presión a la salida de la bomba 190 mca es de 82.5 mca (117.3 psi).

En la tabla 22 podemos apreciar que la presión total para el espesor de tubería de 14.7 mm. (SDR 13.6) es de aproximadamente 167.68mca, la cual se ubica en el rango de presión de la tubería SDR 13.6 (PE 100 de 185 psi). Respecto a la tubería SDR 11, la presión total es de 173.11 psi, lo que implica que la tubería SDR 11- PE 80 se podría utilizar por tener un rango mayor de presión.

En función de los resultados descritos, sí la tubería de polietileno comienza en el sector “Alto Pino”, se recomienda que el tipo de tubería a utilizar sea SDR 13.6 - PE100 o la tubería del tipo SDR 11 – PE80 para una presión de salida de la bomba de 190 mca, la cual corresponde a la máxima presión de salida de la bomba. Si se considera la presión de operación en el punto de operación de máxima eficiencia de la bomba, el tipo de tubería recomendada sería SDR 13.6 - 150 psi.

Tabla 22. Cálculo de la sobrepresión total en la tubería según su espesor.
Sector “Alto Pino”

TUBERIA DE POLIETILENO, DIAMETRO: 200 mm				
TIPO	SDR 13.6	SDR 11	SDR 9	SDR 7.4
PE80	150	185	235	290
PE100	185	235	290	360
$\Delta P_{\text{sistema}}(\text{psi})$	50.42	55.85	61.63	67.96
$\Delta P_{\text{sobrepresión}}(\text{mca})$	117.26	117.26	117.26	117.26
$\Delta P_{\text{total}}(\text{mca})$	167.68	173.11	178.89	185.22

Acorde a los resultados descritos y considerando la máxima presión posible a la salida de la bomba se recomienda la utilización del tipo de tubería SDR 11 – PE 80, siempre y cuando la tubería de polietileno se inicie en el sector de Alto Pino, lo que implica que la tubería de acero al carbono (API 5L-ASTM de 4.78 a 5.16 mm)comenzaría desde la casa de máquinas hasta el sector de Alto Pino con una longitud aproximada de

736 m. La tubería de polietileno desde el sector Alto Pino hasta Doroteo tendría una longitud aproximada de 1893 m.

Si consideramos un 5 % adicional de longitud de tubería podríamos considerar una longitud de tubería de acero al carbono de 800 m. y una longitud de tubería de polietileno de 2000 m.

7 REPLANTEO, EXCAVACION E INSTALACIÓN

Para el replanteo, como paso previo a la excavación, debe ser marcada, colocada y referenciada con precisión la línea que pasa por el centro de la zanja y el ancho de la superficie de la zanja.

El alineamiento realizado para definir la longitud estimada de tubería y los ángulos de deflexión fue obtenido mediante el trazado en Autocad de un plano de curvas de nivel del sector, razón por la cual el alineamiento real debe ser trazado en campo con la finalidad de obtener precisión en la delimitación del trazado de la zanja. Cabe destacar que el trazado en su mayoría debería ser realizado hacia el lado derecho de la vía (en dirección hacia Doroteo), ya que es el lado de mayor estabilidad del talud a lo largo de la vía. En gran parte del tramo correspondiente al lado derecho de la vía se encuentra una cuneta para el drenaje de aguas superficiales, la cual en ciertos sectores se encuentra obstruida y en otros abierta. Esta cuneta debe mantenerse y no debería ser destruida al realizar la zanja, y el trazado del ancho de la zanja debería ser realizado paralelo a dicha cuneta.

Cuando se requieran marcas temporales de colocación, deben establecerse en puntos donde no sea probable que sean quitadas o movidas.

Los intervalos entre las operaciones de excavación, instalación de la tubería, y relleno de tierras, deben ser lo más breves posibles. De esta forma se consigue:

- Acortar el tiempo de reutilización de los elementos de entibación si los hubiere.
- Prevenir posibles inundaciones de la zanja y derrumbes en la misma.
- Reducir la necesidad de controlar el agua subterránea.
- Reducir los requerimientos de los equipos.
- Minimizar las roturas de los servicios existentes.
- Acortar las perturbaciones al tráfico.
- Reducir los peligros de accidentes.
- Reducir impactos medioambientales adversos.

Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

Se recomienda que el material procedente de la excavación se apile lo suficientemente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que los desprendimientos puedan poner en peligro a los trabajadores.

La forma en que se apile la tierra removida condiciona el empleo del equipo de excavación, la necesidad de entibaciones y las operaciones de relleno. En el caso de

instalaciones de zanja, el material extraído se usa frecuentemente para el posterior relleno, por lo que es conveniente acopiarlo a lo largo de la zanja a una distancia adecuada de uno de sus bordes. Para zanjas entibadas se recomienda una distancia libre de 90 cm.

La apertura de zanjas muy profundas o muy anchas produce un gran volumen de tierras extraídas cuyo peso puede resultar excesivo para la estabilidad del talud. En este caso será necesario alejar una parte de dichas tierras o extenderlas en una mayor superficie. Si se prevé utilizar como relleno las mismas tierras procedentes de la excavación, éstas deben ser inspeccionadas a fin de retirar trozos grandes de roca, pedazos de escombros, y todo aquello cuyo peso y dureza pueda causar daños a la tubería en el impacto de caída o producir presiones puntuales al compactar el relleno.

Drenajes y entibaciones.

La entibación de zanjas se utiliza para estabilizar excavaciones lineales. Se denomina entibación a la sujeción provisional por medios económicos y recuperables, instalados a mano o con elementos mecánicos poco importantes, de las paredes de la excavación. Este sistema se emplea en excavaciones que permiten acodalar o apuntalar el revestimiento de una pared contra la opuesta, transmitiéndose los empujes de las tierras de una a otra a través de los puntales y resultando compensados entre sí.

Por otro lado, el descenso del nivel freático puede hacerse por simple drenaje natural por los laterales del fondo de zanja o por rebaje de la misma mediante bombeo.

Durante el trabajo de instalación, las excavaciones se deberían mantener resguardadas del agua, por ejemplo agua de lluvia, infiltraciones, o agua procedente de fugas en las tuberías. Los métodos para el drenaje no deberán afectar al relleno envolvente y a las tuberías.

Se deben tomar precauciones para prevenir las pérdidas de los materiales finos durante el drenaje. Además, debe tenerse en cuenta la influencia del drenaje en los movimientos de tierra debidos al agua y la estabilidad de las áreas circundantes.

Al completar el drenaje deben sellarse adecuadamente los drenajes temporales.

Acondicionamiento del fondo de la zanja

La pendiente y el material del fondo de la zanja deben estar adecuados lo más cercano posible a la pendiente de la vía. El material del fondo de la zanja no debería ser alterado. Si se modificase debe conservarse la capacidad portante prevista originalmente.

Cuando el tendido de las canalizaciones sea sobre el fondo de la zanja, éste deberá adaptarse a la pendiente y a la forma específica del tubo, de manera que se asegure un apoyo completo a lo largo de la tubería.

Se desea conseguir una rasante uniforme para el relleno de la base de la zanja, preferentemente con arena suelta, grava o piedra picada (de tamaño inferior a 20 milímetros), compactándola para evitar asientos diferenciales.

Los tubos no se apoyarán directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas o lechos. Las características de estas camas dependen del terreno, de las dimensiones de los tubos y del tipo de tubería utilizada.

Dimensionamiento de la zanja propuesto.

Para una tubería de 8 pulgadas el ancho y profundidad de la zanja serán 0.6 m y 1 m respectivamente. Con una capa de relleno de 10cm de piedra u otro material, luego un llenado con tierra proveniente de la excavación de hasta 10 cm con respecto a la superficie, para finalmente completar con una capa de asfalto de 10 cm de espesor o de concreto acorde al tipo de material de la vía donde se realizó la excavación, figura 7.

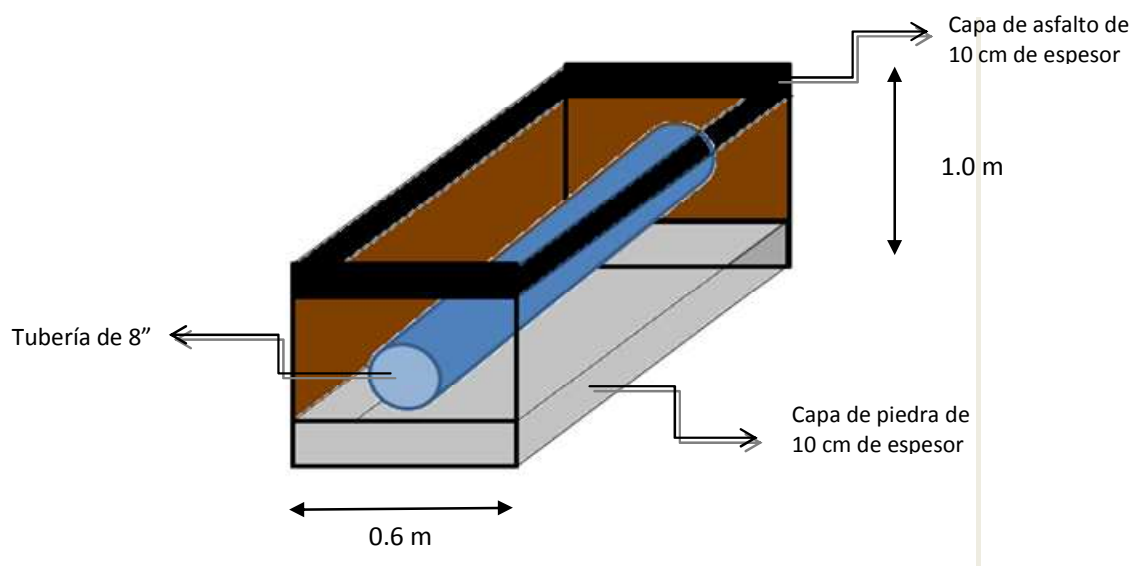


Figura 7. Representación esquemática de las características y dimensiones de la zanja.

8 CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS (ZANJA)

Para definir las cantidades de obra se utilizaron las partidas COVENIN obtenidas de la página Web del Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre (MPPTT), donde se utilizaron las partidas que podrían guardar relación con el proyecto descrito.

Las partidas seleccionadas corresponden exclusivamente a los trabajos de la zanja, realizándose una depuración exhaustiva de todas las partidas para tratar de describir las que se consideran más adecuadas. Se dio prioridad en todo momento al ahorro, entendiéndose monetario para la comunidad y se ofrecen dos opciones a ser consideradas. Se sabe que las cantidades de obra son estimadas y las mismas pueden diferir con la realidad, y los precios utilizados son referenciales, los cuales han sido tomados de las partidas COVENIN ofrecidas por el MPPTT, con lo cual se quiere dar a entender que los costos son estimados y pueden sufrir variaciones acorde al ente que desarrolle la obra.

Cabe destacar que las cantidades de obra consideradas son referenciales y utilizadas para cuantificar un valor estimado de las obras de replanteo, excavación e instalación, los costos finales son función de la mano de obra que pueda ser utilizada de la comunidad en conjunto con otros entes que contribuyan con la ejecución de la obra.

Las consideraciones tomadas para presentar las dos opciones fueron las siguientes:

Opción A:

- El total de máquinas a utilizar en la obra es de 3 máquinas (incluye máquinas para la excavación, para asfalto, etc.)
- Se supuso que el desmalezamiento en la zona corresponderá a 1 Ha aproximadamente.
- La demolición de pavimentos será considerada para un recorrido de la tubería de 2.2 Km aproximadamente, ya que esta distancia corresponde a la carretera asfaltada de la comunidad.
- Para la preparación del sitio se tomó en cuenta 400 m de longitud para carretera de tierra, ya que esta es una zona en donde su suelo es irregular por lo tanto es necesario la preparación del sitio antes de comenzar la realización de los trabajos de colocación de la tubería. Este tramo corresponde al tramo de tubería metálica desde la caseta de bombeo hasta su salida en la vía asfaltada.
- En cuanto el transporte se seleccionaron dos partidas para el bote de tierra sobrante de la excavación y del relleno final luego de instalarse la tubería. La primera partida corresponde a zonas no Urbanas que sería la vía de carretera asfaltada. La segunda partida se refiere al transporte de bote de tierra para zonas Montañas y corresponde a la distancia desde la estación de bombeo hasta el comienzo de la vía de asfalto ya que es una carretera que no tiene una vía principal accesible al sitio.
- La excavación de la zanja o canal fue considerado que al menos 400 m del recorrido total sería hecho a mano. La excavación a maquinaria para esta opción corresponde a una retroexcavadora.
- Luego de la excavación y de la rectificación del canal se colocará una cama de piedra bruta de aproximadamente 10 cm en la base del canal o zanja.

- Para evitar derrumbes dentro de la zanja y asegura el apilamiento se colocará entibaciones de madera en donde fue considerado que al menos cada 50 metros de longitud de trabajo se colocará el entibado para la tubería.
- Luego de la instalación de la tubería se procede a realizar el relleno de la misma con la tierra extraída de la excavación, por lo tanto se consideró que existía un 20 % de pérdida sobrante de la excavación, además del volumen ocupado por la capa de asfalto y la cama tierra. Este relleno debe ser compactado para garantizar un relleno completo de la zanja y minimizar hundimientos de la vía.
- Después del relleno se procederá a colocar la capa de asfalto lo que corresponde al bacheo de la vía. Para esta partida se seleccionó asfalto en frío con un espesor de 10 cm. El transporte del mismo fue tomado para 3 km de distancia. En los sectores que no posean asfalto se cubrirán con concreto con las mismas características que el colocado en la vía.
- Al terminar con el trabajo de bacheo se demarcará la línea continua de la carretera con pintura de tráfico reflectiva de 10 cm de ancho en 2.2 km de recorrido.

Opción B

- Se consideró que el total de máquinas a utilizar en la obra será de 4 máquinas incluyendo máquinas para movimientos de tierra, asfalto entre otras.
- El desmalezamiento del recorrido corresponderá para esta opción de 2 Ha.
- La demolición de pavimentos posee las mismas consideraciones de la Opción anterior.
- Para el bote de tierra se seleccionaron dos partidas al igual que la opción A. Una referente al Transporte montañoso que será desde la estación de bombeo hasta el comienzo de la carretera de asfalto y la otra consideró el transporte no urbano del bote de tierra desde la carretera de asfalto hasta el Sector el Doroteo.
- El costo del suministro y la colocación de la cama de piedra u otro material fue calculado para 10 cm de espesor y 60 cm de ancho.
- El entibado para la protección de las paredes de la zanja será colocado cada 50 m de recorrido y será de madera.
- Se consideró al igual que para la opción A que el relleno será de un porcentaje de la tierra extraída de la excavación.
- En cuanto al material asfáltico a utilizar para esta opción se tomó en cuenta que este será asfalto en caliente y para el cálculo del material que se iba a utilizar se consideró las dimensiones de la capa de asfalto propuesta que será de 10 cm., así como también 2,2 Km de distancia correspondiente a la carretera asfaltada. Cabe destacar que para estos cálculos la densidad del asfalto tomada fue de 1.8 TON/M3. Por ende el resultado total es de magnitud considerablemente grande contribuyendo entonces a que el precio de esta partida aumente significativamente el total del presupuesto.
- Al igual que la opción A luego de terminar el asfaltado de la vía se colocará con pintura reflectiva una línea continua de 10 cm de ancho como señal de tránsito.

Para la realización de los trabajos de la zanja, los cuales no incluyen los costos de suministro e instalación de tuberías, se presentaron dos opciones cuya descripción de cantidades de obra y costos estimados se presentan en las tablas 20 y 21, para las opciones A y B respectivamente.

En la tabla 20 se muestra que el costo estimado para los trabajos de la zanja está en el orden de 664.443,89 bolívares.

En la tabla 21 se muestra que el costo estimado para los trabajos de la zanja está en el orden de 730.479,77 bolívares.

Cabe destacar que en ninguna de las dos opciones se incluye la compactación del material posterior al relleno de la zanja en el tramo donde se instalaría la tubería de polietileno, el cual se considera necesario para minimizar a futuro posibles hundimientos en el sector de la zanja. Esta compactación se pudiera realizar con personal de la comunidad mediante la utilización de un pisón manual, lo cual reduciría los costos con respecto a un apisonador de percusión.

8.1 DESCRIPCION DE LAS OPCIONES DE CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS

8.1.1 OPCIÓN A

TABLA 20. CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS OPCIÓN A

Partida N	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)	Observaciones
8	C-02-82-001-01	Transporte de Maquinaria Pesada para Movimiento de Tierra, Asfalto, etc. Con peso de 10 a 30 Ton. Por máquina. Se pagará un solo viaje de ida y regreso por máquina no se reconocerá cuando una máquina sea sustituida por otra.	TON*KM	900	2.9	Bs. 2,610.00	Se consideraron máquinas de 10 TON y un recorrido de 30 km y 3 máquinas.
12	C-03-01-003-00	Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general) con una altura predominante máxima de 8 Ms.	HA	1	3,937.13	Bs. 3,937.13	Se consideró una hectarea en total, aproximando todo el recorrido.
24	C-03-05-001-01	Demolición de Pavimentos, Aceras, Brocales y Cunetas de Concreto con Equipo Pesado, bote y transporte hasta 200 m de distancia.	MB	264	236.93	Bs. 62,549.52	Se consideraron 2200m de longitud por 0.6m de ancho por un espesor aproximado de 0.2m.
52	C-03-81-001-00	Compactación de rellenos con apisonadores de percusión, correspondientes a la preparación del sitio	MB	208.8	163.12	Bs. 34,059.46	Se consideró una longitud de 435 m con un ancho de 0.6 m y profundidad de 0.8 m. Se tome la compactación solo en el terreno mas critico supuesto sería a la salida de las bombas hasta la carretera)
56	C-03-82-001-01	Transporte no Urbano en Camiones, a distancias mayores de 200 metros., de cualquier tipo de material proveniente de la preparación del sitio (demoliciones), medido en estado suelto a distancia de hasta 3 Km y 4 Km	MB*KM	2397	11.37	Bs. 27,257.98	Se supuso que el material de desecho es un 20% del total de la excavación y se traslada un aproximado de 4 Km. Tomando en cuenta el volumen total de la tierra extraído de la excavación menos el volumen de la capa de piedra a colocar, el volumen que ocupará la tubería de 8" y además menos la capa de asfalto que se colocara luego del relleno del Canal
100	C-03-82-021-04	Transporte Montañoso en Camiones, a distancias mayores de 200 m de cualquier tipo de material proveniente de la preparación del sitio (demoliciones), medido en estado suelto, a distancias comprendidas entre 3 Km y 4 Km	MB*KM	162	15.92	Bs. 2,585.77	Se considero 41 MB de material y 4 Km de distancia asumiendo que será para traslado de material a la zona de bombeo. Tomando en cuenta el volumen total de la tierra extraído de la excavación menos el volumen de la capa de piedra a colocar, el volumen que ocupará la tubería de 8" y además menos la capa de asfalto que se colocara luego del relleno del Canal
255	C-05-09-001-01	Excavación para la construcción de Canales o Zanjias de Drenaje con empleo de equipo Retroexcavadora, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga	MB.	1320	69.09	Bs. 91,198.80	Se tomo una longitud de 2200 mt y las dimensiones especificadas de la zanja.
261	C-05-09-002-01	Suministro de piedra bruta procedente de cantera para la protección de canales.	MB.	156	247.5	Bs. 38,610.00	Se tomo un espesor de piedra picada para el fondo que servira como asiento de la tubería de la zanja de 0.1m por 0.6m de ancho y la longitud total de la zanja
263	C-05-09-003-02	Colocación a mano de piedra bruta procedente de cantera, para la protección de canales, sin incluir el suministro de la piedra.	MB.	24	199.25	Bs. 4,782.00	Se colocará una parte a mano de piedra bruta aproximadamente 400 mt que es el recorrido desde la zona de bombeo hasta donde comienza la carretera de asfalto.
264	C-05-09-003-03	Colocación a máquina de piedra bruta procedente de cantera, para la protección de canales, sin incluir el suministro de la piedra.	MB.	126	57.72	Bs. 7,272.72	Se colocará una parte a mano de piedra bruta aproximadamente 2200 mt que es el recorrido desde la zona de bombeo hasta donde comienza la carretera de asfalto.
369	C-05-80-001-03	Excavación a mano para estructuras correspondiente a obras de drenaje, de cualquier profundidad, apilamiento y/o bote, transporte hasta 200m De distancia. Incluye carga con equipo liviano	MB	240	67.25	Bs. 16,140.00	Se consideró que la excavación sería de unos 500m del recorrido incluyendo tambien las dimensiones de la zanja.
374	C-05-80-002-01	Entibado de Madera en las paredes de la excavación para estructuras, correspondientes a obras de drenaje, medido según el área de entibado efectivamente construida, incluyendo: suministro, transporte, colocación de todos los elementos.	M2	100	278.46	Bs. 27,846.00	Se supuso tramos de 50m entibados a lado y lado por tramos de trabajo.
713	C-11-25-003-00	Bacheo de Sub bases y/o Bases con Equipo Liviano, utilizando Materiales..., sin incluir el transporte.	MB	985	160.39	Bs. 157,984.15	Bacheo para tapar la zanja con el material sobrante de la tierra producto de la excavación
833	C-12-25-006-03	Bacheo con equipo pesado, utilizando mezcla asfáltica en frío, mezclada en patios, empleando asfalto tipo., con arena procedente de la explotación directa de río o mina, con eventualidad cemido, sin incluir el transporte de los materiales.	TON	216	756.09	Bs. 163,315.44	Se toma el volumen de bacheo multiplicado por la densidad del asfalto.
868	C-12-82-001-07	Transporte no urbano Camiones, de Mezcla asfáltica en Frío, para la construcción de Pavimentos, medido según volumen colocado, a distancias comprendidas entre 3 Km y 4 Km	MB*KM	960	13.27	Bs. 12,739.20	Se tomó como estimado una distancia de 4 Km, sin embargo no se tiene aún con certeza donde será recogido el agregado.
1042	C-25-01-131-02	Demarcación de línea continua en pavimento, con pintura de Tráfico reflectiva aplicada en frío, ancho = 10 cm, zona urbana	KM	2.2	5,252.60	Bs. 11,555.72	La demarcación de línea continua solo se tomo en cuenta para aproximadamente 2,1 km del todo el tramo donde se hará la instalación de la tubería.
					Total (Bs.)	Bs. 664,443.89	

8.1.2 OPCIÓN B

TABLA 21. CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS ESTIMADOS OPCIÓN B

Partida N	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Total (Bs)	Observaciones
8	C-02-82-001-01	Transporte de Maquinaria Pesada para Movimiento de Tierra, Asfalto, etc. Con peso de 10 a 30 Ton. Por máquina. Se pagará un solo viaje de ida y regreso por máquina no se reconocerá cuando una máquina sea sustituida por otra.	TON*KM	1200	Bs. 2.90	Bs. 3,480.00	Se consideró una máquina de 10 TON y un recorrido de 30 km. Maquinaria a utilizar: 4 máquinas aproximadamente
12	C-03-01-003-00	Deforestación Liviana y Limpieza (rastros, vegetación baja en general) con una altura predominante máxima de 8 Ms.	HA	2	Bs. 3,937.13	Bs. 7,874.26	Se consideró una hectarea en total, aproximando todo el recorrido.
24	C-03-05-001-01	Demolición de Pavimentos, Aceras, Brocales y Cunetas de Concreto con Equipo Pesado, bote y transporte hasta 200 m de distancia.	MB	264	Bs. 236.93	Bs. 62,549.52	Se consideraron 2200m de longitud por 0.6m de ancho por un espesor aproximado de 0.2m.
52	C-03-81-001-00	Compactación de rellenos con apisonadores de percusión, correspondientes a la preparación del sitio	MB	208.8	Bs. 163.12	Bs. 34,059.46	Se consideró una longitud de 435 m con un ancho de 0.6 m y profundidad de 0.8 m. Se tome la compactación solo en el terreno mas critico supuesto sería a la salida de las bombas hasta la carretera)
59	C-03-82-001-07	Transporte no Urbano en Camiones, a distancias mayores de 200 metros., de cualquier tipo de material proveniente de la preparación del sitio (demoliciones), medido en estado suelto a distancia de hasta 6 Km y 8 Km	M3*KM	2392	Bs. 6.63	Bs. 15,858.96	Se supuso que el material de desecho es un 20% del total de la excavación menos la cantidad que se utilizará nuevamente como relleno con una distancia de traslado de aproximado de 7 Km.
103	C-03-82-021-07	Transporte Montañoso en Camiones, a distancias mayores de 200 m, de cualquier tipo de material proveniente de la preparación del sitio (demoliciones), medido en estado suelto, a distancias comprendidas entre 6 Km y 8 Km	M3*KM	287	Bs. 9.55	Bs. 2,740.85	Se considero 20 MB de material y 0.4 Km de distancia asumiendo que será para traslado de material a la zona de bombeo.
255	C-05-09-001-01	Excavación para la construcción de Canales o Zanjas de Drenaje con empleo de equipo Retroexcavadora, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga	MB	1320	Bs. 69.09	Bs. 91,198.80	Se tomo una longitud de 2200 mt y las dimensiones especificadas de la zanja.
261	C-05-09-002-01	Suministro de piedra bruta procedente de cantera para la protección de canales.	MB	156	Bs. 247.50	Bs. 38,610.00	Se tomo un espesor de piedra picada para el fondo que servira como asiento de la tubería de la zanja de 0.1m por 0.6m de ancho y la longitud total de la zanja
263	C-05-09-003-02	Colocación a mano de piedra bruta procedente de cantera, para la protección de canales, sin incluir el suministro de la piedra.	MB	24	Bs. 199.25	Bs. 4,782.00	Se colocará una parte a mano de piedra bruta aproximadamente 2200 mt que es el recorrido desde la zona de bombeo hasta donde comienza la carretera de asfalto.
264	C-05-09-003-03	Colocación a máquina de piedra bruta procedente de cantera, para la protección de canales, sin incluir el suministro de la piedra.	MB	132	Bs. 57.72	Bs. 7,619.04	Se colocará una parte a mano de piedra bruta aproximadamente 2200 mt que es el recorrido desde la zona de bombeo hasta donde comienza la carretera de asfalto.
267	C-05-10-001-01	Rectificación de canales o zanjas de drenaje de tierra en seco, con empleo de equipo retroexcavador, carga, transporte hasta 200m. De distancia y descarga.	MB	240	Bs. 35.12	Bs. 8,428.80	Se supone rectificación en la zona donde el trabajo sea hecho a mano. Para lo cual Se supone en estimado de 500m de zanja y espesores y anchos de 0.1m
369	C-05-80-001-03	Excavación a mano para estructuras correspondiente a obras de drenaje, de cualquier profundidad, apilamiento y/o bote, transporte hasta 200m. De distancia. Incluye carga con equipo liviano	MB	240	Bs. 67.25	Bs. 16,140.00	Se consideró que la excavación sería de unos 500m del recorrido incluyendo tambien las dimensiones de la zanja.
374	C-05-80-002-01	Entibado de Madera en las paredes de la excavación para estructuras, correspondientes a obras de drenaje, medido según el área de entibado efectivamente construida, incluyendo: suministro, transporte, colocación de todos los elementos.	M2	100	Bs. 278.46	Bs. 27,846.00	Se supuso tramos de 50m entibados a lado y lado por tramos de trabajo.
713	C-11-25-003-00	Bacheo de Sub bases y/o Bases con Equipo Liviano, utilizando Materiales..., sin incluir el transporte.	MB	264	Bs. 160.39	Bs. 42,342.96	Bacheo para tapar la zanja con la tierra sobrante de la excavación previa .
821	C-12-18-009-01	Material Asfáltico de penetración, tipo 60-70 (A-20) para pavimentos de arena-asfalto en caliente, sin incluir el transporte.	TON	522.72	Bs. 455.91	Bs. 238,313.28	Se toma la longitud del tramo de zanja y se multiplica por la densidad del asfalto
764	C-11-82-007-01	Trasporte de material asfáltico Emulsion Asfáltica, para la construcción de suelo-asfalto, a distancias de hasta 200 km	TON*KM	2200	Bs. 0.97	Bs. 2,134.00	Se toma una distancia de 50 Km y los mismos volúmenes que antes
836	C-12-25-007-04	Colocación de Mezcla Asfáltica en Caliente para Bacheos, con equipo liviano, sin incluir el Suministro ni el transporte de la Mezcla Asfáltica.	TON	522.72	Bs. 219.90	Bs. 114,946.13	Se toma el volumen de bacheo
1042	C-25-01-131-02	Demarcación de línea continua en pavimento, con pintura de Tráfico reflectiva aplicada en frío, ancho = 10 cm, zona urbana	KM	2.2	Bs. 5,252.60	Bs. 11,555.72	La demarcación de línea continua solo se tomo en cuenta para aproximadamente 2,1 km del todo el tramo donde se hará la instalación de la tubería.
					Total (Bs.)	Bs. 730,479.77	

9 CONCLUSIONES

- En este trabajo se ha conseguido estudiar varias propuestas de sistemas de suministro y distribución de agua potable para la comunidad de Lomas de Baruta, la cual consta de una población aproximada de 10982 habitantes para los sectores descritos, demandando en conjunto unos 38.17 LPS, según datos suministrados por la comunidad. Estas propuestas consistieron en principalmente variar las rutas del sistema de tuberías, el material de estas y su diámetro, al igual que un posterior estudio que tomara en cuenta las desviaciones de las tuberías y los codos que dichos desvíos implican.
- Los resultados obtenidos suponen la utilización de un sistema de bombeo conformado por dos bombas KSB WKL807, que giran a 1750 rpm, tienen 7 rodetes de 220 mm de diámetro; y están dispuestas en paralelo entre sí. El uso de otra bomba requeriría un nuevo estudio del comportamiento de capacidad de demanda, alturas de bombeo, presiones y demás, sin embargo, las pérdidas dadas por el sistema de tubería y las apreciaciones cualitativas de los comportamientos de los sistemas estudiados entre sí, seguirían siendo análogos.
- Las tuberías de 6 pulgadas de diámetro, no cumplen con la demanda del sistema (38.17 LPS) para ningún material, ruta o condición dada, debido a las grandes pérdidas generadas con tuberías de dicho tamaño. La demanda que puede dar dicho sistema es insuficiente para abastecer a la comunidad.
- Se corroboró que las tuberías seleccionadas de diámetro igual a 8 pulgadas cumplen con los requerimientos del sistema propuesto para todas las simulaciones.
- Al mantener la demanda base de 38.17 LPS, para las tuberías funcionales de 8", se manejaba una velocidad de flujo de 1.18 m/s.
- Los cálculos hidráulicos están basados en el rango de máxima eficiencia de las bombas.
- Para una demanda de 38.17 [l/s] el sistema real con tubería con tramos de acero y otros de polietileno, levanta el agua con una presión de 12.92 [m] hasta el punto final en el sector Doroteo; mientras que en dicho punto, para el sistema de solo polietileno, habrá una presión de 13.21 [m].
- El valor máximo de demanda permitido por el sistema según las simulaciones reales, en el sector Doroteo, es de 42.705 LPS [l/s] para el sistema de tuberías de acero y polietileno y 42.835 LPS para el sistema conformado enteramente de polietileno.
- Estas demandas suponen una capacidad de dotar de agua a 12300 personas y 12337 personas respectivamente. Sin embargo, estos resultados provienen exclusivamente de modelos y no debe procurarse acercarse demasiado a dichos límites.
- La pérdida unitaria es de 5.27 m/km en los tramos de polietileno y de 5.9 m/km en los de acero al carbono.

- Las deducciones anteriores corresponden con que no hay mucha diferencia en cuanto al comportamiento de ambos sistemas (el de acero con plástico y el de solo polietileno), sin embargo, puede verse como el sistema de polietileno en cuanto a su rendimiento, es superior, permitiendo una mayor demanda máxima, una menor pérdida unitaria y una mayor presión en los nodos.

10 RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS FINALES

Dadas las condiciones establecidas para las diversas simulaciones, se presentan dos aspectos relevantes ante los cuales se debe hacer especial atención. Estos son el incremento en la demanda a satisfacer y la ubicación exacta del tanque en el sector Doroteo.

Las simulaciones realizadas se basan en los datos demográficos proporcionados inicialmente los cuales están asociados a una demanda de 38.17 LPS. Posteriormente se planteó la ampliación del sistema para proporcionar el suministro a una nueva población de 2000 personas, lo cual se traduce en un aumento de la demanda hasta 45.08 LPS para el sector Doroteo. Las simulaciones realizadas para el sistema con las longitudes reales y accesorios arrojaron que el valor máximo de la demanda equivale a 42.705 LPS inferior al nuevo requerimiento, es decir, dicha población adicional para las condiciones simuladas no puede ser incluida dentro de la red. Como se observó, los últimos dos modelos otorgan demandas máximas capaces de dotar de agua a 12300 personas y 12337 personas respectivamente tomando en cuenta el mismo consumo de 300 LPD por persona. Sin embargo, se recomienda mantener el sistema como se plantea originalmente con una demanda de 38.17 LPS para abastecer 10982 personas o de alterar la demanda, que dichas variaciones sean pequeñas, para no acercar el sistema a condiciones críticas que puedan afectar su buen funcionamiento.

En la simulación final se obtuvo que en el sector Doroteo se alcanza una presión de 12.92 [m] para una demanda de 38.17 LPS. Estos valores son de suma importancia para la evaluación global de la propuesta, ya que de éste dependerá el alcance de la red y el correcto suministro de agua al tanque para su posterior distribución. Sin embargo, no se posee información sobre la ubicación futura del tanque, lo cual es una variable muy significativa para la evaluación y diseño de las distintas propuestas. La ubicación del tanque empleada para todas las simulaciones se encuentra en la cota de la carretera y de decidirse otra ubicación se tendrá que tener precaución, ya que el valor alcanzado de presión de 12.92 [m] limita considerablemente las características del tanque a construir y la cota de colocación para su construcción.

El análisis hidráulico arrojó que la tubería a utilizar para satisfacer 38.2 lps en el sector de Doroteo es de 200 mm; de la cual 800 m. de tubería de Acero al Carbono (API 5L/ASTM A53/A106 de 4.78 a 5.16 mm de espesor) se instalarían desde la casa de bombas hasta el sector Alto Pino y desde dicho sector se utilizarían 2000 m. de tubería de polietileno (SDR 11 – PE 80) hasta el sector de Doroteo.


Los resultados del sistema hidráulico están basados en la utilización de un nuevo sistema de bombeo compuesto de dos bombas conectadas en paralelo, similar al instalado actualmente. El modelo de cada bomba es KSB WKL 807, 1750 rpm. y consta de 7 etapas.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

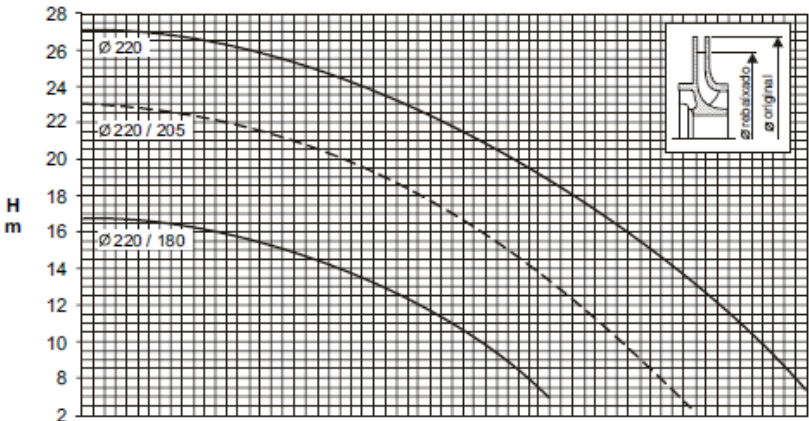
- White, Frank M. 2008. "Mecánica de Fluidos". 6ta edición. Editorial McGraw-Hill.
- Streeter, V. y Wylie E. 2003. "Mecánica de Fluidos". 9na edición. Editorial McGraw-Hill.
- Crane. "Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías". Editorial McGraw-Hill.
- Escoe, A. Keith. 2006. "Piping and Pipelines - Assessment Guide". Editorial Elsevier.
- Web de Revinca. Fabricante de tuberías de polietileno de altadensidad y conexiones; Internet. <http://www.revinca.com/pead liq.htm>

ANEXOS

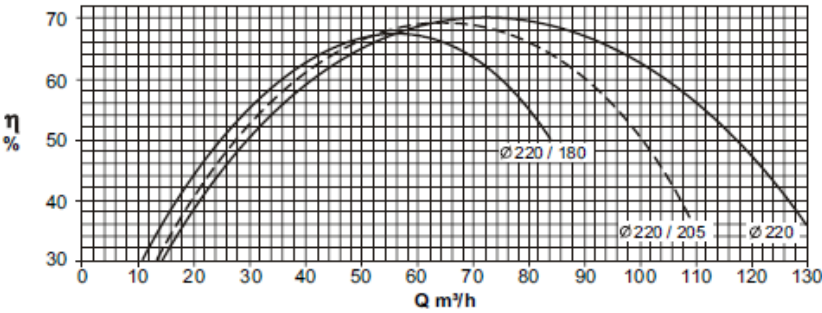
- Anexo A: Catálogo de Bombas KSB (Bomba KSB WKL; tamanho 80; 1750 rpm)

Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB WKL	Tamanho Size Tamanho	80	
Oferta nº	Item nº	Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	1750 rpm	
Project - No.	Item - No.			
Oferta - nº	Pos - nº			

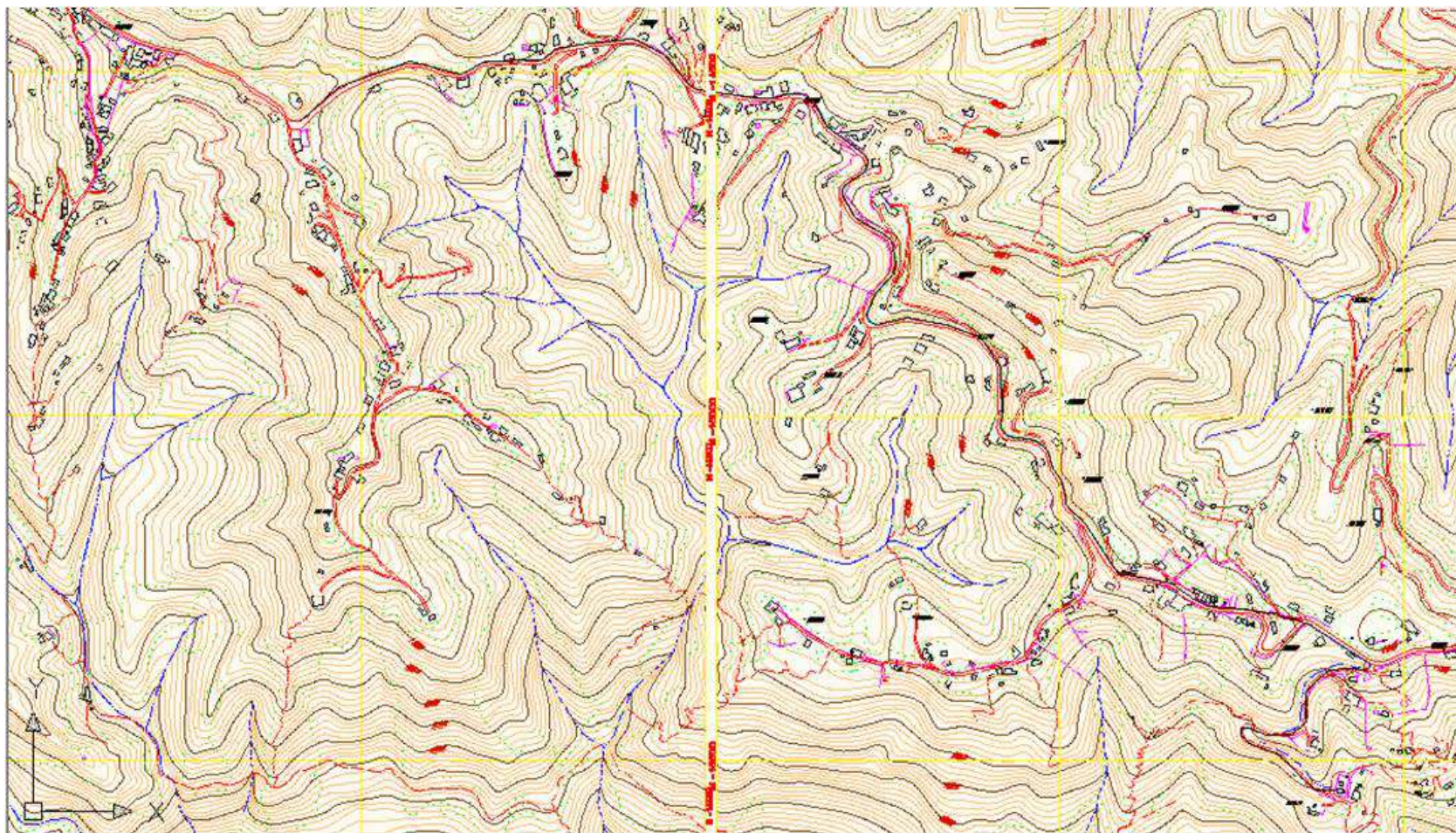
Altura Manométrica
Head
Altura Manométrica
por Estágio



Rendimento
Efficiency
Rendimento



- Anexo B: Plano base, Sector Lomas de Baruta.Plano de AUTOCAD.



• **Anexo C: Catálogo de REVINCA (Sistema Métrico)**

TUBOS EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA CONDUCCIÓN DE LÍQUIDOS
Sistema Métrico (milímetros)

Material , f.s.	SDR 33		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4	
PE 80 , 1,6	3,2 bar (50 psi)		4 bar (60 psi)		5 bar (75 psi)		6,3 bar (90 psi)		8 bar (120 psi)		10 bar (150 psi)		12,5 bar (185 psi)		16 bar (235 psi)	
PE 80 , 1,25	4 bar (60 psi)		5 bar (75 psi)		6,3 bar (90 psi)		8 bar (120 psi)		10 bar (150 psi)		12,5 bar (185 psi)		16 bar (235 psi)		20 bar (290 psi)	
PE 100, 1,25	5 bar (75 psi)		6,3 bar (90 psi)		8 bar (120 psi)		10 bar (150 psi)		12,5 bar (185psi)		16 bar (235 psi)		20 bar (290 psi)		25 bar (360 psi)	
Diámetro	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso
mm.	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m
mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.
12.5															2.3	0.075
16															2.3	0.102
20													2.3	0.132	2.8	0.155
25											2.3	0.170	2.8	0.200	3.5	0.240
32									2.3	0.222	3.0	0.280	3.6	0.327	4.5	0.393
40					2.3	0.283	2.4	0.294	3.0	0.358	3.7	0.431	4.5	0.509	5.6	0.610
50					2.4	0.372	3.0	0.456	3.7	0.550	4.6	0.667	5.6	0.790	6.9	0.940
63			2.4	0.475	3.0	0.583	3.8	0.723	4.7	0.876	5.8	1.055	7.1	1.257	8.7	1.490
75	2.3	0.547	2.9	0.678	3.6	0.828	4.5	1.016	5.6	1.238	6.8	1.472	8.4	1.768	10.4	2.115
90	2.8	0.793	3.5	0.977	4.3	1.182	5.4	1.458	6.7	1.774	8.2	2.124	10.1	2.547	12.5	3.046
110	3.4	1.171	4.2	1.427	5.3	1.773	6.6	2.172	8.1	2.618	10.0	3.161	12.3	3.787	15.2	4.526
125	3.8	1.484	4.8	1.848	6.0	2.277	7.4	2.766	9.2	3.374	11.4	4.090	14.0	4.893	17.3	5.849
160	4.9	2.435	6.1	2.996	7.7	3.728	9.5	4.532	11.8	5.528	14.6	6.693	17.9	7.999	22.1	9.558
200	6.1	3.776	7.6	4.652	9.6	5.798	11.9	7.082	14.7	8.598	18.2	10.420	22.4	12.499	27.6	14.912
250	7.6	5.865	9.5	7.252	11.9	8.971	14.8	10.997	18.4	13.435	22.7	16.234	27.9	19.456	34.5	23.287
315	9.6	9.310	12.0	11.519	15.0	14.226	18.7	17.482	23.2	21.321	28.6	25.751	35.2	30.904	43.5	36.974
355	10.8	11.792	13.5	14.593	16.9	18.051	21.1	22.217	26.1	27.025	32.2	32.667	39.7	39.266	49.0	46.932
400	12.2	14.993	15.2	18.500	19.1	22.969	23.7	28.111	29.4	34.289	36.3	41.480	44.7	49.809	55.2	59.564
450	13.7	18.877	17.1	23.385	21.5	29.034	26.7	35.605	33.1	43.455	40.9	52.666	50.3	63.166		
500	15.2	23.318	19.0	28.871	23.9	35.891	29.7	43.995	36.8	53.612	45.4	64.814	55.8	77.707		
560	17.0	29.196	21.3	36.177	26.7	44.926	33.2	55.103	41.2	67.261	50.8	81.384				
630	19.1	36.877	23.9	45.718	30.0	56.733	37.4	69.765	46.3	84.958	57.2	102.853				

1. Valores en psi aproximados.

2. Los valores sombreados en amarillo vienen en rollos de 100 m de longitud.

3. Según normas COVENIN 3833 e ISO 4427.

• Anexo D: Catálogo de REVINCA (Sistema Inglés)

TUBOS EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA LA CONDUCCIÓN DE LÍQUIDOS

Sistema Imperial (pulgadas)

Material, Rating		SDR 32,5		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 15,5		SDR 13,5		SDR 11		SDR 9		SDR 7	
PE 3408 , C=1,5		50 psi		65 psi		80 psi		100 psi		110 psi		130 psi		160 psi		200 psi		265 psi	
PE 80 , C=1,25		60 psi		75 psi		90 psi		120 psi		130 psi		150 psi		185 psi		235 psi		300 psi	
PE 100 , C=1,25		75 psi		90 psi		120 psi		150 psi		160 psi		185 psi		235 psi		290 psi		380 psi	
Diámetro	Diámetro	Espesor		Espesor		Espesor		Espesor		Espesor		Espesor		Espesor		Espesor		Espesor	
Nominal	Externo	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m	mm.	Kg/m
pulg.	mm	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.
½	21.34															2.36	0.13	3.05	0.18
¾	26.67													2.41	0.18	2.97	0.22	3.81	0.27
1	33.40													3.05	0.28	3.71	0.34	4.78	0.43
1¼	42.16											3.12	0.39	3.84	0.46	4.67	0.55	6.02	0.68
1½	48.26									3.12	0.43	3.58	0.49	4.39	0.60	5.36	0.71	6.88	0.89
2	60.33							3.56	0.62	3.89	0.68	4.47	0.77	5.49	0.94	6.71	1.12	8.61	1.38
3	88.90			3.43	0.91	4.24	1.12	5.23	1.37	5.74	1.49	6.58	1.70	8.08	2.04	9.88	2.44	12.70	3.02
4	114.30	3.51	1.22	4.39	1.50	5.44	1.85	6.73	2.26	7.37	2.45	8.46	2.80	10.39	3.36	12.70	4.03	16.33	4.98
6	168.28	5.18	2.63	6.48	3.27	8.00	4.00	9.91	4.90	10.85	5.33	12.47	6.06	15.29	7.31	18.69	8.72	24.03	10.82
8	219.08	6.73	4.46	8.43	5.54	10.44	6.79	12.88	8.29	14.12	9.03	16.23	10.27	19.91	12.38	24.33	14.79	31.29	18.33
10	273.05	8.41	6.93	10.49	8.60	13.00	10.55	16.05	12.87	17.63	14.03	20.22	15.95	24.82	19.22	30.25	22.97	39.01	28.48
12	323.85	9.96	9.76	12.45	12.10	15.42	14.84	19.05	18.11	20.90	19.75	23.98	22.44	29.44	27.04	35.99	32.32	46.25	40.07
14	355.60	10.95	11.77	13.67	14.60	16.94	17.89	20.93	21.84	22.94	23.81	26.34	27.05	32.33	32.60	39.52	38.97	50.80	48.30
16	406.40	12.50	15.37	15.62	19.06	19.35	23.36	23.90	28.52	26.21	31.10	30.10	35.34	36.96	42.59	45.16	50.89	58.06	63.09
18	457.20	14.07	19.45	17.58	24.12	21.77	29.58	26.90	36.10	29.49	39.36	33.86	44.73	41.55	53.90	50.80	64.42		
20	508.00	15.62	24.02	19.53	29.77	24.18	36.52	29.87	44.58	32.77	48.60	37.62	55.22	46.18	66.54	56.44	79.52		
22	558.80	17.20	29.05	21.49	36.02	26.62	44.18	32.87	53.94	36.04	58.79	41.40	66.81	50.80	80.52				
24	609.60	18.77	34.58	23.44	42.87	29.03	51.10	35.86	64.19	39.32	69.97	45.16	79.52	55.42	95.81				

1. Valores en psi aproximados.

2. Los valores sombreados en amarillo vienen en rollos de 100 m de longitud.

3. Según ASTM D 3035 y ASTM F 714.