

TRABAJO FINAL

Especialización en Ingeniería Sanitaria

Escuela de Posgrado y Educación Continua (EPEC)

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Universidad Nacional de Rosario

OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON SANTIAGO DEL ESTERO

Alumno: Suarez, Mario Gustavo

Directora: Inga. Especialista Albertina González

Co-Director: Ing. Paolo Giuliano



INDICE

1	Introducción.....	8
2	Objetivos.....	9
2.1	Objetivo General.....	9
2.2	Objetivos Específicos.....	9
2.3	Información de la Zona del Proyecto.....	10
2.3.1	Ubicación.....	10
2.3.2	Estudios Topográficos.....	10
2.3.3	Napa Freática.....	10
2.3.4	Red Existente.....	11
2.3.5	Observaciones.....	11
3	Estudios de Fuentes.....	12
3.1	Pozo de Bombeo N° 1.....	12
3.1.1	Ubicación e Información técnica.....	12
3.1.2	Análisis Físico-Químico.....	13
3.2	Pozo de Bombeo N° 3.....	13
3.2.1	Ubicación e Información técnica.....	13
3.2.2	Análisis Físico-Químico.....	14
3.3	Pozo de Bombeo N° 4.....	14
3.3.1	Ubicación e Información Técnica.....	14
3.3.2	Análisis Físico-Químico.....	15
3.4	Pozo de Bombeo "Las Calandrias".....	15
3.4.1	Ubicación e Información Técnica.....	15
3.4.2	Análisis Físico-Químico.....	15
3.5	Tabla Resumen: Caracterización Físico-Química de las Perforaciones.....	16
3.6	Pozo de Bombeo "PTLC".....	17
3.6.1	Ubicación.....	17
3.6.2	Datos Técnicos.....	17
3.6.3	Análisis Físico-Químico.....	18
3.7	Conclusión.....	18
4	Parámetros de Diseño.....	20
4.1	Periodo de Diseño.....	21
4.2	Estudio Poblacional.....	21
4.3	Dotación de Diseño.....	25
4.3.1	Caracterización de los Consumos.....	25
4.3.2	Dotación Media de Producción.....	26

4.4	<i>Caudales Característicos</i>	27
4.4.1	Caudal Medio Diario (Q_c)	27
4.4.2	Caudal Máximo Diario (Q_D)	27
4.4.3	Caudal Máximo Horario	28
4.5	<i>Resumen de Caudales de Diseño</i>	28
5	Cañería de Impulsión	29
5.1	<i>Diámetro de la Cañería de Impulsión</i>	30
5.1.1	Formula de Bresse	30
5.1.2	Determinación del Diámetro Económico	30
5.2	<i>Análisis de la impulsión en régimen permanente</i>	35
5.2.1	Determinación de la Clase de la Cañería	35
5.2.2	Presiones en la Cañería de Impulsión Trabajando en Régimen Permanente	39
5.2.3	Curva Característica del Sistema	40
5.3	<i>Elección de los Equipos de Bombeo</i>	44
5.3.1	Elección del Equipo de Bombeo para el periodo 2024-2034	44
5.3.2	Elección del Equipo de Bombeo para el período 2034-2044	47
5.4	<i>Análisis de la impulsión en régimen impermanente: Golpe de Ariete</i>	50
5.4.1	Introducción	50
5.4.2	Verificación al Golpe de Ariete	52
5.4.3	Determinación de la Sobrepresión/Subpresión (Δh) generada por una Parada Brusca de Bomba	55
5.4.4	Determinación de presiones y subpresiones máximas	56
5.5	<i>Determinación y Ubicación de las Válvulas de Aire</i>	58
5.5.1	Problemas Derivados de la Existencia de Aire en las Redes Hidráulicas	58
5.5.2	Ventajas que implica la utilización de válvulas de aire:	59
5.5.3	Sistemas de Control del Aire en las Redes Hidráulicas	60
5.5.4	Ubicación de las Válvulas de Aire	60
5.5.5	Proceso de Selección	61
5.6	<i>Determinación y ubicación de las cámaras de desagüe</i>	62
5.6.1	Diámetro y ubicación de las Válvulas de Desagüe	62
6	Red de Agua Potable	64
6.1	<i>Área Servida</i>	64
6.2	<i>Red Existente</i>	64
6.3	<i>Diseño y simulación de la Red Distribuidora de Agua</i>	65
6.3.1	Datos de ingreso	66
6.3.2	Hipótesis	67

6.3.3	Resultados	68
6.4	Accesorios de la Red de Agua Potable.....	74
6.4.1	Válvulas de Cierre.	74
6.4.2	Válvulas de Aire.....	75
6.4.3	Hidrantes.....	75
7	Desinfección	76
7.1	Definición.....	76
7.2	Aspectos Generales.....	76
7.3	Química de la Cloración.....	77
7.3.1	Hipocloritos	77
7.3.2	Demanda de Cloro y Break Point	77
7.3.3	Cloro residual en la red de distribución	79
7.4	Simulación de la Desinfección de la red de distribución con el Epanet	80
7.4.1	Modulo Calidad en Epanet.....	80
7.4.2	Opciones de Reacción (EPANET)	81
7.4.3	Intensidad de la Fuente.....	82
7.4.4	Simulación de la Cloración de la Red de Agua Potable en Epanet	83
8	Conclusiones	85
9	Bibliografía.....	86
10	Planos.....	87
10.1	Plano N° 1 – Zona de Cobertura de la Cooperativa de Agua Potable de Villa El Zanjón	87
10.2	Plano N° 2 – Red de Distribución Existente	87
10.3	Plano N° 3 – Red de Distribución y Cañería de Impulsión	87
10.4	Plano N° 4 – Perfil Longitudinal, Cañería de Impulsión	87
10.5	Plano N° 5 - Perforación Tipo	87
10.6	Plano N° 6 Múltiples de Impulsión. Perforación 1, 2 y 3.....	87
10.7	Planos N° 7- a, 7 – b, 7 – c y 7 - d. Red de Agua Potable.....	87
10.8	Planos N° 8 - a y N° 8 - b.....	87
11	Anexos.....	100
11.1	Resolución Conjunta 22/2021 entre la Secretaria de Calidad en Salud y la Secretaria de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional.	101
11.2	Análisis Físico-Químico de las Perforaciones Existentes	119
11.3	Perforación PTLC – Carpeta Técnica	124
11.4	Imágenes Satelitales de la zona de cobertura de la Cooperativa	131
11.5	Análisis de Costos de Cañería de Impulsión	135
11.6	Resultados de Simulación en EPANET de la red de agua Potable	136

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

11.7	<i>Esquema y Escenarios obtenidos de la Simulación con Allievi.....</i>	184
11.8	<i>Plano Tipo de Cámara de Desagüe</i>	190

Índice de Imágenes

Figura 1 - Ubicación de la localidad El Zanjón.....	10
Figura 2 - Ubicación de las perforaciones activas y futuras de la Cooperativa.....	12
Figura 3 - Perfil de la Perforación Ubicada en la PTLC.....	17
Figura 4. Curva S de Crecimiento Vegetativo.....	21
Figura 5 - Proyección de la Población de El Zanjón.....	25
Figura 6 - Traza de la Cañería de Impulsión.....	29
Figura 7 - Ubicación de las Perforaciones.....	29
Figura 8 - Determinación del Diámetro Económico.....	34
Figura 9 - Conservación de la energía en un tramo de cañería.....	35
Figura 10 - Ubicación de la Cañería de Impulsión y de Perforaciones.....	39
Figura 11 - Altura Manométrica (Curva del Sistema).....	44
Figura 12 - Elección de la Familia de Bombas a 10 Años.....	45
Figura 13 - Selección del Equipo de Bombeo a 10 Años.....	46
Figura 14 - Punto de Funcionamiento del Equipo de Bombeo a 10 Años.....	47
Figura 15 - Elección de la Familia de Bombas a 20 Años.....	48
Figura 16 - Selección del Equipo de Bombeo a 20 Años.....	49
Figura 17 - Punto de Funcionamiento del Equipo de Bombeo a 20 Años.....	50
Figura 18. Diagrama de Presiones de la Cañería de Impulsión.....	56
Figura 19. Diagrama de Depresiones de la Cañería de Impulsión.....	57
Figura 20 - Emplazamiento de Válvulas de Aire.....	61
Figura 21 - Emplazamiento de Válvulas de Aire.....	61
Figura 22 - Válvula de Aire Trifuncional Marca ARI Modelo D50.....	62
Figura 23. Área servida de la red de agua potable.....	64
Figura 24 - Red de Agua Existente.....	65
Figura 25 - Cañerías Clasificadas por Diámetro.....	66
Figura 26 - Variación de los Consumos Durante el Día de Máximo consumo del Año.....	67
Figura 27 - Funcionamiento Bombas.....	68
Figura 28 - Caudales de Bombeo en el Día de Mayor Consumo.....	70
Figura 29 - Frecuencia Absoluta. Presión en las Conexiones.....	71
Figura 30 - Variación de la Presión en los Puntos C92 y C404.....	72
Figura 31 - Presiones en la red en el Día de Mayor Consumo.....	72
Figura 32 - Velocidades en Cañerías de la Red de Distribución.....	74
Figura 33 - Disociación del Acido Hipocloroso en función del PH y de la Temperatura.....	77
Figura 34 - Break Point.....	79
Figura 35 - Evolución de un contaminante (cloro) en EPANET.....	80
Figura 36 - Opciones de Reacciones (EPANET).....	81
Figura 37 - Cloro Residual en Nudos Seleccionados (Año 2024).....	83
Figura 38 - Cloro Residual en Nudos Seleccionados (Año 2044).....	84
Figura 39 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 1985.....	131
Figura 40 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2004.....	131
Figura 41 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2009.....	132
Figura 42 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2014.....	132
Figura 43 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2019.....	133
Figura 44 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2021.....	133
Figura 45 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2024.....	134
Figura 46 - Esquema en Allievi.....	184

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Figura 47 – Simulación con Allievi - Escenario N° 1.	185
Figura 48 – Simulación con Allievi - Escenario N° 2.	186
Figura 49 – Simulación con Allievi - Escenario N° 3.	187
Figura 50 – Simulación con Allievi - Escenario N° 4.	188
Figura 51 – Simulación con Allievi - Escenario N° 5.	189
Figura 52 - Plano Tipo de Cámara de Desagüe	190

Índice de Tablas

Tabla 1 - Análisis Físico-Químico en los pozos de la Cooperativa	16
Tabla 2 - Análisis Físico-Químico en pozo PTLC.....	18
Tabla 3 - Datos Censales	22
Tabla 4 - Tasa promedio de crecimiento según datos censales	23
Tabla 5 - Población a través de numero de cuentas	23
Tabla 6 - Tasa de Crecimiento (N° de Cuentas)	24
Tabla 7 - Población de Diseño	24
Tabla 8 - Dotación de Consumo Media Anual.....	26
Tabla 9 - Caudales Medios Diario (Q_C).....	27
Tabla 10 - Caudal Máximo Diario (Q_D).....	27
Tabla 11 - Caudal Máximo Horario (Q_E)	28
Tabla 12 - Población y Caudales a Abastecer.....	28
Tabla 13 - Determinación del Diámetro Económico.....	32
Tabla 14 - Datos Usados para la determinación del Diámetro Económico.....	33
Tabla 15 - Longitud Equivalente.....	38
Tabla 16 - Valores Característicos de los diferentes tramos analizados.....	40
Tabla 17 - Perdidas de Carga y Altura Manométrica en Cañería de Impulsión	42
Tabla 18 - Datos Básicos para la Verificación del Golpe de Ariete.....	52
Tabla 19 - Coeficiente k.....	53
Tabla 20 - Coeficiente C.....	53
Tabla 21: Escenarios de simulación.....	58
Tabla 22 – Diámetro de la Válvula Ventosa.....	62
Tabla 23 - Diámetro de Válvulas de Desagüe.....	62
Tabla 24 - Longitud por Diámetro de la Red de Agua Potable.....	66
Tabla 25 - Caudales de Bombeo en el Dia de Mayor Consumo.....	69
Tabla 26 - Frecuencia Absoluta - Presión en las Conexiones.....	70
Tabla 27 – Velocidades Usuales en Red de Distribución (Según Normas del ENOHSA).....	73
Tabla 28 - Velocidades en Cañerías de la Red de Distribución.....	73
Tabla 29 - Presiones en la Cañería de Impulsión.....	74

1 *Introducción*

El acceso al agua potable es un derecho fundamental y esencial para la salud y el desarrollo de cualquier comunidad. Sin embargo, muchas ciudades enfrentan desafíos significativos relacionados con el suministro adecuado y seguro de este recurso.

En El Zanjón, una localidad perteneciente al departamento Capital en la provincia de Santiago del Estero, la red de agua potable existente presenta diversas deficiencias que afectan tanto la cantidad como la calidad del agua distribuida a la población. Entre los principales problemas identificados, se destacan la **baja presión y los cortes prolongados del suministro durante la época estival**, y, lo que es aún más crítico, **problemas con la calidad del agua**.

Actualmente, esta red de agua, que es administrada por la “Cooperativa de Agua Potable de El Zanjón”, se alimenta de diferentes perforaciones ubicadas en la zona de servicio con contenidos de arsénico y de sulfatos que no cumplen con los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA)

En los últimos años la zona servida por la Cooperativa presentó un importante crecimiento poblacional, debido a una migración significativa de familias desde la Ciudad de Santiago del Estero y por el crecimiento del número de casas de fin de semana, haciendo que esta mayor demanda afecte considerablemente al servicio.

El proyecto, esta desarrollado para un periodo de diseño de 20 años, contempla la provisión de agua potable a una población futura de más de 25.000 habitantes lo que representa un poco más de 5.600 cuentas de usuarios en la localidad el Zanjón. Se prevé la provisión de agua mediante tres perforaciones a realizarse en la margen derecha del Rio Dulce, las cuales alimentarán a una cañería de impulsión de 8.700 metros de longitud, que abastecerá directamente a la red de distribución existente, abarcando a futuro una superficie de más de 1.850 hectáreas.

2 *Objetivos*

2.1 Objetivo General

El objetivo de este proyecto es proporcionar las herramientas necesarias para mejorar el servicio brindado por la Cooperativa de abastecimiento de agua de la localidad del Zanjón, departamento Capital, Santiago del Estero. Además, se pretende que este trabajo sirva de base para la elaboración de un Plan Director con el objetivo de establecer una planificación a largo plazo en relación con la ampliación de las redes de la localidad.

2.2 Objetivos Específicos

Con este proyecto se busca resolver dos puntos importantes del servicio de distribución de agua que actualmente brinda la Cooperativa:

- *Mejorar la CALIDAD*, para poder cumplir en un futuro próximo con el límite propuesto por el Código Alimentario Argentino (CAA) donde toma como concentración límite de 0,01 mg/l de contenido de arsénico. De acuerdo con lo expresado en su artículo 1° de la Resolución Conjunta 22/2021 entre la Secretaria de Calidad en Salud y la Secretaria de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional (Anexo 11.1)

- *Mejorar la CANTIDAD*, para ello se debe garantizar que la red en ningún momento, en ningún punto de la red la presión no sea menor a lo indicado en el punto 3.4.1 del capítulo 12 Redes de Distribución - Criterios de Diseño del ENOHS. De esta manera se garantiza la continuidad en el servicio en toda la extensión de la red.

2.3 Información de la Zona del Proyecto

2.3.1 Ubicación

El proyecto está emplazado en la localidad El Zanjón, también conocida como Villa El Zanjón, al sur de la ciudad de Santiago del Estero, en el departamento Capital, como se presenta en la Figura 1.

La distancia desde la plaza central de la ciudad de Santiago del Estero hasta el Zanjón es de menos de 10 km. Se accede a través de la Av. Belgrano y luego por Ruta Nacional N° 9. Este recorrido puede realizarse en automóvil entre 15 y 20 minutos dependiendo del tránsito.



Figura 1 - Ubicación de la localidad El Zanjón.

2.3.2 Estudios Topográficos

Se recopiló la información topográfica existente de la zona de proyecto en los Departamento de Topografías de la DiOSSE (Dirección de Obas Sanitarias de Santiago del Estero) y del ERSAC (Ente Regulador de los Servicios de Agua y Cloaca).

2.3.3 Napa Freática

De acuerdo con la información brindada por vecinos y por empleados de la Cooperativa, la presencia de la napa freática se encuentra a más de 6 metros, a lo largo de la traza de las cañerías a colocar.

2.3.4 Red Existente

El servicio de agua potable en la localidad de El Zanjón y alrededores, que está a cargo de la Cooperativa de Agua Potable de El Zanjón, presenta problemas de presión y caudal especialmente en los periodos estivales, cuando se producen picos de temperatura. En estas circunstancias, el agua no tiene la presión suficiente para abastecer los tanques domiciliarios. Además, otro inconveniente importante, es que el agua obtenida de las perforaciones que actualmente opera la cooperativa tiene concentraciones de arsénico y sulfatos superiores a las recomendaciones establecidas en el Código Alimentario Argentino.

2.3.5 Observaciones

- No existen planos disponibles que permitan cotejar la ubicación, diámetros, tapadas de cañerías, válvulas de seccionamiento, entre otros elementos de la red.
- A los nuevos usuarios se les están instalando medidores de volumen cuando se realiza el servicio de conexión domiciliaria, mientras que las conexiones existentes no cuentan con micromedición.
- No se están realizando monitoreos periódicos de la calidad del agua (análisis físicos, químicos y bacteriológicos).
- De las cuatro perforaciones activas que posee la cooperativa, en tan solo dos se está clorando. Se le solicito a personal de la cooperativa información sobre los procesos de desinfección, cuantificación, métodos de control y periodicidad, pero no se obtuvo respuesta a estos interrogantes.
- La cooperativa no cuenta con un Plan Director que establezca una planificación a largo plazo para la ampliación de las redes en la zona de servicio.

3 Estudios de Fuentes

En la Figura 2 se muestra la ubicación de las cuatro perforaciones que actualmente alimentan a la red de agua corriente. También se observa la ubicación de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales (PTLC) de la ciudad de Santiago del Estero sobre la margen derecha del Río Dulce, donde en esta se encuentra una perforación que es de uso exclusivo de la PTLC, y la zona donde se propone realizar las nuevas perforaciones.

Cabe aclarar, que tan solo se consiguieron de manera informal un estudio físico/químico de cada una de las fuentes.



Figura 2 - Ubicación de las perforaciones activas y futuras de la Cooperativa.

3.1 Pozo de Bombeo N° 1

3.1.1 Ubicación e Información técnica

Se encuentra ubicado en la parte posterior de la escuela primaria N° 837 "Ing. Manuel Gallardo" (ver Foto 1).

Esta perforación tiene una antigüedad de más de 40 años, y se construyó en cañería de hierro de diámetro 8", con una profundidad de 115 metros. Actualmente tiene bombeo directo a red mediante una electrobomba sumergible de 7,5 HP.

El agua obtenida en esta perforación alimenta directamente a la red sin ser clorada.

El predio de este pozo tiene un cierre perimetral realizado con mampostería.



Foto 1 - Pozo de Bombeo N°1.

3.1.2 Análisis Físico-Químico

En el Anexo 8.1 se presenta el análisis físico-químico realizado por el Ministerio de Salud de Santiago del Estero sobre la perforación N° 1, con fecha del 13/02/2023. Se observa que el contenido de arsénico es de 0,024 mg/l, superando el valor fijado por el CAA, donde el límite recomendado es de 0,010 mg/l (ver Análisis N° 1 – Pozo de Bombeo N° 1 en Anexo 9.2).

3.2 Pozo de Bombeo N° 3

3.2.1 Ubicación e Información técnica

El pozo de bombeo N° 3 se realizó en el terreno donado por un socio, en el loteo del barrio privado Ayres del Sur, a unos 980 metros hacia el Este de la Ruta Nacional N° 9, a la altura del Km 1122.

El pozo está construido con cañería de 6", diámetro 160 mm, de PVC Clase 10, y 120 metros de profundidad. Para la puesta en marcha de la perforación la Cooperativa colocó una electrobomba sumergible de 7,5 HP de potencia, y se bombea directo a red.

El agua obtenida en esta perforación es clorada con hipoclorito de sodio, el cual se inyecta con una bomba dosificadora.

El predio donde se encuentra esta perforación cuenta con un cierre perimetral con un alambrado tipo olímpico.

3.2.2 Análisis Físico-Químico

Del análisis físico-químico realizado por el Ministerio de Salud de Santiago del Estero se observa que el contenido de arsénico en esta perforación, de 0,0182 mg/l, también supera levemente el valor recomendado por el CAA (ver Análisis N° 2 - Pozo de Bombeo N° 3 en Anexo 9.2).

3.3 Pozo de Bombeo N° 4

3.3.1 Ubicación e Información Técnica

Construido en el año 2004 en el loteo Muttoni ubicado en la calle Mistol, detrás del Salón de Usos Múltiples (SUM) de la Cooperativa. En el año 2006 se instala un tanque elevado de 50.000 litros con bombeo automatizado, y de allí se distribuía a la red.

Actualmente, el tanque elevado esta fuera de servicio y el agua es bombeada directamente a la red, sin realizarse ningún tipo de desinfección previa

El pozo tiene una profundidad de 130 metros y está construido en cañería de 6", diámetro 160 mm, PVC Clase 10, y con 20 metros de filtro de Hierro Galvanizado, tipo Jhonson de Ranura continua (0,75 mm a 1 mm). En la actualidad se extrae el agua con una bomba sumergible de 7,5 HP de potencia, ubicada a 30 metros de profundidad.

En 2015 esta perforación comenzó a evidenciar serios problemas de rendimiento ya que disminuyó considerablemente su caudal por el descenso de su nivel dinámico provocando la succión de agua proveniente de napas superiores y de aire.

El terreno donde se encuentra emplazada esta perforación no cuenta con ningún tipo de cierre perimetral, como se presenta en la Foto 2.



Foto 2 – Pozo de Bombeo N° 4.

3.3.2 Análisis Físico-Químico

En el Anexo 8.1, se presenta el análisis físico-químico realizado por el Ministerio de Salud de Santiago del Estero en el Pozo N° 4. Se observa que el contenido de arsénico en esta perforación es similar a los anteriores, de 0,021 mg/l, superando el valor recomendado por el CAA (ver Análisis N° 3 – Pozo de Bombeo N° 4 en Anexo 9.2).

3.4 Pozo de Bombeo “Las Calandrias”

3.4.1 Ubicación e Información Técnica

Está ubicado dentro de la zona Norte de provisión de la Cooperativa, en calle las Calandrias (Ex Tío Trinky) del Barrio Atahona, a la altura del Km 1126 de la Ruta Nacional N° 9, y se bombea directo a la red. La zona de la perforación cuenta con un cierre con alambrado tipo olímpico como se observa en la Foto 3.

De esta perforación no se tiene información de la profundidad del pozo, equipo de bombeo ni el material utilizado. Este pozo está siendo explotado por la Cooperativa desde el 31 de diciembre de 2021, anteriormente lo operaba la DiOSSE.

El agua obtenida en esta perforación es clorada a través de la inyección de hipoclorito de sodio a través de una bomba dosificadora.



Foto 3 – Pozo de bombeo “Las Calandrias”.

3.4.2 Análisis Físico-Químico

En el Anexo 8.1, se presenta el análisis físico-químico realizado por el Ministerio de Salud de Santiago del Estero. El contenido de sulfatos y dureza total superan los valores establecidos en el CAA,

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

los residuos secos o sólidos totales se encuentran al límite normativo, y el contenido de arsénico está dentro del valor recomendado (ver Análisis N° 3 – Pozo de Bombeo N° 4 en Anexo 9.2).

3.5 Tabla Resumen: Caracterización Físico-Química de las Perforaciones

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los análisis físico-químico realizados en los pozos que están actualmente abasteciendo a la red de agua de la localidad del Zanjón.

Se observa que las perforaciones 1, 3 y 4 tienen concentraciones de arsénico que superan levemente el límite establecido por el CAA (Anexo N° 11.2 - Análisis Físico-Químico de las Perforaciones Existentes).

En el pozo “Las Calandrias” se observa que la concentración de arsénico está por debajo del valor recomendado por el CAA, no siendo así las cantidades de sulfatos y de dureza total, que superan los valores límites normativos, mientras que los sólidos totales se encuentran al límite de los valores propuestos.

Tabla 1 - Análisis Físico-Químico en los pozos de la Cooperativa

Análisis N°	12850	12852	12853	12854	CAA
Fuente	Pozo 1	Pozo 3	Pozo 4	Calandrias	
Muest. por:	ERSAC	ERSAC	ERSAC	ERSAC	
Fecha	13/2/2023	13/2/2023	13/2/2023	13/2/2023	
C. E.	1558	942	1435	2150	
PH	7,38	7,32	7,41	7,4	6,5 - 8,5
Turbiedad					3 NTU
Color (Pt-Co)					5
R. Seco	1060 mg/l	660 mg/l	891 mg/l	1550 mg/l	1500 mg/l
Dureza Total	269 mg/l	200 mg/l	250 mg/l	649 mg/l	400 mg/l
Alc. Total	147 mg/l	189 mg/l	147 mg/l	147 mg/l	
Ca ⁺⁺	65 mg/l	39 mg/l	26 mg/l	159 mg/l	
Mg ⁺⁺	26 mg/l	25 mg/l	25 mg/l	61 mg/l	
Na ⁺	234 mg/l	123 mg/l	188 mg/l	245 mg/l	
K ⁺	7 mg/l	5 mg/l	7 mg/l	7 mg/l	
HCO ₃ ⁻	179 mg/l	231 mg/l	179 mg/l	179 mg/l	
CO ₃ ⁼	0 mg/l	0 mg/l	0 mg/l	0 mg/l	
Cl ⁻	187 mg/l	101 mg/l	187 mg/l	287 mg/l	350 mg/l
SO ₄ ⁼	362 mg/l	136 mg/l	247 mg/l	612 mg/l	400 mg/l
As	0,024 mg/l	0,018 mg/l	0,021 mg/l	0,008 mg/l	0,01 mg/l
F ⁻	0,330 mg/l	0,380 mg/l	0,440 mg/l	0,420 mg/l	0,80 mg/l

3.6 Pozo de Bombeo "PTLC"

3.6.1 Ubicación

Esta perforación se encuentra ubicada en el predio de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la ciudad de Santiago del Estero, la cual fue realizada durante la construcción de la Planta.

3.6.2 Datos Técnicos

La perforación se realizó a una profundidad de 131 m, donde el Nivel Estático (NE) fue de 7,10 m y el Nivel Dinámico (ND) de 13,90 m. Este último dato se logró luego de realizar un ensayo de bombeo con un Caudal (Q_B) de 75 m³/h, siendo el Caudal Especifico (Q_E) de 11,02 m³/h/m. En la Figura se observa un perfil transversal de la perforación realizada en la PTLC (ver Anexo 11.3, Perforación PTLC – Carpeta Técnica)

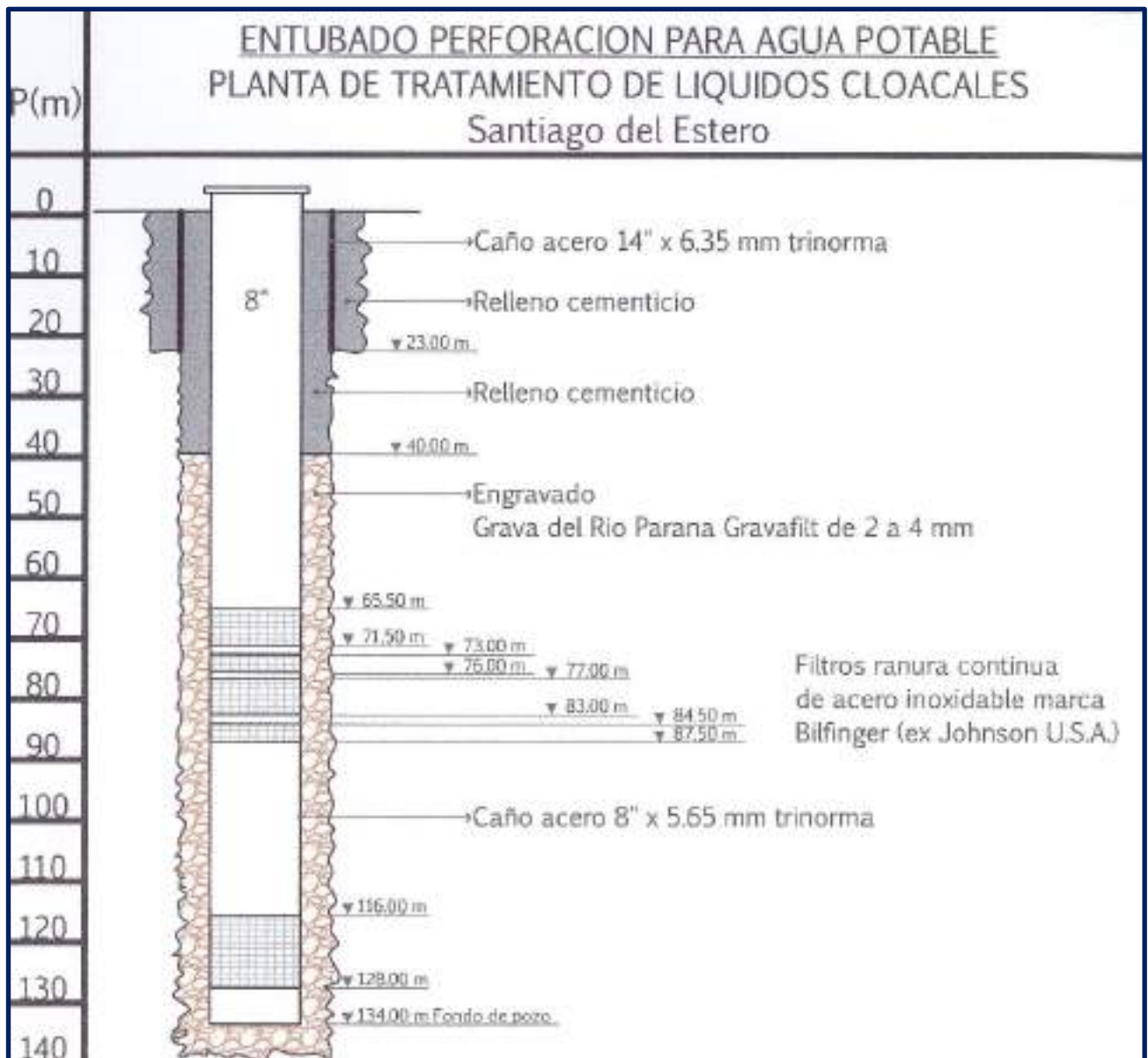


Figura 3 - Perfil de la Perforación Ubicada en la PTLC.

3.6.3 Análisis Físico-Químico

En la parte final del Anexo 8.1 y en la Tabla 2, se presentan los resultados del análisis físico-químico realizados en la perforación ubicada en el predio de la PTLC. El mismo fue realizado por el Laboratorio de la Dirección de Obras Sanitarias de Santiago del Estero (DIOSSE), perteneciente al Ministerio del Agua de Santiago del Estero. Los resultados obtenidos del análisis de esta muestra son satisfactorios, cumpliendo en su totalidad con los parámetros establecidos por el CAA.

Tabla 2 - Análisis Físico-Químico en pozo PTLC.

Análisis N°	8412	CAA
Fuente	Pozo PTLC	
Muestreada por:	DIOSSE	
Fecha	10/3/2016	
C. E.	646 μ S/cm	
PH	7,38	6,5 - 8,5
Turbiedad	< 2 NTU	3 NTU
Color	Incolora	5
Olor	Inodora	
R. Seco	413 mg/l	1500 mg/l
Dureza Total	116 mg/l	400 mg/l
Alc. Total	180 mg/l	
Ca ⁺⁺	30 mg/l	
Mg ⁺⁺	10 mg/l	
Na ⁺	95 mg/l	
K ⁺		
HCO ₃ ⁻	ND	
CO ₃ ⁼	220 mg/l	
Cl ⁻	78 mg/l	350 mg/l
SO ₄ ⁼	63 mg/l	400 mg/l
As	0,0080 mg/l	0,01 mg/l
F ⁻	0,440 mg/l	0,80 mg/l

3.7 Conclusión

De acuerdo a los análisis físico-químico realizados en las distintas perforaciones que actualmente están activas y que alimentan la red de agua corriente de la localidad del Zanjón, se puede observar que 3 de las 4 perforaciones tienen concentraciones de arsénico levemente superior al límite establecido por el CAA, mientras que la perforación "Las Calandrias" presenta concentraciones altas de dureza y sulfatos. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, desde el año 2015 se desmejoró el rendimiento del pozo de bombeo N° 4.

En relación con el arsénico presente en el agua, en la Resolución Conjunta 22/2021 de la Secretaría de Calidad en Salud y Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional se

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

establece que *“en aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores mayores a 0,01 mg/l con un límite máximo de 0,05 mg/l cuando la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario; ello hasta contar con los resultados del estudio “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas”, cuyos términos fueron elaborados por la Coordinación de Políticas Socioambientales de la entonces SECRETARÍA DE GOBIERNO DE SALUD del entonces MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO SOCIAL y de la ex -SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICA HÍDRICA del entonces MINISTERIO DEL INTERIOR, OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA. La Comisión Nacional de Alimentos deberá recomendar el límite máximo admitido para dichas regiones del país en base a los estudios antes referidos.*

Según la resolución anterior, se podrían aceptar las concentraciones de arsénico presentes en las perforaciones actuales, pero existiendo la posibilidad de utilizar otras fuentes con mejor calidad y rendimiento, se opta por esta alternativa. También se tiene en cuenta que el aumento de la demanda en la zona en estudio puede llevar a una sobreexplotación de las perforaciones existentes, desmejorando la calidad de estas.

Por los motivos descriptos anteriormente, se opta por la ejecución de nuevas perforaciones para ir adecuando el funcionamiento del sistema al nuevo límite admisible de arsénico en agua de bebida establecido una vez finalizado el estudio mencionado anteriormente. Además, se estaría resolviendo el problema del déficit de caudal y presión que está teniendo la Cooperativa en los días de alta demanda, reemplazando las perforaciones existentes con problemas de funcionamiento.

A raíz del estudio realizado en la perforación ubicada dentro del predio de la PTLC¹ de la localidad de Santiago del Estero, localizada sobre el Río Dulce, donde se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la calidad del agua, se propone la ejecución de tres nuevas perforaciones ubicadas sobre la margen derecha del Río Dulce, a 1500 m de dichas instalaciones. Se deberán realizar estudios hidrogeológicos en la zona de las nuevas perforaciones para establecer, mediante ensayos de bombeo y de recuperación, el tiempo y caudal de bombeo adecuado que haga que su funcionamiento sea sostenido en el tiempo sin que se desmejore la calidad. Además, se deberá analizar la calidad del agua de las nuevas perforaciones mediante una caracterización físico, química y bacteriológica. En este proyecto, se recomienda trabajar a la misma profundidad que el pozo existente en la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales.

Si bien, a los fines del diseño y cálculo, se propone una separación de más de 500 m entre perforaciones, como se mencionó anteriormente, se deberán realizar oportunamente los estudios hidrogeológicos correspondientes para confirmar esta separación y la forma que afecta en los rendimientos cuando trabajen en forma conjunta.

Con respecto a los pozos existentes, los que estén en mejores condiciones, se propone dejarlos vinculados a la red como reserva ante cualquier problema que pueda ocurrir y exista la posibilidad de volverlos a conectar ante cualquier eventualidad.

¹ La Planta de Tratamiento de la localidad de Santiago del Estero está compuesta por un sistema de barros activados.

4 *Parámetros de Diseño*

Para contar con elementos de juicio adecuados para evaluar la demanda actual de la población en estudio y su proyección durante la vida útil del sistema es necesario definir los parámetros de diseño, es decir toda aquella información necesaria para elaborar este proyecto

Se consideran, entre otros parámetros de diseño los siguientes:

- *Período de diseño*, medido en años, que se inicia con la habilitación de una determinada instalación, y durante el cual la misma prestará un servicio eficiente.

- *Población y su evolución durante el período de diseño*.

- *Dotación de diseño*. Es el consumo medio de agua, y constituye la cantidad de agua promedio consumida en el año por cada habitante servido.

- *Caudal de diseño*. Capacidad de una determinada instalación calculada en función de las dotaciones, coeficientes de pico, características del servicio, etc. para atender la demanda durante su respectivo período de diseño. Para el diseño del sistema de impulsión - red de distribución es necesario conocer el caudal que se debe entregar a la red para satisfacer la demanda de la población, teniendo en cuenta el número de habitantes, la cantidad de agua consumida per cápita, y las variaciones diarias y horarias que pueden sufrir dichos consumos, considerando un periodo de diseño de X años. En tal sentido se parte de una caudal medio al año n, el cual está dado por el número de habitantes al año n y la dotación de consumo correspondiente.

$$Q_C^n = \delta_n \times P_n$$

Siendo:

Q_C^n : Caudal medio diario anual al año n.

δ_n : Dotación total de diseño.

P_n : Población al año n.

Para conocer el número de habitantes con el que se procederá a diseñar, se determinará para el periodo de diseño (n), la proyección de población futura.

Luego, para tener en cuenta las variaciones diarias y horarias se afecta al caudal medio diario anual de ciertos coeficientes de caudal, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q_E^n = \delta_n \times P_n \times \alpha_1 \times \alpha_2 = Q_C^n \times \alpha_1 \times \alpha_2 = Q_D^n \times \alpha_2$$

Siendo:

Q_E^n : Caudal máximo horario al año n.

α_1 : Relación entre la demanda media del día de mayor consumo y la demanda media anual.

α_2 : Relación entre la demanda máxima horaria y la demanda media del día de mayor consumo.

A continuación, se detalla el desarrollo de cada uno de los parámetros que se requiere para la determinación de los caudales de diseño.

4.1 Periodo de Diseño

Como se describió anteriormente, es el tiempo, medido en años, durante el cual el sistema y sus partes integrantes pueden cumplir con las funciones para las cuales fue proyectado. Este tiempo debe ser medido desde la efectiva iniciación de operaciones del sistema o de la parte del sistema considerada.

El periodo de diseño adoptado es de 20 años para todas las instalaciones, salvo las electromecánicas (equipos de bombeo) para las cuales es de 10 años.

Se estima que la obra se terminará en el año 2024. Entonces la población se proyectará para los siguientes años:

Población total proyectada al año 2024 (P_{2024})

Población total proyectada al año 2034 (P_{2034})

Población total proyectada al año 2044 (P_{2044})

4.2 Estudio Poblacional

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse la obra es un parámetro básico en el proyecto. Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo, especialmente en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial.

Una ciudad, pueblo o aldea, es un ente dinámico y su número de habitantes crece por nacimiento e inmigraciones y decrece por muertes y emigraciones. También puede crecer por anexión de otras concentraciones humanas más pequeñas. El elemento más importante y menos previsible en el desarrollo de la comunidad es el crecimiento industrial y comercial, el cual depende de manera importante de las políticas a nivel macroeconómico del país, que pueden cambiar según los planes de gobierno.

Sin tener en cuenta el factor industrial y comercial, la población presentará un crecimiento vegetativo, es decir, con espacio y oportunidad económica limitados. En este caso, la curva de crecimiento de la población tiene forma de S y presenta tres etapas de crecimiento según se indica en la Figura 4:

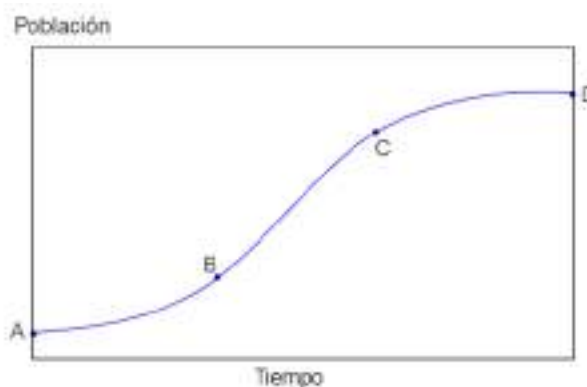


Figura 4. Curva S de Crecimiento Vegetativo.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

AB = Crecimiento temprano con índice creciente. Crecimiento geométrico.

BC = Crecimiento intermedio con índice constante. Crecimiento lineal.

CD = Crecimiento tardío con índice decreciente. Crecimiento logarítmico.

D = Población de saturación.

El análisis poblacional se hizo a partir de dos proyecciones de la población, una a partir de los datos censales y la segunda a partir del número de cuentas de la cooperativa de El Zanjón.

Para determinar la población futura se usará la Formula de Interés Compuesto, la cual es un modelo geométrico que considera un crecimiento de la población de tipo exponencial, la cual se define a través de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_0 \times (1 + i)^n$$

Donde: $i = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_0}} - 1$

i: tasa de crecimiento

n: periodo de diseño

P₀: población inicial

P_f: población futura

Proyección de la Población mediante datos censales

Determinación de las Tasas de Crecimiento:

En la Tabla 3 se presentan los datos obtenidos en los diferentes censos de la localidad de El Zanjón.

Tabla 3 - Datos Censales

Localidad: <i>El Zanjón</i>			
<i>Año</i>	1991	2001	2010
<i>Habitantes</i>	1647	2182	2290

Se adopta una tasa de crecimiento promedio que se determina con la fórmula que se describe a continuación. Los resultados correspondientes a los periodos 1991-2001 y 2001-2010 se presentan en la Tabla 4:

$$i_{prom} = \sum \frac{i}{n} = \frac{i_{91/01} + i_{01/10}}{2}$$

Tabla 4 - Tasa promedio de crecimiento según datos censales

Periodo	Índice (i)
1991-2001	0,0285
2001-2010	0,0054

Promedio: 0,0170

Estimación de la población actual y futura:

$$P_{2023} = P_{2010} \times (1 + i)^n = 2290 \times (1 + 0,0170)^{(2010-2023)} = 2.849 \text{ habitantes}$$

$$P_{2024} = P_{2010} \times (1 + i)^n = 2290 \times (1 + 0,0170)^{(2010-2024)} = 2.898 \text{ habitantes}$$

$$P_{2034} = P_{2010} \times (1 + i)^n = 2290 \times (1 + 0,0170)^{(2010-2034)} = 3.428 \text{ habitantes}$$

$$P_{2044} = P_{2010} \times (1 + i)^n = 2290 \times (1 + 0,0170)^{(2010-2034)} = 4.056 \text{ habitantes}$$

Este análisis poblacional no refleja lo que es la realidad de la localidad, donde se observan dos puntos importantes:

- En estos últimos años muchos vecinos se mudaron a El Zanjón, donde recién se verán plasmados en los resultados del último censo realizado en el año 2022. Esta migración, que en el día de hoy continúa, se debe a que estas familias buscan la tranquilidad de esta localidad y el estar en contacto con la naturaleza.
- Hay muchas casas de fin de semana, donde este número de personas no impactan en los datos del Censo, pero generan un consumo adicional de agua potable sobre todo durante el verano

Proyección de Población a partir del número de cuentas de la Coop. de Agua Potable El Zanjón

En la Tabla 5 - Población a través de numero de cuentas se presenta la población estimada a través del número de cuentas registradas desde el año 2015 hasta el año 2023. La información del número de cuentas por año y la estimación de personas por cuenta fue brindada por la Cooperativa. Sin embargo, este último dato fue entregado de manera no oficial, y ante mi consulta, me informaron que se obtuvo a partir de un relevamiento realizado en una muestra de la población de socios.

Tabla 5 - Población a través de numero de cuentas

Año	Cuentas	Hab/Cuenta	Población
2015	1338	4,60	6155
2016	1409		6482
2017	1482		6818
2018	1555		7153
2019	1610		7406
2020	1692		7784
2021	1789		8230
2022	1890		8694
2023	1987		9141

Tabla 6 - Tasa de Crecimiento (N° de Cuentas)

Periodo	Índice (i)
2015-2016	0,0531
2016-2017	0,0518
2017-2018	0,0491
2018-2019	0,0354
2019-2020	0,0510
2020-2021	0,0573
2021-2022	0,0564
2022-2023	0,0514
Promedio:	0,0507

Estimación de la población actual y futura:

$$P_{2024} = P_{2023} \times (1 + i)^n = 9.141 \times (1 + 0,0507)^{(2024-2023)} = 9.604$$

$$P_{2034} = P_{2023} \times (1 + i)^n = 9.141 \times (1 + 0,0507)^{(2034-2023)} = 15.748$$

$$P_{2044} = P_{2023} \times (1 + i)^n = 9.141 \times (1 + 0,0507)^{(2044-2023)} = 25.823$$

Resumen Población de Diseño Proyectada

En Tabla 7 se muestran los resultados de las proyecciones de poblaciones realizadas a través de los datos censales y con los números de cuentas activas informadas por la Cooperativa a lo largo del periodo de diseño del presente proyecto.

Tabla 7 - Población de Diseño

Población		
Año	Según datos censales	Según N° de cuentas
2024	2696	9.604
2034	3030	15.748
2044	3404	25.823

Se observa una gran diferencia entre los valores proyectados de población con los datos censales, con relación a los calculados con los números de cuenta. A la fecha no se tiene los datos actualizados del Censo 2022 por localidad, por lo tanto, en los valores de proyecciones obtenidos en base a los datos censales no se estaría reflejando el gran movimiento migratorio y turístico que ha sufrido la localidad en los últimos años.

En el Anexo 11.4 se pueden observar imágenes satelitales desde el año 1985 hasta el año en curso, donde se puede observar el crecimiento demográfico que tuvo esta región y la gran superficie disponible de suelo urbano para continuar con este crecimiento.

Por lo tanto, se adopta como población futura los valores obtenidos a través del análisis de los números de cuentas informados por la cooperativa de agua como se presenta a través de la Figura 5.

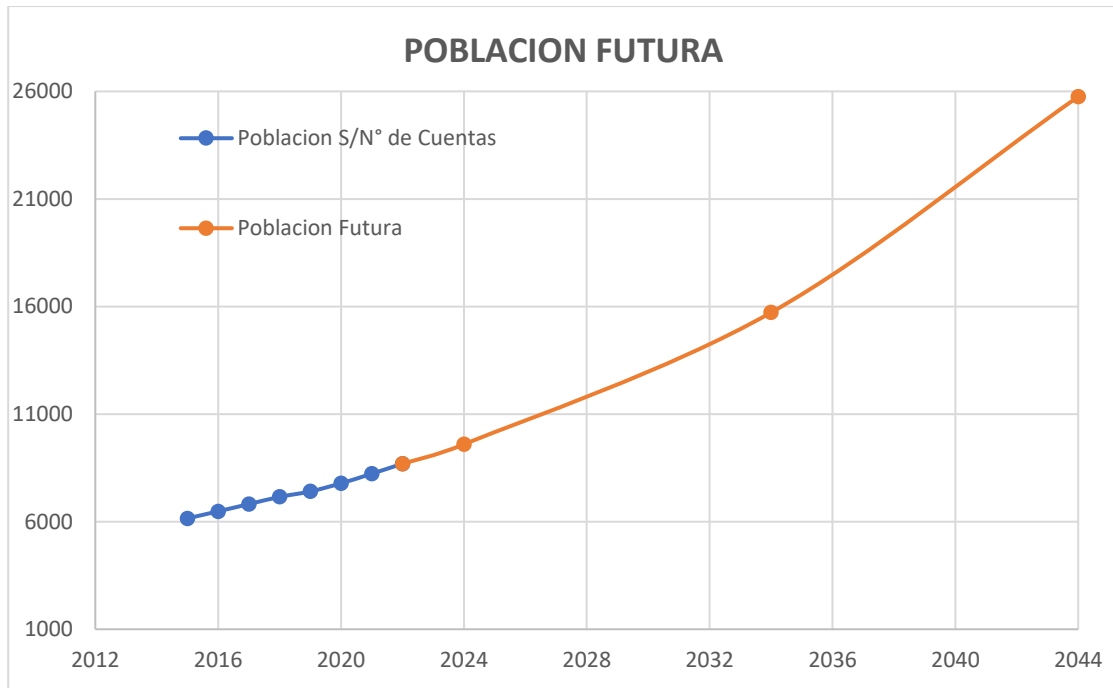


Figura 5 - Proyección de la Población de El Zanjón.

4.3 Dotación de Diseño

4.3.1 Caracterización de los Consumos

De acuerdo con lo establecido en los CRITERIOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO Y EL DISEÑO de las normas del ENOHTA, en su Capítulo 2, Estudios Preliminares para el Diseño de las Obras, en el inciso 2.1.3.4. Caracterización de los Consumos, como no se dispone de un estudio detallado de los tipos de consumos, los mismos se pueden considerar de la siguiente manera:

$$C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

Donde:

C_1 - Consumos Residenciales: a los que corresponde una Dotación Residencial (D_r), expresada como litros por día y por habitante servido. Se adopta un valor de 200 litros/habitante/día, ya que como se mencionó anteriormente no se cuenta con datos micromedidos. Se aclara que al adoptar este valor se consideró que la zona a servir con este proyecto no dispone de red de cloaca, y tampoco se encuentra proyectado efectuar este tipo de obras.

C_2 - Consumos No Residenciales: comprenden los usos de los servicios de infraestructura (escuelas, hospitales, otros), servicios municipales, usos comerciales (bares y restaurantes, piscinas de natación, locales comerciales, peluquerías), usos recreacionales, agua para obras en construcción, agua para incendios, entre otros. Se adopta un 15 % de la Dotación Residencial (D_r).

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

C₃: Grandes Usuarios. Se adopta un valor del 5% de la Dotación Residencial (Dr) para este punto, este valor se considera ante la posibilidad que en un futuro se establezcan grandes usuarios en la Cooperativa, debido al crecimiento que está teniendo la zona.

C₄: Agua No Contabilizada. Una parte del agua producida no llega a los usuarios pues se consume en pérdidas y fugas en almacenamiento y distribución.

El agua no contabilizada representa una pérdida económica para el prestador del servicio, que puede ser importante. Su medición con precisión razonable requiere contar con macro y micromedición y con registros de no menos de un año. En el proyecto bajo estudio, no se cuenta con instrumental ni registros por lo que se estimarán valores usuales sobre la base de estado, tipo y antigüedad de la red. Las pérdidas físicas del sistema varían en función del estado de cada una de las partes que componen el sistema, de la antigüedad de este, del material de las cañerías, entre otros. Al ser una red nueva, las especificaciones de construcción exigirán que se tomen los recaudos necesarios para minimizar las pérdidas. Una meta razonable para el agua no contabilizada es del orden del 20% de la dotación media aparente de producción, este valor se adopta tanto para la red existente como para la red proyectada. Este porcentaje se mantendrá a lo largo del período de diseño, tanto en la red existente como en la red proyectada, con la recomendación de que se implementen acciones comerciales para la detección de conexiones informales y acciones para la reducción de fugas.

4.3.2 Dotación Media de Producción

Corresponde al cociente entre el caudal medio anual enviado a red dividido la cantidad de habitantes servidos. Este valor no representa la dotación producida para cada habitante, sino que incluye, además, lo necesario para comercios, industrias, usos públicos (consumos no residenciales) y el agua no contabilizada del sistema.

En la Tabla 8 - Dotación de Consumo Media Anual. se presenta la dotación media de producción que se utilizará en el presente proyecto.

Tabla 8 - Dotación de Consumo Media Anual.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Dotación media de consumo residencial (Dcr)	lts/hab/día	200
2	Porcentaje de consumos no residenciales (Pnr)	%	20
3	Dotación media de consumo (Dc)	lts/hab/día	240
4	Agua no contabilizada (ANC)	%	20
5	Dotación Media de Producción (Dp)	lts/hab/día	300

Donde las ecuaciones que se observan a continuación son las que se utilizaron en la Tabla 8 - Dotación de Consumo Media Anual. :

$$Dca = Dcr \times \left(1 + \frac{Pnr}{100}\right)$$

$$Dpa = \frac{Dca}{1 - \frac{ANC}{100}}$$

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Se toma como *Dotación de Diseño* al valor determinado de la Dotación Media de Producción (300 Litros/hab/día) y se considera en forma constante a lo largo del periodo de diseño.

4.4 Caudales Característicos

4.4.1 Caudal Medio Diario (Q_c)

Es la cantidad de agua promedio diaria consumida en el año n por cada habitante servido y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario, y se determina según la siguiente expresión:

$$Q_c^n = \delta_n \times P_n$$

En la Tabla 9 - Caudales Medios Diario (Q_c) se muestran los caudales medios diario para los distintos años que conforman el periodo de diseño.

Tabla 9 - Caudales Medios Diario (Q_c)

Año	Población [habitantes]	Dotación (Dd) [Lts/hab/día]	Q_c [lts/seg]
2024	9604	300	33,35
2034	15748		54,68
2044	25823		89,66

4.4.2 Caudal Máximo Diario (Q_D)

Se considera que es el caudal máximo diario que se da en el día de mayor consumo del año n y se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_D^n = \delta_n \times P_n \times \alpha_1 = Q_c^n \times \alpha_1$$

Donde:

α_1 : es la relación entre el caudal medio del día de mayor consumo y el caudal medio diario anual. Se adopta un valor de 1,3 (ENOHSA, Fundamentaciones, Capítulo XIII, 1.13) y se mantendrá constante a lo largo del periodo de diseño.

En la Tabla 10 se presentan los caudales máximos diarios correspondiente al periodo de diseño en estudio.

Tabla 10 - Caudal Máximo Diario (Q_D)

Año	Q_c [lts/seg]	α_1	Q_D [lts/seg]
2024	33,35	1,3	43,35
2034	54,68		71,08
2044	89,66		116,56

4.4.3 Caudal Máximo Horario

Corresponde a la demanda máxima horaria que se presenta durante el día de mayor consumo del año n, y se determina de la siguiente manera:

$$Q_E^n = \delta_n \times P_n \times \alpha_1 \times \alpha_2 = Q_C^n \times \alpha_1 \times \alpha_2 = Q_D^n \times \alpha_2$$

Donde:

α_2 : es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio del día de mayor consumo. Se adopta un valor de 1,5 (ENOHSA, Fundamentaciones, Capitulo XIII, 1.13), y se mantendrá constante a lo largo de todo el periodo de diseño.

En la Tabla 11 se muestran los caudales máximos horarios correspondiente al periodo de diseño en estudio.

Tabla 11 - Caudal Máximo Horario (Q_E)

Año	Q_D [lts/seg]	α_2	Q_E [lts/seg]
2024	43,35	1,5	65,03
2034	71,08		106,63
2044	116,56		174,84

4.5 Resumen de Caudales de Diseño

A continuación, en la Tabla 12, se muestra la población, dotación y los caudales medios diarios (Q_{Cn}), máximos diarios (Q_{Dn}) y máximos horarios (Q_{En}) para los años 2024, 2034 y 2044 que se utilizaran en el presente proyecto.

Tabla 12 - Población y Caudales a Abastecer.

Año	Población	Caudales					Dotación
		Q_{in}	m ³ /día	m ³ /h	m ³ /seg	l/seg	
2024	9.604	Q_{C0}	2881	120	0,03335	33,35	300 litros hab × día
		Q_{D0}	3746	156	0,04335	43,35	
		Q_{E0}	5618	234	0,06503	65,03	
2034	15.748	Q_{C10}	4724	197	0,05468	54,68	300 litros hab × día
		Q_{D10}	6142	256	0,07108	71,08	
		Q_{E10}	9213	384	0,10663	106,63	
2044	25.823	Q_{C20}	7747	323	0,08966	89,66	300 litros hab × día
		Q_{D20}	10071	419,62	0,11656	116,56	
		Q_{E20}	15106	629	0,17484	174,84	

5 Cañería de Impulsión

Se propone que la traza de la cañería de impulsión se inicie en la margen derecha del Rio Dulce, entre la penúltima y ultima rotonda de la Nueva Costanera, para luego continuar hacia el oeste por la calle del Santuario de San Esteban, cruzando Av. Independencia, para seguir sobre el empalme de la Ruta Nacional N° 9 denominado Camino del Medio. Finaliza su recorrido, en el empalme del Camino del Medio con la Ruta N° 9, para vincularse a la red de agua corriente existente (ver Figura 6 - Traza de la Cañería de Impulsión y Figura 7- Ubicación de las Perforaciones.).



Figura 6 - Traza de la Cañería de Impulsión.



Figura 7 - Ubicación de las Perforaciones.

Hipótesis de cálculo:

- 1- Se considero que el 100 % del caudal de aporte a la red se abastecerá de las nuevas perforaciones que se realizarían sobre la margen derecha del Rio Dulce. (Anexo 11.3 – Información técnica de la perforación existente ubicada en PTLC).
- 2- Se realizarán tres perforaciones y el caudal de aporte de cada una de ellas será: $\frac{Q_{E20}}{3}$, de modo tal que trabajaran en serie. Esta partición del caudal se debió a que con el caudal Q_{E20} , se estaba fuera del rango comercial para usar con una sola perforación, y por ese motivo se lo dividió en tres.
- 3- Esta impulsión tendrá un solo punto de aporte a la red de agua corriente, y lo hará al fin de su recorrido en la Progresiva 8.732,57, con una presión en el punto de empalme, que se determinará más adelante, y cuyo valor deberá ser tal que asegure una presión mínima de 0,8 kg/cm² en todo momento en la red de distribución

5.1 Diámetro de la Cañería de Impulsión

5.1.1 Formula de Bresse

Como primera aproximación usaremos la fórmula de BRESSE para determinar el diámetro económico de la línea de impulsión.

Donde:

$$\phi = 1,30 \times \sqrt{Q_{E20}} = 1,30 \times \sqrt{0,175 \frac{m^3}{s}} = 0,54 m \rightarrow \text{Adopto un } \phi = 500 mm$$

Al ser este un método muy conservador, adoptamos el diámetro anterior que es de 400 mm. Por lo tanto, adoptando una cañería Ø 400 PVC Clase 6, cuyo diámetro interno es 376,6 mm, se obtiene la siguiente velocidad media a 20 años:

$$v_{C20} = \frac{Q_{C20}}{\phi^2} \times \frac{4}{\pi} = \frac{0,0889 m^3/s}{(0,377 m)^2} \times \frac{4}{\pi} = 0,80 m/s$$

Como se observa de la ecuación anterior, el valor de velocidad obtenido se encuentra dentro del rango propuesto por el ENOHSa (Criterios Básicos - Capítulo 11.4 – Conducción de agua cruda y tratada) donde define como velocidad mínima 0,45 m/seg y como velocidad máxima 3,0 m/seg.

5.1.2 Determinación del Diámetro Económico

En la selección del diámetro se debe considerar, además de los aspectos hidráulicos, el costo de instalación y el costo energético que implicaría su funcionamiento. Un menor diámetro origina menor costo de instalación, pero mayores pérdidas en la conducción y por tanto un mayor consumo energético.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Cuando se hace referencia al diámetro óptimo económico se puede definir como aquel que minimiza el costo total anual. Este, consiste en la amortización anual de la inversión y el valor de las pérdidas de energía.

En la Tabla 13 se presenta, para diferentes diámetros, los valores obtenidos de los costos anualizados de la cañería (5) y de la energía (9) y la suma de estos dos costos (10), donde:

ϕ_n : Diámetro nominal

ϕ_i : Diámetro interior

Costo Unitario (CU): costo de la cañería por unidad de longitud

Costo Total Cañería (CTC): costo unitario por la longitud total de la cañería de impulsión. $CTC = CU \times L_T$

Costo Anualizado (CA): $CT \times (i + a)$

Perdida de Carga Unitaria (ΔH_f): $\Delta H_f = \left(\frac{Q_{E20}}{0,2785 \times C \times \phi^{2,63}} \right)^{1,85}$ (Williams - Hazen)

Pérdida Total (PT): $PT = \Delta H_f \times L_T$

Energía Consumida (EC): $EC = \frac{Q_{E20} \times t_f \times \gamma \times (PT + \Delta H_G + P_B)}{\eta \times g}$

Costo Energía (CE): $CE = EC \times C_{ENERGÍA}$

Costo Total (CT): $CT = CTC + CE$

En la Tabla 14 se encuentran todos los valores utilizados en las distintas ecuaciones que intervinieron en la determinación del diámetro económico. Para determinar las pérdidas localizadas en el sistema se utilizó el Método de Longitudes Equivalentes, el cual se desarrolla en el siguiente apartado (ver la Tabla 15) y se agrega a la longitud total del sistema (L_T). El desnivel geométrico quedó determinado por la diferencia de cotas entre las Progresiva 0,00 y la Progresiva 8.732 (ver Plano N°4).

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Tabla 13 - Determinación del Diámetro Económico

ϕ_n [mm] (1)	ϕ_i [mm] (2)	Costo Unitario (CU) [u\$/m] (3)	Costo Total Cañería (CTC) [u\$] (4)	Costo Anualizado (CA) [u\$] (5)	Perdida de Carga Unitaria (ΔH_f): [m/m] (6)	Pérdida Total (PT) [m] (7)	Energía Consumida (EC) [kwh/año] (8)	Costo Energía (CE) [u\$] (9)	Costo Total (CT) [u\$] (10)
160	150,6	65,65	589.266	69.215	0,39820 m/m	3574,30 m	77864050	\$ 4.340.135	\$ 4.409.350
200	188,2	81,77	734.024	86.218	0,13448 m/m	1207,16 m	27054168	\$ 1.507.997	\$ 1.594.215
250	235,43	92,98	834.621	98.034	0,04519 m/m	405,66 m	9850155	\$ 549.047	\$ 647.081
315	296,6	123,47	1.108.308	130.181	0,01467 m/m	131,71 m	3969937	\$ 221.284	\$ 351.465
355	334,2	138,19	1.240.402	145.697	0,00820 m/m	73,65 m	2723665	\$ 151.817	\$ 297.514
400	376,6	172,62	1.549.477	182.001	0,00459 m/m	41,16 m	2026406	\$ 112.952	\$ 294.953
500	470,8	217,64	1.953.618	229.471	0,00155 m/m	13,88 m	1440711	\$ 80.305	\$ 309.776
630	593,2	365,79	3.283.415	385.669	0,00050 m/m	4,50 m	1239494	\$ 69.089	\$ 454.758

- Los costos unitarios de la cañería (3) son de marzo del 2023 e incluyen provisión, transporte, instalación y prueba hidráulica (ver adjunto 11.5 - Análisis de Costos de Cañería de Impulsión).

- El precio de la energía (8) esta actualizada a abril del 2024.

Tabla 14 - Datos Usados para la determinación del Diámetro Económico.

Descripción	Símbolo	Unidad	Cantidad
Longitud	L	M	8.732,57
Longitud Equivalente	L_e	M	243,66
Longitud Total (Tabla 15)	$L_T = L + L_e$	M	8.976,23
Caudal Máximo Horario a 20 años	Q_{E20}	lts/seg	174,84
Material			PVC
Clase			6
Periodo de Diseño	n	años	20
Interés Anual	i	%	10
Amortización	a	%	2
Peso específico del agua:	γ	kg/m ³	1000
Rendimiento:	η		0,70
Costo unitario de la energía:	$C_{ENERGÍA}$	\$/kW.hs	15
Viscosidad Cinemática:	ν	m ² /seg	$1,00 \times 10^{-6}$
Tiempo de Funcionamiento:	T_F	hs/año	8.760
Cota de Entrada (ND en Prog 0,00):	C_A	m	151,70
Cota de Salida (Prog 8732):	C_B	m	174,95
Desnivel Geométrico:	ΔH_G	m	23,25 m
Presión en Progresiva 8732	P_B	m	30,00 m
Coeficiente de Hazen – Williams	C		150
Tiempo de funcionamiento	t_F	Horas/año	8760

En la Figura 8 se graficó la curva de costo de la cañería anualizado y el costo anual de energía, también se encuentra una tercera curva que representa la suma de las dos anteriores, llamada Costo Total.

Se observa que el valor más bajo de la curva del Costo Total corresponde al diámetro de 400 mm.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

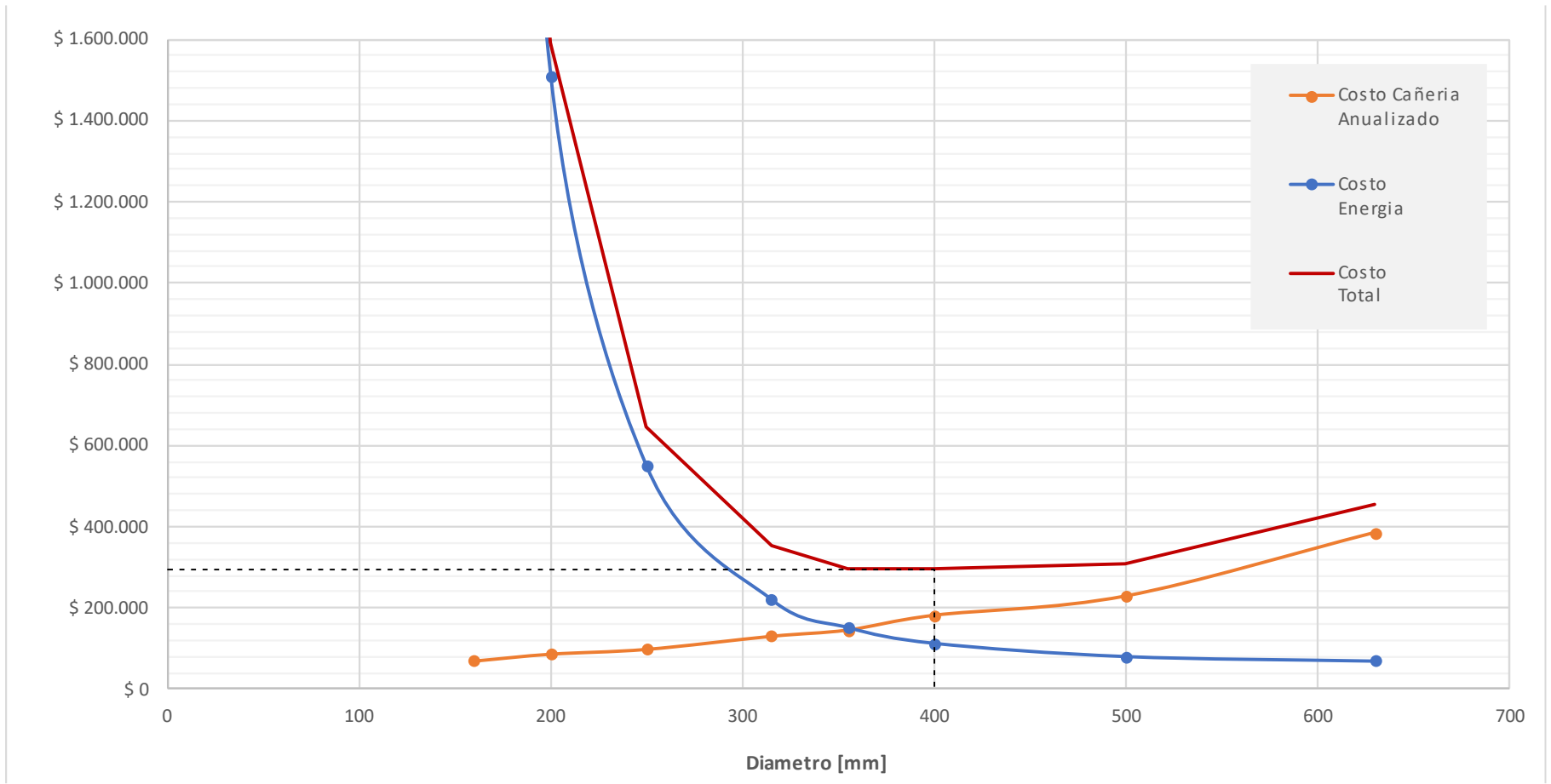


Figura 8 - Determinación del Diámetro Económico.

5.2 Análisis de la impulsión en régimen permanente

5.2.1 Determinación de la Clase de la Cañería

Para establecer la clase de la cañería que se utilizará en el presente proyecto, se analizará la presión en el punto de inicio de la impulsión, tomando como condicionante la presión en el punto de empalme de la cañería de impulsión con la red distribuidora existente. Para esto, se estudiará el funcionamiento de la impulsión en régimen permanente, mediante la aplicación de la ecuación de conservación de la energía, a través de la siguiente expresión:

$$z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + H_f$$

Ecuación 1 – Ecuación de Conservación de la Energía (ver Figura 9).

Donde:

z_A : Altura de posición en el punto A [m], en Progresiva 0,00 m

z_B : Altura de posición en el punto B [m], en Progresiva 8732,57 m

P_A/γ : Altura piezométrica en el punto A [m]

P_B/γ : Altura piezométrica en el punto B [m]

$v_A^2/2g$: Altura cinética en el punto A [m]

$v_B^2/2g$: Altura cinética en el punto B [m]

H_f : Pérdida de energía total del sistema [m] = pérdidas de energía continuas o por fricción + pérdidas de energía localizadas

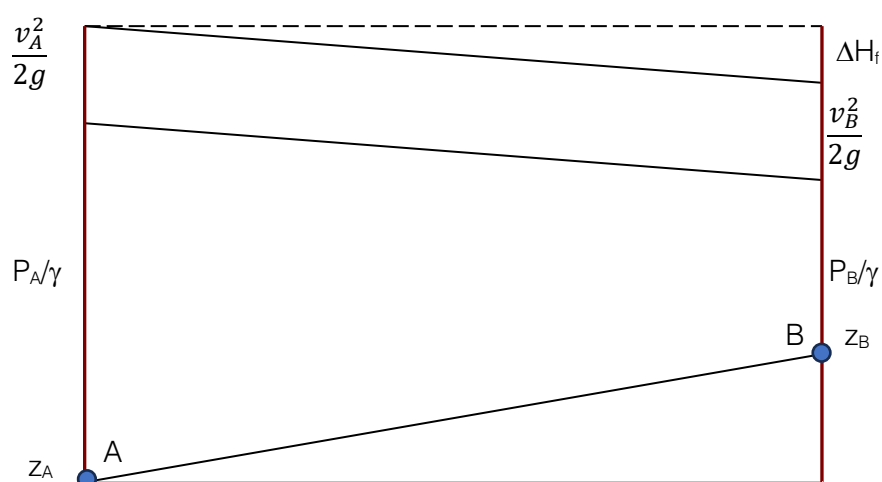


Figura 9 - Conservación de la energía en un tramo de cañería

Se considera, de manera simplificada, a la impulsión con un único diámetro en toda su longitud y alimentándose de una perforación ubicada aguas arriba de la progresiva 0, la cual abastece con la totalidad del Q_{E20} . Entonces, aplicando la Ecuación 1 entre los puntos correspondientes a la progresiva 0 y progresiva 8733, se tiene el siguiente desarrollo:

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + H_f + z_B - z_A$$

Siendo:

$$v_A = v_B Q_{E20} = 0,175 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (ver$$

Tabla 12)

$$z_B - z_A = 174,95 \text{ m} - 177,83 \text{ m} = -2,88 \text{ m} \quad P_B/\gamma = 26,00 \text{ m}$$

$$L = 8.732,57 \text{ m} \quad \phi_i = 376,6 \text{ mm (DN 400 mm Clase 6)}$$

$$H_f = \text{continuas} + \text{localizadas} = \text{(ver forma de cálculo en 4.2.1.1 y 4.2.2.2)}$$

Finalmente, la presión en el inicio de la impulsión es de:

$$\frac{P_A}{\gamma} = 26,00 \text{ m} + (40,05 \text{ m} + 1.12 \text{ m}) - 2,88 \text{ m} = 64,28 \text{ m} = 6,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P_A}{\gamma} = 6,43 \text{ kg/cm}^2 > 6 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 6)} \rightarrow \text{NO VERIFICA}$$

La presión de trabajo es mayor que la clase del caño, por lo tanto, se adopta una cañería de impulsión Clase 10 Ø 400 PVC, donde el diámetro interior es 361,8 mm.

Al modificarse el diámetro interior se determinan nuevamente las pérdidas de energía (ver cálculo en 4.2.1.1 y 4.2.2.2), resultado:

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_B}{\gamma} + H_f + z_B - z_A$$

$$\frac{P_A}{\gamma} = 26,00 \text{ m} + (48.68 \text{ m} + 1.31 \text{ m}) - 2,88 \text{ m} = 73,11 \text{ m} = 7,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P_A}{\gamma} = 7,31 \text{ kg/cm}^2 < 10 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 10)} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

5.2.1.1 Determinación de las pérdidas de energía continua o por fricción - Método de Williams-Hazen

Al circular el agua por una cañería, debido a los efectos viscosos que se generan por el contacto con las paredes, hay una transformación de energía mecánica en calor, generando lo que se conoce como pérdida de energía. En tanto mayor es la velocidad del escurrimiento, mayor será

el efecto de estos esfuerzos tangenciales y por lo tanto mayor será la pérdida de energía del fluido. La pérdida continua o por fricción se define con la siguiente expresión:

$$H_f = h_f \times L$$

Ecuación 2 – Pérdida de Energía por Fricción.

Donde:

H_f : Pérdida de energía continua o por fricción [m]

h_f : Pérdida de energía unitaria [m/m]

L: Longitud de la Impulsión [m]

La pérdida de energía unitaria (h_f) se calcula con la Ecuación 3 de la siguiente manera:

$$h_f = \left(\frac{Q_{E20}}{C \times 0,2785 \times \phi_i^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Ecuación 3 – Fórmula de Williams - Hazen

Donde:

h_f : Pérdida de energía unitaria [m/m]

C: Coeficiente de rugosidad [adimensional]

Q_{E20} : Caudal máximo horario a 20 años [m^3/s] (ver Tabla 11 - Caudal Máximo Horario (Q_E) (Tabla 12)

ϕ_i : Diámetro interior [m]

Para un DN 400 mm Clase 6 ($\phi_i = 376,6$ mm) se tiene que la pérdida de carga unitaria es:

$$h_f = \left(\frac{0,175 m^3/s}{150 \times 0,2785 \times (0,377 m)^{2,63}} \right)^{1,85} = 0,00456 m/m$$

Siendo la longitud total de la cañería $L = 8.732,57$ m, entonces la pérdida de energía continua o por fricción es:

$$H_f = h_f \times L_T = 0,00456 m/m \times 8.732,57 m = 40,05 m$$

Para un DN 400 mm Clase 10 ($\phi_i = 361,8$ mm) se tiene que la pérdida de carga unitaria es:

$$h_f = \left(\frac{0,175 m^3/s}{150 \times 0,2785 \times (0,362 m)^{2,63}} \right)^{1,85} = 0,00557 m/m$$

Siendo la longitud total de la cañería $L = 8.732,57$ m, entonces la pérdida de energía continua o por fricción es:

$$H_f = h_f \times L_T = 0,00557 m/m \times 8.732,57 m = 48,68 m$$

5.2.1.2 Determinación de las pérdidas de energía localizada - Método de la Longitud Equivalente

Un método válido a efectos de estimar las pérdidas de carga localizadas consiste en expresarlas en forma de longitud equivalente (L_e), es decir, valorar cuántos metros de cañería recta del mismo diámetro produce una pérdida de carga continua que equivale a la pérdida que se produce en el punto singular. Entonces, la pérdida de carga total en una tubería de longitud L con i singularidades de longitud equivalente L_{ei} cada una de ellas, será la misma que produce una cañería del mismo diámetro, pero con una longitud total tal cual se presenta en la Ecuación 4.

$$L_T = L + \sum L_{ei}$$

Ecuación 4 – Longitud Equivalente.

En la Tabla 15 se presentan las longitudes equivalente correspondientes a los distintos accesorios que se encuentran en la impulsión. (fuente, apuntes de cátedra de Ingeniería Sanitaria, UNSE)

Tabla 15 - Longitud Equivalente

Descripción	Cantidad	Longitud Equivalente	Total $\sum L_{ei}$
Curva 11°	2	4 Ø	8 Ø
Curva 22,5°	5	8 Ø	40 Ø
Curva 45°	14	15 Ø	210 Ø
Descarga	1	65 Ø	65 Ø
VR	3	100 Ø	300 Ø
VE	3	8 Ø	24 Ø

TOTAL = 647 Ø

La pérdida de energía localizada generada por accesorios ubicados en una cañería de DN 400 mm Clase 6 es:

$$\sum L_{ei} \text{ (Longitud Equivalente)} = \text{Ø} \times 647 \text{ (ver Tabla 15)}$$

$$\text{Ø} = 376,6 \text{ mm (diámetro interior)}$$

$$\sum L_{ei} = \text{Ø} \times 647 = 243,66 \text{ m}$$

$$H_f = h_f \times L_T = 0,00456 \text{ m/m} \times 243,66 \text{ m} = 1,12 \text{ m}$$

La pérdida de energía localizada generada por accesorios ubicados en una cañería de DN 400 mm Clase 10 es:

$\sum L_{ei}$ (Longitud Equivalente) = Ø × 647 (Ver En la Tabla 15 se presentan las longitudes equivalente correspondientes a los distintos accesorios que se encuentran en la impulsión. (fuente, apuntes de cátedra de Ingeniería Sanitaria, UNSE)

$$\text{Ø} = 361,8 \text{ mm (diámetro interior)}$$

$$\sum L e_i = \emptyset \times 647 = 234,08 \text{ m}$$

$$H_f = h_f \times L_T = 0,00557 \text{ m/m} \times 234,08 \text{ m} = 1,31 \text{ m}$$

5.2.2 Presiones en la Cañería de Impulsión Trabajando en Régimen Permanente

Finalmente, según lo desarrollado en los puntos anteriores, se termina adoptando una impulsión de PVC Clase 10 con tramos y diámetros que se presentan en la Figura 10. A continuación, se determinarán las presiones de trabajo en puntos característicos de los distintos tramos de la cañería de impulsión, los cuales luego compararemos con los resultados obtenidos con el EPANET (ver título 6.3.3.4).

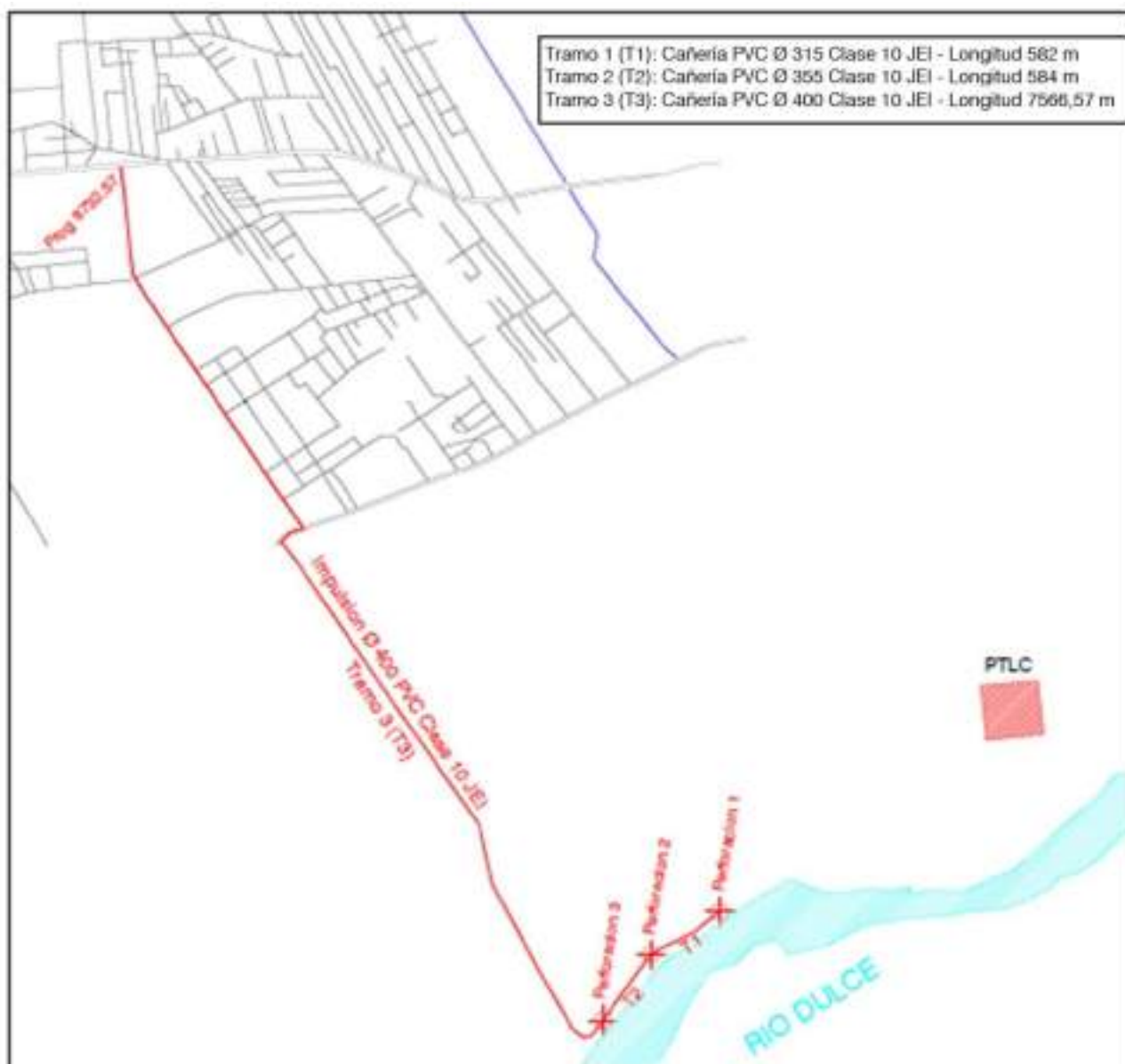


Figura 10 - Ubicación de la Cañería de Impulsión y de Perforaciones

Tramo 1 (T₁): Empieza en la Progresiva 0,00 (Perforación 1), inicio de la impulsión, hasta la Progresiva 582 (Perforación 2), por el que circulará un tercio del caudal de diseño ($Q_{E20}/3$)

Tramo 2 (T₂): Desde la Progresiva 582, hasta la Progresiva 1166 (Perforación 3), por el que circulará dos tercios del caudal de diseño (Q_{E20}*2/3).

Tramo 3 (T₃): Desde la Progresiva 1166, hasta la Progresiva 8733 (empalme con la red existente), por el que circulará el caudal total de Q_{E20}.

En la Tabla 16 se presentan los resultados de haber aplicado la ecuación de conservación de la energía entre los diferentes tramos de la impulsión, tal cual se describieron anteriormente.

Tabla 16 - Valores Característicos de los diferentes tramos analizados

	Tramo 3 (Pr. 1166 - Pr. 8733)	Tramo 2 (Pr. 582 – Pr. 1166)	Tramo 1 (Pr. 0 – Pr. 582)
Cota intradós inicial	174,95 m	178,01 m	177,96 m
Cota intradós final	178,01 m	177,96 m	177,83 m
Presión en progresiva inicial	66,30 m	69,17 m	70,69 m
Presión en progresiva final	26,00 m	66,30 m	69,17 m
Longitud	7.566,57 m	584,00 m	582,00 m
Longitud Equivalente	211,13 m	16,30 m	16,24 m
Longitud Total	7.777,70 m	600,30 m	598,24 m
Caudal de Diseño	629,44 m ³ /h	419,62 m ³ /h	209,81 m ³ /h
Diámetro Interior	361,80 mm	321,20 mm	285 mm
Área	0,13 m ²	0,10 m ²	0,08 m ²
Velocidad de diseño	1,34 m/s	1,13 m/s	0,72 m/s
H _f	0,005575	0,004698	0,002330
Perdida de carga en tramo:	43,36 m	2,82 m	1,39 m

5.2.3 Curva Característica del Sistema

La curva característica del sistema representa los puntos de altura manométrica que se presentan en la instalación a diferentes caudales que varían desde cero hasta el valor máximo esperado, y está dada por la Ecuación 5:

$$z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + Hm = z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + H_f$$

$$\rightarrow Hm = (z_B - z_A) + \left(\frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_A}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_B^2}{2g} - \frac{v_A^2}{2g}\right) + H_f$$

$$H_m = \Delta H_G + P_B + H_f$$

Ecuación 5 - Altura Manométrica.

Siendo:

Hm: altura manométrica de la bomba

v_A, P_A y z_A , las velocidades, presiones y cota de posición en el punto A, ubicado sobre el nivel dinámico de la perforación 1

v_B, P_B^2 y z_B , las velocidades, presiones y cota de posición en el punto B, en la progresiva 8733 m de la cañería de impulsión (punto de vinculación con la red existente)

H_f = pérdida de carga total

Para evaluar las pérdidas unitarias se utilizará la Ecuación 6:

$$h_f = \left(\frac{Q}{C \times 0,2785 \times \phi_i^{2,63}} \right)^{1,85}$$

Ecuación 6 – Perdida de Carga Unitaria según Williams – Hazen

Con $C = 150$ (cañería nueva de PVC)

Para determinar la pérdida total H_f en un tramo de longitud L , se multiplica la expresión anterior por la suma $L + Le$, donde Le es la "longitud equivalente" de los accesorios incluidos en el tramo L en estudio, es decir:

$$H_f = h_f \times (L + Le) = \left(\frac{Q}{C \times 0,2785 \times \phi_i^{2,63}} \right)^{1,85} \times (L + Le)$$

Recordando los tres tramos definidos en el punto 5.2.2.2, se tiene:

$$L = L_{t1} + L_{t2} + L_{t3} = 582,00 \text{ m} + 584,00 \text{ m} + 7566,67 \text{ m} = 8.732,57 \text{ m (ver Tabla 16)}$$

$$Le = Le_{t1} + Le_{t2} + Le_{t3} = 16,24 \text{ m} + 16,30 \text{ m} + 211,12 \text{ m} = 243,66 \text{ m (ver Tabla 16)}$$

En relación con el desnivel geométrico (ΔH_G), determinado como la diferencia de cotas entre el nivel dinámico de la perforación 1 y la cota de intradós de la cañería de impulsión en la progresiva 8733 m, se tiene:

$$\text{Nivel de posición en punto A} = \text{Cota de intradós en progresiva 0,00} - \text{ND} = 177.83 \text{ m} - \text{ND}$$

$$\text{Nivel de posición en punto B} = \text{Cota de intradós en progresiva 8733} = 174.95 \text{ m}$$

ND: Desnivel dinámico para diferentes caudales de bombeo. Se calcula con la Ecuación 7:

$$\text{ND} = \text{NE} + \Delta h$$

Ecuación 7 - Nivel Dinámico

Donde:

² $P_B/\gamma = 26,00 \text{ m}^2$, valor adoptado en el punto de aporte a la red de agua potable, con el cual la red de agua verifica con la condición propuesta de presión mínima $> 8 \text{ m}$.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

NE: Nivel estático (ver Anexo 11.3 Perforación PTLC – Carpeta Técnica). Se consideró como hipótesis que este valor se mantiene constante en el tiempo y es igual a 7,10 m.

Δh : Abatimiento de la napa dado por la Ecuación 8:

$$Q_E = \frac{Q_B}{\Delta h} \quad \rightarrow \quad \Delta h = \frac{Q_B}{Q_E}$$

Ecuación 8 - Caudal Especifico

$Q_E = 11,02 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Caudal especifico, ver Anexo 11.3 Perforación PTLC – Carpeta Técnica)

Q_B = Caudal aportado por cada una de las perforaciones

El propósito buscado es transformar la Ecuación 5 en una función de Q, y poder representarla en un diagrama H – Q, que permitirá determinar el punto de funcionamiento de la instalación, en su intersección con la curva característica de la bomba.

En la Tabla 17 se expresan los valores por tramos y totales de las diferentes perdidas de carga y de la presión manométrica para diferentes caudales:

Tabla 17 - Perdidas de Carga y Altura Manométrica en Cañería de Impulsión

Q_B [l/s]	H_{f1}	H_{f2}	H_{f3}	ΣHF	ND	Hm
0,00	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	7,10 m	30,22 m
5,00	0,00 m	0,00 m	0,06 m	0,06 m	7,65 m	30,83 m
10,00	0,01 m	0,01 m	0,22 m	0,24 m	8,19 m	31,55 m
15,00	0,01 m	0,03 m	0,46 m	0,50 m	8,74 m	32,36 m
20,00	0,03 m	0,05 m	0,78 m	0,86 m	9,28 m	33,26 m
25,00	0,04 m	0,08 m	1,18 m	1,30 m	9,82 m	34,24 m
30,00	0,05 m	0,11 m	1,66 m	1,82 m	10,37 m	35,31 m
35,00	0,07 m	0,14 m	2,20 m	2,41 m	10,91 m	36,44 m
40,00	0,09 m	0,18 m	2,82 m	3,09 m	11,46 m	37,67 m
45,00	0,11 m	0,23 m	3,51 m	3,85 m	12,00 m	38,97 m
50,00	0,14 m	0,28 m	4,27 m	4,69 m	12,54 m	40,35 m
55,00	0,16 m	0,33 m	5,09 m	5,58 m	13,09 m	41,79 m
60,00	0,19 m	0,39 m	5,98 m	6,56 m	13,63 m	43,31 m
65,00	0,22 m	0,45 m	6,94 m	7,61 m	14,18 m	44,91 m
70,00	0,26 m	0,52 m	7,96 m	8,74 m	14,72 m	46,58 m
75,00	0,29 m	0,59 m	9,04 m	9,92 m	15,26 m	48,30 m
80,00	0,33 m	0,66 m	10,19 m	11,18 m	15,81 m	50,11 m

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Q_B [l/s]	H_{f1}	H_{f2}	H_{f3}	ΣHF	ND	H_m
85,00	0,37 m	0,74 m	11,40 m	12,51 m	16,35 m	51,98 m
90,00	0,41 m	0,82 m	12,68 m	13,91 m	16,90 m	53,93 m
95,00	0,45 m	0,91 m	14,01 m	15,37 m	17,44 m	55,93 m
100,00	0,50 m	1,00 m	15,41 m	16,91 m	17,98 m	58,01 m
105,00	0,54 m	1,10 m	16,86 m	18,50 m	18,53 m	60,15 m
106,63	0,56 m	1,13 m	17,35 m	19,04 m	18,71 m	60,87 m
110,00	0,59 m	1,20 m	18,38 m	20,17 m	19,07 m	62,36 m
115,00	0,64 m	1,30 m	19,96 m	21,90 m	19,62 m	64,64 m
120,00	0,69 m	1,40 m	21,60 m	23,69 m	20,16 m	66,97 m
125,00	0,75 m	1,51 m	23,29 m	25,55 m	20,70 m	69,37 m
130,00	0,81 m	1,63 m	25,05 m	27,49 m	21,25 m	71,86 m
135,00	0,86 m	1,75 m	26,86 m	29,47 m	21,79 m	74,38 m
140,00	0,92 m	1,87 m	28,73 m	31,52 m	22,34 m	76,98 m
145,00	0,99 m	1,99 m	30,66 m	33,64 m	22,88 m	79,64 m
150,00	1,05 m	2,12 m	32,65 m	35,82 m	23,42 m	82,36 m
155,00	1,12 m	2,26 m	34,69 m	38,07 m	23,97 m	85,16 m
160,00	1,18 m	2,39 m	36,79 m	40,36 m	24,51 m	87,99 m
165,00	1,25 m	2,53 m	38,95 m	42,73 m	25,06 m	90,91 m
170,00	1,32 m	2,68 m	41,16 m	45,16 m	25,60 m	93,88 m
174,84	1,39 m	2,82 m	43,36 m	47,57 m	26,13 m	96,82 m
175,00	1,40 m	2,82 m	43,43 m	47,65 m	26,14 m	96,91 m
180,00	1,47 m	2,98 m	45,76 m	50,21 m	26,69 m	100,02 m
185,00	1,55 m	3,13 m	48,14 m	52,82 m	27,23 m	103,17 m
190,00	1,63 m	3,29 m	50,57 m	55,49 m	27,78 m	106,39 m
195,00	1,71 m	3,45 m	53,07 m	58,23 m	28,32 m	109,67 m
200,00	1,79 m	3,62 m	55,61 m	61,02 m	28,86 m	113,00 m
205,00	1,87 m	3,79 m	58,22 m	63,88 m	29,41 m	116,41 m
210,00	1,96 m	3,96 m	60,87 m	66,79 m	29,95 m	119,86 m
215,00	2,04 m	4,14 m	63,58 m	69,76 m	30,50 m	123,38 m
220,00	2,13 m	4,32 m	66,35 m	72,80 m	31,04 m	126,96 m
225,00	2,22 m	4,50 m	69,17 m	75,89 m	31,58 m	130,59 m
230,00	2,32 m	4,69 m	72,04 m	79,05 m	32,13 m	134,30 m
235,00	2,41 m	4,88 m	74,97 m	82,26 m	32,67 m	138,05 m
240,00	2,51 m	5,07 m	77,95 m	85,53 m	33,22 m	141,87 m
245,00	2,60 m	5,27 m	80,98 m	88,85 m	33,76 m	145,73 m
250,00	2,70 m	5,47 m	84,07 m	92,24 m	34,30 m	149,66 m

A continuación, en la Figura 11, se representa la altura manométrica del sistema como también el nivel dinámico de la perforación y las pérdidas de carga generadas en el mismo.

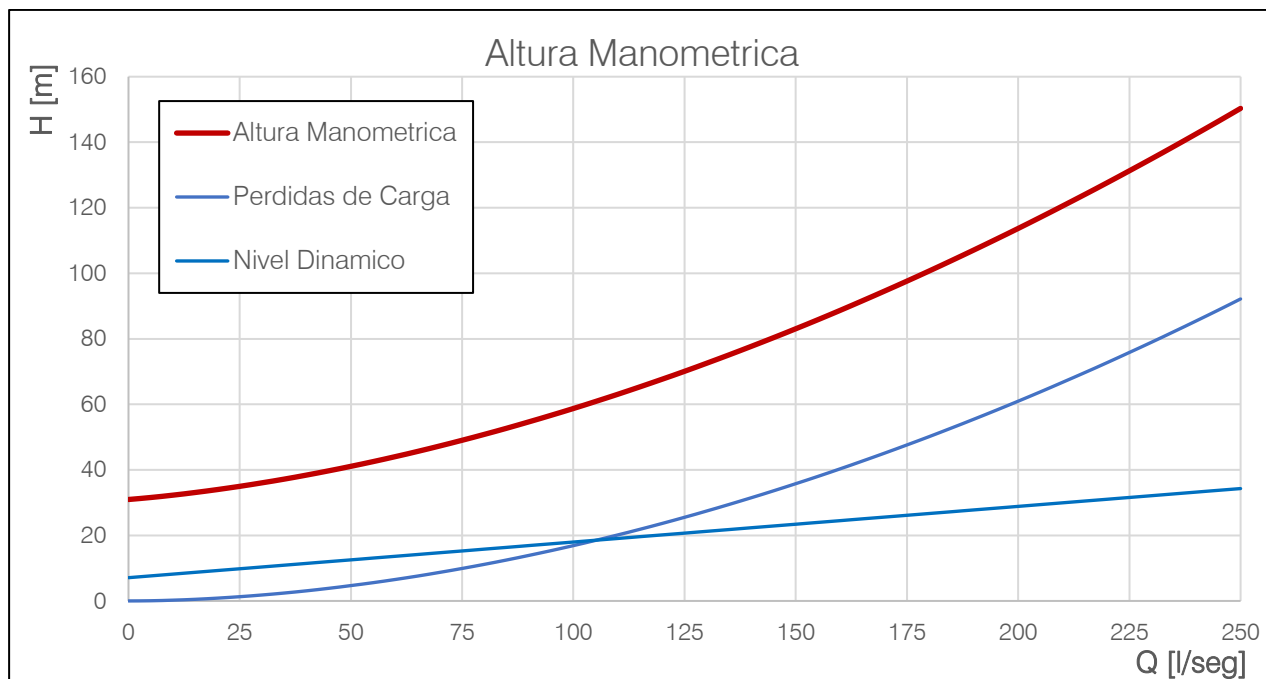


Figura 11 - Altura Manométrica (Curva del Sistema).

5.3 Elección de los Equipos de Bombeo

A continuación, se realizará la selección de los equipos de bombeo que se utilizarán en los periodos 20024/34 y 2034/2044.

5.3.1 Elección del Equipo de Bombeo para el periodo 2024-2034

5.3.1.1 Selección de la Familia del Equipo de Bombeo

Las bombas sumergibles que se utilizarán en los primeros 10 años pertenecen a la firma comercial GRUNDFOS, y se la eligió en función del gráfico que se presenta en la Figura 12, según la información que se describe a continuación.

Datos (ver Tabla 17):

$$Q_{E10} = 106,63 \text{ lts/s}$$

$$Q_{E10}/3 = 35,54 \text{ lts/s}$$

$$H_{m10} = \Delta H_F + \Delta H_G + P_B/\gamma = 19,04 \text{ m} + 15,83 \text{ m} + 26,00 \text{ m} = 60,87 \text{ m}$$

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Donde:

Nivel Dinámico (ND_{10}) = 18,71 m

ΔH_G (Desnivel geométrico) = $Z_B - Z_A + ND_{10} = 174.95 \text{ m} - 177.83 + 18.71 = 15.83 \text{ m}$

H_F (Pérdida de carga en cañería de impulsión) = 19,04 m

P_B/γ (Presión Requerida en el Punto B) = 26 m (ver 5.2.1)

Ingresando a la Figura 12, con los datos obtenidos de $Q_{E10}/3$ y H_{m10} , se determina la familia del equipo de bombeo SP 125, que funcionará en los primeros 10 años del sistema.

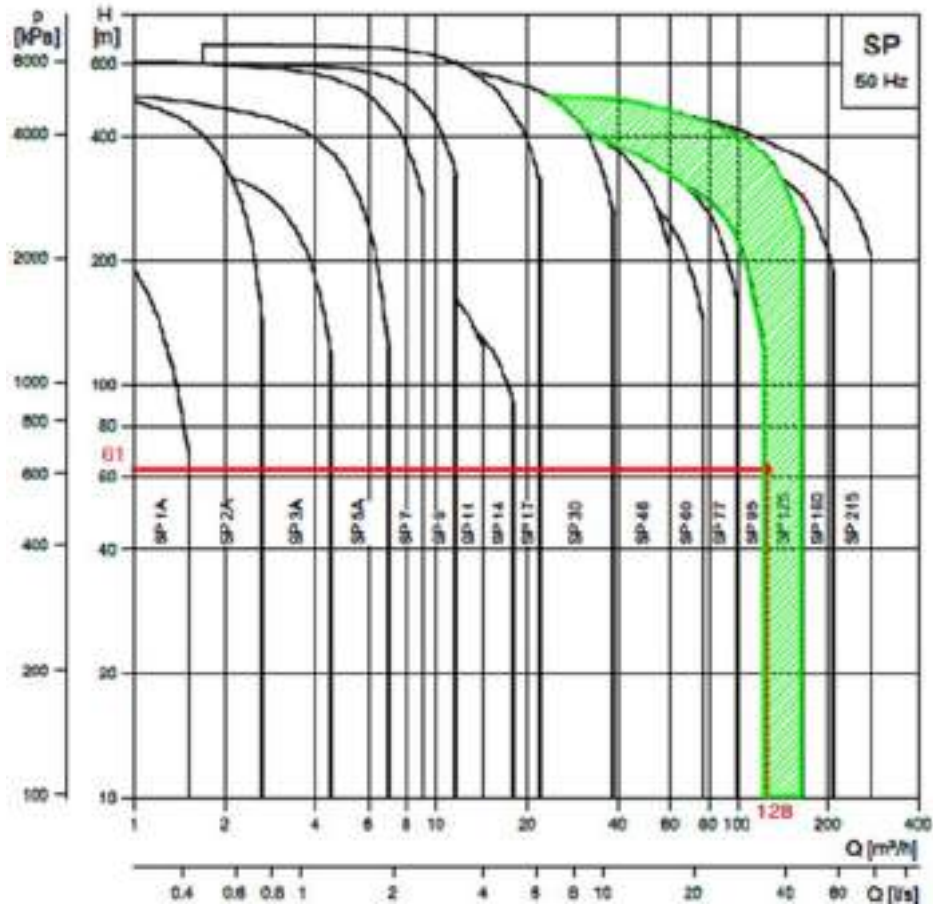


Figura 12 - Elección de la Familia de Bombas a 10 Años.

5.3.1.2 Curva Característica del Equipo de Bombeo

En la Figura 13, perteneciente al grupo de curvas de la Bomba Grundfos SP 125, se ingresa con los valores de $Q_{E10}/3$ y H_{m10} , valores obtenidos en el punto anterior, y se determina la curva de la bomba a utilizar en el periodo 24/34.

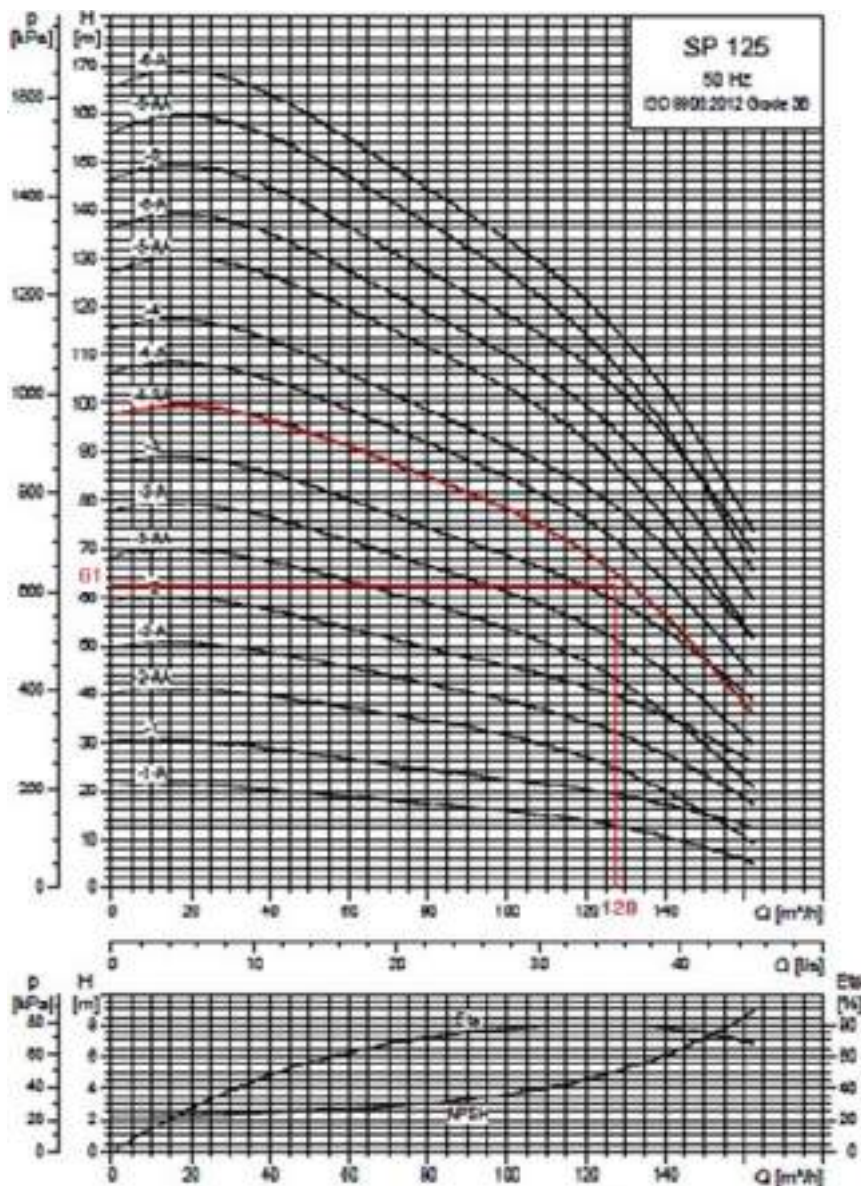


Figura 13 - Selección del Equipo de Bombeo a 10 Años

La bomba escogida es de la línea GRUNDFOS modelo SP 125 – 4 – AA, donde se instalarán tres bombas en paralelo con variador de velocidad.

5.3.1.3 Punto de Funcionamiento

Con la curva del sistema obtenida en el Punto 4.2.3, más la curva resultante de las tres bombas que funcionarían en serie, se obtiene el punto de funcionamiento del sistema para el primer periodo de diseño, tal cual se presenta en la Figura 14.

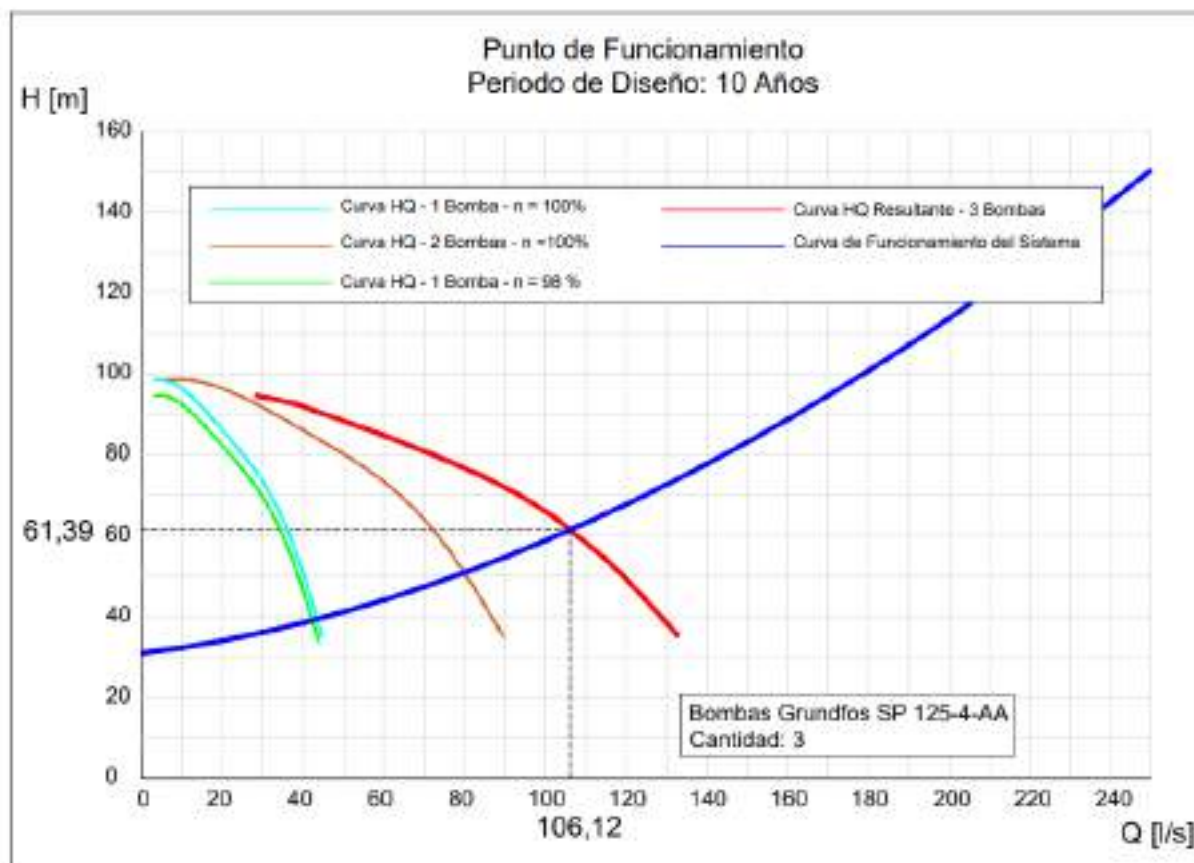


Figura 14 - Punto de Funcionamiento del Equipo de Bombeo a 10 Años.

Caudal a bombear: $Q = 106,12$ lts/seg

Altura a elevar $H = 61,39$ m

NOTA: En el punto de funcionamiento, se encuentran dos bombas trabajando con su velocidad al 100% y la tercera al 98%.

5.3.2 Elección del Equipo de Bombeo para el período 2034-2044

5.3.2.1 Selección de la Familia del Equipo de Bombeo (2034/44)

Las bombas sumergibles que se utilizarán en los segundos 10 años, al igual que en el primer periodo de diseño, pertenecen a la firma comercial GRUNDFOS, y se la eligió en función del gráfico que se presenta en la Figura 15.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Datos (ver Tabla 17):

$$Q_{E20} = 174,84 \text{ lts/s} \quad Q_{E20}/3 = 58,28 \text{ lts/s}$$

$$H_{m20} = \Delta H_F + \Delta H_G + P_B/\gamma = 47,57 \text{ m} + 23,25 \text{ m} + 26,00 \text{ m} = 96,82 \text{ m}$$

Donde:

$$\text{Nivel Dinámico (ND}_{20}) = 26,13 \text{ m}$$

$$\Delta H_G \text{ (Desnivel geométrico)} = Z_B - Z_A + \text{ND}_{20} = 174,95 \text{ m} - 177,83 + 26,13 = 23,25 \text{ m}$$

$$H_F \text{ (Perdida de carga en cañería de impulsión)} = 47,57 \text{ m}$$

$$P_B/\gamma \text{ (Presión Requerida en el Punto B)} = 26 \text{ m (ver 5.2.1)}$$

Ingresando a la Figura 15, con los datos obtenidos de $Q_{E20}/3$ y H_{m20} , se determina la familia de equipo de bombeo SP 215, que funcionará en los segundos 10 años del sistema.

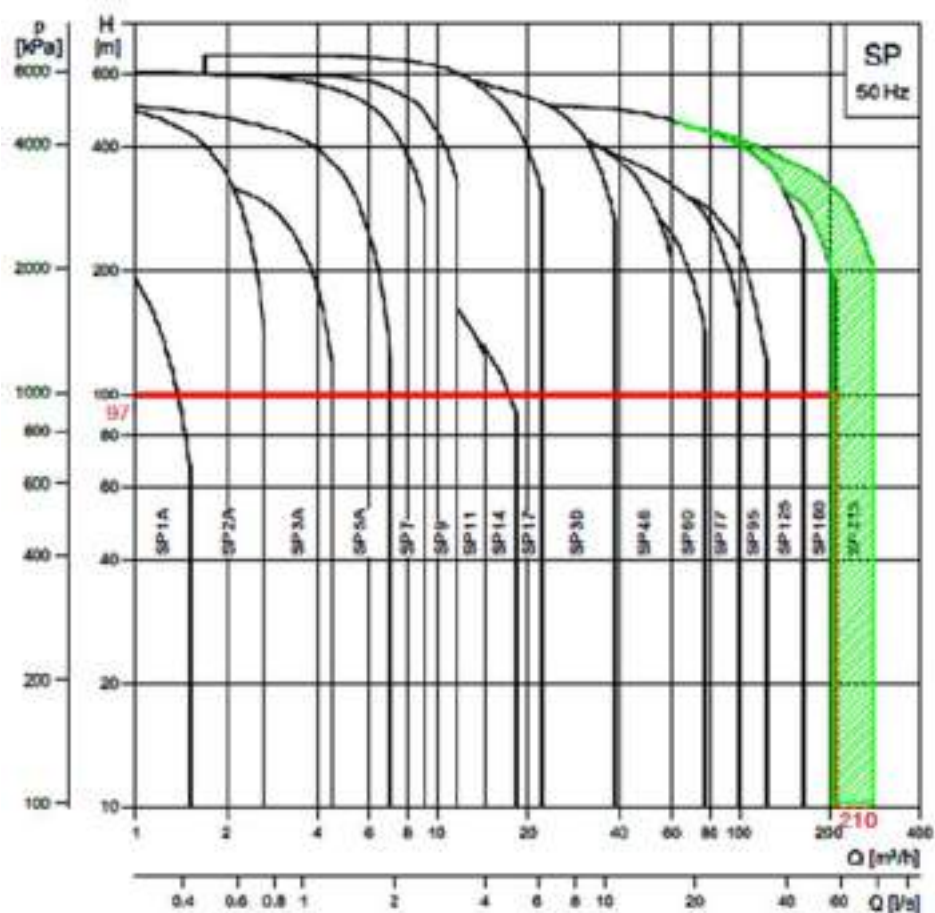


Figura 15 - Elección de la Familia de Bombas a 20 Años

5.3.2.2 Curva Característica del Equipo de Bombeo

En el gráfico de la Figura 16, el cual pertenece al grupo de curvas de la Bomba Grundfos SP 215-4, se ingresa con los valores de $Q_{E20}/3$ y de H_{m20} obtenidos en el punto anterior y se determina la curva de la bomba a utilizar en el periodo 24/34.

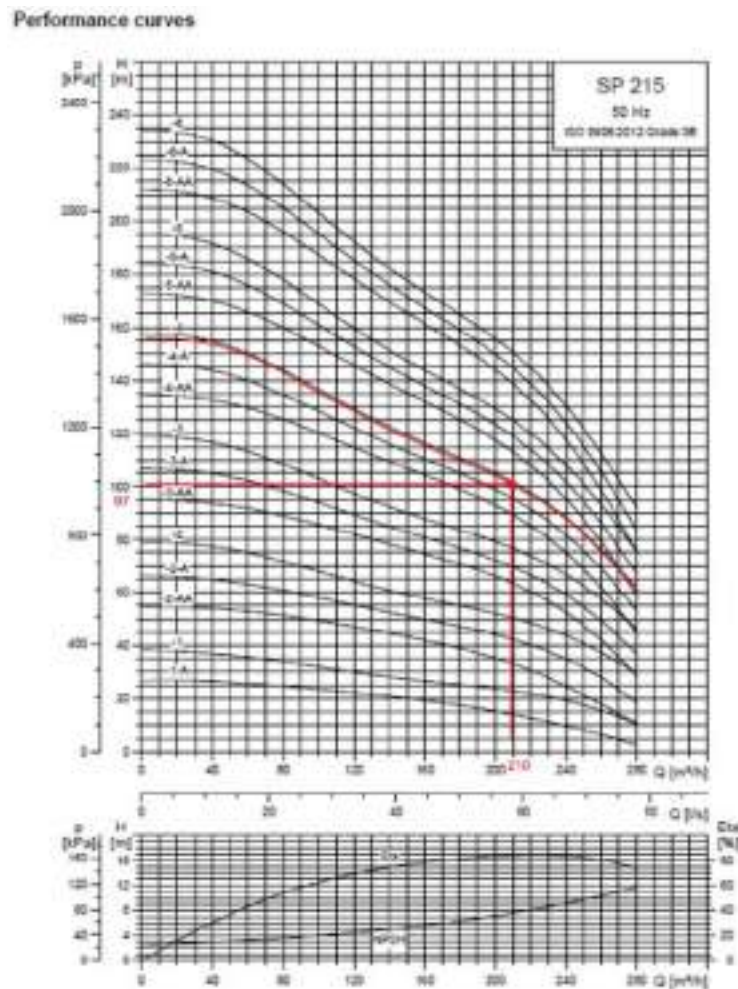


Figura 16 - Selección del Equipo de Bombeo a 20 Años

5.3.2.3 Punto de Funcionamiento

Con la curva del sistema obtenida en el Punto 4.2.3, más la curva resultante de las tres bombas que funcionarían en serie, se obtiene el punto de funcionamiento para el segundo periodo de diseño, como se presenta en la Figura 17.

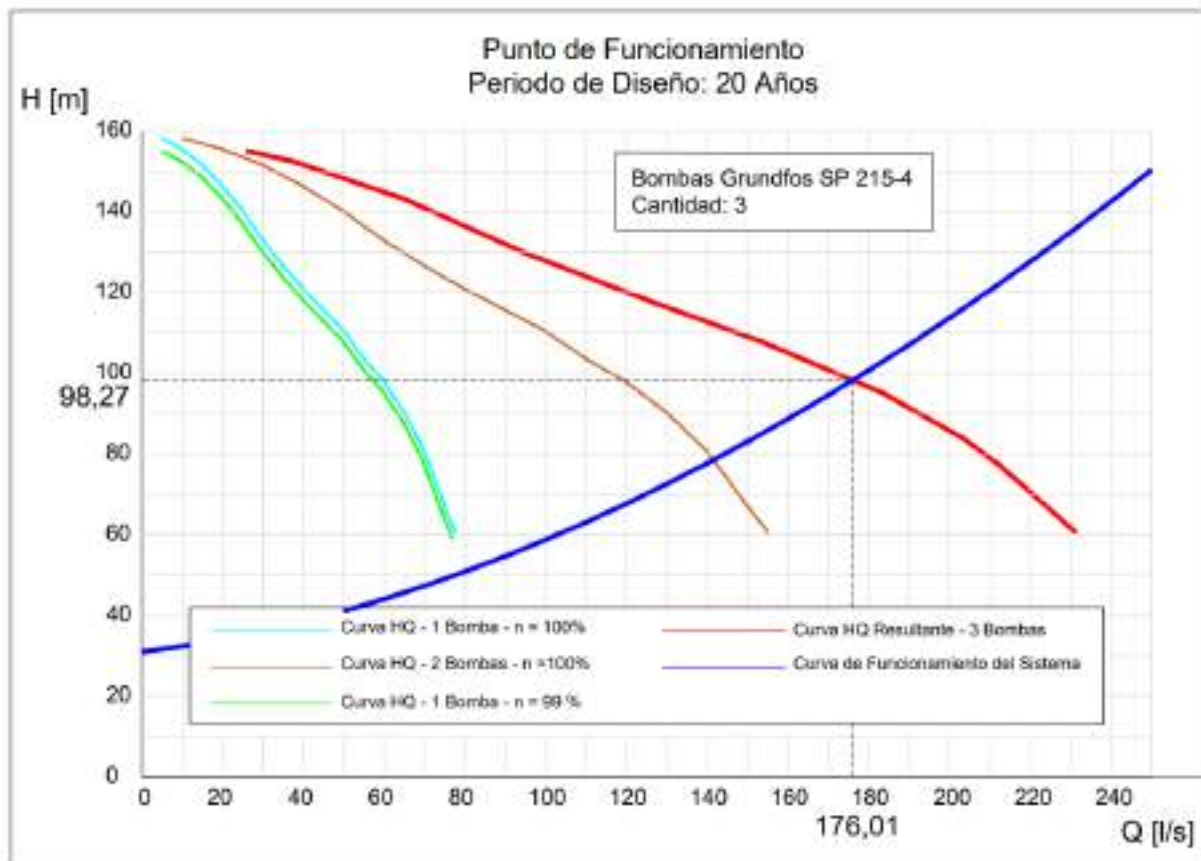


Figura 17 - Punto de Funcionamiento del Equipo de Bombeo a 20 Años

Caudal a Bombear: $Q = 176,01$ lts/seg

Altura a Elevar $H = 98,27$ m

NOTA: En el punto de funcionamiento, se encuentran dos bombas trabajando con su velocidad al 100% y la tercera al 99%

5.4 Análisis de la impulsión en régimen impermanente: Golpe de Ariete

5.4.1 Introducción

Es un fenómeno que ocurre en cañerías a presión y está asociado con cambios bruscos de caudal (y velocidad) en el sistema y consecuentemente con cambios u oscilaciones de presión por encima o debajo de la normal, las cuales se propagan a lo largo de la cañería a la velocidad del sonido, dependiendo del material, del espesor de pared y de las características del fluido.

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por lo tanto de régimen variable, en donde la cañería ya no es rígida y el líquido es compresible. Bajo este análisis ya no se pueden considerar las hipótesis que se usan generalmente, flujo incompresible y régimen permanente.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Si bien un sistema complejo del tipo presentado en este proyecto (impulsión con tres bombas funcionando en serie) requiere para su estudio una modelación mediante un software de análisis de flujo impermanente, a los fines de este trabajo, se aplica el método simplificado de Allievi, considerando a la impulsión trabajando con una sola bomba.

Según lo expresado anteriormente, las relaciones fundamentales que se utilizan son:

Impermanencia en el Tiempo: $\frac{\partial U}{\partial t} \neq 0$

Impermanencia en el Recorrido: $\frac{\partial U}{\partial L} \neq 0$

Celeridad de la Onda:
$$C = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{\phi}{e}}}$$

Tiempo de Fase o Crítico:
$$T_f = \frac{2 \times L}{C}$$

Tiempo de Cierre (T_c) o de Parada (T_p)

Lento $T_c (T_p) > T_f$

Critico $T_c (T_p) = T_f$

Rápido $T_c (T_p) < T_f$

Donde:

U: Velocidad

L: Recorrido

ε : Modulo de compresibilidad volumétrica

e: Espesor

L: Longitud

t_f : Tiempo de fase o crítico

ρ : Masa específica

E: Modulo de Young

ϕ : Diámetro

C: Celeridad

$t_c (t_p)$: Tiempo de cierre o de parada

5.4.2 Verificación al Golpe de Ariete

A continuación, en la Tabla 18, se muestra la información necesaria para la verificación del golpe de ariete, considerando al sistema, de manera simplificada, con una única bomba y una impulsión de DN 400 mm por el que circula el Q_{E20} .

Tabla 18 - Datos Básicos para la Verificación del Golpe de Ariete.

	Tramo 1 Progresiva 0,00 a 582 m	Tramo 2 Progresiva 582 a 1166 m	Tramo 3 Progresiva 1166 a 8.732,57 m
Diámetro (ϕ)	315 mm	355 mm	400 mm
D. Interior (ϕ_{int})	285,0 mm	321,2 mm	361,8 mm
Clase	10	10	10
Espesor (e)	15,0 mm	16,9 mm	19,1 mm
Longitud (L)	582,0 m	584,0 m	7.566,57 m
Sección (A)	0,08 m ²	0,10 m ²	0,10 m ²
Caudal (Q_{E20})	209,81 m ³ /h	419,62 m ³ /h	629,44 m ³ /h
Velocidad (V_{E20})	0,72 m/seg	1,13 m/seg	1,34 m/seg

Tiempo de Parada:

El tiempo de parada de la instalación se calcula a través de la Ecuación 9:

$$T_p = C + \frac{k \times L \times V_{E20}}{g \times H_m}$$

Ecuación 9 - Formula de Mendiluce.

Donde:

L: Longitud de la tubería.

V_{E20} : Velocidad de diseño

H_m : Altura manométrica a proveer por la bomba ($P_A = 70,69$ m, ver Tabla 16)

T_p : tiempo de parada de la instalación.

k y C: coeficientes experimentales.

El coeficiente k es experimental y varía con la longitud de la impulsión como se puede observar en la Tabla 19:

Tabla 19 - Coeficiente k.

Longitud	k
L < 500 m	2,00
L ≈ 500 m	1,75
500 m < L < 1500 m	1,50
L ≈ 1500 m	1,25
L > 1500 m	1,00

$$L = 8.732,57 \text{ m} \quad \rightarrow \quad k = 1$$

Por otro lado, C es otro coeficiente experimental que depende de la relación H_m/L como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 - Coeficiente C.

H_m/L	C
< 0,20	1,00
≈ 0,30	0,60
> 0,40	0,00

$$\frac{H_m}{L} = \frac{70,69 \text{ m}}{8732,57 \text{ m}} = 0,0081 \quad \rightarrow \quad C = 1$$

Por lo tanto, de la Ecuación 9, el tiempo de parada (T) es:

$$T_p = 1 + \frac{1 \times 8732,57 \text{ m} \times 1.34 \text{ m/seg}}{9,81 \text{ m/seg}^2 \times 70,69 \text{ m}} = 17,82 \text{ seg}$$

Celeridad de la Onda:

Tramo 1: Progresiva 0,00 – Progresiva 582 m:

$$C_1 = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{\varphi}{e}}} = \frac{\sqrt{2,12 \times 10^6}}{\sqrt{1 + \frac{2,16 \times 10^8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2,80 \times 10^8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} \times \frac{0,285 \text{ m}}{0,015 \text{ m}}}} = 367,97 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Tramo 2: Progresiva 582 m – Progresiva 1166 m:

$$C_2 = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{\varphi}{e}}} = \frac{\sqrt{2,12 \times 10^6}}{\sqrt{1 + \frac{2,16 \times 10^8 \frac{kg}{m^2}}{2,80 \times 10^8 \frac{kg}{m^2}} \times \frac{0,321m}{0,017m}}} = 367,92 \frac{m}{seg}$$

Tramo 3: Progresiva 1166 m – Progresiva 8732,57 m:

$$C_3 = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \times \frac{\varphi}{e}}} = \frac{\sqrt{2,12 \times 10^6}}{\sqrt{1 + \frac{2,16 \times 10^8 \frac{kg}{m^2}}{2,80 \times 10^8 \frac{kg}{m^2}} \times \frac{0,362m}{0,019m}}} = 368,49 \frac{m}{seg}$$

Celeridad de Onda Equivalente:

$$C = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{\frac{L_1}{c_1} + \frac{L_2}{c_2} + \frac{L_3}{c_3}} = \frac{8732,57 m}{\frac{582 m}{367,69 m/seg} + \frac{584 m}{286,05 m/seg} + \frac{7.566,57m}{286,05 m/seg}} = 368,42 \frac{m}{seg}$$

Tiempo de Fase o Crítico:

El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo de fase o crítico (T_i)

Tramo 1

$$T_{f1} = \frac{2 \times L_1}{C_1} = \frac{2 \times 582 m}{367,97 m/seg} = 3,16 seg$$

Tramo 2

$$T_{f2} = \frac{2 \times L_2}{C_2} = \frac{2 \times 584 m}{367,92 m/seg} = 3,17 seg$$

Tramo 3

$$T_{f3} = \frac{2 \times L_3}{C_3} = \frac{2 \times 7.566,84 m}{368,49 m/seg} = 41,07 seg$$

Tiempo de Fase o Crítico Total:

$$T_f = T_{f1} + T_{f2} + T_{f3} = 3,16 seg + 3,17 seg + 41,07 seg = 47,41 seg$$

Comparación entre el Tiempo Crítico (T_f) con el Tiempo de Parada de la instalación (T_p)

$$T_f = 47,41 \text{ seg} \quad > \quad T_p = 17,82 \text{ seg}$$

Como $T_f > T_p$, se concluye que el sistema tiene una parada brusca, y, por lo tanto, se producirá la sobrepresión máxima en ciertos puntos de la cañería.

Determinación de la Longitud Crítica (L_c)

$$L_c = \frac{C \times T}{2} = \frac{368,42 \text{ m/s} \times 17,82 \text{ s}}{2} = 3.282,52 \text{ m}$$

Como la longitud de cañería es mayor a la longitud crítica (L_c), se clasifica a la cañería como larga.

5.4.3 Determinación de la Sobrepresión/Subpresión (Δh) generada por una Parada Brusca de Bomba

Como se describió anteriormente, se produce una parada brusca del sistema, entonces la sobrepresión/subpresión máxima se determina con la Expresión de Allievi.

$$\Delta h = \frac{C}{g} \times v$$

Ecuación 10 – Formula de Allievi.

Donde:

Δh : Máxima sobrepresión o subpresión

C: Celeridad de la onda (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

v: Velocidad en la cañería (m/s)

La sobrepresión/subpresión generada por la parada brusca de la bomba, se establecerá en forma constante en la cañería (tramo A-D), y luego comenzará a atenuarse a lo largo de la longitud crítica (tramo D-B), decreciendo en forma proporcional hasta anularse en el punto del empalme, tal como se presenta en la Figura 18 del siguiente apartado. Aplicando la Ecuación 10 se obtiene:

$$\Delta h = \frac{C}{g} \times v = \frac{368,42 \text{ m/seg}}{9,81 \text{ m/seg}^2} \times 1,34 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 50,16 \text{ m}$$

En la Figura 18 y Figura 19, que se presentan en el siguiente apartado, se muestran los conceptos descritos anteriormente y se establece el diagrama de sobrepresiones y depresiones como consecuencia del golpe de ariete hidráulico generado por una parada brusca de la bomba.

5.4.4 Determinación de presiones y subpresiones máximas

5.4.4.1 Máxima Presión

Con la determinación de la sobrepresión, la carga que debería soportar la cañería en el punto A (Progresiva 0,00 m, ver Tabla 16) está dada por la siguiente expresión:

$$P_{A_{max}} = \Delta H + P_A = 50,16 \text{ m} + 70,69 \text{ m} = 120,86 \text{ m} < 150 \text{ m (Clase 10)} \rightarrow \text{Verifica}$$

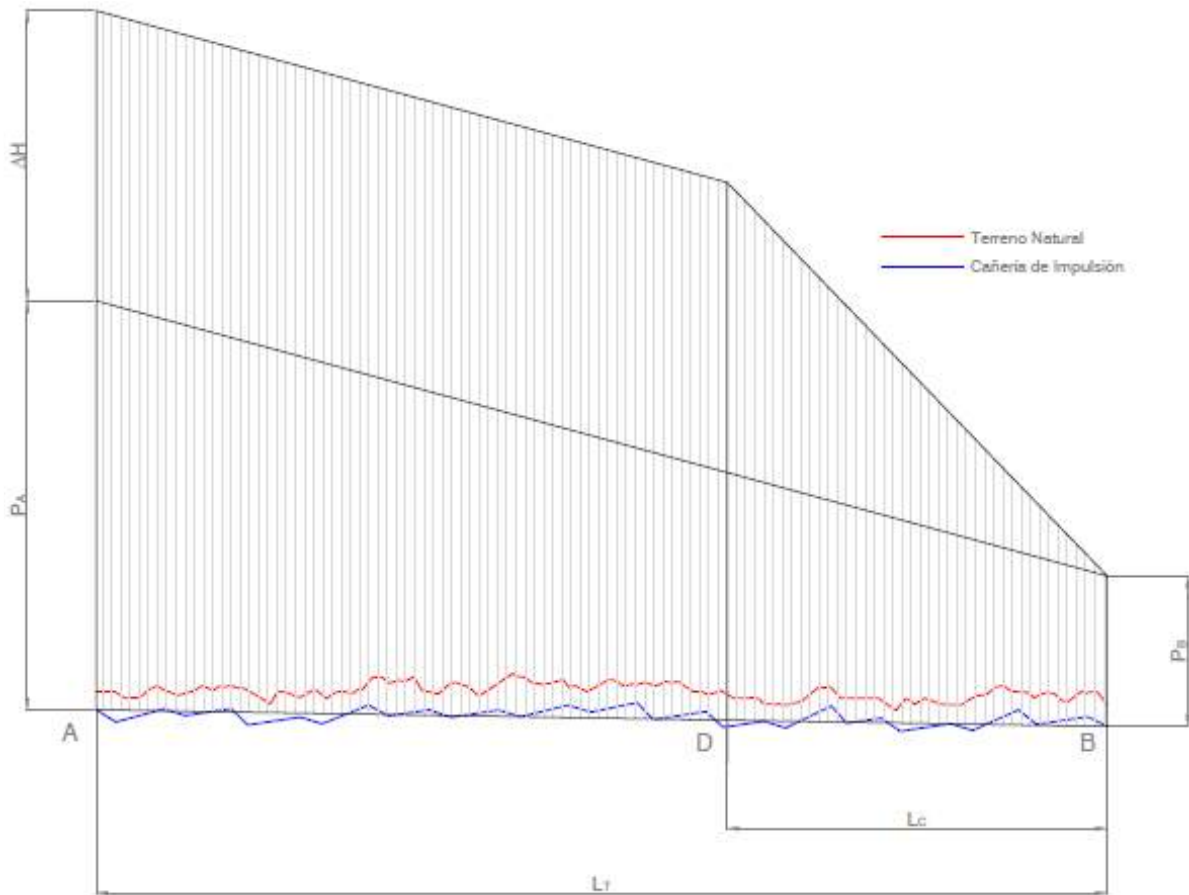


Figura 18. Diagrama de Presiones de la Cañería de Impulsión.

Nota: Las cañerías pueden soportar hasta 1,5 veces la presión máxima para las que fueron dimensionadas en fábrica, considerando que se trata de esfuerzos transitorios (ENOHSA, Criterios Básicos - Capítulo 9 – Estaciones de Bombeo de Agua Cruda y Tratada - Sección 1.5.4)

5.4.4.2 Máxima Subpresión

El sector de la cañería de impulsión que estará sometido a una subpresión se encontrará entre los puntos E y F, y el valor mínimo de encuentra en el punto D. Se consideró como hipótesis

más desfavorable que la red de agua potable en el punto B tenga presión igual a veintiséis metros ($P_B = 26 \text{ m}$), y está dada por la siguiente expresión:

$$P_{A_{\min}} = P_A - \Delta H = 70,69 \text{ m} - 50,16 \text{ m} = 20,53 \text{ m}$$

Por lo tanto, $P_{DG_{\min}} = -7,36 \text{ m}$

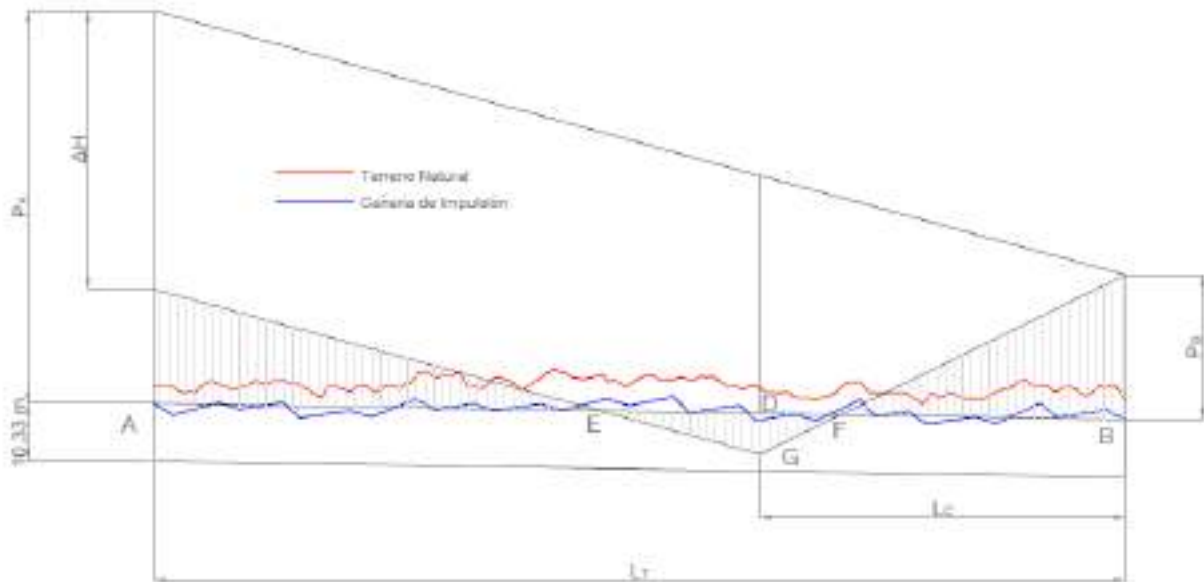


Figura 19. Diagrama de Depresiones de la Cañería de Impulsión

Nota: El valor de la sobrepresión y depresión se desarrolla desde la estática del sistema y puede ocurrir que ésta última sea inferior a la atmosférica y la cañería sufra depresión. El valor mínimo de ésta es limitado por el valor del vacío absoluto que es $-10,33 \text{ m.c.a.}$ (ENOHSA, Fundamentación - Capítulo VI - Estaciones de Bombeo de Agua Cruda y Tratada / página 95)

Las cañerías de PVC soportan un valor mayor que el mínimo indicado por las normas de ENOHSA, la experiencia expresa que a partir de presiones de -3 mca las cañerías de PVC tienden a perder por las juntas y en nuestra situación el valor obtenido no verifica esta condición.

$$P_{DG_{\min}} = -7,36 \text{ m} < -3,00 \text{ m (Presión mínima para cañerías de PVC)}$$

5.4.4.3 Simulación con el Software Allievi

Se realizó la simulación de la cañería con las correspondientes perforaciones bajo los escenarios que se presentan en la Tabla 21.

Para resolver el problema de las presiones negativas, se colocaron en los extremos de las cañerías de alimentación a la impulsión tanques hidroneumáticos verticales también conocidos como calderines, donde estos tienen las siguientes dimensiones: diámetro interior es de $1,00 \text{ m}$ y su longitud es de $2,55 \text{ m}$.

La grafica de las envolventes de las alturas piezométricas se encuentran en el Anexo 11.7.

Tabla 21: Escenarios de simulación

Escenario	Descripción
E1	Las bombas arrancan paradas y se ponen en marcha en forma secuencial cada 20 segundos, con una duración del arranque de 15 segundos, esto es utilizando variadores de velocidades.
E2	Las bombas se detienen a los 100 seg y vuelven arrancar a los 150 seg.
E3	Las bombas arrancan funcionando y se detienen las tres a los 100 seg y no vuelven a funcionar.
E4	Las bombas arrancan funcionando y se detienen las tres a los 150 seg y no vuelven arrancar.
E5	Las bombas arrancan funcionando y se detienen las tres a los 10 seg y no vuelven arrancar.

5.5 Determinación y Ubicación de las Válvulas de Aire

Además del agua que circula por una impulsión, también se puede encontrar aire formando bolsas o burbujas, y su presencia puede afectar de forma importante el comportamiento de la instalación, pudiendo ser una de las causas de los problemas de funcionamiento.

Del mismo modo, es conveniente permitir la entrada de aire en la instalación cuando esta se descarga, para evitar daños producidos en las conducciones por presiones negativas.

Para evitar los problemas que se generan por la existencia de aire en las cañerías a presión y al efecto de vacío o rotura de la columna de agua, es necesario disponer de sistemas capaces de eliminarlo y controlarlo adecuadamente. Algunos de los dispositivos que se utilizan son las denominadas Válvulas Ventosas o de Aire, que permiten evacuar el aire evitando la pérdida de agua de la red presurizada a la vez que permiten la entrada cuando la red se despresuriza.

5.5.1 Problemas Derivados de la Existencia de Aire en las Redes Hidráulicas

Colapso de la cañería: Si se produce un vaciado rápido de una cañería, ya sea de forma intencionada o accidentalmente, en la parte alta de la misma se puede producir presiones menores que la atmosférica, y dañar la estructura física del caño, pudiendo llegar incluso a la rotura del mismo por colapso.

Cavitación: En puntos donde existe una disminución brusca de presión se produce la formación de burbujas de aire. Cuando las condiciones de flujo vuelven a ser las normales, las burbujas colapsan, liberando grandes cantidades de energía y produciendo una erosión importante sobre distintos elementos de la red.

Vibraciones de la cañería: Ciertas condiciones de flujo hacen que las bolsas de aire se desplacen por la tubería. Estos movimientos empujan grandes cantidades de agua, generando cambios bruscos de la velocidad del fluido. Las sobrepresiones locales que se producen dan como resultado fuertes vibraciones de la cañería, y con el tiempo, pueden generar la destrucción de los puntos de conexiones de la instalación.

Desgaste de las partes móviles de los accesorios: Algunos instrumentos de medida poseen partes móviles que pueden girar a altas velocidades, es el caso de contadores e hidrantes. El agua actúa sobre estos mecanismos tanto como lubricante como refrigerante.

Cuando el aire se introduce en dichos instrumentos de medida, estos efectos de lubricación y refrigeración del agua se ven fuertemente reducidos. La velocidad de las partes móviles es significativamente superior en condiciones de flujo de aire, produciéndose, por lo tanto, un desgaste prematuro que afecta la exactitud de los medidores.

Reducción de la sección efectiva de la cañería: El aire se acumula en las cañerías en forma de bolsas, que se localizan normalmente en los puntos elevados y en los accesorios de la conducción. Su existencia impide la utilización de la totalidad de la sección de la cañería y, por tanto, reduce la capacidad de transporte de la misma.

Reducción de la eficacia de las estaciones de bombeo: La existencia de aire en la aspiración de agua del sistema reduce significativamente la eficacia de los grupos de bombeo.

Debido a un incremento del consumo de energía o a una reducción del caudal nominal de la instalación, se pueden producir deficiencias importantes en el funcionamiento normal de la bomba.

El transporte de aire a través de la aspiración de la bomba de forma prolongada puede llevar a la destrucción o corrosión del rodete.

Errores en la medida del caudal: Existen dos métodos principales para realizar las mediciones del caudal: a través del volumen o de la velocidad.

- En la medida del volumen, el contador no puede distinguir entre el volumen de agua y el volumen de aire. La medida de volumen obtenida es superior al volumen real de agua, ya que aquélla incluye el volumen de aire.
- La medida de la velocidad se basa en un movimiento giratorio. A partir de este movimiento giratorio, que es proporcional a la velocidad del flujo, puede obtenerse el volumen de agua circulante. La velocidad del aire es 29 veces mayor que la del agua, por lo tanto, el flujo de aire produce un error en la medida de caudal.

5.5.2 Ventajas que implica la utilización de válvulas de aire:

- Evita oscilaciones de presión y el funcionamiento anómalo de la instalación.
- Protege la instalación de roturas por depresión o sobrepresión: La existencia de bolsas de aire controladas reduce la intensidad del golpe de ariete, ya que actúan como un resorte o amortiguador que absorbe parte de su energía. Estas características vienen dadas por la compresibilidad de los gases. Por otra parte, al dejar libre la entrada de aire a presiones nulas o negativas, se reduce la intensidad de la onda negativa o de retorno del golpe de ariete.
 - Protege toda la instalación del desgaste ya que evita el fenómeno de cavitación.
 - Evita la disminución del rendimiento de la impulsión.
 - Ayuda a evitar errores en la medida del caudal.
 - Prevención del colapso de la cañería: Al vaciar una cañería, es necesario permitir la entrada de aire al sistema para llenar el vacío que deja el agua al salir. Por el contrario, en situaciones extremas, se puede generar una depresión que produzca el colapso de la tubería.

5.5.3 Sistemas de Control del Aire en las Redes Hidráulicas

Las válvulas de aire son dispositivos para realizar el control de la presencia de aire en las conducciones. Existen dos tipos de válvulas que realizan dicha función: las de efecto automático o de funcionamiento a alta presión y las de efecto cinético o de funcionamiento a baja presión. Según esta tipología, las válvulas de aire pueden clasificarse en:

- Válvulas de aire de efecto automático.
- Válvulas de aire de efecto cinético.
- Válvulas de aire de doble efecto o trifuncionales.

Válvulas Ventosa de Efecto Automático: Las válvulas ventosas de efecto automático o de alta presión son sistemas hidromecánicos que evacúan, de forma automática, pequeñas bolsas de aire que se acumulan en los puntos elevados de una cañería cuando ésta se encuentra en condiciones de operación y, por lo tanto, presurizada. Se caracterizan por tener un orificio de paso de aire pequeño. Son útiles para sacar pequeñas cantidades de aire generadas principalmente por causas propias del fluido, aun existiendo presión en el sistema (aire disuelto en el agua que, al disminuir la presión o aumentar la temperatura, forma burbujas).

Válvulas Ventosa de Efecto Cinético Las válvulas ventosas de efecto cinético funcionan únicamente cuando no existe presión dentro de la cañería. Se caracterizan por tener un orificio de paso de aire grande. Son útiles para sacar grandes cantidades generadas principalmente por causas propias del sistema (puesta en marcha de bomba, llenado de tuberías, etc.) y para introducir aire de la atmósfera a la cañería (vaciado).

Válvulas Ventosa de Doble Efecto o Trifuncionales: Estas válvulas se denominan también trifuncionales ya que actúan en tres momentos diferentes durante el funcionamiento de la instalación: evacuando el aire de las cañerías en el momento de llenado, purgando de pequeñas cantidades de aire cuando la red está presurizada, y permitiendo la entrada de aire en el momento de la descarga.

5.5.4 Ubicación de las Válvulas de Aire

En el diseño altimétrico de una conducción se deberá adoptar un perfil tal que facilite la acumulación del aire en los puntos altos, donde se instalarán las correspondientes válvulas de aire.

El diseño de la impulsión se debe realizar teniendo en cuenta las siguientes consideraciones enunciadas por el ENOHSa en su libro Fundamentación - Cap. XI – Conducción de agua cruda y tratada, en el punto 3.14. VENTILACIÓN DE LAS CONDUCCIONES A PRESIÓN:

- Dar a la cañería una pendiente tal que facilite el ascenso del aire.
- El caso ideal sería adoptar una pendiente constante, cuyo valor mínimo recomendable es el 3 ‰, es decir 3 m por kilómetro.
- Para el caso de cañería con varios puntos altos ("serrucho") se deberá prever una pendiente mínima del 3 ‰ en los tramos ascendentes y del 6 ‰ para los tramos descendentes (ver Figura 21).
- Una altimetría con ascensos lentos (poca pendiente) y descensos rápidos (mayor pendiente) favorece la acumulación del aire en los puntos altos, oponiéndose al

arrastre de bolsones o burbujas de aire (ver la Figura 20 y la Figura 21). Un perfil inverso con, ascensos rápidos y descensos lentos, no debe adoptarse.

- Con el trazado correcto el aire, si bien se desplaza lentamente, se acumula en los puntos altos, donde estarán ubicadas las válvulas de aire.

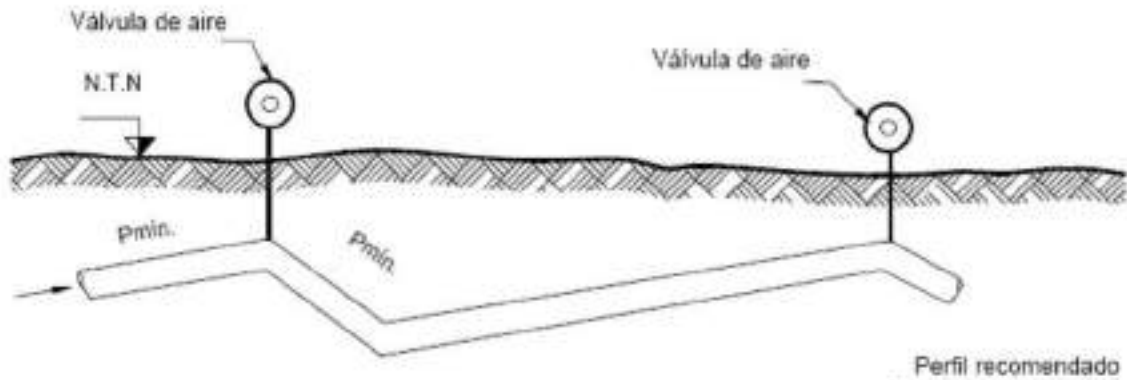


Figura 20 - Emplazamiento de Válvulas de Aire.

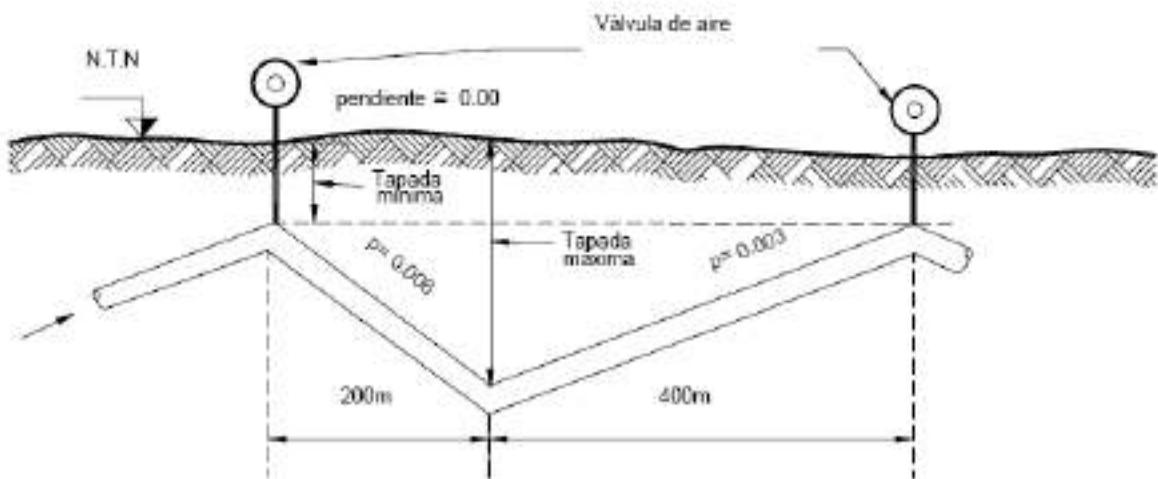


Figura 21 - Emplazamiento de Válvulas de Aire.

5.5.5 Proceso de Selección

Existen métodos aproximados que permiten seleccionar el tamaño de la válvula ventosa, el diámetro de la cual debe estar entre 1/4 y 1/3 del diámetro de la tubería.

ENOHSA recomienda las siguientes dimensiones de válvulas según diámetro de cañería (ver Tabla 22, *Fundamentación - Cap. XI - Conducción de agua cruda y tratada*).

Tabla 22 – Diámetro de la Válvula Ventosa.

Diámetro Tubería	100 a 250 mm	300 a 500 mm	600 a 800 mm	900 a 1200 mm
Diámetro Válvula	80 mm	100 mm	150 mm	200 mm

Los diámetros de la impulsión que se utilizan en este trabajo oscilan entre los 315 y 400 mm, por lo tanto, en todos los casos se eligen válvulas de aire trifuncional de la firma comercial ARI en su modelo D50 y con diámetros de 100 mm.



Figura 22 - Válvula de Aire Trifuncional Marca ARI Modelo D50.

En el Plano N° 4 – Perfil Longitudinal, Cañería de Impulsión, se muestra el Perfil Longitudinal de la cañería de impulsión, donde se indican los puntos de ubicación de las válvulas de aire. Se adoptó 600 metros como separación máxima entre las válvulas tal como se presentó en la Figura 21.

5.6 Determinación y ubicación de las cámaras de desagüe

Las cámaras de desagüe y limpieza se deben instalar en todos los puntos bajos de la conducción, mediante una derivación con válvula de cierre. Se usan para el vaciado de la cañería a fin de proceder a su limpieza, evacuar agua presuntamente contaminada o efectuar reparaciones en las instalaciones.

5.6.1 Diámetro y ubicación de las Válvulas de Desagüe

El diámetro mínimo de las válvulas de desagüe y de las cañerías que conforman la instalación está dado en la Tabla 23 (ENHOSA – Criterios Básicos - Cap. 11 – Conducción de agua cruda y tratada).

Tabla 23 - Diámetro de Válvulas de Desagüe.

Tubería DN mm	Válvula de Desagüe DN mm
≤ 60	60
75 a 150	75
200 a 300	100
400 a 500	150
600 a 700	200
800 a 900	250
1000 a 1100	300

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

En nuestro caso, el diámetro de la cañería de impulsión es mayoritariamente de 400 mm, por lo tanto, se adopta un diámetro de la válvula esclusa a instalarse en el cámara de desagüe de 150 mm.

En el Anexo 11.8 se encuentra un modelo de Plano Tipo de Cámara de Desagüe.

En el Plano N° 4 – Perfil Longitudinal, Cañería de Impulsión, se muestra el Perfil Longitudinal de la cañería de impulsión, donde se indican los puntos de ubicación de las cámaras de desagües. Se adoptó 600 metros como separación máxima entre las válvulas de desagües.

6 Red de Agua Potable

6.1 Área Servida

La red existente, actualmente operada por la Cooperativa de Provisión de Agua Potable Villa El Zanjón, tiene el área de cobertura que se presenta en la Figura 23, y se describe a continuación:

- Hacia el Norte, sus límites son el Caminito a Puestito de San Antonio y la Calle Ruiseñores.
- Hacia el Oeste, limita con la Av. Lugones (prolongación).
- Hacia el Sur, limita con los caminos vecinales I y II y con el Camino del Medio.
- Hacia el Este, limita con la Av Independencia (prolongación) y con el Camino Vecinal 3.
- La Ruta Nacional N° 9, cruza de Norte a Sur al área de servicio de la Cooperativa.



Figura 23. Área servida de la red de agua potable.

6.2 Red Existente

La actual red de agua corriente está compuesta por:

- 4 pozos profundos, donde se bombea directamente a la red, en los cuales no se les está haciendo un seguimiento periódico con respecto a lecturas de caudal y presiones, como así tampoco se realizan controles físicos/químicos/bacteriológicos. Tan solo dos de estas perforaciones poseen sistema de desinfección, en los cuales se inyecta hipoclorito de sodio a través de una bomba dosificadora
- 1.890 cuentas (conexiones) a fines del año 2022.
- Se estableció en el punto 4.3.1 el 20% de agua no contabilizada tanto en la red existente como en la red nueva.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

- No se tiene información confiable de los diámetros instalados, como así tampoco de la ubicación de las válvulas, hidrantes, ni demás accesorios.
- La Cooperativa no posee un plano de la red distribuidora de agua.

En base a la escasa información que disponía la Cooperativa, se esquematizó el trazado de la red, el cual se presenta en la Figura 24 y Plano N°1. Si bien se pudo definir la ubicación de la cañería, no hay información certera de los diámetros usados, como se mencionó anteriormente.



Figura 24 - Red de Agua Existente.

6.3 Diseño y simulación de la Red Distribuidora de Agua

El diseño y simulación de la red de distribución se realizó con el software libre EPANET.

A continuación, se encuentra una breve descripción del software publicada en el sitio web del Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

EPANET es un programa de ordenador para Windows 95/98/NT/2000 que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación, discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

6.3.1 Datos de ingreso

En la Tabla 24 se puede observar los diámetros y metros de cañería simulados en el EPANET tanto de la red como de la impulsión, y en la Figura 25, una representación de las cañerías según sus diámetros.

Tabla 24 - Longitud por Diámetro de la Red de Agua Potable.

Diámetro (mm)	Diámetro Interior (mm)	Clase	Longitud (m)	Longitud de la Red (m)	Longitud Impulsión (m)
75	70,6	6	89.521,93	89.521,93	0,00
90	84,6	6	10.416,86	10.416,86	0,00
110	103,6	6	2.757,92	2.757,92	0,00
140	131,8	6	14,63	14,63	0,00
160	144,6	6	4.540,26	4.540,26	0,00
200	180,8	6	1.197,42	1.197,42	0,00
250	226,2	6	1723,47	1723,47	0,00
315	296,6	6	1.009,11	1.009,11	0,00
355	334,2	6	539,17	539,17	0,00
315	285	10	582,00	0,00	582,00
355	321	10	584,00	0,00	584,00
400	361,2	10	7.566,57	0,00	7.566,57
			120.454,37 m	111.720,57 m	8.732,57 m

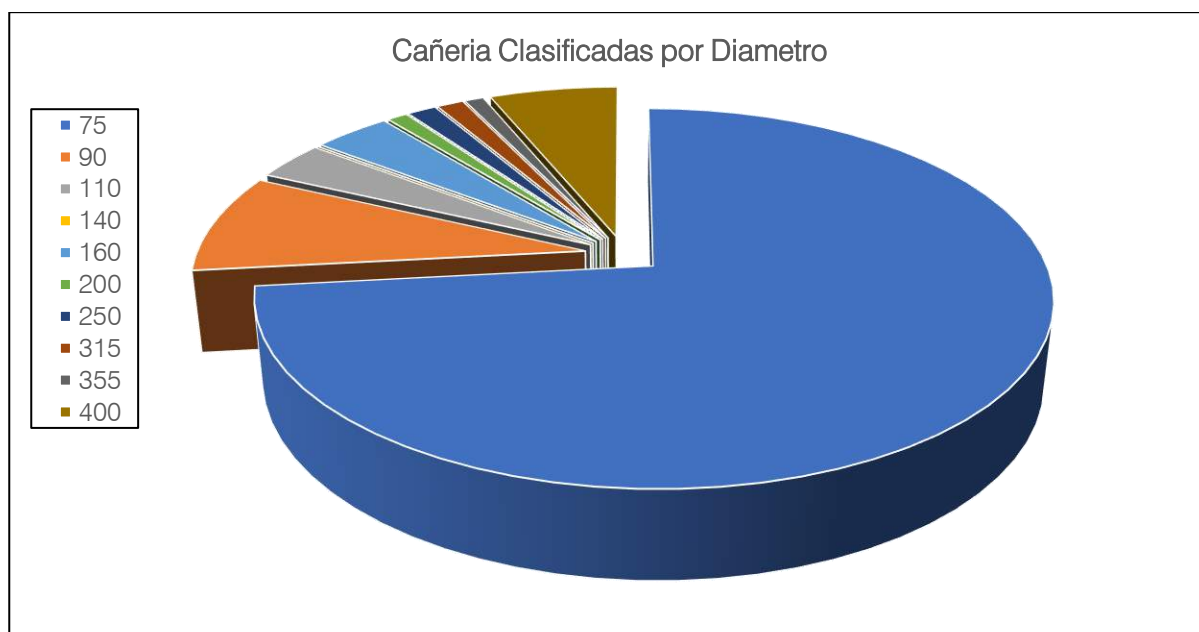


Figura 25 - Cañerías Clasificadas por Diámetro.

6.3.2 Hipótesis

Las siguientes son las hipótesis consideradas en la carga de datos en el EPANET:

- Al no tener información de parte de la cooperativa, se adoptó 75 mm como diámetro único de la red existente.
- Se planteo una red con mallas cerradas, donde la cañería de impulsión se vincula a la red en un único punto de conexión que está ubicado en la intersección de la Ruta Nacional N° 9 y el empalme de esta ruta con calle Independencia, que se lo conoce como Camino del Medio.
- Al no haber ningún relevamiento planialtimétrico de la zona que comprende este trabajo, las cotas del terreno que se usaron se obtuvieron del Google Earth donde estas pueden tener un error importante, por lo que se sugiere verificar las cotas utilizadas en este proyecto realizando un relevamiento topográfico.
- Las tapadas adoptadas, de la red de agua proyectada, fueron las recomendadas por el ENOHSA en Criterios Básicos - Capitulo 12 Redes de Distribución en el punto 4.7.1, donde se especifica que para cañerías con diámetros menores a 250 mm la tapada mínima es de 0,80 m y mayores a 250 mm es de 1,00 m.
- En las cañerías de diámetro mayores a 300 mm no se realizarán conexiones domiciliarias de acuerdo con lo expresado en el ENOHSA en Criterios Básicos - Capitulo 12 Redes de Distribución en el punto 3.3.2.
- En el análisis de la red de agua se consideraron anuladas las perforaciones que actualmente están en funcionamiento. Las mismas quedarán como fuente de reserva, y se utilizarán en caso de salir de servicio las perforaciones proyectadas sobre la margen derecha del rio Dulce.
- Se cargó el siguiente patrón de consumos que representa la variación de los consumos durante el día de máximo consumo del año (ver Figura 26).

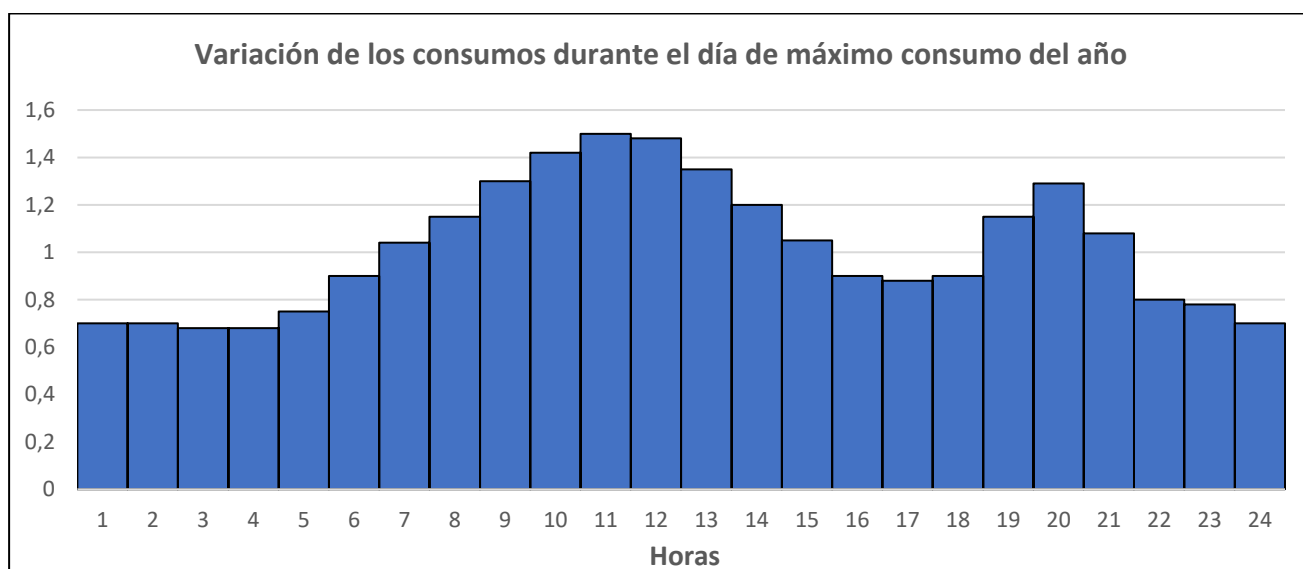


Figura 26 - Variación de los Consumos Durante el Día de Máximo consumo del Año.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

- Al Caudal Máximo Horario a 20 años (Q_{E20}) se lo dividió por 571 conexiones (nodos), y resultando el consumo por conexión en la red. Se trabajó de esta forma simplificada a los fines de este trabajo, pero se recomienda que, si el mismo es retomado en futuros proyectos, los caudales por nodos se deberán ajustar realizando un estudio de densidad poblacional por zona.
- La consideración con respecto a la presión mínima en la red se adoptó de 8 m.
- En las bombas de pozo profundo, está previsto que se instalen por cada una de ellas un variador de frecuencia, para poder alimentar a la red en forma óptima y que no se vea afectado el sistema por la variación de consumos. La Figura 27 representa como funcionarán las bombas a lo largo del día de mayor consumo. En el eje Y se representan la cantidad de bombas funcionando en forma simultánea y en el eje X las horas del día.
- Las perforaciones en el EPANET se modelaron como embalses y la cota del pelo de agua se tomó igual al nivel dinámico correspondiente a un bombeo con un caudal de $Q_{E20}/3$.

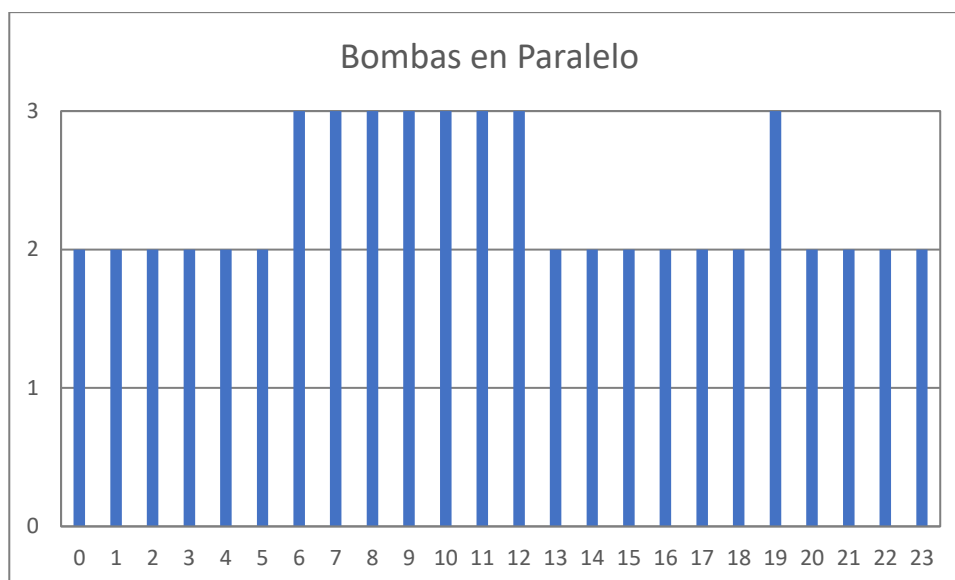


Figura 27 - Funcionamiento Bombas.

6.3.3 Resultados

Todos los resultados que se muestran a continuación son los correspondientes al día de mayor consumo del periodo de diseño analizado.

6.3.3.1 Caudales

En la Tabla 25 se muestran los caudales de cada una de las bombas emplazadas en las perforaciones.

Tabla 25 - Caudales de Bombeo en el Dia de Mayor Consumo.

Caudales de Bombeo (l/seg)				
Hora	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3	TOTAL
00:00	41,28	0,00	40,17	81,45
01:00	41,28	0,00	40,17	81,45
02:00	40,31	0,00	38,82	79,13
03:00	40,27	0,00	38,86	79,13
04:00	44,15	0,00	43,12	87,27
05:00	52,76	0,00	51,97	104,73
06:00	42,53	38,71	39,78	121,02
07:00	47,01	42,70	44,11	133,82
08:00	52,44	48,73	50,09	151,26
09:00	57,17	53,44	54,62	165,23
10:00	60,07	56,61	57,86	174,54
11:00	59,34	55,82	57,05	172,21
12:00	54,36	50,80	51,92	157,08
13:00	70,15	0,00	69,48	139,63
14:00	61,45	0,00	60,73	122,18
15:00	52,75	0,00	51,97	104,72
16:00	51,59	0,00	50,81	102,40
17:00	52,75	0,00	51,97	104,72
18:00	67,31	0,00	66,50	133,81
19:00	52,06	48,31	49,73	150,10
20:00	63,20	0,00	62,47	125,67
21:00	47,08	0,00	46,01	93,09
22:00	45,91	0,00	44,85	90,76
23:00	41,28	0,00	40,17	81,45

En el Figura 28, se visualizan los datos de la tabla anterior, donde se observa que el caudal total de bombeo diario realiza dos picos (10:00 y 19:00 hs) coincidentes con los horarios de mayor consumo.

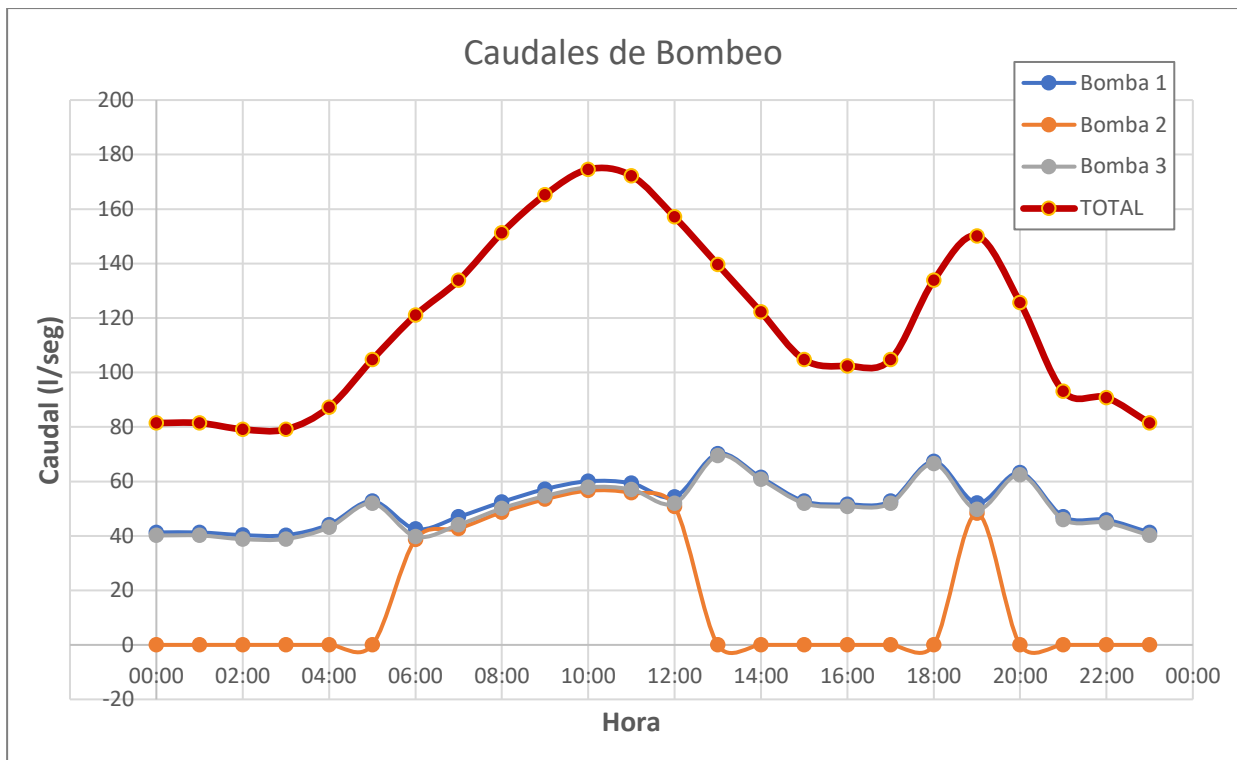


Figura 28 - Caudales de Bombeo en el Día de Mayor Consumo.

6.3.3.2 Presión en la red

En la Tabla 26 y Figura 29 se observa la frecuencia absoluta de la presión en las conexiones usadas en el EPANET durante el día de mayor consumo. A continuación, se determinó la presión media mediante la Ecuación 11, donde se obtuvo como resultado 17,47 m.

Tabla 26 - Frecuencia Absoluta - Presión en las Conexiones.

Presión	Frecuencia (fi)	Marca de Clase (xi)	(xi.fi)
[8, 9]	26	8,5	221
[9, 10]	12	9,5	114
[10, 11]	15	10,5	157,5
[11, 12]	23	11,5	264,5
[12, 13]	28	12,5	350
[13, 14]	34	13,5	459
[14, 15]	36	14,5	522
[15, 16]	42	15,5	651
[16, 17]	42	16,5	693
[17, 18]	63	17,5	1102,5
[18, 19]	91	18,5	1683,5

Presión	Frecuencia (fi)	Marca de Clase (xi)	(xi.fi)
[19, 20]	72	19,5	1404
[20, 21]	49	20,5	1004,5
[21, 22]	41	21,5	881,5
[22, 23]	30	22,5	675
[23, 24]	33	23,5	775,5
[24, 25]	24	24,5	588
	661		11.546,50

$$\bar{x} = \frac{\sum(x_i \times f_i)}{\sum f_i} = \frac{11.546,50}{661} = 17,47 \text{ m}$$

Ecuación 11 - Frecuencia Absoluta - Presión en Conexiones.

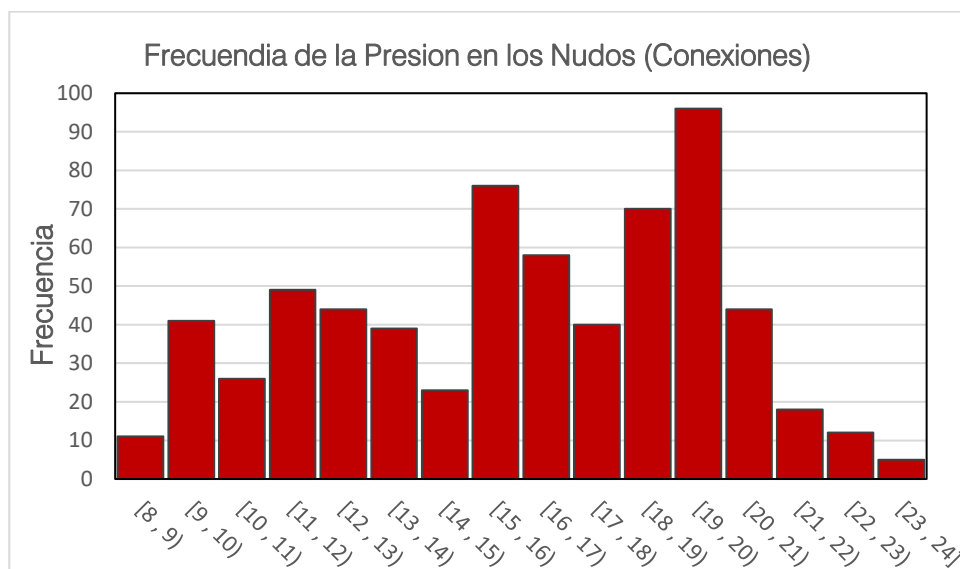


Figura 29 - Frecuencia Absoluta. Presión en las Conexiones.

En la Figura 30 se representa la variación de la presión a lo largo del día de mayor consumo del período en estudio, en las dos conexiones más desfavorables. La conexión C92 presenta valores de presión que están rozando los mínimos considerados (8 m) entre las 8 y 12 hs, como así también a las 19 hs.

Estos resultados están dentro de los valores recomendados por el ENOHSA en su punto 3.4.1 de Criterios de Diseño donde define la presión mínima en 8 m.

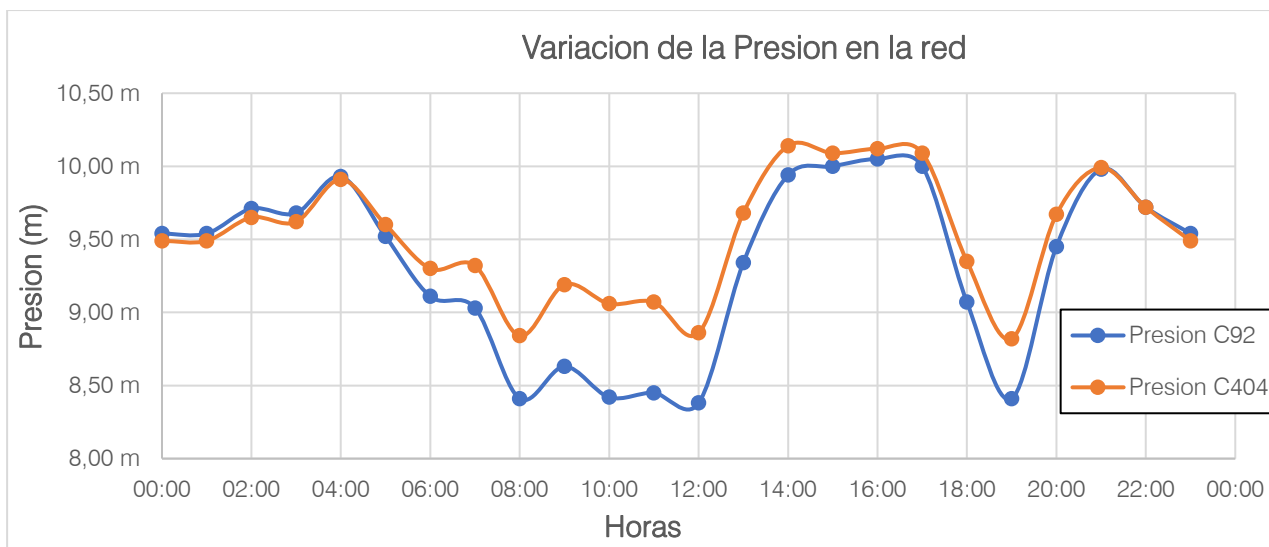


Figura 30 - Variación de la Presión en los Puntos C92 y C404.

En la Figura 31, obtenida de la simulación de la red en el EPANET, durante el día y horario de mayor consumo (10:00 AM), se observa que son muy pocos los nudos donde la presión es inferior a los 9,50 m.



Figura 31 - Presiones en la red en el Dia de Mayor Consumo

6.3.3.3 Velocidad en Cañerías de la Red

En los Criterios Básicos - Cap. 12 de las Normas del ENOHSA, se establecen los siguientes rangos de velocidades para cañerías trabajando a presión (ver Tabla 27).

Tabla 27 – Velocidades Usuales en Red de Distribución (Según Normas del ENOHSA).

Diámetro Nominal de la Cañería	Velocidad (m/s)
Menor o igual a 200 mm	0,30 a 0,90
250 a 500 mm	0,60 a 1,30
Mayor a 600 mm	0,80 a 2,00

Se recomienda un valor mínimo para la velocidad en cañerías, ya que las nulas o bajas velocidades favorecen la sedimentación de partículas sólidas propias de la fuente, generando acumulación de sólidos que pueden consumir el cloro residual presente en el agua, y afectar de esta forma la calidad de la misma. También este valor mínimo tiene la finalidad de evitar incrustaciones en las cañerías. Por otro lado, se limita el valor máximo de la velocidad para evitar posibles golpes de ariete originados en el cierre de válvulas o paradas de bombas.

A continuación, se muestra en la Tabla 28, para el horario 10:00 AM del día de mayor consumo los porcentajes de las velocidades en las cañerías simuladas en el EPANET, que cumplen con la disposición del ENOHSA dispuesto en la Tabla 27.

Tabla 28 - Velocidades en Cañerías de la Red de Distribución.

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Interior (mm)	Cantidad	Longitud (m)	V < 0,30 m/s		0,30 m/s ≤ v ≤ 0,9 m/s		V > 0,90 m/s	
				Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
75	70,6	644	89.521,93	357	55%	287	45%	0	0%
90	84,6	61	10.416,86	1	2%	60	98%	0	0%
110	103,6	28	2.757,92	0	0%	28	100%	0	0%
140	131,8	1	14,63	1	100%	0	0%	0	0%
160	150,6	33	4.540,26	0	0%	33	100%	0	0%
200	188,2	8	1.197,42	0	0%	7	88%	1	13%
250	235,4	16	1.723,47	0	0%	16	100%	0	0%
315	296,6	5	1.009,11	0	0%	5	100%	0	0%
355	334,2	4	539,17	0	0%	4	100%	0	0%

Se observa que en las cañerías de diámetro 75, el cual se adoptó como diámetro mínimo, un 55 % no cumple con los valores mínimos recomendado en la Tabla 27, ya que en muchos de los casos son cierres de mallas y puntas de red con consumos mínimos. Se aceptan estos valores con la aclaración de que deberá efectuarse el debido mantenimiento y limpieza de las cañerías para garantizar su correcto funcionamiento.

En la Figura 32 se presenta la distribución de velocidades, para el horario y el día de mayor consumo.



Figura 32 - Velocidades en Cañerías de la Red de Distribución.

6.3.3.4 Presiones en la Cañería de Impulsión

En la Tabla 29 se muestran las presiones de la cañería de impulsión en régimen permanente para el caudal Q_{E20} obtenidas a través del software EPANET y de forma manual por medio del Principio de Conservación de la Energía (PCE) determinadas en el punto 5.2.2.

Tabla 29 - Presiones en la Cañería de Impulsión.

Progresiva	Presión	
	EPANET	PCE
0	70,82 m	70,69 m
582	69,35 m	69,17 m
1166	66,54 m	66,30 m
8733	26,39 m	26,00 m

Como se puede observar, no hay diferencias significativas entre los dos métodos aplicados.

6.4 Accesorios de la Red de Agua Potable

6.4.1 Válvulas de Cierre.

La colocación de las válvulas de cierre se planteó estratégicamente en la extensión de toda la red (ver Planos N° 7- a, 7 - b, 7 - c y 7 - d. Red de Agua Potable) para poder realizar los cortes de

servicio sectorizados ante posibles roturas o tareas de mantenimiento (ENOHSA, Criterios Básicos - Cap. 12 – Redes de distribución - 4.9.1).

6.4.2 Válvulas de Aire.

Se colocarán en las cañerías con diámetro mayores a 300 mm de acuerdo con lo indicado en las normas del ENOHSA, Criterios Básicos - Cap. 12 – Redes de distribución - 4.9.2. (ver Planos N° 7- a, 7 – b, 7 – c y 7 - d. Red de Agua Potable).

6.4.3 Hidrantes.

De acuerdo con lo expresado en las normas del ENOHSA, Criterios Básicos - Cap. 12 – Redes de distribución - 4.9.3, se colocarán hidrantes a lo largo de toda la extensión de la red de agua potable con una separación máxima de 200 m y se emplazarán en veredas (ver Planos N° 7- a, 7 – b, 7 – c y 7 - d. Red de Agua Potable)

7 *Desinfección*

7.1 Definición

La desinfección se define como el proceso mediante el cual:

- Se destruyen la gran mayoría, sino todos, los agentes patógenos presentes en el agua.
- Se mantiene una barrera protectora contra la posible recontaminación del agua tratada por agentes patógenos que pudieran ingresar al sistema de distribución.
- Se impide el posible ulterior crecimiento microbiológico en el sistema de distribución.

7.2 Aspectos Generales

a). Todos los sistemas de abastecimiento de agua potable tengan o no planta potabilizadora deben incluir una o más etapas de desinfección del agua que permitan garantizar que el consumidor recibe, en todo momento, agua microbiológicamente apta para el consumo humano, entendiéndose como tal el agua para bebida, higiene personal y doméstica.

b). Los sistemas de desinfección deben instalarse:

- En cada una de las instalaciones de captación de aguas superficiales o subterráneas cuando no exista una planta potabilizadora.
- En distintas etapas del tratamiento de potabilización, según los requerimientos de los procesos.
- Como etapa final del proceso de potabilización.
- En las conducciones y redes, cuando las distancias y condiciones de las instalaciones y de la operación lo hagan necesario.

c). La desinfección del agua se puede realizar con los siguientes productos o procesos:

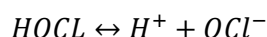
- Cloro gaseoso.
- Soluciones de Hipoclorito.
- Dióxido de cloro.
- Ozono.
- Radiación Ultravioleta.

d). De optarse por aquellos agentes o procesos desinfectantes que no producen un efecto residual, se debe incluir una etapa final de desinfección con uno de los agentes que sí lo producen.

7.3 Química de la Cloración

7.3.1 Hipocloritos

Cuando se agregan al agua las sales del ácido hipocloroso – hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio-, que son sumamente solubles, se ionizan dando ácido hipocloroso y ion hipoclorito, de acuerdo con las siguientes reacciones:



Tal como ocurre con el cloro y como se observa en la Figura 33, el PH de la solución acuosa determinará la distribución relativa de las especies HOCl y OCl-. Si bien el equilibrio que se establece en el agua clorada es el mismo para el cloro gaseoso que para las sales de hipoclorito, existe una diferencia importante según se use uno u otro desinfectante: el pH de la solución resultante y, por lo tanto, de las cantidades relativas de HOCl y OCl- que existen en equilibrio. Mientras que el cloro gaseoso tiende a reducir el PH del agua, los hipocloritos tienden a aumentarlo. Los hipocloritos siempre contienen álcali en exceso por razones de estabilidad, y por lo tanto tienden a aumentar el pH, pero, generalmente, en niveles poco significativos. De la ecuación (2) surge que cada parte de cloro agregado neutralizará no menos de 0,7 partes de alcalinidad (como CaCO₃), y puede neutralizar hasta 1,4 partes, dependiendo del grado de ionización del ácido hipocloroso y de la concentración de otros compuestos presentes en el agua que consumen cloro. La dureza del agua, principalmente la carbonatada (es decir carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio), tienden a conferir al agua una capacidad tampón (buffer) que neutraliza los cambios importantes de PH que, de otra forma, acompañarían la adición de pequeñas cantidades de sustancias ácidas o alcalinas.

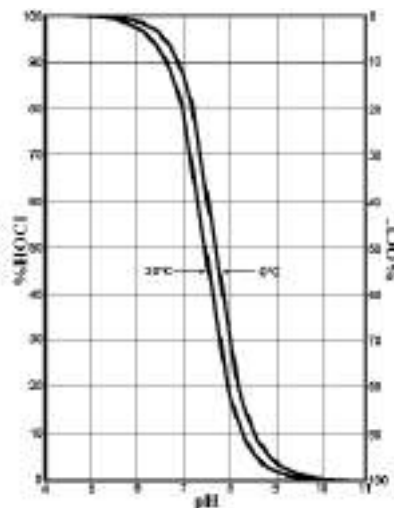


Figura 33 - Disociación del Acido Hipocloroso en función del PH y de la Temperatura

7.3.2 Demanda de Cloro y Break Point

La cantidad de cloro que debe utilizarse para la desinfección del agua se determina generalmente mediante el método de la demanda de cloro y el de break point.

Al incorporar el cloro al agua reacciona con las sustancias que ésta contiene, quedando menos cloro en disposición de actuar como desinfectante. Entre estas sustancias destacan el manganeso, hierro, nitritos, sulfhídrico y diferentes materias orgánicas, las cuales, además de consumir cloro, producen compuestos orgánicos clorados que pueden ser la causa de olores y sabores desagradables. Otra sustancia presente a veces en el agua y que reacciona de una forma muy particular con el cloro es el amoníaco. En este caso, se forman compuestos denominados cloraminas, las cuales poseen poder desinfectante, aunque en menor grado que el cloro. Si se continúa añadiendo cloro en exceso, de manera que reaccione con todas las sustancias presentes, llegará un momento en que el cloro sobrante aparecerá como cloro residual libre, que es el que realmente actúa ahora como agente desinfectante.

La demanda de cloro es la diferencia entre la dosis de cloro añadida y el contenido de cloro residual, al cabo de un tiempo de contacto, suficiente para completar las reacciones antes expuestas.

El control perfecto de la desinfección se efectúa mediante los correspondientes exámenes bacteriológicos del agua, pero para un control más rápido del contenido en cloro libre y combinado de un agua tratada, se determina la concentración de cloro residual.

El cloro presente en el agua tratada, que se conoce como "cloro residual", puede presentarse como "cloro residual libre" o como "cloro residual combinado".

El cloro residual libre está constituido esencialmente por el ácido hipocloroso y el ión hipoclorito, y el cloro residual combinado lo forman generalmente las cloraminas.

Para que el cloro residual libre esté presente en un agua tratada con cloro, después del suficiente tiempo de contacto, es necesario que la cloración se lleve a cabo mediante una dosis lo suficientemente elevada de cloro, hecho conocido como "dosificación con cloro sobrante", "cloración por el punto crítico" o "cloración al breakpoint", con lo cual el cloro oxidará todas las sustancias que estén en disposición de ser oxidadas, se combinará, destruirá y eliminará otras, como por ejemplo las cloraminas, y después de todo esto, aún quedará un exceso de cloro libre residual. La dosis de cloro a la cual comienza a aparecer el cloro libre residual es la llamada dosis de breakpoint.

Teóricamente, en un agua totalmente pura, al ir adicionando cloro, la concentración residual medida del mismo sería igual al cloro incorporado. Pero esto no ocurre así en aguas que no son completamente puras, que es el caso general. Entonces, al ir adicionando cloro y después de haberse oxidado las diversas sustancias que ya indicamos y formado las cloraminas, si había presente amoníaco y otros compuestos clorados de adición, si medimos ahora el cloro residual, se observará que éste no corresponde al añadido, sino que es menor, llegando incluso a un punto en que, en lugar de ir aumentando la concentración de cloro residual, ésta disminuye. La explicación de este descenso se justifica por el hecho de que, una vez formados los diversos derivados orgánicos del cloro y las cloraminas, llegan a destruirse mediante la adición de más cloro, formándose otros compuestos que no suministran cloro residual. Cuando se han destruido estos compuestos clorados, comienza a aparecer el cloro residual libre y, a medida que se añade cloro al agua, aumenta la concentración de cloro residual libre, pudiendo subsistir a la vez una pequeña concentración de cloro residual combinado, debido a compuestos que no han sido destruidos totalmente.

Se considera que cuando el 85% o más del cloro residual del agua está en forma libre, la desinfección se ha realizado al break point. En la Figura 34 queda mostrado de forma clara lo

anteriormente expuesto. El break point es la dosis correspondiente al mínimo de la curva. Este punto no lo presentan claramente las aguas con poca materia orgánica o compuestos nitrogenados.

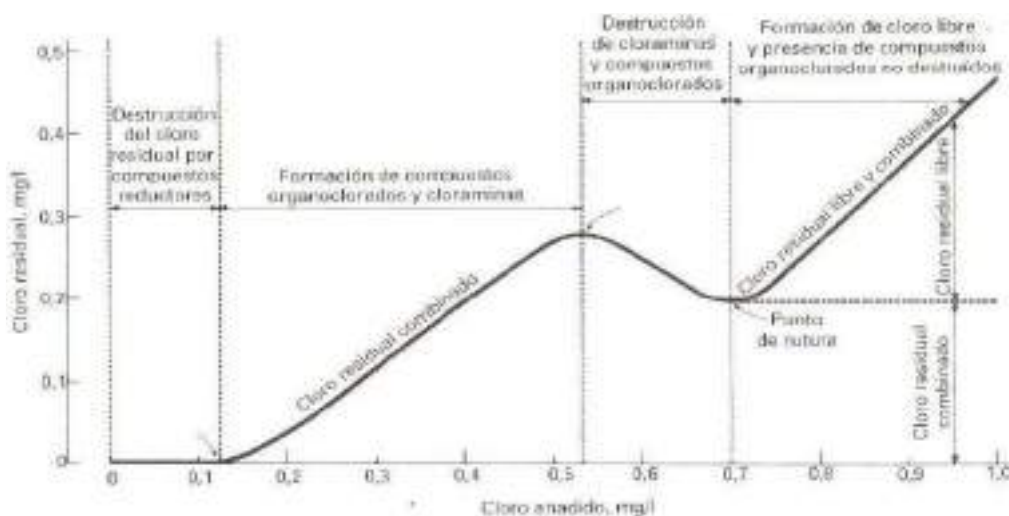


Figura 34 - Break Point

Cuando se realiza una cloración al break point, no sólo es el ClOH que persiste al terminar las reacciones (cloro residual libre) el que se utiliza para la desinfección, sino que también se está utilizando, en parte, para la desinfección, el ClOH que existe durante el desarrollo y consecución del break point. Esta disponibilidad temporal de ClOH es función del pH, temperatura y concentración de cloro y amoníaco.

7.3.3 Cloro residual en la red de distribución

El consumo de cloro en el agua de una red de distribución se debe, por una parte, al consumo del cloro por la propia agua (sustancias presentes en ella y otras condiciones físicas) y por otra, al consumo que se produce en la interfase con las paredes de las conducciones. En el agua, el consumo depende principalmente de la temperatura y del contenido en materias orgánicas disueltas (COT).

En la interfase con las paredes, el consumo de cloro se produce por la interacción con los productos de corrosión y por los depósitos y biomasa fijada en las paredes.

La disminución del cloro residual en una masa de agua viene expresada por la ecuación exponencial siguiente:

$$C_t = C_0 \times e^{-K \times t}$$

Ecuación 12 - Concentración de Cloro (C_t)

C_t = Concentración de cloro (mg/l.) en el tiempo t .

C_0 = Concentración inicial de cloro (mg/l)

t = Tiempo de reacción.

Es decir, hay una disminución exponencial de cloro residual con el tiempo.

La constante K puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\ln(C_0/C_t)}{t}$$

Un tiempo de exposición mínimo es necesario para que la concentración de cloro aplicado garantice la desinfección. Para un agua correctamente pretratada, se debe mantener un $C \times t$ del orden de 15 (mg.min/l).

7.4 Simulación de la Desinfección de la red de distribución con el Epanet

7.4.1 Modulo Calidad en Epanet

En Epanet el modelo de calidad se formula en un sistema Lagrangiano, de manera que se estudia la evolución del contaminante en cada uno de los volúmenes discretos en que se divide el flujo dentro de cada tubería (Figura 35).

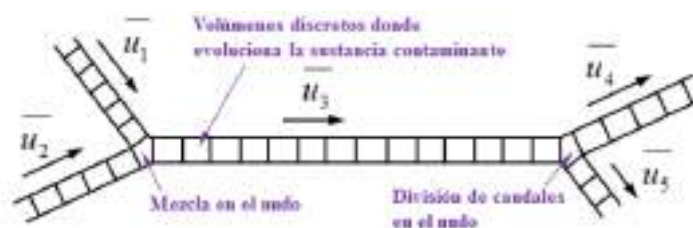


Figura 35 - Evolución de un contaminante (cloro) en EPANET

El deterioro de la calidad del agua está frecuentemente asociado a la edad del agua, entendida ésta por el tiempo transcurrido desde que entra en el sistema (suele coincidir con el instante en el que es tratada) hasta un instante considerado.

Desde que el agua es tratada hasta que alcanza el punto de consumo transcurre un tiempo que afecta directamente a la calidad del agua.

El comportamiento del cloro tiene un carácter decreciente, esto significa que el paso del tiempo va a originar una disminución del contenido en cloro residual.

Un tiempo de residencia excesivo no garantizaría una disponibilidad de desinfectante residual suficiente.

El hecho de no contar con cloro residual se traduce en un agua desprotegida, de forma que los microorganismos y agentes patógenos pueden realizar sus funciones vitales sin que exista un agente que los destruya.

La única garantía de contar con agua no contaminada es que ésta disponga de una concentración mínima de agente desinfectante.

Por tanto, en tramos excesivamente largos con velocidades bajas pueden darse un decaimiento considerable del desinfectante, y, por tanto, entregar un agua con un riesgo potencial de contaminación. Ten en cuenta que una baja velocidad es sinónimo de un mayor tiempo para recorrer la conducción.

7.4.2 Opciones de Reacción (EPANET)

Desde las opciones de Reacción se encuentran los siguientes apartados

Propiedad	Valor
Orden Reacción en el Medio	1
Orden Reacción en la Pared	Uno
Coef. Global Reacc. Medio	-1.5
Coef. Global Reacc. Pared	-0.25
Concentración Límite	0
Coef. Correlación Pared	0

Figura 36 - Opciones de Reacciones (EPANET)

EPANET simula las reacciones que ocurren en el seno del agua mediante una cinética de orden n, de acuerdo con la expresión:

$$R = k_b \times C_n \quad (1)$$

Ecuación 13 - Velocidad de una reacción

C es la concentración de la sustancia química, k_b la constante de reacción en el medio, y n el orden de la reacción. El signo de k_b será positivo si la cantidad de sustancia crece con el tiempo, y negativo si decrece.

La velocidad de reacción de las sustancias que reaccionan en la pared de las tuberías puede considerarse que depende de la concentración en el seno del agua del flujo principal mediante la expresión:

$$R = (A/V) \times k_w \times C_n \quad (2)$$

donde k_w es el coeficiente de reacción en la pared y (A/V) la superficie de contacto por unidad de volumen en el interior de la tubería.

Orden Reacción en el Medio (n): orden de reacción o cinética. Potencia a la cual se eleva la concentración cuando calculamos la velocidad de reacción en el seno del flujo. Utilice (1) para reacciones de primer orden, (2) para las de segundo orden, etc.

El Orden de Reacción en el Medio puede ser cualquiera. Por lo general es 1 para el caso del cloro o incluso se hace cero cuando no hay reacción alguna.

Orden Reacción en la Pared (n): De forma similar a la reacción en el medio, es posible establecer el orden cinético de reacción de la sustancia con las paredes de las tuberías.

Potencia a la cual se eleva la concentración cuando calculamos la velocidad de reacción en la pared de la tubería. Las posibilidades son: Uno (1) para las reacciones de primer orden o Cero (0) para las velocidades de reacción constantes.

EPANET requiere que exista circulación del agua por la tubería para que la reacción con las paredes tenga lugar, en consecuencia, si no existe flujo, la velocidad de reacción no será tenida en cuenta.

Coeficiente Global de Reacción Medio (k_b): Se asigna por defecto a todas las tuberías. Negativo si la concentración decrece con el tiempo (reacción de desaparición como en el caso del

Cloro); positivo si crece con el tiempo (reacción de crecimiento como los THM); 0 implica que no hay reacción. En este caso se adopta $k_b = -1.5 \text{ día}^{-1}$

Coeficiente Global de Reacción en la Pared (k_w): Se trata del coeficiente de velocidad de reacción en la pared (k_w) asignado por defecto a todas las tuberías.

De la misma forma que sucedía con k_b , un valor positivo implica el crecimiento de la concentración, un valor negativo su decrecimiento y 0 implica que no hay reacción. También es posible fijar un k_w particular para cada tubería. En este caso se adopta $k_w = -0.25 \text{ m/día}$.

EPANET permite utilizar valores de K_b y K_w particulares para cada tubería. Pero generalmente, se adopta un valor único para todo el sistema.

Concentración límite: Concentración máxima o mínima que puede alcanzar una sustancia cuando crece o decrece con el tiempo. EPANET es capaz de modelar también reacciones que tienden a una concentración límite, ya sea por crecimiento o decrecimiento de la sustancia. En este caso, la expresión de la velocidad de reacción tiene la forma:

$$R = k_b \times (C_L - C) \times C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, k_b > 0$$

$$R = k_b \times (C - C_L) \times C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, k_b < 0$$

donde C_L es la concentración límite.

En nuestro caso, se fija una concentración mínima de cloro con valor 0 mg/l.

Coeficiente de Correlación Pared: Es el factor que correlaciona el coeficiente de reacción en la pared con la rugosidad de la tubería. Con el paso del tiempo la rugosidad de las tuberías tiende a incrementarse, esta rugosidad da lugar a una mayor pérdida de carga en la tubería. De la misma forma, también se incrementa la reactividad de sus paredes con algunas especies químicas, como el cloro y otros desinfectantes.

Este coeficiente debe obtenerse a partir de medidas en campo, y depende de la ecuación de pérdidas empleada. Estos valores pueden asignarse de manera individual a cada conducción.

7.4.3 Intensidad de la Fuente

La opción que se usó en el EPANET para introducir cloro en el sistema es la reinyección a punto fijo, donde el programa añade una concentración fija a la salida del nudo. No se fija ningún caudal y sólo se establece la concentración de cloro deseada a la salida. En el caso de que la concentración entrante sea mayor que la fijada en el nudo, el programa mantiene la concentración resultante, sin atender a la fijada en el nudo.

De acuerdo con lo expresado en la Resolución Conjunta 22/2021 (ver Anexo 11.1) donde se determina la cantidad mínima de cloro residual en 0,20 mg/l y en esta no define un límite superior. En Santiago del Estero no hay una legislación vigente con respecto a estos límites, no siendo así en la provincia de Santa Fe que son 0,20 mg/l (límite inferior) y 1,20 mg/l (límite superior) adoptando a estos valores como límites del cloro residual en la red de distribución.

En cada una de las salidas de las perforaciones de este proyecto se instalará un sistema de cloración, indicado en el ENOHSA en su capítulo VIII – Desinfección – Criterios de Diseño.

El desinfectante que se utilizara en este proyecto es el hipoclorito de sodio en solución.

7.4.4 Simulación de la Cloración de la Red de Agua Potable en Epanet

- Población de diseño a 0 años (actual)

Para poder realizar la cloración en forma adecuada previamente hay que solucionar los problemas de abastecimiento de agua potable que tiene la red existente. Para ello hay que realizar primero dos perforaciones y la instalación de la cañería de impulsión más la instalación de la cañería indicada en el Plano 8-a (ver 10.8)10.8.

Se realizará la cloración en cada una de las bocas de las perforaciones, donde se clorará con una concentración constante de 2,10 mg/l, si bien es un valor superior a la norma adoptada en este trabajo, al ingreso de la red de distribución la concentración de cloro residual en ningún caso supera los 1,20 mg/litro.

En varias colas de red se realizará una recloración (ver plano 8 – a, 10.8), debido a que la concentración del cloro residual en estos sectores cae por debajo del 0,20 mg/l, y de esta manera se elevan los valores mínimos de la concentración del cloro residual.

En la Figura 37 se trazó la evolución a lo largo del tiempo de la concentración del cloro residual en los nudos 85, 87, 128, 227 y 387 (ver plano 8 – a, 10.8). Se observa en el gráfico, que los nudos que se encuentren en los extremos de la red (87, 128 y 387) en ningún momento la concentración del cloro residual es inferior al 0,20 mg/l, salvo en las primeras 8 horas hasta que se logra clorar la totalidad de la red, ya que esta simulación arrancó con una concentración inicial de 0 mg/l. En los nudos 85 y 227, que se encuentran cerca del sector de empalme entre la cañería de impulsión y la red de distribución, no superan el 1,20 mg/l de cloro residual.

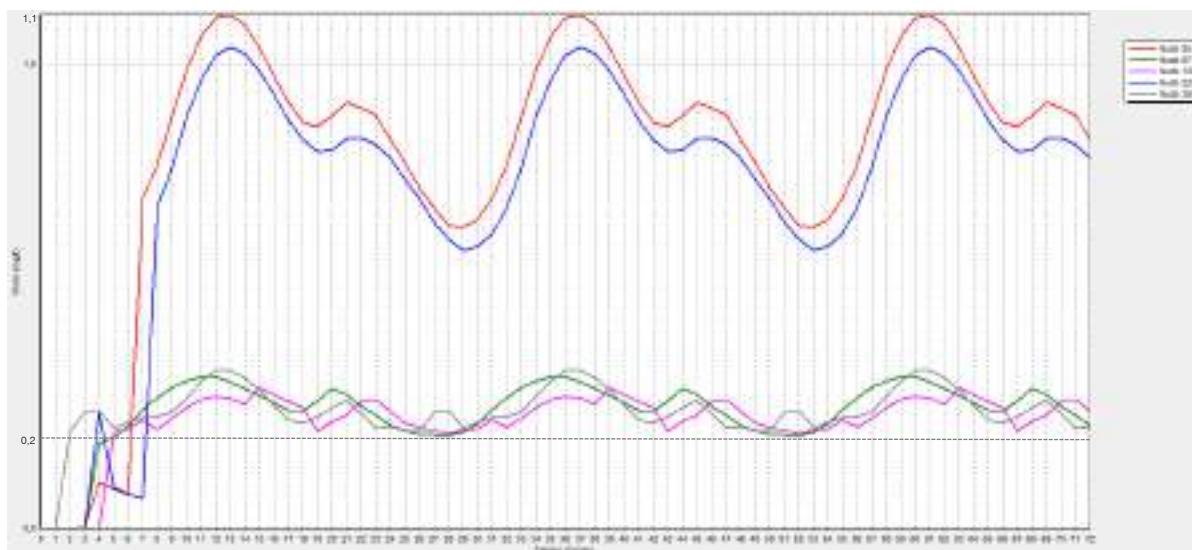


Figura 37 - Cloro Residual en Nudos Seleccionados (Año 2024)

- Población de diseño a 20 años

La cloración en esta etapa también se realizará en las bocas de cada una de las perforaciones proyectadas con una concentración constante de 1,65 mg/l, donde se controló en la red de distribución que la concentración máxima en ninguna situación supera el 1,20 mg/l.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

Se reclarara en los puntos propuestos indicados en el Plano 8 – b (ver 10.8), para garantizar la concentración mínima de cloro residual en las colas de la red de distribución.

En la Figura 38 se trazó la evolución en el tiempo, al igual que en el periodo anterior, de la concentración del cloro residual en los nudos 85, 227, 402, 521 y 570 (ver plano 8 – b, 10.8). Se observa en el gráfico, que los nudos que se encuentren en los extremos de la red (521 y 570) en ningún momento la concentración del cloro residual es inferior al 0,20 mg/l, salvo en las primeras 8 horas hasta que se logra clorar la totalidad de la red, ya que esta simulación arranco con una concentración inicial de 0 mg/l. En los nudos 85, 227 y 402, que se encuentran cerca del sector de empalme entre la cañería de impulsión y la red de distribución, no superan en ningún momento el 1,20 mg/l de cloro residual.

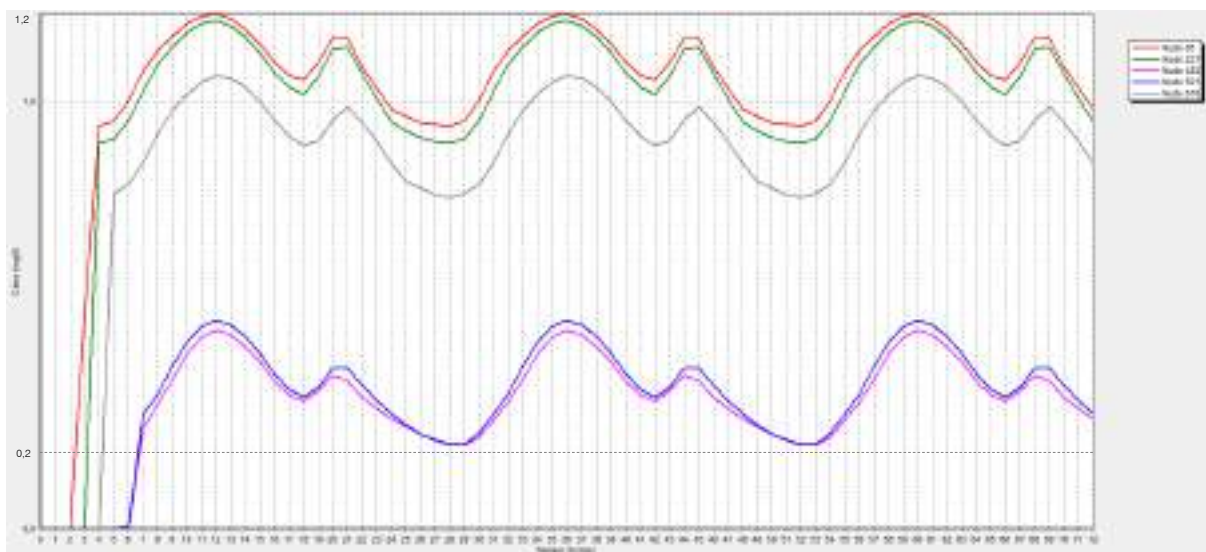


Figura 38 - Cloro Residual en Nudos Seleccionados (Año 2044)

8 Conclusiones

Se logró realizar la modelización de la red existente de abastecimiento de agua que abastece a la localidad del Zanjón, departamento Capital, Santiago del Estero. En este proyecto, se establecieron caudales de diseño considerando una proyección de población a 20 años. Asimismo, se modeló el sistema cañerías adoptando diámetros que verifiquen velocidades y presiones de funcionamiento adecuadas. De este modo, se asegura la continuidad del servicio durante todo el periodo de diseño, cumpliendo así con el *Objetivo Específico referido a la cantidad del recurso*

Como nuevas fuentes de agua, se propuso la ejecución de perforaciones que extraerán el recurso de una napa subterránea con bajos contenidos de arsénico y sulfatos. Esto permitirá mejorar la calidad del agua, asegurando que los parámetros se mantengan dentro de los valores establecidos por la normativa vigente y cumpliendo de esta manera con el objetivo específico relacionado con la **calidad** del recurso.

No obstante, se plantean las siguientes cuestiones:

- Realizar un relevamiento de la red actual donde se determine los diámetros, material y ubicación de las cañerías, válvulas de cierre, hidrantes, válvulas de aire y confeccionar los planos correspondientes.
- Realizar un relevamiento integral planialtimétrico de la zona que abarca este proyecto.
- Para la ejecución de nuevas perforaciones se requieren Estudios Hidrogeológicos, estableciendo ensayos de bombeo que den como resultados los caudales y tiempos adecuado de funcionamiento. De igual forma, del mismo estudio, deberá sugerir la distancia adecuadas entre perforaciones para que las curvas de abatimiento de cada pozo no se interfieran entre sí.
- Instalar medidores de caudal a los usuarios que no lo posean.
- Instalar manómetros y caudalímetros en los pozos y llevar un registro diario de los volúmenes de agua enviados a la red, ya que, de esta manera, en conjunto con la instalación de los micromedidores, se podría llevar un registro del agua no contabilizada, y actuar en consecuencia.
- Una vez que estén en funcionamiento las perforaciones y la impulsión, la cooperativa tiene que anular las perforaciones que actualmente alimentan a la red de agua, quedando estas como reserva de abastecimiento ante una eventual emergencia.

9 *Bibliografía*

Giuliano P. (2016). Unidad 2, Hidráulica en Conductos Abiertos y a Presión. Especialidad de Ingeniería Sanitaria. Centro de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura-Universidad Nacional de Rosario.

Guías para la Presentación de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable. Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA, 2001 b). Criterios de Diseño – Capítulo II, Estudios Preliminares para el Diseño de las obras; Capítulo VIII, Desinfección; Capítulo IX, Estaciones de Bombeo de Agua Cruda y Tratada; Capítulo XI, Conducción de Agua Cruda y Tratada; Capítulo XII, Redes de Distribución

Guías para la Presentación de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable. Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA, 2001 b). Fundamentaciones - Capítulo VI, Estaciones de Bombeo de Agua Cruda y Tratada; Capítulo XI, Conducción de Agua Cruda y Tratada; Capítulo XIII, Redes de Distribución

Lewis A. Rossman. Drinking Water Research Division, Risk Reduction Engineering Laboratory, Cincinnati, Ohio. (2000). Manual de Usuario. EPANET.

Paz, R. (2001). Unidad 7, Conducción y Distribución de agua Potable, Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Sotelo Avila, G. (1997). Hidráulica General. Volumen 1. Fundamentos.

Streeter, V. (1996). Mecánica de los Fluidos.


Universidad Politécnica de Valencia (2013). Allievi, Manual del Usuario. Versión 3.0.0.

10 Planos

- 10.1 Plano N° 1 – Zona de Cobertura de la Cooperativa de Agua Potable de Villa El Zanjón
- 10.2 Plano N° 2 – Red de Distribución Existente
- 10.3 Plano N° 3 – Red de Distribución y Cañería de Impulsión
- 10.4 Plano N° 4 – Perfil Longitudinal, Cañería de Impulsión
- 10.5 Plano N° 5 - Perforación Tipo
- 10.6 Plano N° 6 Múltiples de Impulsión. Perforación 1, 2 y 3
- 10.7 Planos N° 7- a, 7 – b, 7 – c y 7 - d. Red de Agua Potable
- 10.8 Planos N° 8 - a y N° 8 - b



Zona de Cobertura de la Cooperativa El Zanjón

 U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua		ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	
ALUMNO:	MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA:	OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON
DIRECTORA:	ALBERTINA GONZALEZ	PLANO:	ZONA DE COBERTURA DE LA COOPERATIVA DE AGUA POTABLE DE VILLA EL ZANJON
CO-DIRECTOR:	PAOLO GULIANO	FECHA:	22 DE JULIO DEL 2023
		LAMINA N°:	1
		ESCALA:	

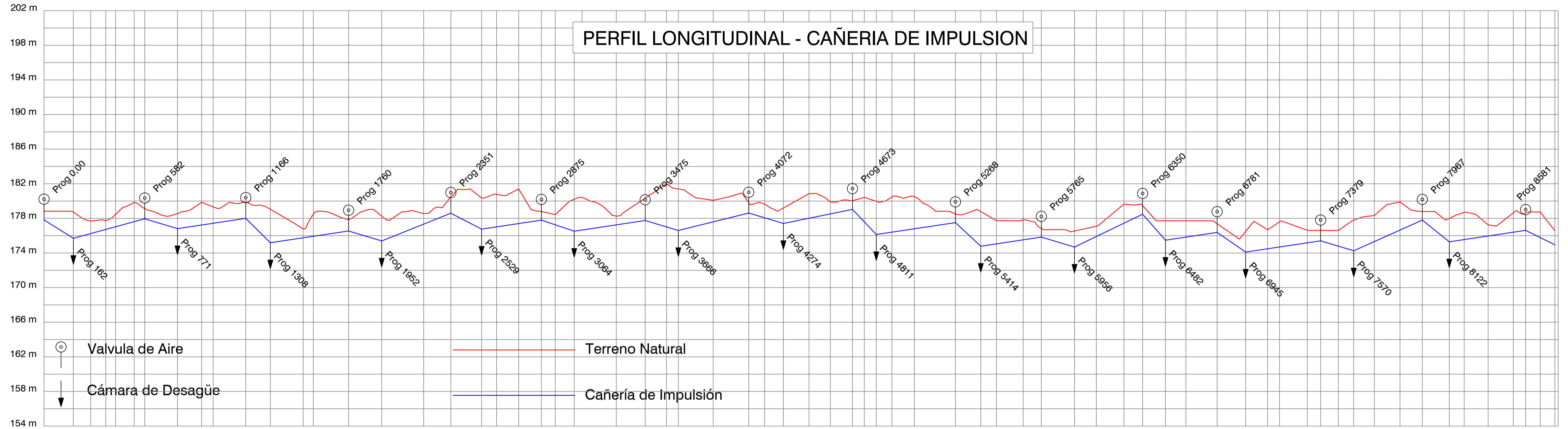


	U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua	ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL		
	ALUMNO:	MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA:	OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJÓN
	DIRECTORA:	ALBERTINA GONZALEZ	PLANO:	RED DE DISTRIBUCION EXISTENTE
	CO-DIRECTOR:	PAOLO GIULIANO	FECHA:	22 DE JULIO DEL 2023
		LAMINA N°:	2	
		ESCALA:		



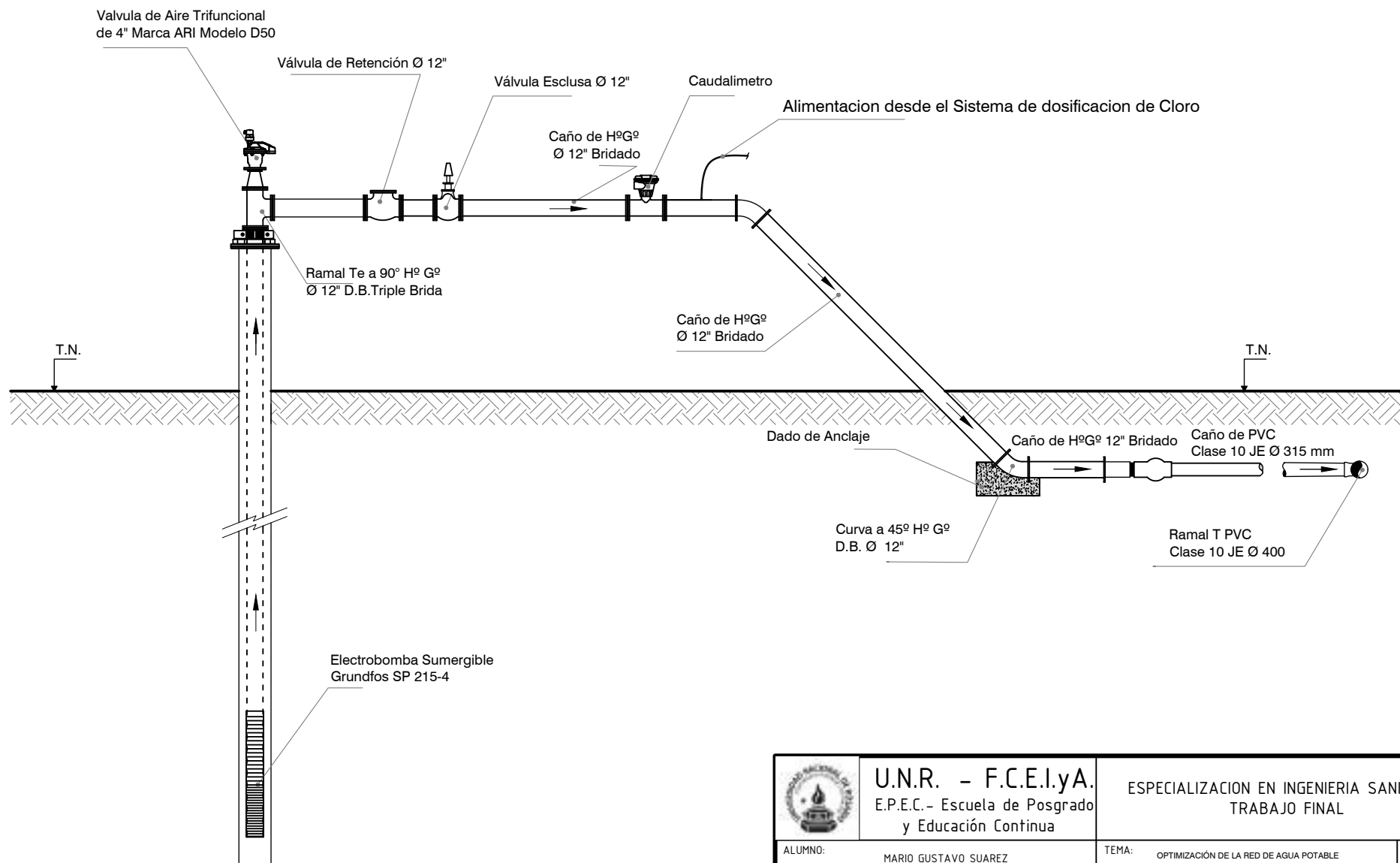
- Cañería PVC Ø 75 Clase 6 JEI
- Cañería PVC Ø 110 Clase 6 JEI
- Cañería PVC Ø 160 Clase 6 JEI
- Cañería PVC Ø 200 Clase 6 JEI
- Cañería PVC Ø 250 Clase 6 JEI
- Cañería de Impulsión






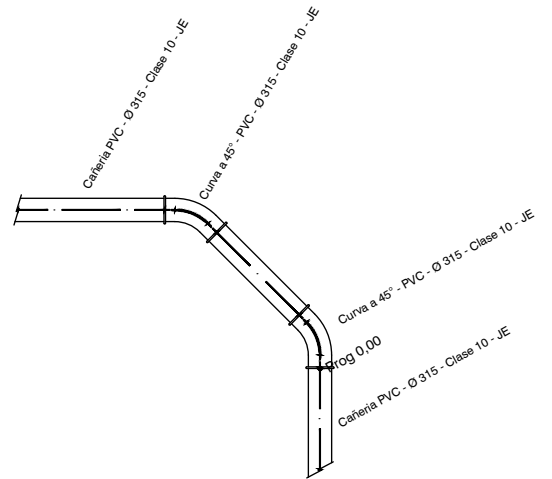
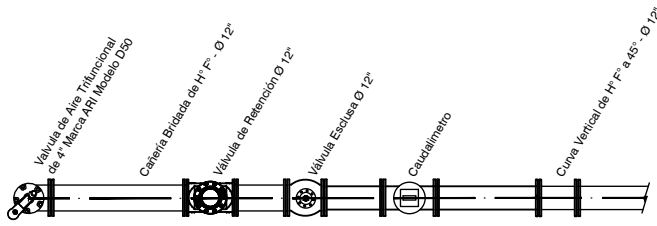
Long. Parc. (m)	Long. Acum. (m)	Cota T.N (m)	Cota Intradós (m)	Tapada (m)	Pendiente de Cañería	Diametro de Cañería
1.00	177.83	178.83	0.00	0.00	12.5%	φ 315 - Clase 10
3.02	175.71	178.42	169.59	169.59	5.5%	φ 355 - Clase 10
1.44	176.25	177.69	269.67	100.07	6.0%	
0.50	176.73	177.73	356.82	87.15	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.43	177.04	178.47	413.68	56.86	7.9%	
2.09	177.63	179.86	521.13	107.46	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.17	177.96	179.13	582.00	60.87	10.4%	
1.73	176.82	178.55	771.33	189.33	3.0%	φ 400 - Clase 10
2.63	177.24	179.87	910.69	139.36	6.0%	
1.89	177.44	179.33	977.56	66.87	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.86	178.01	179.87	1166.00	188.44	8.0%	
3.96	175.19	179.05	1308.19	142.19	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.00	175.76	176.76	1498.17	189.98	6.0%	
2.54	175.94	178.48	1556.51	56.34	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.29	176.55	177.85	1760.26	203.75	10.4%	
2.87	175.40	178.27	1951.82	191.57	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.21	177.34	178.55	2194.13	242.31	6.0%	
1.89	178.60	180.49	2351.40	157.27	3.0%	φ 400 - Clase 10
3.59	176.76	180.35	2528.99	177.59	10.4%	
3.76	177.02	180.78	2615.53	223.43	3.0%	φ 400 - Clase 10
4.00	177.41	181.41	2743.39	127.87	3.0%	
1.02	177.81	178.80	2874.81	131.42	6.0%	φ 400 - Clase 10
1.18	177.26	178.44	2954.94	80.13	3.0%	
1.54	176.53	180.21	3064.39	109.45	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.01	177.26	178.26	3307.65	243.27	3.0%	
2.59	177.76	180.35	3474.81	167.15	6.0%	φ 400 - Clase 10
4.99	177.02	182.00	3598.31	123.50	5.0%	
4.80	176.61	181.41	3666.37	66.06	6.0%	φ 400 - Clase 10
2.49	177.61	180.10	3867.81	201.44	3.0%	
1.25	178.62	179.87	4073.25	203.75	4.0%	φ 400 - Clase 10
1.57	178.07	179.63	4164.85	91.60	6.0%	
1.78	177.42	179.20	4273.51	107.06	4.0%	φ 400 - Clase 10
2.84	178.02	180.86	4421.59	148.08	2.0%	
1.38	178.52	179.90	4545.15	123.56	2.0%	φ 400 - Clase 10
1.00	179.04	180.04	4672.88	123.56	2.0%	
2.85	177.60	180.44	4741.30	68.42	2.0%	φ 400 - Clase 10
3.84	176.15	179.98	4810.51	69.21	2.0%	
4.06	176.41	180.48	4900.78	90.16	3.0%	φ 400 - Clase 10
3.72	176.80	180.52	5030.65	129.87	3.0%	
1.00	177.52	178.52	5267.99	237.34	3.0%	φ 400 - Clase 10
4.00	174.79	178.79	5414.42	146.42	3.0%	
2.68	175.06	177.75	5505.24	90.82	6.0%	φ 400 - Clase 10
2.29	175.53	177.81	5659.71	154.47	6.0%	
1.00	175.84	176.84	5764.55	104.84	9.7%	φ 400 - Clase 10
1.86	174.69	176.54	5956.11	191.57	22.7%	
1.18	175.91	177.09	6082.51	126.39	3.0%	φ 400 - Clase 10
2.20	177.45	179.65	6241.92	159.42	13.8%	
1.00	178.49	179.66	6349.75	107.63	3.0%	φ 400 - Clase 10
2.24	175.49	177.73	6481.91	132.15	3.0%	
1.88	175.84	177.72	6600.00	118.09	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.00	176.38	177.72	6780.64	180.64	3.0%	
2.38	174.11	176.49	6945.31	164.67	6.0%	φ 400 - Clase 10
2.19	174.49	176.69	7072.07	126.76	6.0%	
2.89	174.70	177.59	7141.20	69.13	8.9%	φ 400 - Clase 10
1.45	175.18	176.63	7301.72	160.53	16.1%	
1.20	175.41	176.62	7378.68	76.95	3.0%	φ 400 - Clase 10
1.81	174.80	176.61	7481.14	102.46	3.0%	
2.35	174.27	177.79	7569.68	88.54	3.0%	φ 400 - Clase 10
3.01	175.33	178.34	7689.27	119.59	3.0%	
3.26	176.65	179.91	7837.58	148.32	3.0%	φ 400 - Clase 10
0.99	177.81	178.81	7966.64	129.06	3.0%	
2.71	175.30	178.01	8122.50	155.85	3.0%	φ 400 - Clase 10
3.13	175.56	178.69	8208.67	107.39	3.0%	
1.28	175.97	177.25	8347.05	138.38	3.0%	φ 400 - Clase 10
2.24	176.41	178.65	8492.57	145.52	3.0%	
2.13	176.62	178.64	8563.72	71.15	3.0%	φ 400 - Clase 10
2.96	175.79	178.74	8648.24	84.52	3.0%	
1.64	174.95	176.59	8732.57	84.33	3.0%	φ 400 - Clase 10

Perforacion Tipo

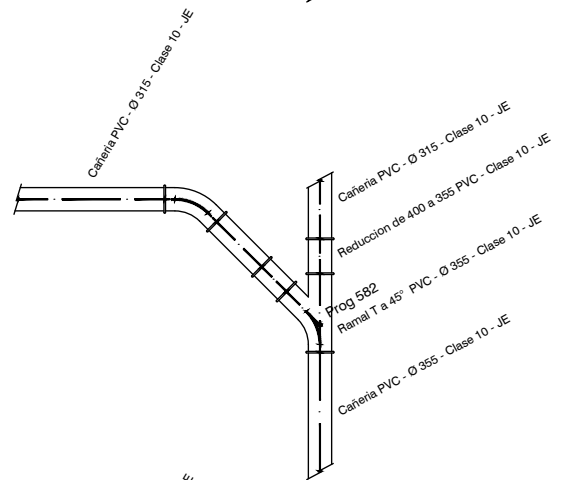
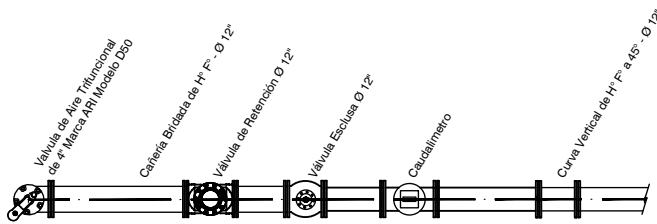


	U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua		ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	
	ALUMNO: MARIO GUSTAVO SUAREZ		TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON	LAMINA Nº: 5
	DIRECTOR DE TF: ING. ALBERTINA GONZALEZ		PLANO: PERFORACION TIPO	ESCALA:
	CO-DIRECTOR DE TF: ING. PAOLO GIULIANO			
FECHA: 24 DE Abril DEL 2024				

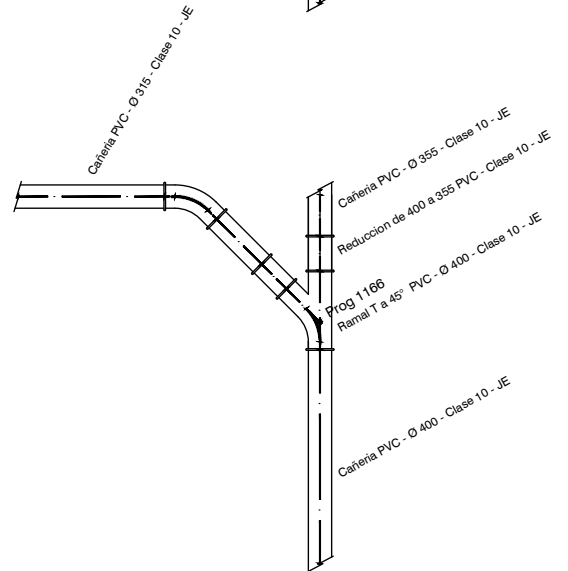
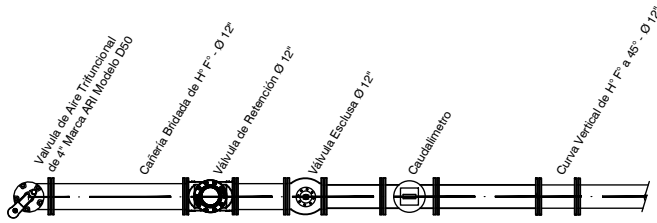
Multiple - Perforación 1




Multiple - Perforación 2



Multiple - Perforación 3













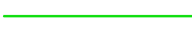



	U.N.R. - F.C.E.I.y.A. E.P.E.C.- Escuela de Posgrado y Educación Continua		ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	
	ALUMNO: MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON	LAMINA N°: 6	
DIRECTOR DE TF: ING. ALBERTINA GONZALEZ	PLANO: MULTIPLES DE IMPULSION PERFORACIONES 1, 2 Y 3	ESCALA:		
CO-DIRECTOR DE TF: ING. PAOLO GIULIANO	FECHA: 24 DE Abril DEL 2024.			


Av Leopoldo Lugones (cont.)

RN N° 9

PB N° 1

- | | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | Cañería PVC Ø 75 - Clase 6 - JE |  | Valvula Esclusa |
|  | Cañería PVC Ø 90 - Clase 6 - JE |  | Hidrante |
|  | Cañería PVC Ø 110 - Clase 6 - JE |  | Empalmes de Cañerías |
|  | Cañería PVC Ø 160 - Clase 6 - JE |  | Chicote con Tapón |
|  | Cañería PVC Ø 200 - Clase 6 - JE |  | Valvula de Aire |
|  | Cañería PVC Ø 250 - Clase 6 - JE | | |
|  | Cañería PVC Ø 315 - Clase 6 - JE | | |
|  | Cañería PVC Ø 355 - Clase 6 - JE | | |
|  | Cañería Existente - Materiales varios - Ø75 | | |




	U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua	ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	LAMINA N°: 7 - a
	ALUMNO: MARIO GUSTAVO SUAREZ DIRECTOR DE TF: ING. ALBERTINA GONZALEZ CO-DIRECTOR DE TF: ING. PAOLO GIULIANO FECHA: 13 DE MAYO DEL 2024	TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON PLANO: RED DE AGUA POTABLE	ESCALA: 1:5.000

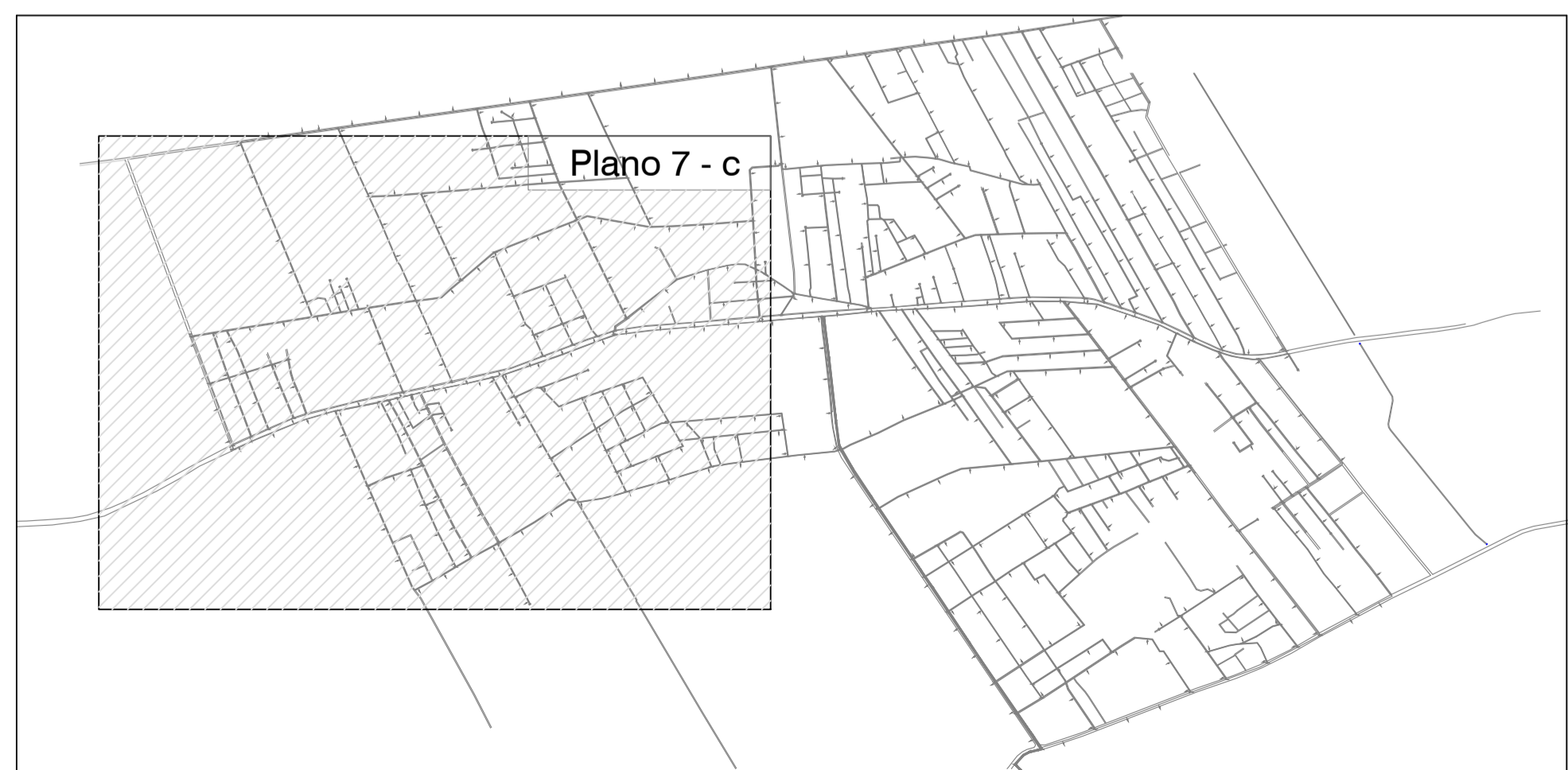
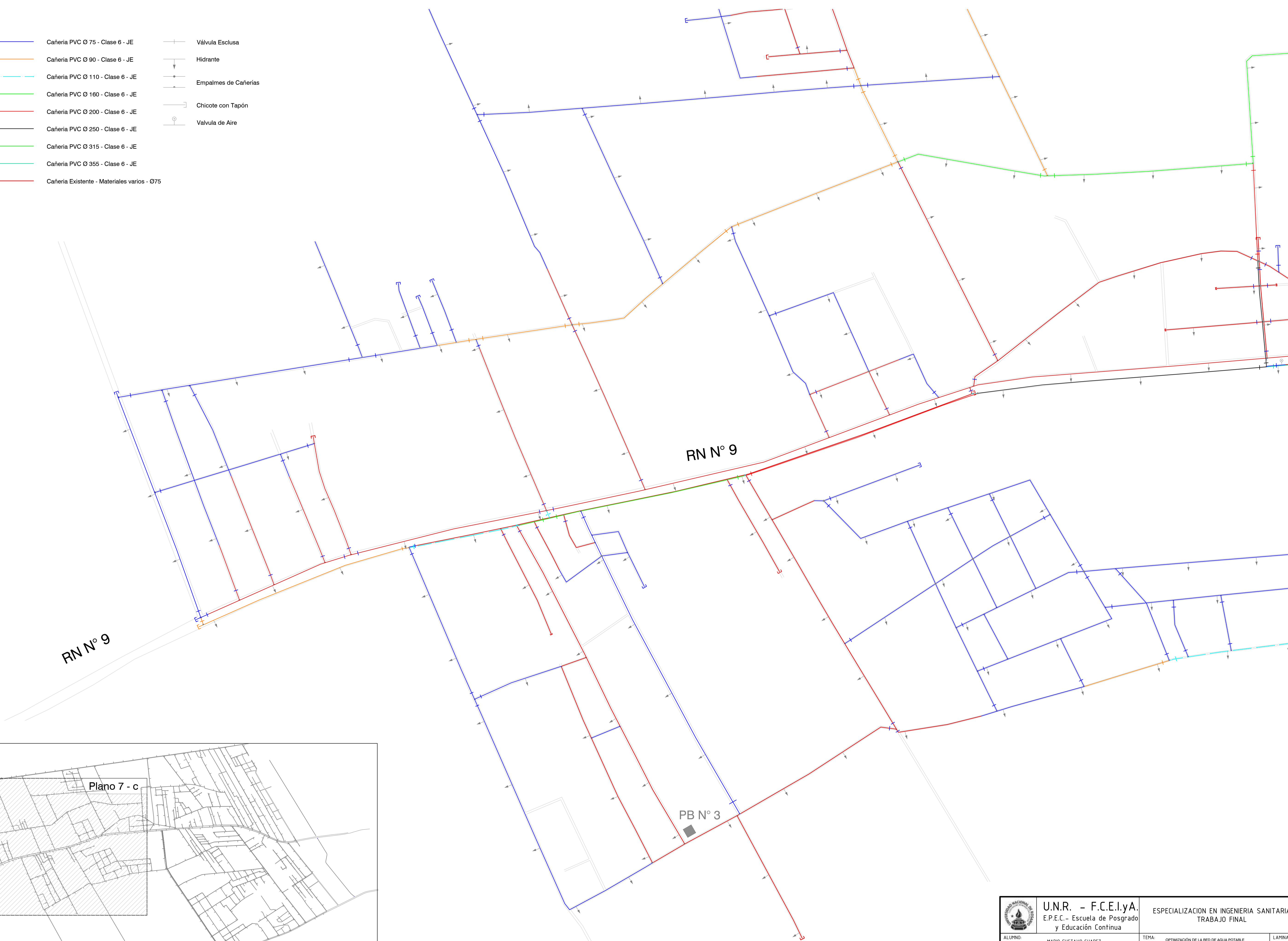
Av Leopoldo Lugones (cont.)


- Cañería PVC Ø 75 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 90 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 110 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 160 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 200 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 250 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 315 - Clase 6 - JE
- Cañería PVC Ø 355 - Clase 6 - JE
- Cañería Existente - Materiales varios - Ø75
- Válvula Esclusa
- Hidrante
- Empalmes de Cañerías
- Chicote con Tapón
- Valvula de Aire

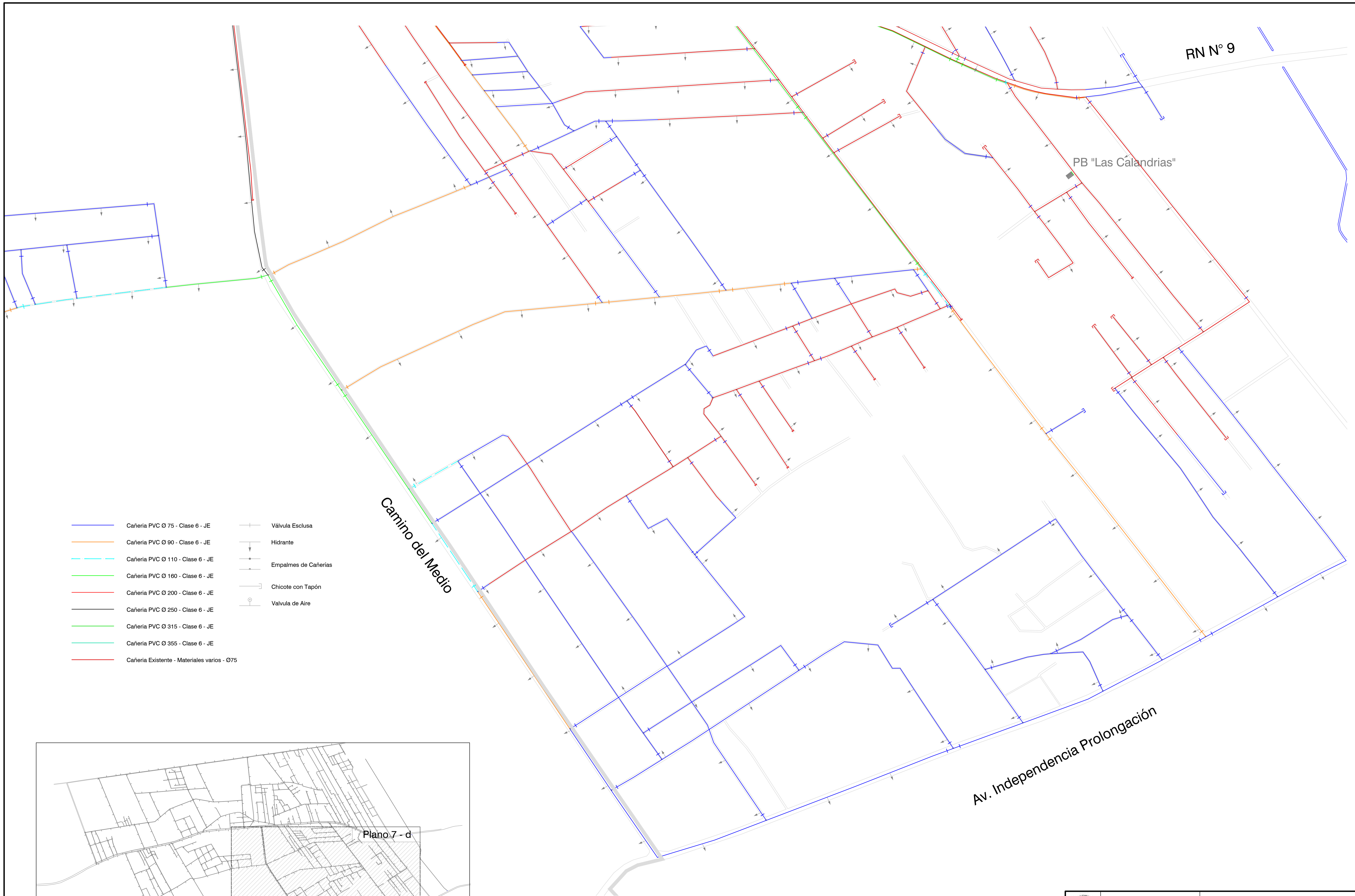


 U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua		ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	
ALUMNO:	MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA:	OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANCON
DIRECTOR DE TF:	ING. ALBERTINA GONZALEZ	PLANO:	RED DE AGUA POTABLE
CO-DIRECTOR DE TF:	ING. PAOLO GIULIANO	FECHA:	13 DE MAYO DEL 2024
			LAMINA N°: 7 - b ESCALA: 1:5.000

- Cañería PVC Ø 75 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 90 - Clase 6 - JE
 - - - Cañería PVC Ø 110 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 160 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 200 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 250 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 315 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 355 - Clase 6 - JE
 - Cañería Existente - Materiales varios - Ø75
- Válvula Esclusa
 - Hidrante
 - Empalmes de Cañerías
 - Chicote con Tapón
 - Valvula de Aire



 U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua		ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	
ALUMNO:	MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA:	OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJÓN
DIRECTOR DE TF:	ING. ALBERTINA GONZALEZ	PLANO:	RED DE AGUA POTABLE
CO-DIRECTOR DE TF:	ING. PAOLO GIULIANO	FECHA:	13 DE MAYO DEL 2024
			LAMINA N°: 7 - c ESCALA: 1:5.000



- Cañería PVC Ø 75 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 90 - Clase 6 - JE
 - - - Cañería PVC Ø 110 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 160 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 200 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 250 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 315 - Clase 6 - JE
 - Cañería PVC Ø 355 - Clase 6 - JE
 - Cañería Existente - Materiales varios - Ø75
- Válvula Esclusa
 - Hidrante
 - Empalmes de Cañerías
 - Chicote con Tapón
 - Valvula de Aire



Av. Independencia Prolongación

RN N° 9

PB "Las Calandrias"

Camino del Medio

Plano 7 - d

	U.N.R. - F.C.E.I.yA. E.P.E.C. - Escuela de Posgrado y Educación Continua	ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA TRABAJO FINAL	LAMINA N°:
	ALUMNO: MARIO GUSTAVO SUAREZ	TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJÓN	7 - d
DIRECTOR DE TF: ING. ALBERTINA GONZALEZ	PLANO: RED DE AGUA POTABLE	ESCALA: 1:5.000	
CO-DIRECTOR DE TF: ING. PAOLO GIULIANO	FECHA: 13 DE MAYO DEL 2024		

11 Anexos

11.1 Resolución Conjunta 22/2021 entre la Secretaria de Calidad en Salud y la Secretaria de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional.



SECRETARÍA DE CALIDAD EN SALUD

Y

SECRETARÍA DE ALIMENTOS, BIOECONOMÍA Y DESARROLLO REGIONAL

Resolución Conjunta 22/2021

RESFC-2021-22-APN-SCS#MS

Ciudad de Buenos Aires, 10/08/2021

VISTO el Expediente N° EX-2019-35994345- -APN-DE RA#ANMAT del Registro de la ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE MEDICAMENTOS, ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA MÉDICA; y

CONSIDERANDO:

Que el Instituto Nacional de Alimentos (INAL) detectó la necesidad de realizar una revisión de los criterios microbiológicos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) para aguas, con la finalidad de actualizar los mismos de acuerdo con las especificaciones del Codex Alimentarius, de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), la Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) y las metodologías de referencia disponibles.

Que en ese sentido, la Comisión Nacional de Alimentos (CONAL) acordó otorgar el mandato al Grupo de Trabajo Ad hoc de Criterios Microbiológicos (GMC), coordinado por el INAL, de trabajar al respecto.

Que por otra parte, la mencionada Comisión otorgó el mandato al GCM de revisar la pertinencia de mantener el parámetro de "parásitos para el agua mineral".

Que el GMC en conjunto con el Grupo de trabajo ad hoc "Metodología Analítica Oficial", coordinado por la Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RENALOA) a través del Laboratorio Nacional de Referencia del INAL, elaboraron una propuesta de actualización de los criterios microbiológicos establecidos en el CAA para aguas.

Que para el desarrollo de la propuesta se realizó la recopilación y el análisis de normas de referencia.



<https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/248217/20210317>

Que del análisis de los aportes de estas fuentes se acordó la incorporación de las técnicas ISO y las técnicas del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA), Edición 23, como Metodologías Oficiales de referencia.

Que por otra parte, la CONAL, acordó la eliminación de la determinación de parásitos/250 ml para agua mineral envasada de acuerdo a lo especificado en CODEX e ICMSF.

Que en el Proyecto de Resolución Conjunta tomó intervención el CONSEJO ASESOR DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ALIMENTOS (CONASE) y se sometió a la Consulta Pública.

Que la CONAL ha intervenido, expidiéndose favorablemente.

Que los Servicios Jurídicos Permanentes de los organismos involucrados han tomado la intervención de su competencia.

Que se actúa en virtud de las facultades conferidas por los Decretos N° 815 de fecha 26 de julio de 1999; N° 7 de fecha 11 de diciembre de 2019 y N° 50 de fecha 19 de diciembre de 2019 y su modificatorio,

Por ello,

EL SECRETARIO DE CALIDAD EN SALUD

Y

EL SECRETARIO DE ALIMENTOS, BIOECONOMÍA Y DESARROLLO REGIONAL

RESUELVEN:

ARTÍCULO 1°.- Sustitúyese el Artículo 982 del Código Alimentario Argentino que quedará relectado de la siguiente manera: "Artículo 982: Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico; no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios.

El agua potable deberá cumplir con las características físicas, químicas y criterios microbiológicos siguientes:

Características físicas:

Turbiedad: máx. 3 N T U;

Color: máx. 5 escala Pt-Co;

Olor: sin olores extraños.



Características químicas:

pH: 6,5 - 8,5;

pH sat.: pH \pm 0,2.

Substancias inorgánicas:

Amoníaco (NH₄ +) máx.: 0,20 mg/l;

Antimonio máx.: 0,02 mg/l;

Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;

Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;

Boro (B) máx.: 0,5 mg/l;

Bromato máx.: 0,01 mg/l;

Cadmio (Cd) máx.: 0,005 mg/l;

Cianuro (CN-) máx.: 0,10 mg/l;

Cinc (Zn) máx.: 5,0 mg/l;

Cloruro (Cl-) máx.: 350 mg/l;

Cobre (Cu) máx.: 1,00 mg/l;

Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;

Dureza total (CaCO₃) máx.: 400 mg/l;

Fluoruro (F⁻): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:

- Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1,7;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 - 17,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8; Hierro total (Fe) máx.: 0,30 mg/l;

Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;

Mercurio (Hg) máx.: 0,001 mg/l;

Níquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;

Nitrato (NO₃ -) máx.: 45 mg/l;

Nitrito (NO₂ -) máx.: 0,10 mg/l;

Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;

Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;

Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;

Sólidos disueltos totales, máx.: 1500 mg/l;

Sulfatos (SO₄ =) máx.: 400 mg/l;

Cloro activo residual (Cl) mín.: 0,2 mg/l.

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

En aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores mayores a 0,01 mg/l con un límite máximo de 0,05 mg/l cuando la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario; ello hasta contar con los resultados del estudio "Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas", cuyos términos fueron elaborados por la Coordinación de Políticas Socioambientales de la entonces SECRETARÍA DE GOBIERNO DE SALUD del entonces MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO SOCIAL y de la ex -SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICA HÍDRICA del entonces MINISTERIO DEL INTERIOR, OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA. La Comisión Nacional de Alimentos deberá recomendar el límite máximo admitido para dichas regiones del país en base a los estudios antes referidos.



Criterios microbiológicos

Parámetro	Criterio de aceptación	Metodología de Referencia (1)
Opción 1(2): Bacterias coliformes /100 ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 9308-1 ISO 9308-2 APHA(3) 9222 B APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9221 B(4) APHA 9221 D APHA 9223 B ISO 9308-2
Opción 2(2): Bacterias coliformes NMP/100 ml	n=1, c=0, m<1.1	APHA 9221 B(5) APHA 9223 B ISO 9308-1 ISO 9308-2 APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9222 H APHA 9222 I APHA 9221 F(6) APHA 9223 B ISO 16266
Escherichia coli /100 ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 16266-2 APHA 9213 E ISO 16266-2 APHA 9213 F(7) ISO 6222 APHA 9215 B
Opción 1(2): Pseudomonas aeruginosa /100ml	n=1, c=0, Ausencia	
Opción 2 (2): Pseudomonas aeruginosa NMP/ 100 ml	n=1, c=0, m<1.8	
Bacterias mesófilas (microorganismos cultivables) UFC/ml	n=1, c=0, m=500(8)	

(1) Su versión más actualizada. Pueden emplearse otros métodos que ofrezcan una sensibilidad, reproducibilidad y fiabilidad equivalentes si éstos han sido debidamente validados (por ejemplo, basándose en ISO 13843 o ISO 16140)

(2) Se puede optar por opción 1 o 2 teniendo en cuenta el límite especificado en el criterio de aceptación y la Metodología de referencia correspondiente.

(3) APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. 23RD Edition.

(4) Sembrar una porción de 100 ml





(5) Serie de 10 tubos con 10 ml cada uno o serie de 5 tubos con 20 ml cada uno. Para determinar el NMP utilizar las tablas 9221:II o 9221:III (Sección 9221C) según la serie de tubos sembrados.

(6) Confirmación de E. coli en caldo EC MUG a partir de tubos positivos en medio presuntivo de la metodología para coliformes 9221 B. Cuando se utiliza un tubo informar como presencia o ausencia de E.coli /100 ml.

(7) Para determinar el NMP utilizar la tabla 9221:IV (Sección 9221C).

(8) En el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Contaminantes orgánicos:

THM, máx.: 100 ug/l;

Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;

Clordano, máx.: 0,30 ug/l;

DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;

Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;

Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l;

Lindano, máx.: 3,00 ug/l;

Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l; 2,4 D, máx.: 100 ug/l;

Benceno, máx.: 10 ug/l;

Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l;

Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;

1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;

1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;

Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l; 2, 4, 6

Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;

Tetracloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;





1,1 Dicloroetano, máx.: 0,30 ug/l;

Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l;

1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;

Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;

Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l;

Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;

MetilParatión, máx.: 7 ug/l;

Paratión, máx.: 35 ug/l;

Malatión, máx.: 35 ug/l.

Los tratamientos de potabilización que sean necesarios realizar deberán ser puestos en conocimiento de la autoridad sanitaria competente."

ARTÍCULO 2º- Sustitúyese el Artículo 983 del Código Alimentario Argentino que quedará redactado de la siguiente manera: "Artículo 983: Se entiende por agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada a un agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, al agua que se comercialice envasada en botellas, contenedores u otros envases adecuados, provistos de la rotulación reglamentaria y que cumpla con las exigencias del presente artículo.

La utilización de un agua proveniente de un suministro público queda condicionada a la aprobación de la autoridad competente, la que se deberá ajustar a las pautas sanitarias existentes.

Podrán ser adicionadas de gas carbónico en cuyo caso la presión del gas no podrá ser menor de 1,5 atmósferas medidas a 21 °C.

Tratamientos permitidos: A fin de conservar o mejorar sus características físicas, químicas, microbiológicas o sensoriales se permiten los siguientes tipos de tratamientos:

1. La decantación y/o filtración al solo efecto de eliminar sustancias naturales indeseables tales como arena, limo, arcilla u otras.
2. La separación de elementos inestables tales como compuestos de hierro y/o azufre, mediante la decantación y/o filtración eventualmente precedida de aeración y/u oxigenación.
3. La eliminación de arsénico, vanadio, flúor, manganeso, nitratos u otros elementos o compuestos que se encuentren presentes en concentraciones que excedan los límites permitidos.





4. La cloración, aeración, ozonización, radiación ultravioleta, ósmosis inversa, absorción por carbón, pasaje por resinas de intercambio y filtros de retención microbiana, así como otra operación que autorice la autoridad sanitaria competente.

Características físicas:

Turbiedad, máx.: 3 N T U:

Color máx.: 5 Escala Pt-Co:

Olor: característico.

Características químicas:

pH (a excepción de las aguas carbonatadas): 6,0 - 9,0.

Substancias inorgánicas:

Amoníaco (NH₄ +) máx.: 0,20 mg/l;

Antimonio máx.: 0,02 mg/l;

Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;

Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;

Boro (B) máx.: 0,5 mg/l;

Bromato máx.: 0,01 mg/l;

Cadmio (Cd) máx.: 0,01 mg/l;

Cianuro (CN-) máx.: 0,10 mg/l;

Cinc (Zn) máx.: 5,00 mg/l;

Cloro residual (Cl) máx.: 0,5 mg/l;

Cloruro (Cl-) máx.: 350 mg/l;

Cobre (Cu) máx.: 2,00 mg/l;

Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;

Fluoruro (F-), máx.: 2,0 mg/l;





- Hierro (Fe) máx.: 2,0 mg/l;
- Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;
- Mercurio (Hg) máx.: 0,001 mg/l;
- Níquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;
- Nitrato (NO 3 -) máx.: 45 mg/l;
- Nitrito (NO 2 -) máx.: 0,10 mg/l;
- Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;
- Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;
- Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;
- Sólidos disueltos totales, máx. 1500 mg/l;
- Sulfatos (SO 4 =) máx.: 500 mg/l

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

El agua envasada en esas condiciones deberá consignar en el rotulado la localidad de elaboración y no podrá expenderse fuera de ella.

La autoridad sanitaria competente deberá informar la nómina de los productos así autorizados a las restantes jurisdicciones y a la Autoridad Sanitaria Nacional.

Criterios microbiológicos

Parámetro	Criterio de aceptación	Metodología de Referencia (1)
Opción 1 (2): Bacterias coliformes /100 ml	n=1, c=0, ausencia	ISO 9300-1 ISO 9300-2 APHA (2) 9222 B APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9221 B(4) APHA 9221 D APHA 9223 B
Opción 2 (2): Bacterias coliformes NMP/100 ml	n=1, c=0, n=1, f	ISO 9300-2 APHA 9221 B(5) APHA 9223 B
Escherichia coli/100 ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 9300-1 ISO 9300-2 APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9222 H APHA 9223 I APHA 9221 F (5) APHA 9223 B
Opción 1 (2): Pseudomonas aeruginosa /100ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 15286 ISO 15286-2
Opción 2 (2): Pseudomonas aeruginosa NMP/ 100 ml	n=1, c=0, n=1, f	APHA 9213 E ISO 15286-2
Bacterias mesófilas (microorganismos coliformes) UFC/100 ml	n=1, c=0, n=500(f)	APHA 9213 F(7) ISO 9222 APHA 9215 B





(1) Su versión más actualizada. Pueden emplearse otros métodos que ofrezcan una sensibilidad, reproducibilidad y fiabilidad equivalentes si éstos han sido debidamente validados (por ejemplo, basándose en ISO 13843 o ISO 16140)

(2) Se puede optar por opción 1 o 2 teniendo en cuenta el límite especificado en el criterio de aceptación y la Metodología de referencia correspondiente.

(3) APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. 23RD Edition.

(4) Sembrar una porción de 100 ml

(5) Serie de 10 tubos con 10 ml cada uno o serie de 5 tubos con 20 ml cada uno. Para determinar el NMP utilizar las tablas 9221: II o 9221: III (Sección 9221C) según la serie de tubos sembrados.

(6) Confirmación de E. coli en caldo EC MUG a partir de tubos positivos en medio presuntivo de la metodología para coliformes 9221 B. Cuando se utiliza un tubo informar como presencia o ausencia de E. coli /100 ml.

(7) Para determinar el NMP utilizar la tabla 9221: IV (Sección 9221C).

(8) En el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización de la planta y realizar un nuevo recuento.

Contaminantes orgánicos:

THM, máx.: 100 ug/l;

Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;

Clordano, máx.: 0,30 ug/l;

DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;

Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;

Heptacloro + Heptacloroepoxido, máx.: 0,10 ug/l;

Lindano, máx.: 3,00 ug/l;

Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l;

2,4 D, máx.: 100 ug/l;

Benceno, máx.: 10 ug/l;





Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l;

Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;

1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;

1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;

Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l;

2, 4, 6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;

Tetra cloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;

1,1 Dicloro eteno, máx.: 0,30 ug/l;

Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l;

1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;

Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;

Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l;

Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;

MetilParatión, máx.: 7 ug/l;

Paratión, máx.: 35 ug/l;

Malatión, máx.: 35 ug/l.

Las aguas de bebida envasadas deben suministrarse en recipientes destinados directamente al consumidor, y elaborados sólo con los materiales aprobados por el presente Código.

Deberán ser obturados en alguna de las siguientes formas:

- 1) Con tapones de tierra cocida esmaltada o de porcelana, provistos de anillos de caucho o de corcho de buena calidad, o de cualquier otro material debidamente autorizado, libre de impurezas tóxicas.
- 2) Con tapas de metal del tipo de las denominadas corona, las cuales deberán ser hechas con niquelados, o con hojalata nueva barnizada y llevar una lámina de estaño técnicamente puro, corcho de buena calidad o plástico adecuado.





3) Con tapas a rosca de aluminio y plástico adecuado o provisto de discos de cierre de corcho de buena calidad o de plástico adecuado o de metal técnicamente puro autorizado.

En todos los casos deberán estar provistos de un sistema de cierre o dispositivo que resulte inviolable y evite toda posibilidad de falsificación y/ o contaminación. Los envases cuyo volumen sea superior a los 25 litros deberán ser autorizados por la autoridad sanitaria competente.

Aquellas empresas que utilicen envases de retorno para envasar agua de bebida deben cumplir las exigencias del Anexo que, registrado con el N° IF-2020-69942874-APN-DLEIAER#ANMAT, forma parte integrante del presente artículo.

En la rotulación de este producto se consignarán los siguientes datos:

a) La denominación de producto mediante las expresiones "Agua de bebida embotellada (o envasada)", "Agua potable embotellada (o envasada)", "Agua tratada embotellada (o envasada)", "Agua de Mesa embotellada (o envasada)", "Soda en botellas".

b) Marca registrada.

c) Nombre o razón social y domicilio de la planta embotelladora.

d) Tratamiento eventual al que pudo haber sido sometida de acuerdo con lo consignado en el Inciso 3, mediante expresiones como "desazufrada", "defluorurada", o similares.

e) Optativamente datos referidos a la composición química o el resultado de análisis efectuado por la autoridad sanitaria competente en el momento de autorizar el producto y/o los resultados del análisis microbiológico o mencionar que la calidad microbiológica cumple con las normas oficiales.

f) Número de registro del producto y del establecimiento, otorgados por autoridad sanitaria competente.

g) Fecha de duración máxima que se deberá indicar mediante la expresión "Consumir preferentemente antes de...", llenando el espacio en blanco con la fecha correspondiente. Este valor deberá ser establecido por el fabricante.

h) Identificación de la partida o día, mes y año de elaboración lo que podrá efectuarse mediante una clave que se pondrá en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.

i) La indicación "Gasificada" cuando se le haya incorporado gas carbónico. Se exceptúa de esta indicación a los productos rotulados "Soda" o "Soda en botellas". Los nombres de fantasía o marcas no serán de fuentes o localidades donde se obtenga o hubiera obtenido agua mineral natural.

No están autorizados en los rótulos o cualquier forma de publicidad imágenes de fuentes, cascadas u otra forma de representación que puedan sugerir agua mineral.



En los envases con el rótulo vitrificado, las exigencias de rotulación del presente artículo sólo serán exigidas en aquellos fabricados a partir de la fecha de vigencia del presente.

Juntamente con la solicitud de aprobación del producto se deberá presentar ante la autoridad sanitaria competente las siguientes informaciones:

- 1) Lugar y/o situación de la captación del agua.
- 2) Descripción de los proyectos referidos a las obras de captación, tanque de almacenamiento, canalizaciones, maquinarias, equipos y materiales empleados.
- 3) Sistemas y equipos para procesos de decantación, filtración, ozonización, gasificación y toda otra operación facultativa autorizada que se lleve a cabo. Cuando por razones accidentales resultara indispensable proceder a practicar el saneamiento total o parcial de la planta deberán utilizarse hipocloritos alcalinos u otros desinfectantes autorizados.

En todos los casos las tareas de limpieza y desinfección deberán realizarse manteniendo en receso el proceso de producción. Todas las plantas deberán ajustarse a las exigencias particulares impuestas por el citado Anexo, por el Artículo 119 y a las generales de higiene para los establecimientos que elaboran alimentos. Todo establecimiento embotellador de los productos consignado en el presente artículo debe contar con un Asesor Técnico que, por la naturaleza de sus estudios, a juicio de la autoridad sanitaria competente esté capacitado para supervisar las operaciones de producción y verificar la calidad de los productos elaborados, tarea que podrá ser realizada sin desempeñarse en relación de dependencia ni con dedicación exclusiva."

ARTÍCULO 3°.- Sustitúyese el Artículo 985 del Código Alimentario Argentino que quedará redactado de la siguiente manera. "Artículo 985: 1) Definición: Se entiende por Agua mineral natural un agua apta para la bebida, de origen subterráneo, procedente de un yacimiento o estrato acuífero no sujeto a influencia de aguas superficiales y proveniente de una fuente explotada mediante una o varias captaciones en los puntos de surgencias naturales o producidas por perforación.

2) Características: El agua mineral natural debe diferenciarse claramente del agua potabilizada o agua común para beber debido a:

- a) su naturaleza caracterizada por su tenor en minerales y sus respectivas proporciones relativas, oligo-elementos y/u otros constituyentes;
- b) su pureza microbiológica original;
- c) la constancia de su composición y temperatura en la captación las que deberán permanecer estables en el marco de las fluctuaciones naturales, en particular ante eventuales variaciones de caudal, aceptándose una variación de sus componentes mayoritarios de hasta el 20% respecto de los valores registrados en su aprobación, en tanto no superen los valores máximos admitidos.

3) Operaciones facultativas: Se admiten las siguientes operaciones:





- a) la decantación y/o filtración al solo efecto de eliminar sustancias naturales inestables que se encuentren en suspensión, tales como arena, limo, arcilla u otras;
 - b) la separación de elementos inestables, tales como los compuestos de hierro y/o de azufre, mediante filtración o decantación eventualmente precedida de aireación u oxigenación, siempre que dicho tratamiento no tenga por efecto modificar la composición del agua en los constituyentes esenciales que le confieren sus propiedades particulares;
 - c) la eliminación total o parcial del gas carbónico libre, mediante procedimientos físicos exclusivamente;
 - d) la incorporación de gas carbónico procedente o no de la fuente;
 - e) el tratamiento con radiación ultravioleta u ozonización en tanto no altere sustancialmente la composición química del agua y/o el pasaje a través de filtros de retención microbiana.
- 4) Operaciones prohibidas: un agua mineral natural no puede ser objeto de tratamiento o agregado alguno que no sean los indicados en el inciso 3) del presente artículo
- 5) Composición y factores de calidad:
- a) Caracteres sensoriales:
 - Color: hasta 5 u (unidades de la escala Pt-Co),
 - Olor: característico, sin olores extraños
 - Sabor: característico, sin sabores extraños
 - Turbidez: hasta tres UT (unidades Jackson o nefelométricas);
 - b) Caracteres químicos y fisicoquímicos:
 - Arsénico: máximo 0,05 mg/l
 - Bario: máximo 1,0 mg/l
 - Boro (como H3BO3): máximo 30 mg/l
 - Bromo: máximo 6,0 mg/l
 - Cadmio: máximo 0,01 mg/l
 - Carbonatos (como CaCO3): máximo 600 mg/l
 - Cloruro (como ion): máximo 900 mg/l





Cobre: máximo 1,0 mg/l

Flúor: máximo 2,0 mg/l

Hierro: máximo 5,0 mg/l

Iodo: máximo 8,5 mg/l

Manganeso: máximo 2,0 mg/l

Materia orgánica (oxígeno consumido por KMnO₄, medio ácido): máximo 3,0 mg/l

Nitratos (como ion nitrato): máximo 45,0 mg/l pH: entre 4 y 9

Residuo seco soluble (180°C): no menor de 50 ni mayor de 2000 mg/l

Selenio máximo 0,01 mg/l

Sulfato (como ion): máximo 600 mg/l

Sulfuro (como ion): máximo 0,05 mg/l

Zinc: máximo 5,0 mg/l

c) Contaminantes:

Agentes tensioactivos: ausencia

Cianuro (como ion): máximo 0,01 mg/l

Cloro residual: ausencia

Compuestos fenólicos: ausencia

Cromo (VI): máximo 0,05 mg/l

Hidrocarburos, aceites, grasas: ausencia

Mercurio: máximo 0,001 mg/l

Nitrito (como ion): máximo 0,1 mg/l

Nitrógeno amoniacal (como ion amonio): máximo 0,2 mg/l

Plomo: máximo 0,05 mg/l





Productos indicadores de contaminación: ausencia

Residuos de pesticidas: ausencia

d) Criterios Microbiológicos en la captación y durante su comercialización:

Las aguas minerales deberían ser de una calidad microbiológica tal que no represente un riesgo para la salud del consumidor, en particular con respecto a los microorganismos patógenos, incluidos los parásitos y deberán cumplir con los siguientes criterios microbiológicos:

Parámetro	Criterio de aceptación	Metodología de Referencia(1)
Escherichia coli / 250 ml	n=5, c=0, Ausencia	ISO 9308-1 APHA(2) 9222 J APHA 9222 K APHA 9222 H APHA 9222 I APHA 9223 B ISO 16266
Pseudomonas aeruginosa / 250 ml	n=5, c=0, Ausencia	ISO 16266-2 APHA 9213 E
Estreptococos Fecales (Enterococos) / 250 ml	n=5, c=0, Ausencia	ISO 7899-2 APHA 9230C
Esporas de microorganismos anaerobios sulfito reductores / 50 ml	n=5, c=0, Ausencia	ISO 6461- 2 o 1

(1) Su versión más actualizada. Pueden emplearse otros métodos que ofrezcan una sensibilidad, reproducibilidad y fiabilidad equivalentes si éstos han sido debidamente validados (por ejemplo, basándose en ISO 13843 o ISO 16140)

(2) APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association*

ARTÍCULO 4°.- La presente resolución entrará en vigencia a partir del día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial. Otórgase a las empresas un plazo de TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO (365) días corridos a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución para su adecuación.

ARTÍCULO 5°.- Regístrese. Dése a la DIRECCIÓN NACIONAL DEL REGISTRO OFICIAL para su publicación. Comuníquese a quienes corresponda. Cumplido, archívese.

Arnaldo Darío Medina - Marcelo Eduardo Alos

NOTA: El/los Anexo/s que integra/n este(a) Resolución Conjunta se publican en la edición web del BORA -www.boletinoficial.gob.ar-





e. 17/08/2021 N° 57249/21 v. 17/08/2021

Fecha de publicación 17/08/2021



11.2 Análisis Físico-Químico de las Perforaciones Existentes

Laboratorio Central de Aguas
 Sec. Tec. Saneamiento Ambiental
 MINISTERIO DE SALUD
 Av. Belgrano (s) 2050 Tel: 434-0954
 Sgo. del Estero
 Email: osasat@spg.rosario.gub.uy

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Análisis N°: <u>12850</u>	Propietario: <u>Coop. del Zanjon</u>
Fuente: <u>Pozo 1</u>	Muestreada por: <u>Enrac</u>
Departamento: <u>Capital</u>	Profundidad (m): _____
Ubicación: <u>Zanjon</u>	Fecha: <u>13/2/2023</u>

C.E. (micS/cm): <u>1558</u>	R. Seco : <u>1060</u> mg/L
pH : <u>7,38</u>	Dza. Total: <u>269</u> mg/L
Turbiedad : <u>U.N.T.</u>	Alc. Total : <u>147</u> mg/L
Color : <u>Pt-Co</u>	

Cación	Anión
Ca ⁺⁺ : <u>65</u> mg/L	HCO ₃ ⁻ : <u>179</u> mg/L
Mg ⁺⁺ : <u>26</u> mg/L	CO ₃ ⁼ : <u>0</u> mg/L
Na ⁺ : <u>234</u> mg/L	Cl ⁻ : <u>187</u> mg/L
K ⁺ : <u>7</u> mg/L	SO ₄ ⁼ : <u>362</u> mg/L

As : <u>0,02400</u> mg/L	Mn: _____ mg/L
F : <u>0,33</u> mg/L	Cu: _____ mg/L
NO ₃ ⁻ : _____ mg/L	Zn: _____ mg/L
NO ₂ ⁻ : _____ mg/L	Hg: _____ mg/L
NH ₄ ⁺ : _____ mg/L	Ag: _____ mg/L
Al: _____ mg/L	Pb: _____ mg/L
Cr: _____ mg/L	CN ⁻ : _____ mg/L
Fe: _____ mg/L	Cl ⁻ res.: _____ mg/L

Observaciones: _____

[Signature]
ING DOMINGO A. ROSA
 SECRETARIO TECNICO
 SANEAMIENTO AMBIENT

Análisis N° 1 – Pozo de Bombeo N° 1.

Laboratorio Central de Aguas
 Sec. Tec. Saneamiento Ambiental
 MINISTERIO DE SALUD
 Av. Bolgrano (s) 2050 - Tel: 424-0954
 Sgo. del Estero
 Email: sanant_sgo@rosario.gov.ar

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Análisis N°: 12852	Propietario: Coop. del Zañon
Fuente: Pozo 3	Muestreada por: Ersac
Departamento: Capital	Profundidad (m):
Ubicación: Zañon	Fecha: 13/2/2023

C.E. (micS/cm): 942	R. Seco: 660 mg/L
pH: 7,32	Dza. Total: 200 mg/L
Turbiedad: U.N.T.	Alc. Total: 189 mg/L
Color: Pt-Co	

Cation	Anión
Ca ⁺⁺ : 39 mg/L	HCO ₃ ⁻ : 231 mg/L
Mg ⁺⁺ : 25 mg/L	CO ₃ ⁼ : 0 mg/L
Na ⁺ : 123 mg/L	Cl ⁻ : 101 mg/L
K ⁺ : 5 mg/L	SO ₄ ⁼ : 136 mg/L

As: 0,01820 mg/L	Mn: mg/L
F: 0,38 mg/L	Cu: mg/L
NO ₃ ⁻ : mg/L	Zn: mg/L
NO ₂ ⁻ : mg/L	Hg: mg/L
NH ₄ ⁺ : mg/L	Ag: mg/L
Al: mg/L	Pb: mg/L
Cr: mg/L	CN ⁻ : mg/L
Fe: mg/L	Cl res.: mg/L

Observaciones:

Ing. DOMINIC
 SECRETARÍA
 SANEAMIENTO

Análisis N° 2 - Pozo de Bombeo N° 3.

Laboratorio Central de Aguas
 Sec. Tec. Saneamiento Ambiental
 MINISTERIO DE SALUD
 Av. Belgicas (s) 7050 Tel. 424-6954
 3ra del Este
 E-mail: sanmar_agro@ubon.com.ar

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA


Analisis N°: 12853	Propietario: Coop. del Zanjon
Fuente: Pozo 4	Muestreada por: Ersac
Departamento: Capital	Profundidad (m):
Ubicación: Zanjon	Fecha: 13/2/2023

C.E. (micS/cm): 1435	R. Seco : 891 mg/l
pH : 7,41	Dza. Total: 250 mg/L
Turbiedad : U.N.T.	Alc. Total : 147 mg/L
Color: Pt-Co	

Cation	Anion
Ca ⁺⁺ : 56 mg/L	HCO ₃ ⁻ : 179 mg/L
Mg ⁺⁺ : 25 mg/L	CO ₃ ⁼ : 0 mg/L
Na ⁺ : 188 mg/L	Cl ⁻ : 187 mg/L
K ⁺ : 7 mg/L	SO ₄ ⁼ : 247 mg/L

As : 0,02100 mg/L	Mn: mg/L
F : 0,44 mg/L	Cu: mg/L
NO ₃ ⁻ : mg/L	Zn: mg/L
NO ₂ ⁻ : mg/L	Hg: mg/L
NH ₄ ⁺ : mg/L	Ag: mg/L
Al: mg/L	Pb: mg/L
Cr: mg/L	CN ⁻ : mg/L
Fe: mg/L	Cl res.: mg/L

Observaciones:


 DOMINGO
 SECRETARIO T
 SANEAMIENTO

Análisis N° 3 – Pozo de Bombeo N° 4.

Laboratorio Central de Aguas
 Sac. Tec. Saneamiento Ambiental
 MINISTERIO DE SALUD
 Av. Belgrano (s) 2050 - Tel. 424-0954
 Sgo. del Estero
 E-mail: sancom_santiago@unro.com.ar

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA



Análisis N°: 12851 Propietario: Coop. del Zanjon
 Fuente: Pozo Las Calandrias Muestreada por: Eriac
 Departamento: Capital Profundidad (m): _____
 Ubicación: Zanjon Fecha: 13/2/2023

C.E. (micS/cm): 2150 R. Seco : 1550 mg/L
 pH : 7,4 Dza. Total: 649 mg/L
 Turbiedad : U.N.T. Alc. Total: 147 mg/L
 Color: Pt-Co

Cación	Anión
Ca ⁺⁺ : <u>159</u> mg/L	HCO ₃ ⁻ : <u>179</u> mg/L
Mg ⁺⁺ : <u>61</u> mg/L	CO ₃ ⁼ : <u>0</u> mg/L
Na ⁺ : <u>245</u> mg/L	Cl ⁻ : <u>287</u> mg/L
K ⁺ : <u>7</u> mg/L	SO ₄ ⁼ : <u>612</u> mg/L

As : <u>0,00770</u> mg/L	Mn: _____ mg/L
F : <u>0,42</u> mg/L	Cu: _____ mg/L
NO ₃ ⁻ : _____ mg/L	Zn: _____ mg/L
NO ₂ ⁻ : _____ mg/L	Hg: _____ mg/L
NH ₄ ⁺ : _____ mg/L	Ag: _____ mg/L
Al: _____ mg/L	Pb: _____ mg/L
Cr: _____ mg/L	CN ⁻ : _____ mg/L
Fe: _____ mg/L	Cl res.: _____ mg/L

Observaciones: _____

Análisis N° 4 – Pozo de Bombeo las Calandrias.



ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Análisis N°	8412	Propietario:	UTE PANEDILE ROGGIO PETERSEN
Muestra N°	1	Tomada por:	REMITIDA
Fuente:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIQUIDOS CLOACALES SANTIAGO DEL ESTERO CAPITAL	Profundidad:	130m
Ubicación:		NE :[m]	
Departamento:		Fecha:	10/03/2016
Color:	Incolora	C.E a 25 °C:	646 µS/cm
Olor:	Inodora	R.S a 25° C:	413 mg/L
Turbiedad:	MENOR DE 2 NTU	Alcalinidad Total:	180 mg/L
pH:	7,38	Dureza Total:	116 mg/L

CATIONES

Calcio	30 mg/L
Magnesio	10 mg/L
Sodio	95 mg/L
Potasio	mg/L

ANIONES

Carbonatos	ND mg/L
Bicarbonatos	220 mg/L
Sulfatos	63 mg/L
Cloruros	78 mg/L

OTROS IONES

Arsénico	0,008 mg/L	Hierro	mg/L
Flúor	0,44 mg/L	Manganeso	mg/L
Nitratos	mg/L	Silice (SiO ₂)	mg/L

OBSERVACIONES:

De acuerdo a las determinaciones efectuadas, agua químicamente APTA para el consumo humano.-


Ing. Omar A. Coronel
Jefe de Laboratorio

Análisis N° 5 – Perforación en PTLC.

11.3 Perforación PTLC – Carpeta Técnica



CARPETA TECNICA

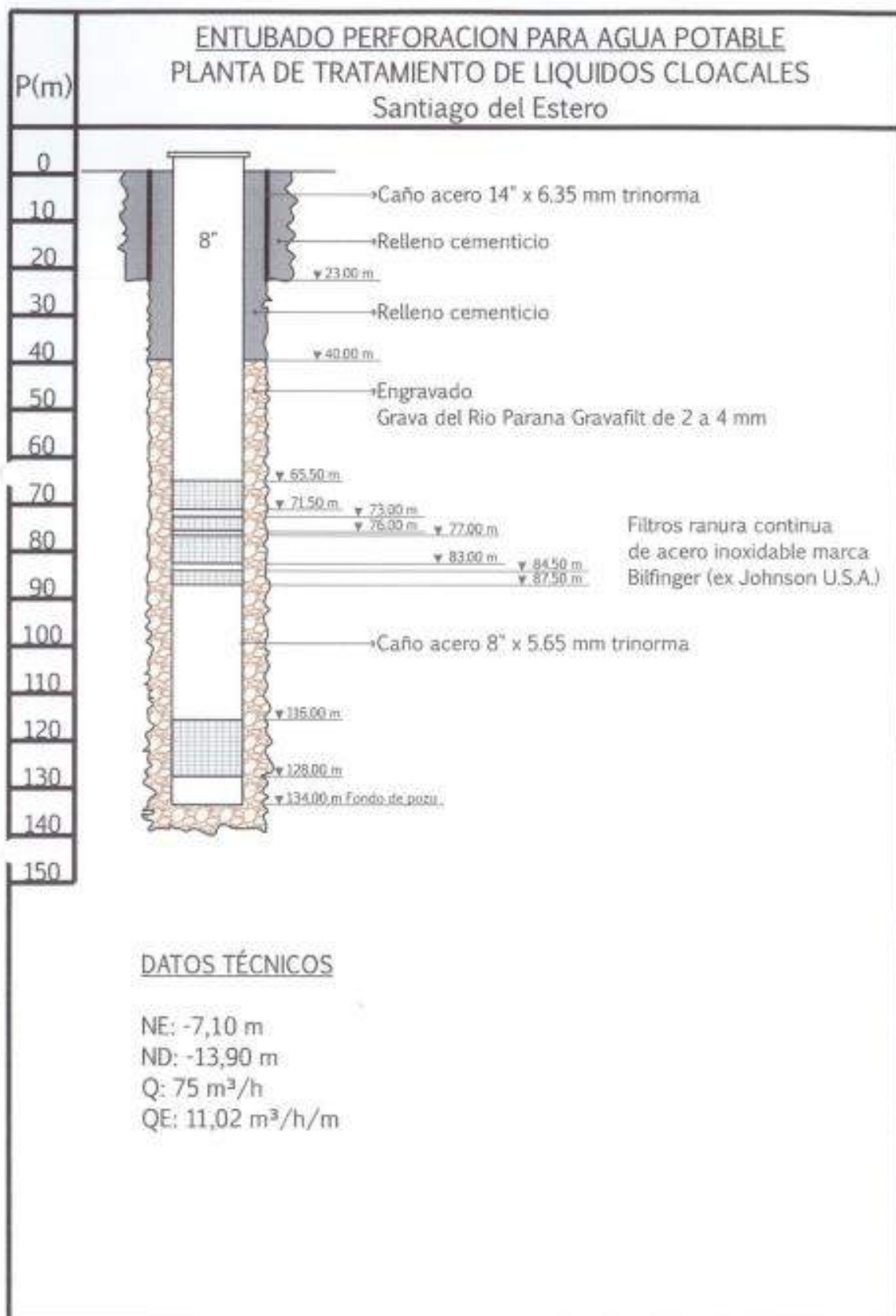
PERFORACION POZO PTLC

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

BENITO ROGGIO – PANEDILE ARGENTINA – PETERSEN

UTE

SANTIAGO DEL ESTERO – ENERO DE 2016





ELECTROPERFILAJE

POZO PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIQUIDOS CLOCALES

BENITO ROGGIO UTE

PERFOSUELO INGENIERIA SRL

CIUDAD DE SANTIAGO DEL ESTERO

SANTIAGO DEL ESTERO - DICIEMBRE DE 2015



PERFILAJE: 12152128

POZO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIQUIDOS CLOACALES

UBICACIÓN: CIUDAD DE SANTIAGO DEL ESTERO

PROPIETARIO: SUPERIOR GOBIERNO DE SANTIAGO DEL ESTERO

EMPRESA PERFORADORA: PERFOSUELO INGENIERIA SRL PARA BENITO ROGGIO UTE

PROFUNDIDAD PERFORADOR: 131 m.

PROFUNDIDAD PERFILADA: 130 m.

DIAMETRO: ENTUBADO EN 14" HASTA LOS 24 m. - 8 3/4" HASTA EL FONDO

S.P.: 5 mV/"

R.: 5 Ohm-m/"

PRESENCIA: SRTA. CECILIA SANDINO - SR. FRANCO NAVARRETE - ING. PABLO SANCHEZ

OPERADOR: SR. AMADO DIMANI

FECHA: 12 DE DICIEMBRE DE 2015

CARACTERISTICAS TECNICAS

Sonda: para S.P. y R. (punto único)

Sensibilidades: a lo largo de todo el electroperfilaje se utilizaron las siguientes:

S.P.: 5 millivoltios por pulgada de deflexión.

R.: 5 ohmios metro por pulgada de deflexión.

P.: 5 mm de papel por metro de perforación.


OBSERVACIONES

Todo análisis de un electroperfilaje es una opinión basada en inferencias de medidas eléctricas y no es posible garantizar la exactitud o corrección de ninguna de ellas y no asumimos ningún tipo de responsabilidad por perdidas, costos, daños o gastos incurridos o sufridos por persona alguna como resultado de cualquier interpretación realizada.

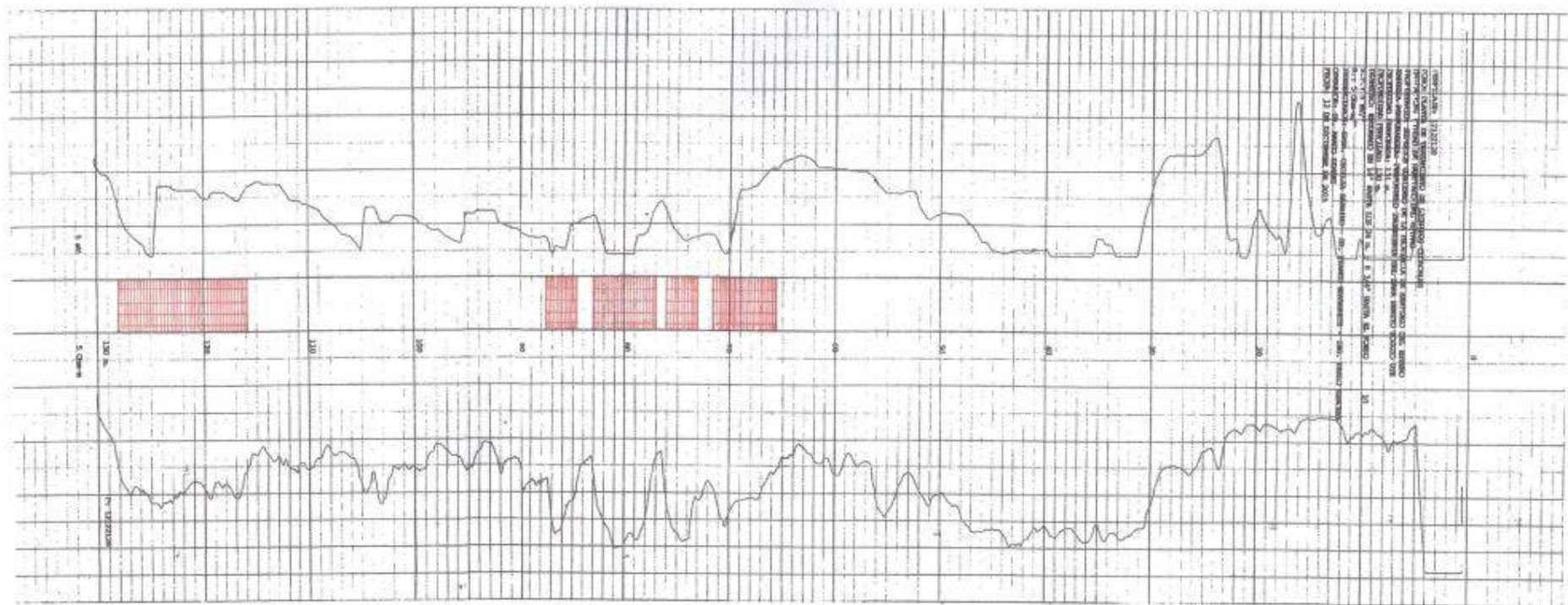
A los fines de la explotación de la perforación se recomienda posicionar los filtros según se indica en el siguiente apartado.

FILTROS

Se indica el posicionado de filtros en el registro.

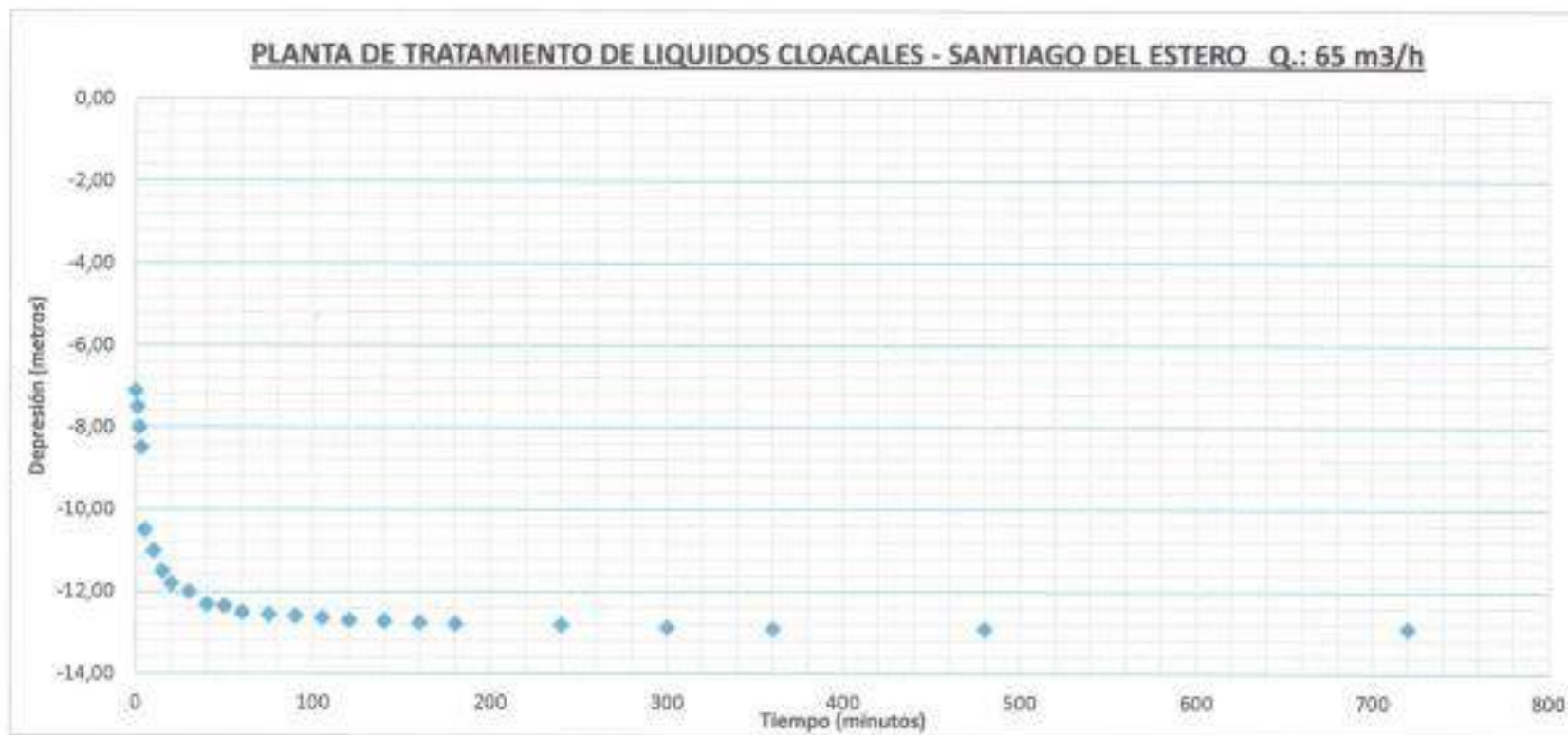

AMADO DIMANI
PERFOSUELO INGENIERIA S.R.L.
APODERADO

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON





ENSAYO DE BOMBEO - CURVA DEPRESION – TILAPO



11.4 Imágenes Satelitales de la zona de cobertura de la Cooperativa



Figura 39 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 1985.

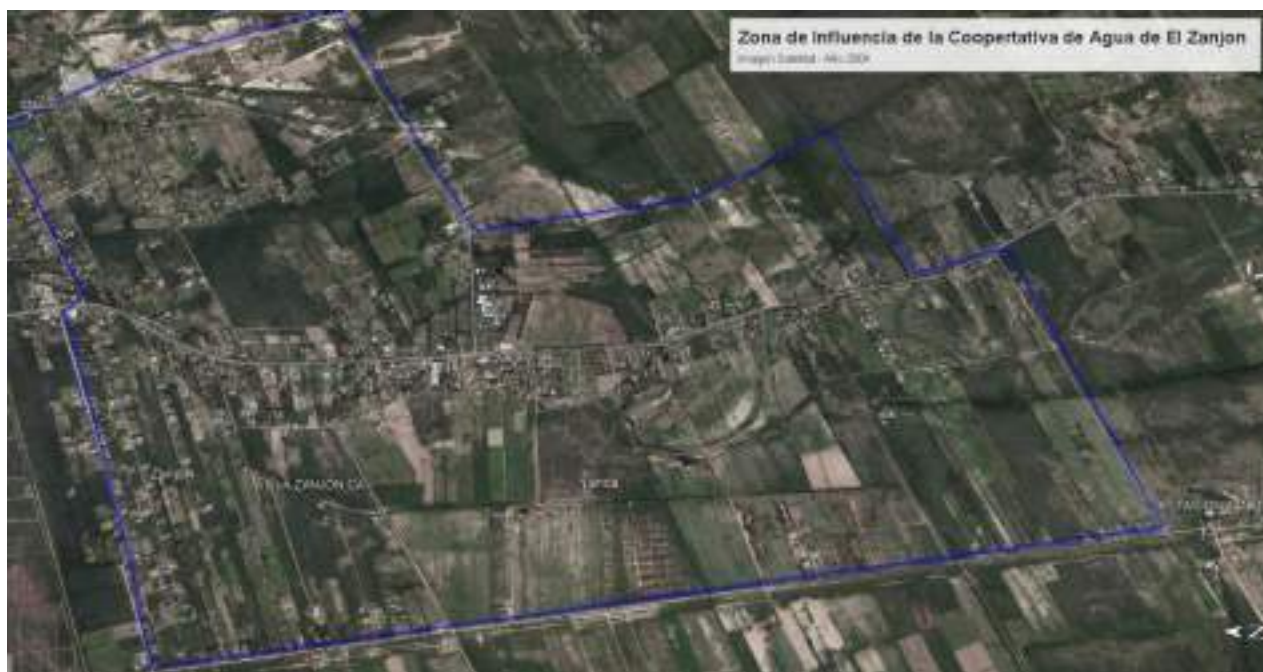


Figura 40 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2004.



Figura 41 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2009.



Figura 42 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2014.



Figura 43 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2019.



Figura 44 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2021.



Figura 45 - Imagen Satelital de Zona de Cobertura de la Cooperativa - Año 2024.

11.5 Análisis de Costos de Cañería de Impulsión

COSTO MANO DE OBRA Y EQUIPOS POR METRO DE CAÑERÍA INSTALADA					
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA POR METRO DE CAÑERÍA INSTALADA					
	Cantidad	Costo Hora	Horas x Dia	Produccion	Total
Oficial Especializado	2	\$/h 7,23			\$/m 115,64
Oficial	5,5	\$/h 6,16			\$/m 270,92
Medio Oficial	1	\$/h 5,68	8,00 hs/dia	1,00 m/dia	\$/m 45,42
Ayudante	4	\$/h 5,21			\$/m 166,74
Sereno	2	\$/h 3,28	12,00 hs/dia		\$/m 78,81
				TOTAL:	\$/m 677,53
Costo de Mano de Obra por metro de cañería instalada:					\$/m 677,53
COSTO TOTAL DE EQUIPOS POR METRO DE CAÑERÍA INSTALADA					
	Cantidad	Costo Hora	Horas x Dia	Produccion	Total
Excavadora CAT 320	1,00	\$/h 48,49			\$/m 387,90
Minicargadora	1,00	\$/h 11,23			\$/m 89,86
Camion Regador:	0,50	\$/h 39,81			\$/m 159,24
Camion Volcador:	2,00	\$/h 49,54	8,00 hs/dia	1,00 m/dia	\$/m 792,65
Bomba Flygth:	1,00	\$/h 1,52			\$/m 12,15
Cetec CJD 46 kva:	1,00	\$/h 9,98			\$/m 79,85
Container:	1,00	\$/h 1,29			\$/m 10,28
				TOTAL:	\$/m 1531,93
Costo de Equipos por metro de cañería instalada:					\$/m 1531,93
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA Y DE EQUIPOS POR METRO DE CAÑERÍA INSTALADA					
Costo de Mano de Obra por metro de cañería instalada					\$/m 677,53
Costo de Equipos por metro de cañería instalada					\$/m 1531,93
TOTAL:					\$/m 2209,46
RESUMEN:					
Diametro	Rendimiento	Costo MO	Costo Equipos	Costo Provision y Transporte	Costo Total
160	42 m/dia	U\$/m 16,13	U\$/m 36,47	U\$/m 13,05	U\$/m 65,65
200	36 m/dia	U\$/m 18,82	U\$/m 42,55	U\$/m 20,40	U\$/m 81,77
250	36 m/dia	U\$/m 18,82	U\$/m 42,55	U\$/m 31,61	U\$/m 92,98
315	30 m/dia	U\$/m 22,58	U\$/m 51,06	U\$/m 49,83	U\$/m 123,47
355	30 m/dia	U\$/m 22,58	U\$/m 51,06	U\$/m 64,55	U\$/m 138,19
400	24 m/dia	U\$/m 28,23	U\$/m 63,83	U\$/m 80,56	U\$/m 172,62
500	24 m/dia	U\$/m 28,23	U\$/m 63,83	U\$/m 125,58	U\$/m 217,64
630	18 m/dia	U\$/m 37,64	U\$/m 85,11	U\$/m 243,04	U\$/m 365,79

11.6 Resultados de Simulación en EPANET de la red de agua Potable

Estado de los Nodos de la Red a las 10:00 Horas

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 1	181,77	0,30	196,87	15,10
Nudo 2	181,39	0,00	193,97	12,58
Nudo 3	182,64	0,30	193,74	11,10
Nudo 4	182,53	0,30	193,74	11,21
Nudo 5	182,16	0,30	193,78	11,62
Nudo 8	181,62	0,30	193,97	12,35
Nudo 9	182,02	0,30	194,58	12,56
Nudo 10	182,16	0,30	193,62	11,46
Nudo 11	182,16	0,30	193,58	11,42
Nudo 12	182,16	0,30	193,57	11,41
Nudo 13	182,36	0,30	192,40	10,04
Nudo 14	182,39	0,30	191,25	8,86
Nudo 15	182,36	0,30	193,72	11,36
Nudo 16	181,77	0,30	196,02	14,25
Nudo 17	182,06	0,30	194,37	12,31
Nudo 18	182,45	0,30	192,98	10,53
Nudo 19	182,57	0,30	191,75	9,18
Nudo 20	181,77	0,30	195,37	13,60
Nudo 21	181,80	0,30	195,40	13,60
Nudo 22	181,82	0,30	195,41	13,59
Nudo 23	181,92	0,30	195,36	13,44
Nudo 24	181,77	0,30	196,31	14,54
Nudo 25	182,23	0,30	190,57	8,34
Nudo 26	182,22	0,30	190,28	8,06
Nudo 27	181,98	0,30	190,00	8,02
Nudo 28	181,58	0,30	189,79	8,21
Nudo 29	181,57	0,30	189,88	8,31
Nudo 30	181,75	0,30	189,77	8,02
Nudo 31	181,82	0,30	189,86	8,04
Nudo 32	181,50	0,30	189,79	8,29

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 33	181,66	0,30	189,71	8,05
Nudo 34	181,93	0,30	189,98	8,05
Nudo 35	180,77	0,30	199,30	18,53
Nudo 36	180,77	0,30	198,36	17,59
Nudo 37	181,32	0,30	197,58	16,26
Nudo 38	181,52	0,30	196,59	15,07
Nudo 39	181,75	0,30	195,78	14,03
Nudo 40	181,94	0,30	195,14	13,20
Nudo 41	179,47	0,30	198,95	19,48
Nudo 42	179,78	0,30	198,65	18,87
Nudo 43	180,01	0,30	198,45	18,44
Nudo 44	180,17	0,30	198,16	17,99
Nudo 45	180,04	0,30	198,25	18,21
Nudo 46	180,04	0,30	198,23	18,19
Nudo 47	180,29	0,30	197,39	17,10
Nudo 48	180,36	0,30	197,25	16,89
Nudo 49	180,29	0,30	197,38	17,09
Nudo 50	180,36	0,30	197,23	16,87
Nudo 51	180,10	0,30	198,45	18,35
Nudo 52	179,29	0,30	198,69	19,40
Nudo 53	180,66	0,30	198,73	18,07
Nudo 54	180,67	0,30	198,95	18,28
Nudo 55	180,37	0,30	199,19	18,82
Nudo 56	180,09	0,30	198,05	17,96
Nudo 57	180,90	0,30	196,75	15,85
Nudo 58	180,91	0,30	196,74	15,83
Nudo 59	180,37	0,30	199,34	18,97
Nudo 60	180,02	0,30	199,60	19,58
Nudo 61	180,02	0,30	199,98	19,96
Nudo 62	179,29	0,30	200,34	21,05
Nudo 63	179,43	0,30	199,84	20,41
Nudo 7	179,22	0,30	199,30	20,08

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 64	179,15	0,30	199,23	20,08
Nudo 65	179,22	0,30	199,08	19,86
Nudo 66	178,77	0,30	199,83	21,06
Nudo 67	177,91	0,30	199,43	21,52
Nudo 69	179,64	0,30	199,25	19,61
Nudo 70	179,02	0,30	198,84	19,82
Nudo 71	179,25	0,30	198,38	19,13
Nudo 72	179,94	0,30	197,67	17,73
Nudo 73	179,30	0,30	197,81	18,51
Nudo 74	179,02	0,30	197,91	18,89
Nudo 75	179,26	0,30	197,92	18,66
Nudo 76	179,15	0,30	197,71	18,56
Nudo 77	179,04	0,30	197,75	18,71
Nudo 78	179,29	0,30	198,05	18,76
Nudo 79	179,15	0,30	198,31	19,16
Nudo 80	179,31	0,30	198,50	19,19
Nudo 81	179,02	0,30	198,48	19,46
Nudo 82	179,02	0,30	198,48	19,46
Nudo 83	175,57	0,30	201,33	25,76
Nudo 84	178,77	0,30	200,11	21,34
Nudo 85	177,77	0,30	200,50	22,73
Nudo 86	175,95	0,30	200,24	24,29
Nudo 87	181,47	0,30	195,79	14,32
Nudo 88	182,30	0,15	195,96	13,66
Nudo 89	182,41	0,15	195,61	13,20
Nudo 90	181,63	0,15	196,18	14,55
Nudo 91	180,15	0,30	195,27	15,12
Nudo 92	182,54	0,30	195,12	12,58
Nudo 93	180,91	0,30	195,08	14,17
Nudo 94	181,19	0,30	194,99	13,80
Nudo 95	181,95	0,30	195,08	13,13
Nudo 96	180,44	0,30	195,05	14,61

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 97	181,99	0,30	195,12	13,13
Nudo 98	181,94	0,30	195,16	13,22
Nudo 99	181,89	0,30	195,17	13,28
Nudo 100	181,34	0,30	195,23	13,89
Nudo 101	181,22	0,30	195,61	14,39
Nudo 102	180,49	0,30	195,25	14,76
Nudo 103	181,62	0,30	195,14	13,52
Nudo 104	181,09	0,30	195,21	14,12
Nudo 105	181,29	0,30	195,61	14,32
Nudo 106	180,52	0,30	195,31	14,79
Nudo 107	180,39	0,30	195,75	15,36
Nudo 108	180,64	0,30	196,42	15,78
Nudo 109	181,25	0,15	196,27	15,02
Nudo 110	181,14	0,30	196,11	14,97
Nudo 111	181,17	0,30	195,96	14,79
Nudo 112	181,06	0,30	195,97	14,91
Nudo 113	181,27	0,30	196,21	14,94
Nudo 114	181,18	0,30	196,20	15,02
Nudo 116	181,34	0,30	196,48	15,14
Nudo 117	181,24	0,30	196,72	15,48
Nudo 118	180,37	0,30	197,02	16,65
Nudo 119	180,32	0,30	195,64	15,32
Nudo 120	180,49	0,30	195,64	15,15
Nudo 121	180,50	0,30	196,42	15,92
Nudo 122	180,58	0,30	196,73	16,15
Nudo 68	176,77	0,30	201,03	24,26
Nudo 123	181,77	0,30	195,23	13,46
Nudo 124	182,05	0,30	193,62	11,57
Nudo 125	182,55	0,30	192,91	10,36
Nudo 126	183,47	0,30	192,49	9,02
Nudo 127	183,64	0,30	192,47	8,83
Nudo 128	183,55	0,30	193,85	10,30

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 129	183,83	0,30	192,48	8,65
Nudo 130	183,47	0,30	192,46	8,99
Nudo 131	182,99	0,30	194,04	11,05
Nudo 132	182,34	0,30	194,66	12,32
Nudo 133	181,95	0,30	195,27	13,32
Nudo 134	181,74	0,30	195,63	13,89
Nudo 135	181,52	0,30	197,15	15,63
Nudo 136	181,77	0,30	195,68	13,91
Nudo 137	176,47	0,30	200,68	24,21
Nudo 138	179,37	0,30	198,65	19,28
Nudo 139	179,62	0,30	198,44	18,82
Nudo 140	180,67	0,30	196,92	16,25
Nudo 141	181,89	0,30	194,79	12,90
Nudo 142	182,24	0,30	193,12	10,88
Nudo 143	183,05	0,30	192,62	9,57
Nudo 144	181,61	0,30	196,25	14,64
Nudo 145	181,53	0,30	195,31	13,78
Nudo 146	176,18	0,30	200,43	24,25
Nudo 147	182,09	0,30	196,36	14,27
Nudo 148	182,02	0,30	196,35	14,33
Nudo 149	182,58	0,30	196,31	13,73
Nudo 150	181,65	0,30	196,77	15,12
Nudo 152	181,83	0,30	196,48	14,65
Nudo 153	181,64	0,30	197,22	15,58
Nudo 154	181,32	0,30	198,46	17,14
Nudo 155	181,35	0,30	198,12	16,77
Nudo 156	181,38	0,30	197,93	16,55
Nudo 157	181,52	0,30	197,54	16,02
Nudo 158	181,58	0,30	197,33	15,75
Nudo 159	181,60	0,30	197,22	15,62
Nudo 160	181,76	0,30	197,20	15,44
Nudo 161	181,32	0,30	198,28	16,96

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 162	181,80	0,30	197,04	15,24
Nudo 164	179,78	0,30	197,33	17,55
Nudo 165	179,96	0,30	197,75	17,79
Nudo 166	180,77	0,30	198,33	17,56
Nudo 167	179,83	0,30	197,73	17,90
Nudo 168	180,34	0,30	197,36	17,02
Nudo 169	181,83	0,30	197,00	15,17
Nudo 170	178,83	0,30	198,16	19,33
Nudo 171	179,87	0,30	197,81	17,94
Nudo 172	179,68	0,30	197,36	17,68
Nudo 173	181,74	0,30	196,74	15,00
Nudo 174	180,92	0,30	197,79	16,87
Nudo 175	179,77	0,30	198,89	19,12
Nudo 176	180,37	0,30	199,76	19,39
Nudo 177	180,77	0,30	199,22	18,45
Nudo 178	179,79	0,30	199,19	19,40
Nudo 179	180,77	0,30	199,20	18,43
Nudo 180	180,37	0,30	199,20	18,83
Nudo 181	180,37	0,30	199,32	18,95
Nudo 182	179,81	0,30	199,14	19,33
Nudo 183	180,44	0,30	198,24	17,80
Nudo 184	179,77	0,30	198,68	18,91
Nudo 185	180,09	0,30	198,14	18,05
Nudo 186	181,80	0,30	197,88	16,08
Nudo 187	182,55	0,30	197,75	15,20
Nudo 188	181,56	0,30	197,63	16,07
Nudo 189	181,52	0,30	197,47	15,95
Nudo 190	181,82	0,30	196,75	14,93
Nudo 191	181,85	0,30	196,66	14,81
Nudo 192	181,87	0,30	196,67	14,80
Nudo 193	182,26	0,30	196,59	14,33
Nudo 194	182,79	0,30	196,22	13,43

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 195	182,26	0,30	196,53	14,27
Nudo 196	179,74	0,30	198,35	18,61
Nudo 197	179,54	0,30	198,58	19,04
Nudo 198	179,45	0,30	200,27	20,82
Nudo 199	179,43	0,30	200,20	20,77
Nudo 200	179,48	0,30	200,26	20,78
Nudo 201	179,56	0,30	199,44	19,88
Nudo 202	179,64	0,30	198,34	18,70
Nudo 203	179,53	0,30	198,37	18,84
Nudo 204	180,01	0,30	198,34	18,33
Nudo 205	179,93	0,30	198,41	18,48
Nudo 206	180,43	0,30	197,99	17,56
Nudo 207	180,12	0,30	198,29	18,17
Nudo 208	180,22	0,30	198,28	18,06
Nudo 209	179,99	0,30	198,34	18,35
Nudo 210	178,77	0,30	200,71	21,94
Nudo 213	179,77	0,30	199,87	20,10
Nudo 214	179,57	0,30	199,85	20,28
Nudo 215	180,02	0,30	199,76	19,74
Nudo 216	179,92	0,30	199,76	19,84
Nudo 217	179,82	0,30	199,74	19,92
Nudo 218	180,02	0,30	199,78	19,76
Nudo 219	179,47	0,30	200,29	20,82
Nudo 220	179,52	0,30	200,30	20,78
Nudo 221	178,77	0,30	200,64	21,87
Nudo 151	178,17	0,30	200,56	22,39
Nudo 163	176,93	0,30	200,09	23,16
Nudo 211	176,60	0,30	200,00	23,40
Nudo 212	176,62	0,30	200,07	23,45
Nudo 222	176,47	0,30	200,35	23,88
Nudo 223	176,57	0,30	200,60	24,03
Nudo 224	176,52	0,30	200,34	23,82

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 226	176,67	0,30	200,61	23,94
Nudo 227	176,73	0,30	200,68	23,95
Nudo 228	176,77	0,30	200,95	24,18
Nudo 229	176,77	0,30	200,88	24,11
Nudo 230	175,57	0,30	200,87	25,30
Nudo 231	177,77	0,30	200,87	23,10
Nudo 232	178,77	0,30	200,88	22,11
Nudo 233	176,69	0,30	200,63	23,94
Nudo 234	176,60	0,30	200,62	24,02
Nudo 235	176,62	0,30	200,59	23,97
Nudo 236	176,47	0,30	200,10	23,63
Nudo 237	176,37	0,30	199,75	23,38
Nudo 238	176,07	0,30	199,38	23,31
Nudo 239	175,89	0,30	199,18	23,29
Nudo 240	175,77	0,30	199,06	23,29
Nudo 241	175,79	0,30	198,40	22,61
Nudo 242	175,82	0,30	197,97	22,15
Nudo 243	175,87	0,30	197,57	21,70
Nudo 244	175,92	0,30	197,29	21,37
Nudo 245	175,77	0,30	197,08	21,31
Nudo 246	176,87	0,30	195,10	18,23
Nudo 247	176,27	0,30	196,06	19,79
Nudo 248	176,77	0,30	194,87	18,10
Nudo 249	176,52	0,30	194,71	18,19
Nudo 250	177,17	0,30	194,74	17,57
Nudo 251	176,67	0,30	194,37	17,70
Nudo 252	176,92	0,30	194,38	17,46
Nudo 253	177,37	0,30	194,71	17,34
Nudo 254	177,37	0,15	194,62	17,25
Nudo 255	177,47	0,30	194,56	17,09
Nudo 256	177,97	0,30	194,78	16,81
Nudo 257	177,82	0,15	194,10	16,28

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 258	177,92	0,30	194,74	16,82
Nudo 259	178,12	0,30	194,04	15,92
Nudo 260	178,17	0,30	194,03	15,86
Nudo 261	178,52	0,30	194,85	16,33
Nudo 262	176,77	0,30	200,43	23,66
Nudo 263	176,77	0,30	199,98	23,21
Nudo 264	176,27	0,30	199,65	23,38
Nudo 265	176,27	0,30	199,46	23,19
Nudo 266	175,77	0,30	199,37	23,60
Nudo 267	175,77	0,30	199,32	23,55
Nudo 268	175,77	0,30	199,44	23,67
Nudo 269	175,77	0,15	198,96	23,19
Nudo 270	175,77	0,15	198,58	22,81
Nudo 271	175,57	0,15	198,13	22,56
Nudo 272	175,57	0,30	198,08	22,51
Nudo 273	175,77	0,30	197,54	21,77
Nudo 274	175,52	0,30	197,54	22,02
Nudo 276	175,77	0,30	197,05	21,28
Nudo 278	175,77	0,30	196,76	20,99
Nudo 279	175,77	0,30	196,55	20,78
Nudo 280	175,77	0,30	196,43	20,66
Nudo 281	176,07	0,30	195,51	19,44
Nudo 282	176,42	0,30	194,71	18,29
Nudo 283	176,77	0,30	194,10	17,33
Nudo 284	176,77	0,30	193,96	17,19
Nudo 285	176,77	0,30	193,89	17,12
Nudo 286	174,77	0,30	193,64	18,87
Nudo 287	174,92	0,30	193,45	18,53
Nudo 288	175,07	0,30	193,32	18,25
Nudo 289	175,17	0,30	193,23	18,06
Nudo 290	174,77	0,30	192,37	17,60
Nudo 291	174,57	0,30	193,03	18,46

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 292	173,77	0,30	192,32	18,55
Nudo 293	174,07	0,30	192,12	18,05
Nudo 294	174,37	0,30	192,06	17,69
Nudo 295	174,17	0,30	192,06	17,89
Nudo 296	174,07	0,30	192,09	18,02
Nudo 297	174,37	0,30	192,06	17,69
Nudo 298	174,42	0,30	192,09	17,67
Nudo 299	174,57	0,15	192,07	17,50
Nudo 300	174,27	0,30	192,03	17,76
Nudo 301	174,42	0,30	192,14	17,72
Nudo 302	174,32	0,30	192,01	17,69
Nudo 303	175,77	0,30	198,84	23,07
Nudo 304	175,77	0,30	198,26	22,49
Nudo 305	175,77	0,30	197,91	22,14
Nudo 306	175,77	0,30	197,67	21,90
Nudo 307	175,77	0,30	197,21	21,44
Nudo 308	175,89	0,30	197,15	21,26
Nudo 309	175,87	0,30	197,14	21,27
Nudo 310	175,87	0,30	196,37	20,50
Nudo 311	175,67	0,30	196,16	20,49
Nudo 312	175,97	0,30	196,00	20,03
Nudo 313	176,17	0,30	195,75	19,58
Nudo 314	176,27	0,30	195,43	19,16
Nudo 315	176,77	0,30	195,74	18,97
Nudo 316	176,77	0,30	193,96	17,19
Nudo 317	176,27	0,30	194,51	18,24
Nudo 318	177,27	0,30	193,81	16,54
Nudo 319	177,77	0,30	193,82	16,05
Nudo 320	175,77	0,30	196,92	21,15
Nudo 321	175,77	0,30	196,26	20,49
Nudo 322	175,17	0,30	196,01	20,84
Nudo 323	174,77	0,30	196,01	21,24

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 324	174,77	0,30	196,02	21,25
Nudo 325	174,52	0,30	195,75	21,23
Nudo 326	174,52	0,30	195,47	20,95
Nudo 327	175,02	0,30	195,95	20,93
Nudo 328	175,17	0,30	195,94	20,77
Nudo 329	175,12	0,30	195,94	20,82
Nudo 330	174,87	0,30	196,00	21,13
Nudo 331	174,92	0,30	195,38	20,46
Nudo 332	175,07	0,30	194,67	19,60
Nudo 333	175,22	0,30	194,42	19,20
Nudo 334	175,37	0,30	194,08	18,71
Nudo 335	175,52	0,30	193,94	18,42
Nudo 336	175,67	0,30	193,86	18,19
Nudo 337	176,37	0,30	193,82	17,45
Nudo 338	174,37	0,30	195,38	21,01
Nudo 339	174,87	0,30	195,32	20,45
Nudo 340	175,32	0,30	195,31	19,99
Nudo 341	175,27	0,30	194,04	18,77
Nudo 342	175,92	0,30	193,86	17,94
Nudo 343	176,77	0,30	193,82	17,05
Nudo 344	176,87	0,30	193,53	16,66
Nudo 345	176,82	0,30	193,43	16,61
Nudo 346	176,92	0,30	193,36	16,44
Nudo 347	176,77	0,30	193,81	17,04
Nudo 115	178,45	0,30	196,50	18,05
Nudo 225	182,33	0,30	194,73	12,40
Nudo 275	179,54	0,30	199,15	19,61
Nudo 348	176,57	0,30	199,74	23,17
Nudo 350	176,58	0,00	233,68	57,10
Nudo 351	178,01	0,00	244,55	66,54
Nudo 352	175,6	0,00	219,63	44,03
Nudo 353	177,96	0,00	247,31	69,35

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 354	177,82	0,00	248,64	70,82
Nudo 355	176,49	0,00	206,00	29,51
Nudo 356	175,81	0,00	218,44	42,63
Nudo 358	175,74	0,00	201,58	25,84
Nudo 361	174,77	0,30	192,47	17,70
Nudo 362	174,77	0,30	192,09	17,32
Nudo 363	173,77	0,30	192,02	18,25
Nudo 364	173,77	0,30	192,01	18,24
Nudo 365	173,77	0,30	192,03	18,26
Nudo 366	174,77	0,30	192,11	17,34
Nudo 367	174,47	0,30	192,20	17,73
Nudo 368	174,17	0,30	192,37	18,20
Nudo 369	176,77	0,30	193,86	17,09
Nudo 370	176,77	0,30	193,86	17,09
Nudo 371	178,02	0,30	193,65	15,63
Nudo 372	177,77	0,30	192,73	14,96
Nudo 373	176,77	0,30	192,55	15,78
Nudo 374	175,77	0,30	192,42	16,65
Nudo 375	174,77	0,30	192,87	18,10
Nudo 376	178,27	0,30	194,56	16,29
Nudo 377	177,47	0,15	194,53	17,06
Nudo 378	177,52	0,30	194,52	17,00
Nudo 379	178,27	0,30	194,27	16,00
Nudo 380	178,57	0,30	195,12	16,55
Nudo 381	178,02	0,30	193,91	15,89
Nudo 382	175,62	0,30	198,37	22,75
Nudo 383	181,01	0,30	197,28	16,27
Nudo 384	180,77	0,30	197,18	16,41
Nudo 385	182,78	0,30	196,03	13,25
Nudo 386	182,77	0,30	195,83	13,06
Nudo 387	182,78	0,30	195,91	13,13
Nudo 388	182,55	0,30	196,05	13,50

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 389	182,17	0,30	196,10	13,93
Nudo 390	181,77	0,30	196,22	14,45
Nudo 391	182,77	0,30	195,59	12,82
Nudo 392	183,77	0,30	193,94	10,17
Nudo 393	184,24	0,30	192,76	8,52
Nudo 394	183,97	0,30	192,53	8,56
Nudo 395	184,15	0,30	192,53	8,38
Nudo 396	184,08	0,30	192,49	8,41
Nudo 397	183,62	0,30	192,46	8,84
Nudo 398	183,38	0,30	192,44	9,06
Nudo 399	183,77	0,30	195,15	11,38
Nudo 400	183,20	0,30	195,39	12,19
Nudo 401	182,44	0,30	195,89	13,45
Nudo 402	184,15	0,30	193,67	9,52
Nudo 403	184,21	0,30	192,59	8,38
Nudo 404	184,84	0,30	193,26	8,42
Nudo 405	179,27	0,30	196,74	17,47
Nudo 406	179,27	0,30	197,92	18,65
Nudo 407	176,89	0,21	199,93	23,04
Nudo 408	177,94	0,21	199,26	21,32
Nudo 409	178,93	0,21	198,47	19,54
Nudo 410	180,88	0,30	197,93	17,05
Nudo 411	178,29	0,15	199,00	20,71
Nudo 412	177,99	0,30	199,38	21,39
Nudo 413	177,44	0,30	199,56	22,12
Nudo 414	177,88	0,30	199,45	21,57
Nudo 415	178,26	0,30	198,56	20,30
Nudo 416	178,21	0,30	199,82	21,61
Nudo 417	178,28	0,30	199,52	21,24
Nudo 418	178,42	0,15	198,51	20,09
Nudo 419	178,34	0,30	198,77	20,43
Nudo 420	179,75	0,30	198,30	18,55

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 421	179,52	0,30	196,81	17,29
Nudo 422	178,64	0,30	197,48	18,84
Nudo 423	178,58	0,30	197,35	18,77
Nudo 424	181,81	0,30	190,16	8,35
Nudo 425	182,01	0,30	190,12	8,11
Nudo 426	181,77	0,30	190,12	8,35
Nudo 427	179,77	0,30	190,14	10,37
Nudo 428	180,64	0,30	189,90	9,26
Nudo 429	181,66	0,30	189,80	8,14
Nudo 430	180,95	0,30	189,68	8,73
Nudo 432	181,95	0,30	193,60	11,65
Nudo 433	181,81	0,30	193,61	11,80
Nudo 434	180,52	0,30	191,93	11,41
Nudo 435	179,19	0,30	190,59	11,40
Nudo 437	181,04	0,30	192,54	11,50
Nudo 438	181,06	0,30	190,19	9,13
Nudo 439	181,08	0,30	190,18	9,10
Nudo 440	181,10	0,30	190,18	9,08
Nudo 441	179,85	0,30	190,30	10,45
Nudo 442	179,82	0,30	190,31	10,49
Nudo 443	179,75	0,30	190,31	10,56
Nudo 444	177,27	0,30	190,46	13,19
Nudo 445	178,04	0,30	190,37	12,33
Nudo 446	180,92	0,30	195,48	14,56
Nudo 447	181,12	0,30	190,16	9,04
Nudo 448	181,22	0,30	191,88	10,66
Nudo 449	180,74	0,30	192,08	11,34
Nudo 450	179,95	0,15	192,70	12,75
Nudo 451	178,85	0,30	192,65	13,80
Nudo 452	177,95	0,30	193,04	15,09
Nudo 453	178,03	0,30	194,78	16,75
Nudo 454	181,95	0,15	193,13	11,18

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 455	180,80	0,30	193,62	12,82
Nudo 456	180,61	0,30	194,86	14,25
Nudo 457	181,13	0,30	194,98	13,85
Nudo 458	176,88	0,30	191,70	14,82
Nudo 459	175,77	0,30	193,86	18,09
Nudo 460	174,77	0,30	194,12	19,35
Nudo 461	177,52	0,30	197,29	19,77
Nudo 462	176,79	0,21	199,49	22,70
Nudo 463	176,87	0,30	197,85	20,98
Nudo 464	177,07	0,30	197,14	20,07
Nudo 465	177,17	0,30	196,80	19,63
Nudo 466	177,47	0,30	198,03	20,56
Nudo 467	177,42	0,30	197,84	20,42
Nudo 468	177,37	0,30	196,98	19,61
Nudo 469	176,37	0,30	198,19	21,82
Nudo 471	178,77	0,30	196,44	17,67
Nudo 472	176,77	0,30	197,03	20,26
Nudo 473	175,77	0,21	198,72	22,95
Nudo 474	174,77	0,30	196,14	21,37
Nudo 475	175,52	0,30	194,67	19,15
Nudo 476	177,07	0,30	196,24	19,17
Nudo 477	176,87	0,30	195,86	18,99
Nudo 478	176,07	0,30	195,85	19,78
Nudo 479	175,97	0,30	195,89	19,92
Nudo 480	176,27	0,30	195,87	19,60
Nudo 481	176,07	0,30	195,86	19,79
Nudo 482	176,97	0,30	195,88	18,91
Nudo 483	176,27	0,30	195,84	19,57
Nudo 484	175,97	0,30	195,88	19,91
Nudo 485	177,07	0,30	195,99	18,92
Nudo 486	175,87	0,30	195,92	20,05
Nudo 487	175,97	0,30	195,87	19,90

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 488	175,97	0,30	195,90	19,93
Nudo 489	176,87	0,30	195,91	19,04
Nudo 490	177,17	0,30	196,47	19,30
Nudo 491	177,27	0,30	196,77	19,50
Nudo 492	177,27	0,30	196,51	19,24
Nudo 493	177,07	0,30	196,07	19,00
Nudo 494	176,87	0,30	193,34	16,47
Nudo 495	178,43	0,21	198,87	20,44
Nudo 496	179,77	0,30	198,44	18,67
Nudo 497	179,91	0,30	191,27	11,36
Nudo 498	173,77	0,30	195,10	21,33
Nudo 431	178,66	0,21	198,66	20,00
Nudo 499	178,39	0,30	198,53	20,14
Nudo 500	177,19	0,30	199,86	22,67
Nudo 501	180,81	0,30	197,91	17,10
Nudo 502	181,40	0,30	197,80	16,40
Nudo 503	181,22	0,30	197,79	16,57
Nudo 504	182,01	0,30	197,73	15,72
Nudo 505	181,75	0,30	197,63	15,88
Nudo 506	182,46	0,30	195,13	12,67
Nudo 507	179,73	0,30	192,66	12,93
Nudo 508	181,39	0,30	191,96	10,57
Nudo 509	181,32	0,15	192,89	11,57
Nudo 510	184,77	0,30	193,58	8,81
Nudo 511	181,72	0,30	196,71	14,99
Nudo 512	184,17	0,30	192,51	8,34
Nudo 513	175,87	0,30	200,15	24,28
Nudo 514	181,70	0,30	196,64	14,94
Nudo 515	175,27	0,30	197,31	22,04
Nudo 516	175,42	0,30	197,65	22,23
Nudo 517	174,17	0,30	192,01	17,84
Nudo 518	174,47	0,30	192,04	17,57

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 519	181,13	0,30	191,39	10,26
Nudo 520	181,16	0,30	191,53	10,37
Nudo 521	179,80	0,30	191,22	11,42
Nudo 522	176,27	0,30	191,11	14,84
Nudo 523	177,52	0,30	192,41	14,89
Nudo 524	178,83	0,30	190,38	11,55
Nudo 525	180,21	0,15	196,70	16,49
Nudo 526	181,65	0,30	195,54	13,89
Nudo 527	176,97	0,30	195,88	18,91
Nudo 528	176,37	0,30	195,93	19,56
Nudo 529	176,37	0,30	195,90	19,53
Nudo 530	177,47	0,30	197,34	19,87
Nudo 531	177,77	0,30	197,45	19,68
Nudo 532	180,02	0,30	198,34	18,32
Nudo 533	179,58	0,30	198,34	18,76
Nudo 470	174,95	0,00	201,34	26,39
Nudo 534	176,77	0,00	200,99	24,22
Nudo 535	175,77	0,30	199,77	24,00
Nudo 536	175,77	0,00	198,74	22,97
Nudo 537	175,77	0,00	198,17	22,40
Nudo 538	175,77	0,00	197,72	21,95
Nudo 539	175,77	0,00	196,56	20,79
Nudo 540	175,77	0,00	196,40	20,63
Nudo 541	175,17	0,00	196,20	21,03
Nudo 542	174,77	0,00	196,09	21,32
Nudo 545	174,77	0,30	192,59	17,82
Nudo 546	174,52	0,00	195,70	21,18
Nudo 547	173,77	0,00	195,09	21,32
Nudo 548	175,57	0,00	201,26	25,69
Nudo 549	179,37	0,00	200,57	21,20
Nudo 550	179,77	0,00	200,36	20,59
Nudo 551	180,37	0,00	199,79	19,42

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 552	180,77	0,00	199,40	18,63
Nudo 553	180,77	0,00	199,15	18,38
Nudo 554	181,52	0,00	197,70	16,18
Nudo 555	181,77	0,00	196,10	14,33
Nudo 556	181,77	0,00	196,99	15,22
Nudo 557	178,77	0,00	200,90	22,13
Nudo 558	178,15	0,30	198,54	20,39
Nudo 543	178,27	0,30	192,72	14,45
Nudo 544	179,51	0,00	199,13	19,62
Nudo 559	179,80	0,00	198,73	18,93
Nudo 560	180,16	0,00	198,19	18,03
Nudo 561	180,23	0,30	198,08	17,85
Nudo 562	180,33	0,00	197,87	17,54
Nudo 563	180,48	0,00	197,64	17,16
Nudo 564	180,66	0,00	197,42	16,76
Nudo 565	180,38	0,00	197,22	16,84
Nudo 566	180,91	0,00	196,75	15,84
Nudo 567	180,84	0,15	195,23	14,39
Nudo 568	181,61	0,15	194,27	12,66
Nudo 569	181,83	0,00	193,85	12,02
Nudo 572	176,77	0,00	200,93	24,16
Nudo 573	176,79	0,00	200,82	24,03
Nudo 574	176,69	0,00	200,70	24,01
Nudo 576	176,57	0,00	200,62	24,05
Nudo 589	179,56	0,30	198,02	18,46
Nudo 590	175,57	0,30	201,30	25,73
Nudo 591	176,27	0,30	200,93	24,66
Nudo 592	176,09	0,30	200,65	24,56
Nudo 593	175,87	0,30	200,21	24,34
Nudo 595	181,77	0,30	195,31	13,54
Nudo 597	181,77	0,00	196,33	14,56
Nudo 598	181,52	0,00	197,27	15,75

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 599	180,77	0,00	199,29	18,52
Nudo 596	174,42	0,30	193,43	19,01
Nudo 600	179,25	0,30	197,89	18,64
Nudo 601	180,28	0,30	197,44	17,16
Nudo 602	180,53	0,30	197,06	16,53
Nudo 603	180,42	0,30	196,66	16,24
Nudo 605	175,02	0,30	196,60	21,58
Nudo 607	176,07	0,30	194,42	18,35
Nudo 608	176,17	0,30	194,70	18,53
Nudo 609	175,97	0,30	194,30	18,33
Nudo 610	175,77	0,30	194,20	18,43
Nudo 611	175,62	0,30	194,35	18,73
Nudo 612	176,17	0,30	194,36	18,19
Nudo 613	176,47	0,30	193,89	17,42
Nudo 614	176,57	0,15	195,45	18,88
Nudo 615	176,37	0,30	194,94	18,57
Nudo 606	175,17	0,30	199,31	24,14
Nudo 616	175,77	0,21	198,76	22,99
Nudo 622	176,77	0,30	195,87	19,10
Nudo 623	176,77	0,30	195,87	19,10
Nudo 624	176,22	0,30	195,78	19,56
Nudo 625	180,77	0,30	198,29	17,52
Nudo 626	176,09	0,21	199,52	23,43
Nudo 627	176,40	0,30	199,17	22,77
Nudo 628	179,22	0,30	198,54	19,32
Nudo 629	175,87	0,30	199,99	24,12
Nudo 630	179,28	0,30	198,48	19,20
Nudo 631	179,18	0,30	198,88	19,70
Nudo 632	179,20	0,30	198,67	19,47
Nudo 633	179,23	0,30	199,03	19,80
Nudo 634	179,24	0,30	198,86	19,62
Nudo 635	179,28	0,30	198,66	19,38

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 636	177,64	0,30	199,21	21,57
Nudo 637	177,22	0,30	198,97	21,75
Nudo 638	176,98	0,30	198,78	21,80
Nudo 639	179,63	0,30	197,54	17,91
Nudo 640	179,58	0,30	197,39	17,81
Nudo 641	178,77	0,30	200,89	22,12
Nudo 643	180,01	0,00	198,46	18,45
Nudo 644	178,77	0,00	200,80	22,03
Nudo 645	177,02	0,30	198,86	21,84
Nudo 649	179,79	0,30	198,02	18,23
Nudo 648	176,77	0,30	200,99	24,22
Nudo 653	179,29	0,30	198,28	18,99
Nudo 654	180,31	0,15	193,17	12,86
Nudo 655	178,92	0,30	198,32	19,40
Nudo 656	178,70	0,30	198,32	19,62
Nudo 657	178,45	0,30	198,50	20,05
Nudo 658	178,55	0,30	198,79	20,24
Nudo 659	178,22	0,30	198,65	20,43
Nudo 604	178,27	0,30	194,02	15,75
Nudo 660	179,32	0,30	198,10	18,78
Nudo 661	173,77	0,30	192,53	18,76
Nudo 662	174,27	0,30	192,74	18,47
Nudo 663	174,77	0,30	192,89	18,12
Nudo 664	174,27	0,30	192,50	18,23
Nudo 665	174,52	0,30	192,72	18,20
Nudo 666	175,57	0,00	201,34	25,77
Nudo 667	182,83	0,30	195,28	12,45
Nudo 668	183,18	0,30	195,25	12,07
Nudo 669	182,62	0,30	195,55	12,93
Nudo 670	182,34	0,30	195,56	13,22
Nudo 671	176,89	0,00	199,93	23,04
Nudo 672	179,77	0,00	198,44	18,67

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Nudo 673	176,77	0,00	200,99	24,22
Nudo 570	181,28	0,00	198,49	17,21
Nudo 571	175,82	0,00	198,36	22,54
Nudo 575	175,78	0,00	199,15	23,37
Nudo 577	179,17	0,00	199,55	20,38
Nudo 578	179,14	0,00	199,24	20,10
Nudo 579	178,18	0,00	200,59	22,41
Nudo 580	178,77	0,00	200,87	22,10
Nudo 581	178,79	0,00	200,83	22,04
Nudo 582	179,44	0,00	200,41	20,97
Nudo 583	179,43	0,00	200,25	20,82
Nudo 587	180,21	0,15	196,11	15,90
Nudo 588	181,63	0,15	195,22	13,59
Nudo 594	182,30	0,15	194,89	12,59
Nudo 617	182,41	0,15	194,26	11,85
Nudo 618	180,31	0,15	194,79	14,48
Nudo 619	181,95	0,15	194,80	12,85
Nudo 620	179,95	0,15	192,30	12,35
Nudo 621	181,32	0,15	192,37	11,05
Nudo 642	175,57	0,15	197,90	22,33
Nudo 674	175,77	0,15	198,78	23,01
Nudo 675	175,77	0,15	198,22	22,45
Nudo 676	174,57	0,00	192,05	17,48
Nudo 677	177,47	0,15	194,62	17,15
Nudo 678	177,37	0,15	194,18	16,81
Nudo 679	177,82	0,15	194,76	16,94
Nudo 680	176,57	0,15	195,76	19,19
Nudo 681	178,42	0,15	198,40	19,98
Nudo 682	178,29	0,15	198,53	20,24
Nudo 683	181,25	0,15	195,69	14,44
Nudo 584	180,38	0,00	195,64	15,26
Embalse 6	75	0,00	75,00	0,00

ID Nudo	Cota [m]	Demanda [L/s]	Altura [m]	Presión [m]
Embalse 277	105	0,00	105,00	0,00
Embalse 349	64,16	0,00	64,16	0,00
Embalse 357	151,70	-59,95	151,70	0,00
Embalse 359	151,70	-56,88	151,70	0,00
Embalse 360	151,70	-58,01	151,70	0,00

Estado de las Líneas de la Red a las 10:00 Horas

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 2	32,06	70,6	150	2,71	0,69	7,10
Tubería 3	14,63	131,8	150	0,00	0,00	0,00
Tubería 4	53,81	70,6	150	-0,03	0,01	0,00
Tubería 5	93,05	70,6	150	0,57	0,15	0,40
Tubería 7	176,15	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 8	79,18	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 9	85,98	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 10	248,11	70,6	150	-1,77	0,45	3,23
Tubería 11	125,74	70,6	150	2,11	0,54	4,48
Tubería 12	153,01	70,6	150	1,99	0,51	4,01
Tubería 14	117,31	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 15	66,95	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 16	219,88	70,6	150	2,80	0,71	7,52
Tubería 17	228,03	70,6	150	2,50	0,64	6,09
Tubería 18	256,75	70,6	150	2,20	0,56	4,81
Tubería 19	84,18	70,6	150	1,81	0,46	3,37
Tubería 20	239,61	70,6	150	2,38	0,61	5,59
Tubería 22	263,83	70,6	150	2,08	0,53	4,36
Tubería 23	134,24	70,6	150	1,90	0,48	3,66
Tubería 24	54,86	70,6	150	3,68	0,94	12,49
Tubería 25	47,09	70,6	150	2,43	0,62	5,81
Tubería 26	27,27	70,6	150	3,38	0,86	10,67
Tubería 27	35,32	70,6	150	1,83	0,47	3,43
Tubería 28	59,32	70,6	150	1,23	0,31	1,65
Tubería 29	167,20	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 30	170,84	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 31	47,95	70,6	150	0,03	0,01	0,00
Tubería 32	168,76	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 34	221,10	70,6	150	1,06	0,27	1,25
Tubería 35	117,07	70,6	150	2,67	0,68	6,91

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 36	114,85	70,6	150	2,37	0,61	5,55
Tubería 37	266,17	70,6	150	-1,91	0,49	3,71
Tubería 38	160,66	70,6	150	-2,21	0,56	4,86
Tubería 39	153,39	70,6	150	-2,51	0,64	6,15
Tubería 40	110,83	70,6	150	1,77	0,45	3,23
Tubería 41	110,05	70,6	150	1,61	0,41	2,69
Tubería 42	101,45	70,6	150	1,37	0,35	2,00
Tubería 43	52,57	70,6	150	1,92	0,49	3,76
Tubería 44	140,68	70,6	150	2,35	0,60	5,44
Tubería 45	45,37	70,6	150	1,75	0,45	3,15
Tubería 46	48,62	70,6	150	1,32	0,34	1,88
Tubería 47	192,15	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 48	134,85	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 49	135,05	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 50	158,89	70,6	150	0,77	0,20	0,70
Tubería 51	168,48	70,6	150	-0,14	0,03	0,03
Tubería 52	116,00	70,6	150	-1,40	0,36	2,08
Tubería 53	206,79	70,6	150	0,96	0,25	1,04
Tubería 56	209,44	70,6	150	0,66	0,17	0,51
Tubería 58	27,25	70,6	150	0,55	0,14	0,37
Tubería 59	149,51	70,6	150	-0,92	0,24	0,97
Tubería 60	159,65	70,6	150	-1,22	0,31	1,63
Tubería 61	157,37	70,6	150	-1,52	0,39	2,44
Tubería 62	106,62	70,6	150	-1,82	0,47	3,41
Tubería 63	86,83	70,6	150	-2,44	0,62	5,85
Tubería 142	289,42	84,6	150	1,71	0,30	1,26
Tubería 143	202,51	70,6	150	1,71	0,44	3,03
Tubería 144	292,52	70,6	150	1,41	0,36	2,12
Tubería 145	137,68	70,6	150	1,11	0,28	1,36
Tubería 146	199,86	70,6	150	0,79	0,20	0,72
Tubería 150	67,59	70,6	150	0,47	0,12	0,27
Tubería 151	307,72	70,6	150	-0,13	0,03	0,03

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 152	51,11	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 153	84,79	70,6	150	-2,08	0,53	4,34
Tubería 154	182,87	70,6	150	-2,90	0,74	8,04
Tubería 155	203,48	70,6	150	-0,82	0,21	0,78
Tubería 158	99,93	70,6	150	-2,40	0,61	5,67
Tubería 159	131,51	70,6	150	-1,58	0,40	2,63
Tubería 160	95,91	70,6	150	-0,58	0,15	0,41
Tubería 161	99,40	70,6	150	-0,02	0,00	0,00
Tubería 162	44,08	70,6	150	-0,88	0,23	0,89
Tubería 163	215,42	70,6	150	0,57	0,14	0,39
Tubería 164	177,58	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 165	18,90	70,6	150	0,83	0,21	0,80
Tubería 166	52,15	70,6	150	2,15	0,55	4,63
Tubería 169	61,40	70,6	150	1,25	0,32	1,70
Tubería 170	27,35	70,6	150	2,20	0,56	4,84
Tubería 171	136,92	70,6	150	1,60	0,41	2,69
Tubería 172	150,73	70,6	150	1,53	0,39	2,47
Tubería 173	70,02	70,6	150	0,93	0,24	0,98
Tubería 174	64,28	70,6	150	0,33	0,08	0,15
Tubería 175	45,12	70,6	150	0,88	0,23	0,89
Tubería 176	111,69	70,6	150	-0,85	0,22	0,83
Tubería 177	225,62	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 178	162,01	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 179	81,36	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 180	120,88	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 181	110,98	70,6	150	-1,62	0,41	2,73
Tubería 182	100,20	70,6	150	0,00	0,00	0,00
Tubería 183	15,89	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 184	107,66	70,6	150	-0,60	0,15	0,44
Tubería 185	99,75	70,6	150	-0,75	0,19	0,66
Tubería 186	48,17	70,6	150	1,66	0,42	2,87
Tubería 187	212,18	70,6	150	1,13	0,29	1,41

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 188	81,56	70,6	150	0,83	0,21	0,80
Tubería 189	113,43	70,6	150	-0,23	0,06	0,07
Tubería 190	96,95	70,6	150	-1,25	0,32	1,70
Tubería 191	70,50	70,6	150	1,40	0,36	2,10
Tubería 192	94,46	70,6	150	-2,71	0,69	7,11
Tubería 193	58,93	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 194	114,72	70,6	150	-0,17	0,04	0,04
Tubería 195	73,16	70,6	150	-1,94	0,49	3,81
Tubería 196	78,99	70,6	150	2,24	0,57	4,98
Tubería 197	131,36	70,6	150	2,54	0,65	6,28
Tubería 198	239,87	70,6	150	1,05	0,27	1,24
Tubería 200	120,62	70,6	150	1,81	0,46	3,35
Tubería 201	149,47	70,6	150	2,68	0,69	6,97
Tubería 202	-48,17	70,6	150	1,15	0,29	1,44
Tubería 203	135,59	70,6	150	1,24	0,32	1,66
Tubería 204	148,61	70,6	150	1,97	0,50	3,93
Tubería 205	144,00	70,6	150	1,67	0,43	2,90
Tubería 206	229,05	70,6	150	1,37	0,35	2,01
Tubería 207	214,76	70,6	150	1,59	0,41	2,64
Tubería 208	232,72	70,6	150	0,70	0,18	0,58
Tubería 209	59,02	70,6	150	1,42	0,36	2,15
Tubería 210	208,72	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 211	209,32	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 212	71,84	70,6	150	0,90	0,23	0,93
Tubería 213	65,17	70,6	150	2,00	0,51	4,05
Tubería 214	41,80	70,6	150	1,70	0,43	3,00
Tubería 215	100,05	70,6	150	1,23	0,31	1,65
Tubería 216	153,55	70,6	150	0,46	0,12	0,26
Tubería 217	160,97	70,6	150	0,17	0,04	0,04
Tubería 220	188,71	70,6	150	-0,05	0,02	0,01
Tubería 221	205,12	70,6	150	-0,36	0,09	0,17
Tubería 222	225,77	70,6	150	0,15	0,04	0,03

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 223	211,71	70,6	150	-0,15	0,04	0,03
Tubería 224	230,15	70,6	150	1,15	0,29	1,44
Tubería 225	208,23	70,6	150	0,85	0,22	0,82
Tubería 226	85,10	70,6	150	2,27	0,58	5,10
Tubería 227	299,11	70,6	150	1,97	0,50	3,92
Tubería 228	172,86	70,6	150	1,67	0,43	2,89
Tubería 229	101,91	70,6	150	1,37	0,35	2,00
Tubería 230	229,68	70,6	150	1,07	0,27	1,26
Tubería 231	201,83	70,6	150	0,77	0,20	0,69
Tubería 232	212,60	84,6	150	3,29	0,59	4,21
Tubería 233	176,46	84,6	150	2,99	0,53	3,53
Tubería 234	154,99	70,6	150	-3,01	0,77	8,63
Tubería 235	151,65	70,6	150	3,31	0,85	10,29
Tubería 237	171,40	70,6	150	0,99	0,25	1,11
Tubería 81	158,00	70,6	150	-1,52	0,39	2,44
Tubería 82	129,40	70,6	150	-2,72	0,70	7,17
Tubería 83	116,67	70,6	150	-1,18	0,30	1,52
Tubería 84	77,54	70,6	150	0,74	0,19	0,64
Tubería 85	193,63	70,6	150	1,67	0,43	2,89
Tubería 86	186,26	70,6	150	1,37	0,35	2,00
Tubería 87	240,81	70,6	150	1,15	0,29	1,46
Tubería 88	226,63	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 89	242,98	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 90	185,46	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 91	59,69	70,6	150	2,40	0,61	5,67
Tubería 92	43,31	70,6	150	2,10	0,54	4,43
Tubería 93	214,99	70,6	150	1,80	0,46	3,33
Tubería 94	188,92	70,6	150	1,50	0,38	2,37
Tubería 95	184,98	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 96	124,90	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 97	38,28	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 98	274,91	70,6	150	0,30	0,08	0,12

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 99	194,56	70,6	150	1,62	0,41	2,73
Tubería 100	227,60	70,6	150	1,32	0,34	1,87
Tubería 101	248,66	70,6	150	1,02	0,26	1,16
Tubería 102	204,04	70,6	150	-0,08	0,02	0,01
Tubería 103	133,12	70,6	150	-1,83	0,47	3,43
Tubería 104	48,87	70,6	150	-2,43	0,62	5,80
Tubería 105	279,09	70,6	150	1,44	0,37	2,21
Tubería 106	176,37	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 107	172,58	70,6	150	-2,04	0,52	4,21
Tubería 108	161,00	70,6	150	-2,34	0,60	5,43
Tubería 109	102,69	70,6	150	-3,01	0,77	8,60
Tubería 110	127,38	70,6	150	0,29	0,07	0,11
Tubería 111	134,54	70,6	150	-0,01	0,00	0,00
Tubería 112	118,09	70,6	150	-0,91	0,23	0,95
Tubería 113	43,58	70,6	150	-3,31	0,85	10,31
Tubería 116	143,21	70,6	150	2,10	0,54	4,43
Tubería 117	131,01	70,6	150	1,80	0,46	3,33
Tubería 118	83,08	70,6	150	0,52	0,13	0,33
Tubería 119	172,81	70,6	150	1,17	0,30	1,49
Tubería 120	153,98	70,6	150	0,87	0,22	0,86
Tubería 122	113,02	70,6	150	1,14	0,29	1,43
Tubería 123	167,43	70,6	150	2,30	0,59	5,25
Tubería 124	102,58	70,6	150	0,86	0,22	0,85
Tubería 125	110,81	70,6	150	-0,27	0,07	0,10
Tubería 126	113,26	70,6	150	1,14	0,29	1,43
Tubería 127	167,88	70,6	150	0,83	0,21	0,80
Tubería 128	149,82	70,6	150	1,37	0,35	2,02
Tubería 129	206,53	70,6	150	-0,95	0,24	1,02
Tubería 130	110,23	70,6	150	-1,40	0,36	2,10
Tubería 131	185,71	70,6	150	-3,04	0,78	8,76
Tubería 132	99,94	70,6	150	2,81	0,72	7,61
Tubería 133	43,45	70,6	150	1,16	0,30	1,46

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 134	78,24	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 135	106,73	70,6	150	0,15	0,04	0,04
Tubería 136	109,75	70,6	150	1,33	0,34	1,91
Tubería 137	115,85	70,6	150	0,43	0,11	0,24
Tubería 139	85,26	70,6	150	1,21	0,31	1,60
Tubería 140	160,20	70,6	150	1,30	0,33	1,82
Tubería 141	28,40	70,6	150	-0,01	0,00	0,00
Tubería 147	88,25	70,6	150	0,69	0,18	0,56
Tubería 148	65,84	70,6	150	-1,00	0,26	1,12
Tubería 149	66,05	70,6	150	0,39	0,10	0,19
Tubería 199	191,68	70,6	150	0,18	0,05	0,05
Tubería 219	138,64	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 238	110,71	70,6	150	-0,42	0,11	0,22
Tubería 239	78,35	70,6	150	-1,02	0,26	1,16
Tubería 240	156,81	70,6	150	-1,62	0,41	2,74
Tubería 242	138,34	70,6	150	1,76	0,45	3,18
Tubería 243	123,18	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 244	167,37	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 245	157,43	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 246	32,14	70,6	150	1,39	0,36	2,07
Tubería 1	64,01	70,6	150	1,09	0,28	1,32
Tubería 54	66,40	70,6	150	2,69	0,69	7,00
Tubería 55	136,76	70,6	150	0,75	0,19	0,66
Tubería 57	76,92	70,6	150	-0,91	0,23	0,94
Tubería 64	172,76	70,6	150	-1,21	0,31	1,60
Tubería 65	77,69	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 66	75,20	70,6	150	-1,81	0,46	3,37
Tubería 67	118,73	70,6	150	-2,22	0,57	4,91
Tubería 68	15,86	70,6	150	3,45	0,88	11,09
Tubería 69	124,82	70,6	150	0,32	0,08	0,13
Tubería 70	115,87	70,6	150	0,02	0,00	0,00
Tubería 71	148,72	70,6	150	-0,28	0,07	0,11

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 72	169,47	70,6	150	-0,58	0,15	0,41
Tubería 73	91,10	70,6	150	1,72	0,44	3,05
Tubería 75	86,42	70,6	150	0,82	0,21	0,77
Tubería 77	98,64	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 78	133,76	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 79	146,92	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 80	80,79	70,6	150	0,22	0,06	0,07
Tubería 138	123,34	70,6	150	2,00	0,51	4,05
Tubería 241	119,47	70,6	150	1,70	0,43	2,99
Tubería 247	173,83	70,6	150	1,40	0,36	2,09
Tubería 248	152,08	70,6	150	1,10	0,28	1,34
Tubería 249	168,07	70,6	150	0,80	0,20	0,74
Tubería 250	111,70	70,6	150	2,45	0,63	5,91
Tubería 251	91,98	70,6	150	2,15	0,55	4,64
Tubería 252	114,24	70,6	150	1,85	0,47	3,52
Tubería 253	108,82	70,6	150	1,55	0,40	2,54
Tubería 254	123,13	70,6	150	1,25	0,32	1,71
Tubería 255	130,39	84,6	150	4,59	0,82	7,79
Tubería 257	57,35	70,6	150	2,55	0,65	6,32
Tubería 258	108,40	70,6	150	0,45	0,11	0,25
Tubería 259	127,28	70,6	150	1,29	0,33	1,80
Tubería 260	152,79	70,6	150	0,99	0,25	1,10
Tubería 261	108,72	70,6	150	1,80	0,46	3,33
Tubería 262	90,24	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 263	104,87	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 264	89,27	70,6	150	0,75	0,19	0,66
Tubería 265	124,47	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 266	99,79	70,6	150	-0,75	0,19	0,66
Tubería 267	70,23	70,6	150	1,05	0,27	1,23
Tubería 268	79,39	70,6	150	0,45	0,11	0,26
Tubería 269	112,29	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 270	58,78	70,6	150	0,90	0,23	0,92

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 271	24,15	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 272	69,25	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 273	117,78	70,6	150	2,11	0,54	4,48
Tubería 274	134,06	70,6	150	1,51	0,39	2,41
Tubería 275	132,96	70,6	150	1,81	0,46	3,37
Tubería 276	118,58	70,6	150	1,21	0,31	1,60
Tubería 277	103,33	70,6	150	0,91	0,23	0,95
Tubería 278	67,23	70,6	150	1,95	0,50	3,88
Tubería 279	113,19	70,6	150	0,61	0,16	0,45
Tubería 280	20,14	84,6	150	3,96	0,71	5,95
Tubería 281	100,05	70,6	150	2,32	0,59	5,33
Tubería 282	119,57	70,6	150	2,17	0,55	4,71
Tubería 283	164,30	70,6	150	2,02	0,52	4,13
Tubería 284	127,39	70,6	150	1,86	0,47	3,52
Tubería 285	119,89	70,6	150	-0,14	0,04	0,03
Tubería 286	151,05	70,6	150	1,50	0,38	2,37
Tubería 287	61,30	70,6	150	1,65	0,42	2,83
Tubería 288	137,70	70,6	150	1,86	0,48	3,54
Tubería 289	114,59	70,6	150	1,56	0,40	2,56
Tubería 290	119,89	70,6	150	1,26	0,32	1,72
Tubería 291	120,03	70,6	150	0,96	0,25	1,04
Tubería 292	141,55	70,6	150	2,58	-0,66	6,50
Tubería 293	153,87	70,6	150	2,28	0,58	5,17
Tubería 294	154,38	70,6	150	1,98	0,51	3,98
Tubería 295	132,56	70,6	150	0,98	0,25	1,07
Tubería 296	118,35	70,6	150	0,68	0,17	0,54
Tubería 297	246,23	70,6	150	3,49	0,89	11,34
Tubería 298	116,33	70,6	150	1,21	0,31	1,61
Tubería 299	136,88	70,6	150	0,91	0,23	0,95
Tubería 300	190,17	70,6	150	0,61	0,16	0,46
Tubería 302	153,41	70,6	150	1,97	0,50	3,95
Tubería 303	245,80	70,6	150	1,67	0,43	2,91

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 304	97,12	70,6	150	1,37	0,35	2,02
Tubería 305	69,80	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 306	141,29	70,6	150	-0,02	0,00	0,00
Tubería 307	82,51	70,6	150	0,68	0,17	0,54
Tubería 309	213,77	70,6	150	0,47	0,12	0,28
Tubería 310	40,36	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 311	231,30	70,6	150	0,29	0,07	0,11
Tubería 312	220,71	70,6	150	0,39	0,10	0,20
Tubería 313	83,50	70,6	150	0,39	0,10	0,20
Tubería 314	135,21	70,6	150	2,10	0,54	4,43
Tubería 315	174,51	70,6	150	1,80	0,46	3,33
Tubería 316	145,29	70,6	150	1,50	0,38	2,38
Tubería 317	153,62	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 318	54,48	70,6	150	2,98	0,76	8,46
Tubería 319	216,63	70,6	150	2,05	0,52	4,25
Tubería 320	171,69	70,6	150	1,75	0,45	3,17
Tubería 322	90,38	70,6	150	-0,17	0,04	0,04
Tubería 323	207,15	70,6	150	1,18	0,30	1,53
Tubería 324	131,98	70,6	150	3,23	0,83	9,85
Tubería 325	174,74	70,6	150	1,40	0,36	2,10
Tubería 326	185,52	70,6	150	1,10	0,28	1,35
Tubería 327	217,98	70,6	150	1,17	0,30	1,50
Tubería 328	84,50	70,6	150	1,53	0,39	2,46
Tubería 329	125,01	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 330	141,92	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 331	65,59	70,6	150	2,08	0,53	4,35
Tubería 332	204,49	70,6	150	1,78	0,45	3,26
Tubería 333	105,47	70,6	150	1,48	0,38	2,31
Tubería 334	49,36	70,6	150	0,28	0,07	0,11
Tubería 335	50,18	70,6	150	2,37	0,61	5,55
Tubería 336	70,73	70,6	150	-0,32	0,08	0,14
Tubería 337	39,14	70,6	150	2,67	0,68	6,92

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 338	67,76	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 339	105,38	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 340	77,04	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 341	71,00	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 342	84,57	70,6	150	2,81	0,72	7,57
Tubería 343	114,52	70,6	150	2,51	0,64	6,14
Tubería 344	53,23	70,6	150	2,21	0,56	4,85
Tubería 345	91,53	70,6	150	1,91	0,49	3,70
Tubería 346	123,15	70,6	150	1,01	0,26	1,14
Tubería 347	123,68	70,6	150	0,71	0,18	0,59
Tubería 348	152,12	70,6	150	0,47	0,12	0,28
Tubería 349	143,66	70,6	150	0,17	0,04	0,04
Tubería 350	100,81	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 351	115,93	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 352	99,06	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 353	80,63	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 354	235,98	70,6	150	0,81	0,21	0,75
Tubería 355	167,71	70,6	150	0,44	0,11	0,25
Tubería 356	138,48	70,6	150	0,14	0,04	0,03
Tubería 357	85,57	70,6	150	-0,07	0,02	0,01
Tubería 358	65,67	70,6	150	1,45	0,37	2,24
Tubería 359	112,52	70,6	150	-0,05	0,01	0,00
Tubería 360	177,76	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 361	118,37	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 362	145,62	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 74	76,47	70,6	150	1,85	0,47	3,51
Tubería 76	174,45	70,6	150	-1,73	0,44	3,11
Tubería 157	121,22	70,6	150	-1,95	0,50	3,86
Tubería 167	98,96	70,6	150	-2,25	0,57	5,03
Tubería 168	190,44	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 321	217,74	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 363	254,06	70,6	150	0,30	0,08	0,12

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 33	112,25	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 114	151,81	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 115	130,57	70,6	150	1,36	0,35	1,98
Tubería 366	2479	361,2	150	174,84	1,71	5,66
Tubería 367	1915	361,2	150	174,84	1,71	5,68
Tubería 368	584	321	150	114,89	1,42	4,73
Tubería 369	582	285	150	56,88	0,89	2,28
Tubería 370	192	361,2	150	174,84	1,71	6,23
Tubería 374	765,57	361,2	150	174,84	1,71	5,77
Tubería 376	2194	361,2	150	174,84	1,71	5,67
Tubería 365	259,86	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 379	217,74	70,6	150	-0,02	0,01	0,00
Tubería 381	249,59	70,6	150	-0,57	0,15	0,39
Tubería 382	275,26	70,6	150	-0,87	0,22	0,86
Tubería 383	164,94	70,6	150	-0,27	0,07	0,10
Tubería 384	98,45	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 380	116,49	70,6	150	1,65	0,42	2,85
Tubería 386	303,27	70,6	150	1,05	0,27	1,23
Tubería 387	286,38	70,6	150	0,46	0,12	0,27
Tubería 388	95,20	70,6	150	0,16	0,04	0,04
Tubería 389	82,08	70,6	150	0,36	0,09	0,17
Tubería 390	220,85	70,6	150	0,57	0,15	0,39
Tubería 391	97,33	70,6	150	0,87	0,22	0,86
Tubería 392	115,67	70,6	150	1,17	0,30	1,50
Tubería 393	84,62	84,6	150	-3,21	0,57	4,03
Tubería 394	259,47	84,6	150	-2,90	0,52	3,33
Tubería 396	261,14	84,6	150	-3,85	0,69	5,64
Tubería 397	437,22	84,6	150	-2,28	0,41	2,14
Tubería 399	272,80	84,6	150	4,05	0,72	6,20
Tubería 401	325,41	70,6	150	-1,63	0,42	2,78
Tubería 402	118,16	84,6	150	-3,34	0,59	4,34
Tubería 403	117,70	103,6	150	-6,09	0,72	4,91

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 404	202,88	103,6	150	-7,49	0,89	7,21
Tubería 405	276,50	150,6	150	+11,03	0,62	2,39
Tubería 406	172,47	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 407	290,43	70,6	150	-0,33	0,08	0,15
Tubería 408	545,72	70,6	150	-0,63	0,16	0,48
Tubería 409	251,34	70,6	150	0,51	0,13	0,32
Tubería 410	245,47	70,6	150	1,17	0,30	1,50
Tubería 411	437,21	70,6	150	1,44	0,37	2,20
Tubería 412	125,94	70,6	150	3,33	0,85	10,37
Tubería 413	95,79	70,6	150	1,85	0,47	3,51
Tubería 414	137,70	70,6	150	1,10	0,28	1,35
Tubería 415	535,42	70,6	150	-1,26	0,32	1,71
Tubería 416	301,93	70,6	150	-0,88	0,23	0,89
Tubería 417	235,47	70,6	150	-1,18	0,30	1,53
Tubería 418	123,07	70,6	150	-1,48	0,38	2,32
Tubería 420	294,74	84,6	150	-3,40	0,60	4,47
Tubería 421	185,73	84,6	150	-1,98	0,35	1,65
Tubería 422	552,33	84,6	150	-2,28	0,41	2,14
Tubería 423	192,33	84,6	150	-2,58	0,46	2,69
Tubería 424	287,85	84,6	150	3,36	0,60	4,39
Tubería 425	192,70	84,6	150	3,61	0,64	4,99
Tubería 426	164,56	84,6	150	2,40	0,43	2,34
Tubería 427	72,95	84,6	150	2,88	0,51	3,29
Tubería 428	165,51	84,6	150	2,58	0,46	2,69
Tubería 429	297,33	84,6	150	3,22	0,57	4,05
Tubería 431	297,17	70,6	150	1,24	0,32	1,66
Tubería 432	228,62	70,6	150	0,94	0,24	0,99
Tubería 433	178,41	70,6	150	0,60	0,15	0,44
Tubería 434	145,71	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 435	148,50	70,6	150	1,07	0,27	1,28
Tubería 436	95,37	70,6	150	1,08	0,28	1,30
Tubería 437	110,92	70,6	150	-0,78	0,20	0,71

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 438	145,14	70,6	150	1,41	0,36	2,11
Tubería 439	72,07	70,6	150	-1,44	0,37	2,21
Tubería 440	125,91	70,6	150	-1,74	0,45	3,14
Tubería 441	80,83	70,6	150	0,64	0,16	0,48
Tubería 442	156,90	70,6	150	1,35	0,35	1,96
Tubería 443	104,97	70,6	150	1,27	0,33	1,75
Tubería 444	185,55	70,6	150	0,38	0,10	0,18
Tubería 445	132,55	70,6	150	0,08	0,02	0,01
Tubería 446	392,35	70,6	150	0,67	0,17	0,54
Tubería 447	234,39	70,6	150	-0,06	0,01	0,01
Tubería 448	309,86	70,6	150	-0,36	0,09	0,16
Tubería 449	255,64	70,6	150	-0,66	0,17	0,51
Tubería 450	172,90	70,6	150	-0,96	0,24	1,03
Tubería 451	191,15	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 452	94,89	70,6	150	0,45	0,11	0,26
Tubería 453	84,44	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 455	184,03	70,6	150	-0,64	0,16	0,49
Tubería 456	159,80	70,6	150	-1,29	0,33	1,81
Tubería 457	101,63	70,6	150	-1,59	0,41	2,66
Tubería 458	512,77	150,6	150	6,25	0,35	0,83
Tubería 459	168,48	150,6	150	10,82	0,61	2,30
Tubería 461	213,69	70,6	150	0,59	0,15	0,43
Tubería 463	210,96	70,6	150	1,42	0,36	2,15
Tubería 464	208,65	70,6	150	0,25	0,06	0,09
Tubería 465	217,74	70,6	150	-0,02	0,01	0,00
Tubería 466	244,49	70,6	150	-0,35	0,09	0,16
Tubería 467	239,91	70,6	150	-0,65	0,17	0,50
Tubería 468	167,14	70,6	150	1,49	0,38	2,35
Tubería 469	148,18	70,6	150	1,48	0,38	2,32
Tubería 470	115,78	70,6	150	1,33	0,34	1,91
Tubería 471	167,27	70,6	150	1,03	0,26	1,19
Tubería 487	90,03	70,6	150	1,06	0,27	1,26

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 488	120,46	70,6	150	0,24	0,06	0,08
Tubería 489	189,66	70,6	150	0,53	0,13	0,34
Tubería 495	216,52	70,6	150	1,83	0,47	3,43
Tubería 496	166,46	103,6	150	3,98	0,47	2,23
Tubería 497	90,05	103,6	150	3,31	0,39	1,59
Tubería 498	103,26	103,6	150	3,25	0,39	1,54
Tubería 499	84,57	103,6	150	-3,80	0,45	2,05
Tubería 500	80,74	103,6	150	-4,01	0,48	2,26
Tubería 501	99,35	70,6	150	1,53	0,39	2,46
Tubería 502	78,74	70,6	150	1,23	0,31	1,64
Tubería 503	57,54	70,6	150	1,08	0,28	1,29
Tubería 504	63,47	70,6	150	-0,45	0,11	0,26
Tubería 505	84,59	70,6	150	-0,60	0,15	0,44
Tubería 506	156,72	70,6	150	1,34	0,34	1,93
Tubería 507	155,51	70,6	150	1,04	0,27	1,20
Tubería 508	159,22	70,6	150	1,50	0,38	2,38
Tubería 509	232,72	70,6	150	1,06	0,27	1,25
Tubería 510	113,81	70,6	150	0,76	0,19	0,68
Tubería 511	81,28	70,6	150	1,64	0,42	2,80
Tubería 512	127,50	70,6	150	2,43	0,62	5,80
Tubería 513	66,15	70,6	150	2,13	0,54	4,55
Tubería 514	69,25	70,6	150	1,00	0,26	1,12
Tubería 515	40,30	70,6	150	0,57	0,14	0,39
Tubería 516	133,63	70,6	150	0,79	0,20	0,73
Tubería 517	21,36	70,6	150	0,49	0,13	0,30
Tubería 518	161,57	70,6	150	0,53	0,14	0,35
Tubería 519	185,74	70,6	150	0,17	0,04	0,04
Tubería 520	324,34	70,6	150	-0,53	0,14	0,35
Tubería 521	145,07	70,6	150	0,27	0,07	0,10
Tubería 522	183,94	70,6	150	0,74	0,19	0,64
Tubería 523	95,92	70,6	150	-0,36	0,09	0,17
Tubería 524	220,89	70,6	150	-1,43	0,37	2,19

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 525	192,63	70,6	150	1,80	0,46	3,33
Tubería 526	168,64	70,6	150	-0,14	0,04	0,03
Tubería 527	88,57	70,6	150	-0,29	0,07	0,11
Tubería 528	228,10	70,6	150	-0,44	0,11	0,25
Tubería 529	208,06	70,6	150	-1,50	0,38	2,37
Tubería 493	280,43	150,6	150	11,03	0,62	2,39
Tubería 530	245,91	70,6	150	0,94	0,24	1,00
Tubería 531	298,42	70,6	150	-1,24	0,32	1,67
Tubería 532	297,60	70,6	150	-1,54	0,39	2,50
Tubería 533	81,16	70,6	150	-0,57	0,15	0,40
Tubería 534	80,13	70,6	150	0,43	0,11	0,24
Tubería 536	102,06	70,6	150	0,68	0,17	0,54
Tubería 537	218,22	70,6	150	0,04	0,01	0,00
Tubería 538	179,46	70,6	150	0,41	0,11	0,22
Tubería 539	241,18	70,6	150	0,81	0,21	0,76
Tubería 540	252,97	70,6	150	0,51	0,13	0,32
Tubería 541	250,77	70,6	150	1,59	0,41	2,66
Tubería 542	174,38	70,6	150	0,62	0,16	0,46
Tubería 543	105,68	70,6	150	0,32	0,08	0,14
Tubería 544	21	361,2	150	174,84	1,71	11,27
Tubería 545	139,94	70,6	150	-1,29	0,33	1,80
Tubería 546	151,34	70,6	150	-0,69	0,18	0,57
Tubería 547	245,26	70,6	150	-1,59	0,41	2,65
Tubería 548	225,48	70,6	150	0,84	0,21	0,81
Tubería 549	289,92	70,6	150	0,54	0,14	0,36
Tubería 550	127,02	70,6	150	-0,91	0,23	0,94
Tubería 551	97,19	70,6	150	0,61	0,16	0,45
Tubería 552	144,14	70,6	150	0,31	0,08	0,13
Tubería 553	71,83	70,6	150	0,84	0,22	0,82
Tubería 554	57,13	70,6	150	-0,15	0,04	0,03
Tubería 555	74,95	70,6	150	1,95	0,50	3,86
Tubería 556	117,64	70,6	150	2,25	0,57	5,03

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 557	186,25	70,6	150	1,06	0,27	1,25
Tubería 558	158,31	70,6	150	-1,41	0,36	2,11
Tubería 559	159,21	70,6	150	1,71	0,44	3,02
Tubería 560	237,58	70,6	150	-0,09	0,02	0,01
Tubería 561	91,15	70,6	150	0,22	0,06	0,07
Tubería 562	145,19	70,6	150	-0,08	0,02	0,01
Tubería 563	82,95	70,6	150	0,13	0,03	0,03
Tubería 564	145,41	70,6	150	-0,38	0,10	0,19
Tubería 565	182,33	70,6	150	0,68	0,17	0,55
Tubería 566	227,51	70,6	150	0,29	0,07	0,11
Tubería 567	103,13	70,6	150	0,14	0,04	0,03
Tubería 568	152,45	70,6	150	1,33	0,34	1,89
Tubería 569	118,32	70,6	150	1,35	0,34	1,95
Tubería 570	269,86	70,6	150	1,18	0,30	1,51
Tubería 571	90,04	70,6	150	0,88	0,22	0,88
Tubería 572	129,98	70,6	150	1,61	0,41	2,70
Tubería 573	76,46	70,6	150	1,31	0,33	1,84
Tubería 574	152,21	70,6	150	1,01	0,26	1,14
Tubería 575	176,59	70,6	150	0,71	0,18	0,59
Tubería 576	282,91	70,6	150	1,39	0,36	2,06
Tubería 577	196,02	70,6	150	1,80	0,46	3,32
Tubería 578	237,13	70,6	150	-1,05	0,27	1,22
Tubería 579	241,30	70,6	150	1,69	0,43	2,96
Tubería 580	191,52	70,6	150	-0,06	0,02	0,01
Tubería 583	192,34	84,6	150	-3,82	0,68	5,57
Tubería 584	127,44	84,6	150	3,52	0,63	4,78
Tubería 585	161,24	84,6	150	3,22	0,57	4,06
Tubería 586	201,66	84,6	150	2,92	0,52	3,39
Tubería 587	169,92	70,6	150	0,24	0,06	0,08
Tubería 588	133,55	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 589	149,46	70,6	150	-0,66	0,17	0,52
Tubería 590	146,36	70,6	150	-0,30	0,08	0,12

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 591	234,84	70,6	150	0,07	0,02	0,01
Tubería 592	143,10	70,6	150	-0,23	0,06	0,07
Tubería 593	242,16	70,6	150	-0,67	0,17	0,53
Tubería 594	159,64	70,6	150	-0,91	0,23	0,93
Tubería 595	155,93	103,6	150	5,66	0,67	4,30
Tubería 596	144,33	70,6	150	2,70	0,69	7,05
Tubería 597	224,08	70,6	150	1,74	0,44	3,12
Tubería 598	92,89	70,6	150	1,44	0,37	2,20
Tubería 599	181,82	70,6	150	0,32	0,08	0,13
Tubería 600	154,92	70,6	150	2,04	0,52	4,19
Tubería 601	143,68	70,6	150	1,89	0,48	3,64
Tubería 602	101,81	70,6	150	-2,67	0,68	6,89
Tubería 603	92,32	70,6	150	2,52	0,64	6,19
Tubería 604	133,13	70,6	150	2,22	0,57	4,89
Tubería 605	106,87	150,6	150	7,57	0,42	1,19
Tubería 606	229,19	103,6	150	5,23	0,62	3,70
Tubería 607	220,16	70,6	150	0,77	0,20	0,70
Tubería 608	127,79	70,6	150	0,59	0,15	0,42
Tubería 609	146,28	70,6	150	1,23	0,31	1,64
Tubería 610	173,20	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 611	116,06	70,6	150	0,63	0,16	0,48
Tubería 612	83,34	70,6	150	0,33	0,08	0,14
Tubería 613	111,56	70,6	150	-0,20	0,05	0,06
Tubería 614	116,29	70,6	150	-0,35	0,09	0,16
Tubería 615	86,03	70,6	150	-0,26	0,07	0,09
Tubería 616	161,47	70,6	150	0,23	0,06	0,07
Tubería 617	128,49	70,6	150	-0,35	0,09	0,16
Tubería 618	59,84	70,6	150	-0,44	0,11	0,24
Tubería 619	125,16	70,6	150	-0,48	0,12	0,29
Tubería 620	69,84	70,6	150	-0,26	0,07	0,09
Tubería 621	118,86	70,6	150	-0,88	0,23	0,89
Tubería 622	142,85	70,6	150	1,32	0,34	1,86

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 623	68,84	70,6	150	-1,89	0,48	3,65
Tubería 624	116,74	70,6	150	-0,39	0,10	0,19
Tubería 625	121,12	70,6	150	-0,51	0,13	0,32
Tubería 626	78,88	70,6	150	-0,49	0,13	0,30
Tubería 627	160,61	70,6	150	-1,35	0,34	1,95
Tubería 628	132,15	70,6	150	0,33	0,08	0,14
Tubería 630	227,32	70,6	150	-1,17	0,30	1,51
Tubería 631	204,97	70,6	150	-1,25	0,32	1,70
Tubería 632	278,57	70,6	150	-1,55	0,40	2,53
Tubería 633	60,11	70,6	150	-2,47	0,63	5,99
Tubería 634	127,31	70,6	150	-1,98	0,51	3,96
Tubería 635	152,19	70,6	150	-0,79	0,20	0,73
Tubería 636	144,32	70,6	150	-0,15	0,04	0,03
Tubería 637	121,52	70,6	150	0,40	0,10	0,20
Tubería 639	56,99	70,6	150	0,60	0,15	0,43
Tubería 640	43,41	70,6	150	0,15	0,04	0,03
Tubería 641	41,43	70,6	150	0,15	0,04	0,03
Tubería 642	123,10	70,6	150	-0,15	0,04	0,03
Tubería 643	20,47	70,6	150	-1,84	0,47	3,47
Tubería 649	472,53	84,6	150	1,72	0,31	1,26
Tubería 121	622,98	235,4	150	32,07	0,74	1,95
Tubería 156	163,83	188,2	150	25,40	0,91	3,78
Tubería 236	253,65	150,6	150	15,68	0,88	4,58
Tubería 301	75,12	150,6	150	10,27	0,58	2,09
Tubería 308	95,55	150,6	150	10,27	0,58	2,09
Tubería 375	53,89	150,6	150	10,27	0,58	2,09
Tubería 419	158,36	103,6	150	4,18	0,50	2,44
Tubería 460	253,05	103,6	150	4,18	0,50	2,44
Tubería 473	141,30	188,2	150	21,00	0,75	2,65
Tubería 474	168,74	188,2	150	21,00	0,75	2,65
Tubería 475	19,07	235,4	150	30,54	0,70	1,79
Tubería 476	62,56	103,6	150	6,36	0,75	5,33

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 477	15,77	70,6	150	-0,87	0,22	0,87
Tubería 478	43,20	334,2	150	76,95	0,88	1,79
Tubería 480	101,35	296,6	150	61,04	0,88	2,09
Tubería 481	400,07	296,6	150	49,69	0,72	1,43
Tubería 482	353,00	296,6	150	-43,55	0,63	1,12
Tubería 483	85,71	235,4	150	25,52	0,59	1,28
Tubería 484	233,13	188,2	150	21,63	0,78	2,80
Tubería 485	102,05	150,6	150	15,02	0,84	4,23
Tubería 486	157,87	84,6	150	3,27	0,58	4,17
Tubería 490	203,64	334,2	150	76,95	0,88	1,79
Tubería 491	109,04	296,6	150	61,04	0,88	2,09
Tubería 492	18,97	235,4	150	15,91	0,37	0,53
Tubería 494	15,44	150,6	150	5,48	0,31	0,65
Tubería 645	24,10	103,6	150	5,35	0,64	3,87
Tubería 646	17,82	84,6	150	3,27	0,58	4,17
Tubería 647	356,41	150,6	150	15,59	0,88	4,53
Tubería 648	304,00	150,6	150	13,53	0,76	3,48
Tubería 218	309,35	70,6	150	0,94	0,24	1,00
Tubería 479	190,17	70,6	150	1,24	0,32	1,67
Tubería 650	199,17	70,6	150	3,03	0,78	8,75
Tubería 651	431,45	84,6	150	3,19	0,57	3,99
Tubería 652	33,39	84,6	150	-4,42	0,79	7,29
Tubería 653	56,84	84,6	150	-4,42	0,79	7,29
Tubería 654	124,36	84,6	150	-4,57	0,81	7,75
Tubería 655	184,28	84,6	150	-4,72	0,84	8,23
Tubería 656	111,04	103,6	150	-5,61	0,67	4,22
Tubería 657	116,51	150,6	150	-9,39	0,53	1,77
Tubería 658	120,92	150,6	150	-9,39	0,53	1,77
Tubería 659	128,84	150,6	150	-9,39	0,53	1,77
Tubería 660	121,79	150,6	150	-9,39	0,53	1,77
Tubería 661	58,67	150,6	150	-9,69	0,54	1,88
Tubería 662	90,12	150,6	150	-12,68	0,71	3,09

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 663	127,68	150,6	150	-12,68	0,71	3,09
Tubería 664	87,06	150,6	150	-12,68	0,71	3,09
Tubería 665	13,47	70,6	150	0,89	0,23	0,90
Tubería 666	33,10	103,6	150	5,41	0,64	3,94
Tubería 669	33,94	84,6	150	3,01	0,53	3,57
Tubería 674	105,60	84,6	150	2,92	0,52	3,38
Tubería 675	85,32	84,6	150	3,13	0,56	3,85
Tubería 430	235,43	188,2	150	21,93	0,79	2,88
Tubería 644	13,54	235,4	150	25,82	0,59	1,31
Tubería 668	91,10	235,4	150	25,82	0,59	1,31
Tubería 676	85,60	235,4	150	25,82	0,59	1,31
Tubería 677	63,64	235,4	150	25,82	0,59	1,31
Tubería 678	12,99	235,4	150	25,82	0,59	1,31
Tubería 699	49,42	70,6	150	1,40	0,36	2,09
Tubería 700	198,52	70,6	150	-0,36	0,09	0,17
Tubería 378	36,48	235,4	150	-29,05	0,67	1,63
Tubería 701	262,57	235,4	150	-29,35	0,67	1,66
Tubería 702	168,34	235,4	150	-29,65	0,68	1,69
Tubería 703	213,13	235,4	150	29,95	0,69	1,72
Tubería 704	23,55	235,4	150	30,25	0,70	1,76
Tubería 707	32,79	150,6	150	6,14	0,34	0,81
Tubería 708	19,61	103,6	150	6,79	0,81	6,00
Tubería 709	26,29	70,6	150	1,78	0,45	3,25
Tubería 711	55,45	84,6	150	3,27	0,58	4,17
Tubería 712	34,85	103,6	150	4,96	0,59	3,36
Tubería 713	139,52	150,6	150	10,06	0,56	2,01
Tubería 714	50,53	188,2	150	21,63	0,78	2,80
Tubería 715	32,31	103,6	150	3,89	0,46	2,14
Tubería 13	14,80	103,6	150	-6,10	0,72	4,92
Tubería 462	331,46	84,6	150	3,61	0,64	4,99
Tubería 706	198,06	84,6	150	3,31	0,59	4,25
Tubería 710	80,62	103,6	150	4,36	0,52	2,65

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 716	487,47	84,6	150	1,76	0,31	1,32
Tubería 717	233,26	84,6	150	1,46	0,26	0,93
Tubería 718	163,22	84,6	150	1,86	0,33	1,46
Tubería 719	171,59	84,6	150	2,32	0,41	2,21
Tubería 720	163,07	84,6	150	3,15	0,56	3,88
Tubería 721	133,58	70,6	150	0,14	0,04	0,03
Tubería 722	92,55	70,6	150	1,57	0,40	2,57
Tubería 723	103,07	70,6	150	1,87	0,48	3,55
Tubería 724	35,30	84,6	150	3,78	0,67	5,46
Tubería 377	40,25	70,6	150	2,01	0,51	4,07
Tubería 726	142,44	70,6	150	1,50	0,38	2,39
Tubería 727	133,37	84,6	150	-2,19	0,39	1,98
Tubería 728	121,69	84,6	150	-2,49	0,44	2,52
Tubería 729	255,99	70,6	150	1,06	0,27	1,25
Tubería 730	226,43	70,6	150	0,76	0,19	0,67
Tubería 732	196,16	70,6	150	-1,20	0,31	1,57
Tubería 733	158,61	70,6	150	-0,74	0,19	0,64
Tubería 734	98,58	70,6	150	-1,04	0,27	1,20
Tubería 735	149,62	70,6	150	-1,34	0,34	1,92
Tubería 739	90,60	70,6	150	-1,59	0,40	2,63
Tubería 740	226,66	70,6	150	-1,89	0,48	3,62
Tubería 741	303,85	70,6	150	2,04	0,52	4,18
Tubería 742	129,07	70,6	150	-1,87	0,48	3,56
Tubería 743	151,44	70,6	150	-2,17	0,55	4,69
Tubería 744	89,72	84,6	150	4,29	0,76	6,87
Tubería 745	35,10	70,6	150	-0,90	0,23	0,92
Tubería 256	353,07	103,6	150	5,92	0,70	4,65
Tubería 398	19,82	150,6	150	-10,18	0,57	2,06
Tubería 400	257,44	150,6	150	10,39	0,58	2,13
Tubería 731	271,95	150,6	150	10,69	0,60	2,25
Tubería 737	171,51	70,6	150	-0,57	0,15	0,40
Tubería 738	114,91	70,6	150	-1,57	0,40	2,58

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 746	59,64	70,6	150	-0,72	0,18	0,61
Tubería 395	11,85	70,6	150	1,97	0,50	3,92
Tubería 752	47,99	103,6	150	5,00	0,59	3,40
Tubería 753	93,59	70,6	150	2,25	0,58	5,04
Tubería 754	108,18	70,6	150	-0,56	0,14	0,38
Tubería 755	147,01	70,6	150	-0,71	0,18	0,59
Tubería 756	112,46	70,6	150	2,23	0,57	4,93
Tubería 757	135,30	70,6	150	-0,21	0,05	0,06
Tubería 758	81,95	70,6	150	-0,66	0,17	0,52
Tubería 759	98,86	70,6	150	0,15	0,04	0,03
Tubería 760	54,42	70,6	150	1,48	0,38	2,32
Tubería 761	119,34	70,6	150	0,67	0,17	0,53
Tubería 762	155,14	70,6	150	0,37	0,09	0,17
Tubería 766	110,69	70,6	150	0,47	0,12	0,28
Tubería 769	51,81	84,6	150	2,82	0,50	3,18
Tubería 770	180,03	84,6	150	2,52	0,45	2,58
Tubería 771	161,90	84,6	150	2,31	0,41	2,20
Tubería 773	145,05	70,6	150	-0,45	0,12	0,26
Tubería 774	159,48	70,6	150	-0,51	0,13	0,33
Tubería 775	93,48	70,6	150	-0,66	0,17	0,52
Tubería 776	139,39	70,6	150	1,16	0,30	1,48
Tubería 777	151,44	70,6	150	0,31	0,08	0,13
Tubería 778	159,26	70,6	150	0,20	0,05	0,05
Tubería 782	50,56	70,6	150	0,94	0,24	0,99
Tubería 783	50,68	70,6	150	1,80	0,46	3,32
Tubería 784	59,24	70,6	150	1,81	0,46	3,37
Tubería 785	58,65	70,6	150	1,71	0,44	3,02
Tubería 786	89,83	70,6	150	1,51	0,39	2,40
Tubería 787	152,06	70,6	150	1,21	0,31	1,59
Tubería 788	200,65	70,6	150	0,91	0,23	0,94
Tubería 789	178,94	84,6	150	2,01	0,36	1,70
Tubería 790	52,44	70,6	150	2,32	0,59	5,33

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 791	114,30	70,6	150	1,27	0,32	1,74
Tubería 792	234,76	70,6	150	-1,13	0,29	1,40
Tubería 794	158,12	70,6	150	-0,76	0,20	0,68
Tubería 795	167,90	70,6	150	-1,06	0,27	1,26
Tubería 796	151,65	70,6	150	1,43	0,36	2,17
Tubería 793	5,80	235,4	150	15,61	0,36	0,51
Tubería 797	15,83	150,6	150	-7,25	0,41	1,10
Tubería 798	7,97	70,6	150	-1,00	0,26	1,13
Tubería 799	99,60	150,6	150	11,68	0,66	2,65
Tubería 800	8,45	70,6	150	1,98	0,51	3,98
Tubería 801	45,65	296,6	150	61,04	0,88	2,09
Tubería 803	53,75	84,6	150	-4,14	0,74	6,43
Tubería 808	26,32	70,6	150	1,71	0,44	3,04
Tubería 811	102,95	70,6	150	-0,06	0,01	0,01
Tubería 804	63,65	70,6	150	0,75	0,19	0,67
Tubería 810	15,14	70,6	150	0,45	0,12	0,26
Tubería 535	89,74	70,6	150	1,47	0,38	2,29
Tubería 816	93,33	70,6	150	1,64	0,42	2,81
Tubería 817	123,54	70,6	150	1,20	0,31	1,57
Tubería 818	146,62	70,6	150	-0,29	0,07	0,11
Tubería 819	137,14	70,6	150	-1,92	0,49	3,73
Tubería 820	399,91	70,6	150	-2,07	0,53	4,29
Tubería 385	119,22	70,6	150	-0,36	0,09	0,17
Tubería 821	84,71	70,6	150	0,48	0,12	0,29
Tubería 822	65,98	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 823	50,35	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 824	103,57	70,6	150	1,35	0,35	1,96
Tubería 825	114,58	70,6	150	1,05	0,27	1,23
Tubería 826	98,96	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 827	189,78	70,6	150	0,49	0,12	0,30
Tubería 736	61,65	70,6	150	1,50	0,38	2,38
Tubería 828	40,14	70,6	150	-1,23	0,31	1,64

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 454	198,38	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 829	175,78	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 830	55,85	84,6	150	2,61	0,47	2,75
Tubería 831	51,92	70,6	150	2,01	0,51	4,10
Tubería 832	72,75	70,6	150	1,41	0,36	2,13
Tubería 833	292,33	334,2	150	62,15	0,71	1,21
Tubería 834	367,42	70,6	150	0,52	0,13	0,34
Tubería 835	154,83	70,6	150	0,22	0,06	0,07
Tubería 836	289,46	70,6	150	0,90	0,23	0,92
Tubería 837	215,75	70,6	150	0,30	0,08	0,12
Tubería 838	95,99	70,6	150	-0,30	0,08	0,12
Tubería 839	81,01	70,6	150	0,98	0,25	1,07
Tubería 842	18,28	70,6	150	1,39	0,36	2,06
Tubería 845	130,28	70,6	150	2,07	0,53	4,32
Tubería 629	31,63	150,6	150	6,60	0,37	0,92
Tubería 667	187,79	150,6	150	15,02	0,84	4,23
Tubería 670	13,58	103,6	150	5,31	0,63	3,81
Tubería 671	73,60	188,2	150	21,00	0,75	2,65
Tubería 672	130,86	188,2	150	23,00	0,83	3,14
Tubería 673	33,95	70,6	150	2,40	0,61	5,67
Tubería 679	128,01	84,6	150	4,11	0,73	6,36
Tubería 680	49,10	84,6	150	4,11	0,73	6,36
Tubería 681	64,92	84,6	150	3,79	0,68	5,49
Tubería 682	53,25	84,6	150	3,18	0,57	3,96
Tubería 683	46,16	84,6	150	2,69	0,48	2,89
Tubería 684	152,67	84,6	150	1,87	0,33	1,48
Tubería 685	16,95	70,6	150	0,31	0,08	0,13
Tubería 688	166,54	70,6	150	2,51	0,64	6,18
Tubería 689	10,25	150,6	150	9,32	0,52	1,75
Tubería 690	20,89	150,6	150	9,32	0,52	1,75
Tubería 691	121,98	103,6	150	4,99	0,59	3,40
Tubería 692	47,67	103,6	150	4,99	0,59	3,40

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

ID Línea	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Rugosidad	Caudal [L/s]	Velocidad [m/s]	Pérd. Unit. [m/km]
Tubería 667	187,79	150,6	150	15,02	0,84	4,23
Tubería 670	13,58	103,6	150	5,31	0,63	3,81
Tubería 671	73,60	188,2	150	21,00	0,75	2,65
Tubería 672	130,86	188,2	150	23,00	0,83	3,14
Tubería 673	33,95	70,6	150	2,40	0,61	5,67
Tubería 679	128,01	84,6	150	4,11	0,73	6,36
Tubería 680	49,10	84,6	150	4,11	0,73	6,36
Tubería 681	64,92	84,6	150	3,79	0,68	5,49
Tubería 682	53,25	84,6	150	3,18	0,57	3,96
Tubería 683	46,16	84,6	150	2,69	0,48	2,89
Tubería 684	152,67	84,6	150	1,87	0,33	1,48
Tubería 685	16,95	70,6	150	0,31	0,08	0,13
Tubería 688	166,54	70,6	150	2,51	0,64	6,18
Tubería 689	10,25	150,6	150	9,32	0,52	1,75
Tubería 690	20,89	150,6	150	9,32	0,52	1,75
Tubería 691	121,98	103,6	150	4,99	0,59	3,40
Tubería 692	47,67	103,6	150	4,99	0,59	3,40
Tubería 693	13,96	103,6	150	4,99	0,59	3,40
Tubería 694	89,92	103,6	150	4,33	0,51	2,61
Tubería 695	14,57	103,6	150	4,33	0,51	2,61
Tubería 697	37,37	70,6	150	-0,05	0,01	0,00
Bomba 6	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	0,00	0,00	0,00
Bomba 364	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	0,00	0,00	0,00
Bomba 21	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	0,00	0,00	0,00
Bomba 371	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	59,95	0,00	-92,85
Bomba 372	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	56,88	0,00	-96,94
Bomba 373	Sin Valor	Sin Valor	Sin Valor	58,01	0,00	-95,61
Válvula 472	Sin Valor	334,2	Sin Valor	62,15	0,71	0,00
Válvula 840	Sin Valor	150,6	Sin Valor	10,69	0,60	0,00
Válvula 841	Sin Valor	84,6	Sin Valor	2,58	0,46	0,00
Válvula 843	Sin Valor	235,4	Sin Valor	32,07	0,74	0,00

11.7 Esquema y Escenarios obtenidos de la Simulación con Allievi

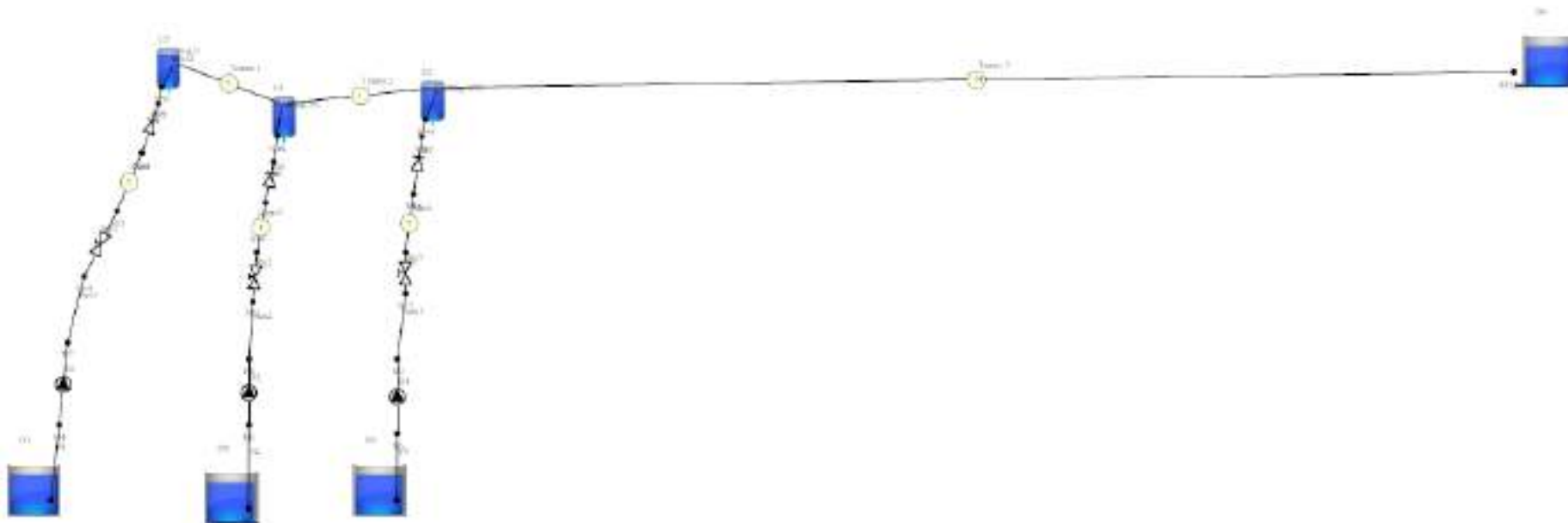


Figura 46 - Esquema en Allievi.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

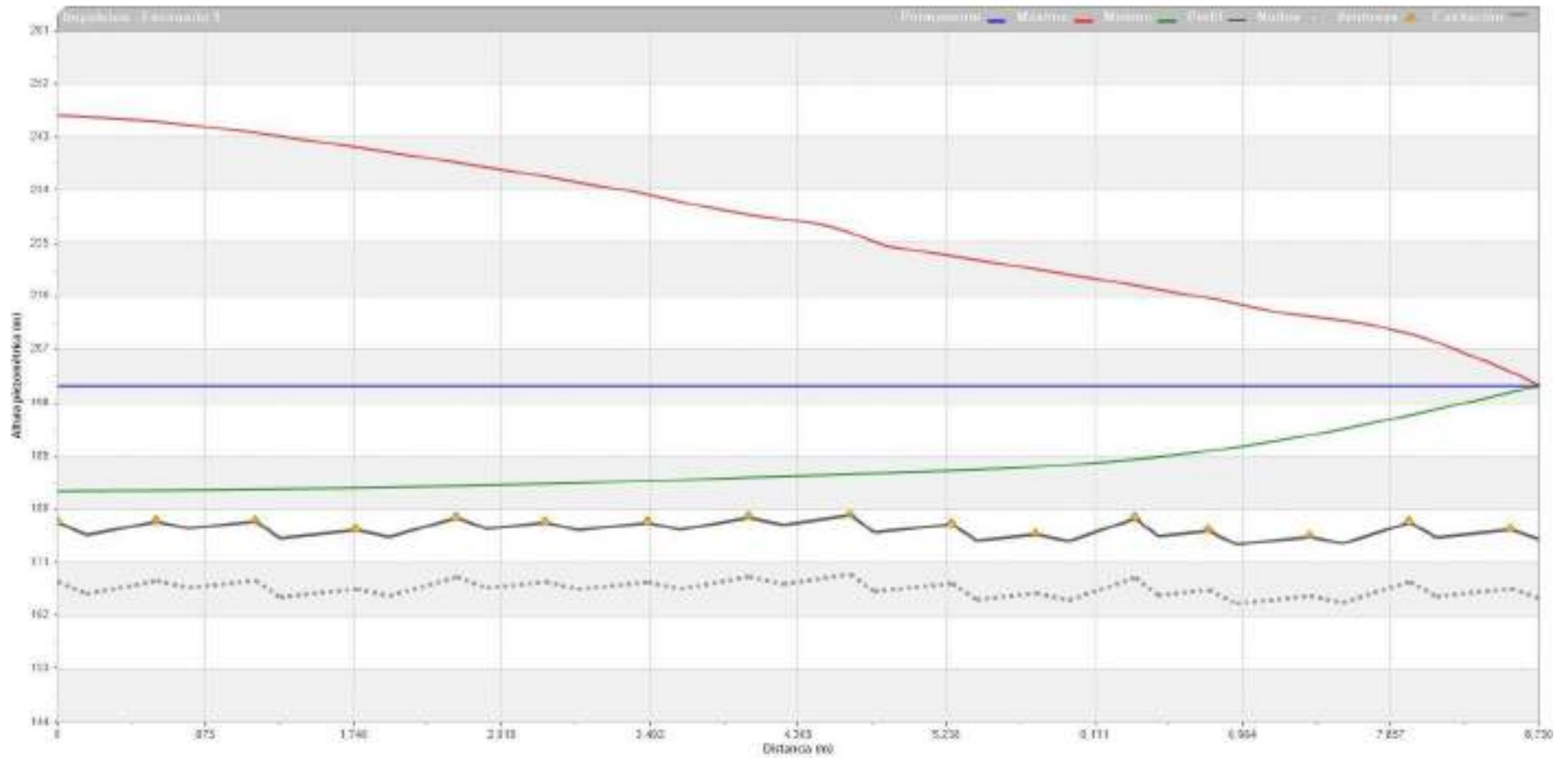


Figura 47 – Simulación con Allievi - Escenario N° 1.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON



Figura 48 – Simulación con Allievi - Escenario N° 2.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

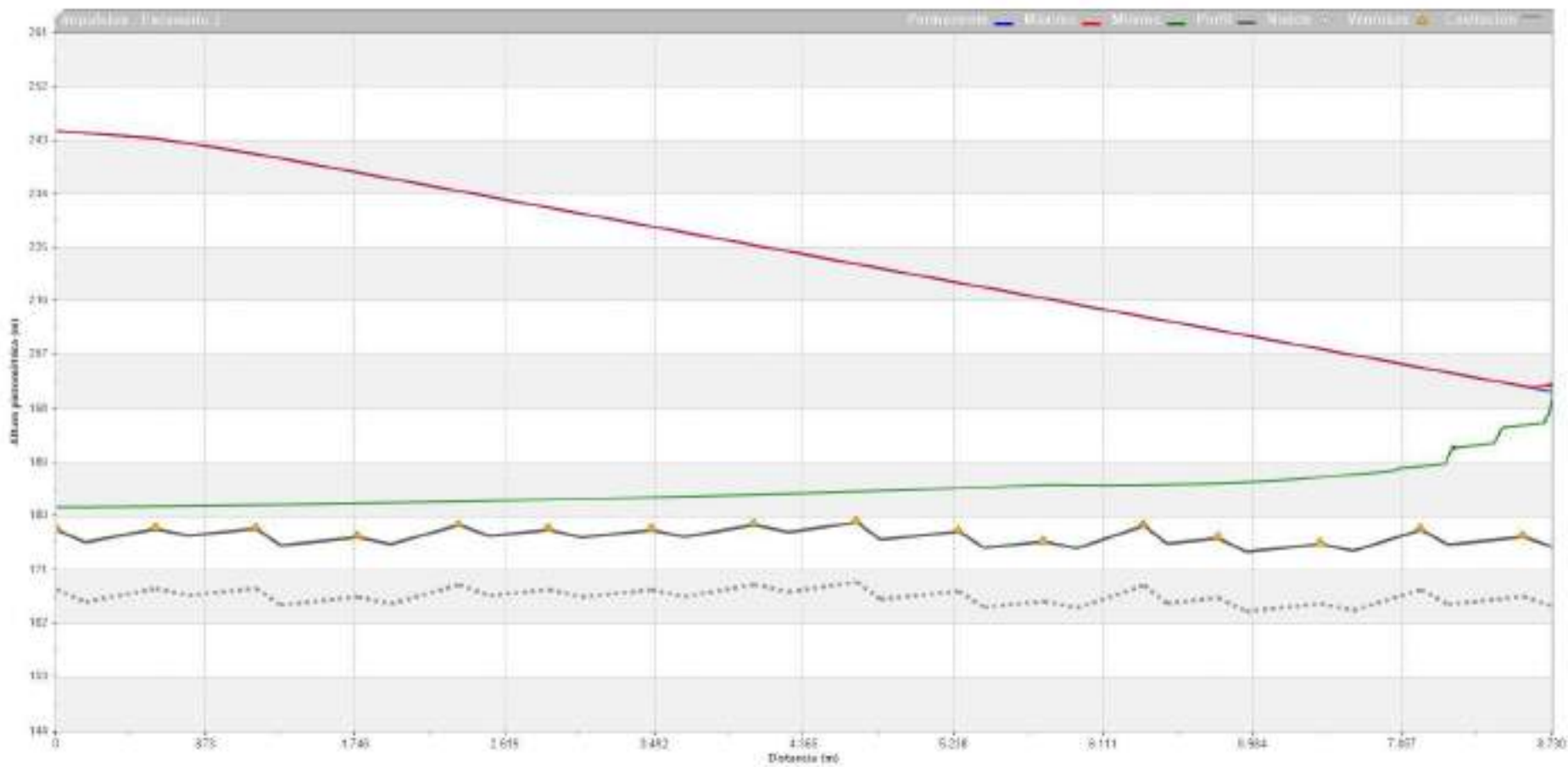


Figura 49 – Simulación con Allievi - Escenario N° 3.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

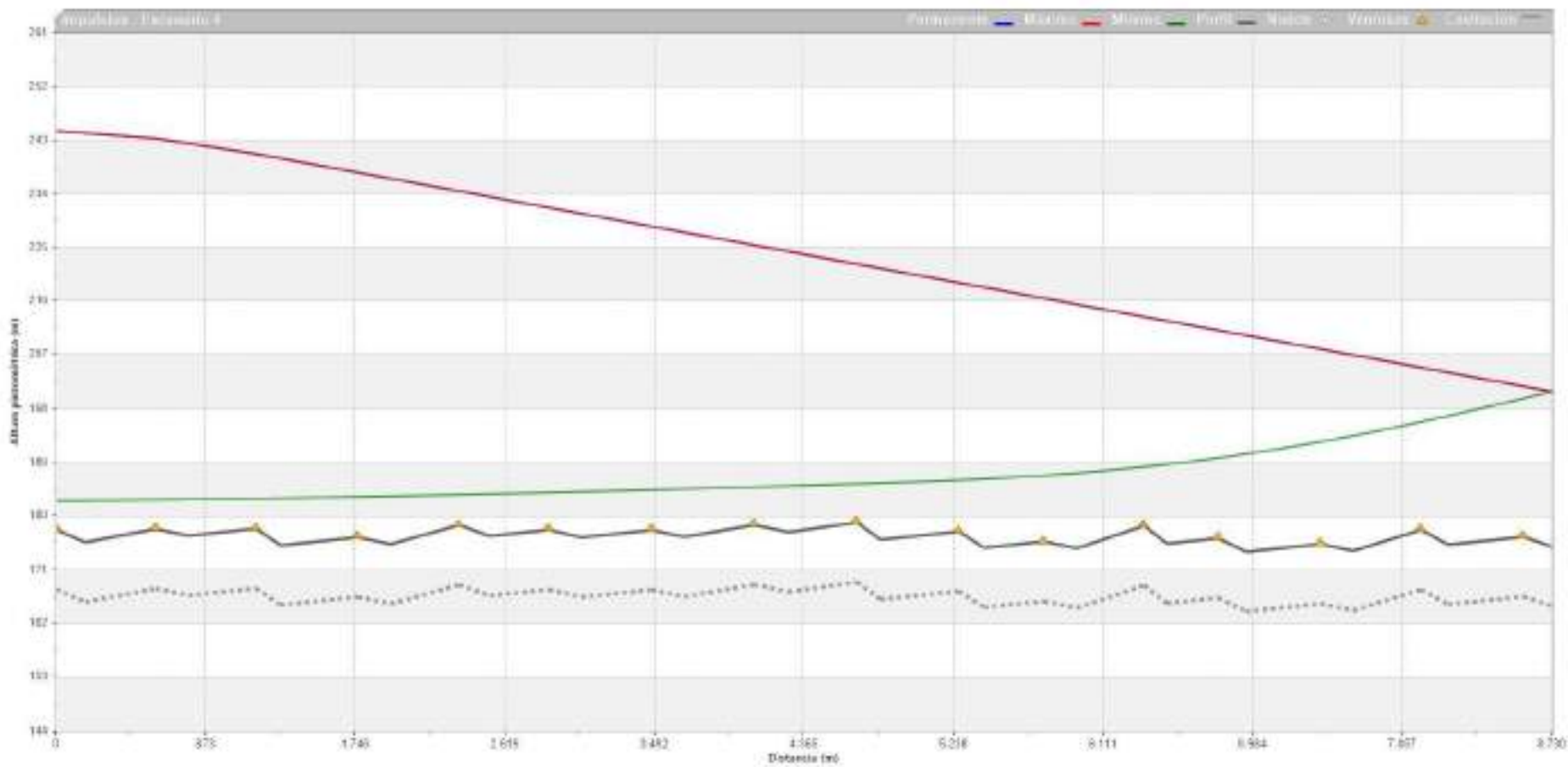


Figura 50 – Simulación con Allievi - Escenario N° 4.

PROYECTO: OPTIMIZACION DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA COOPERATIVA EL ZANJON

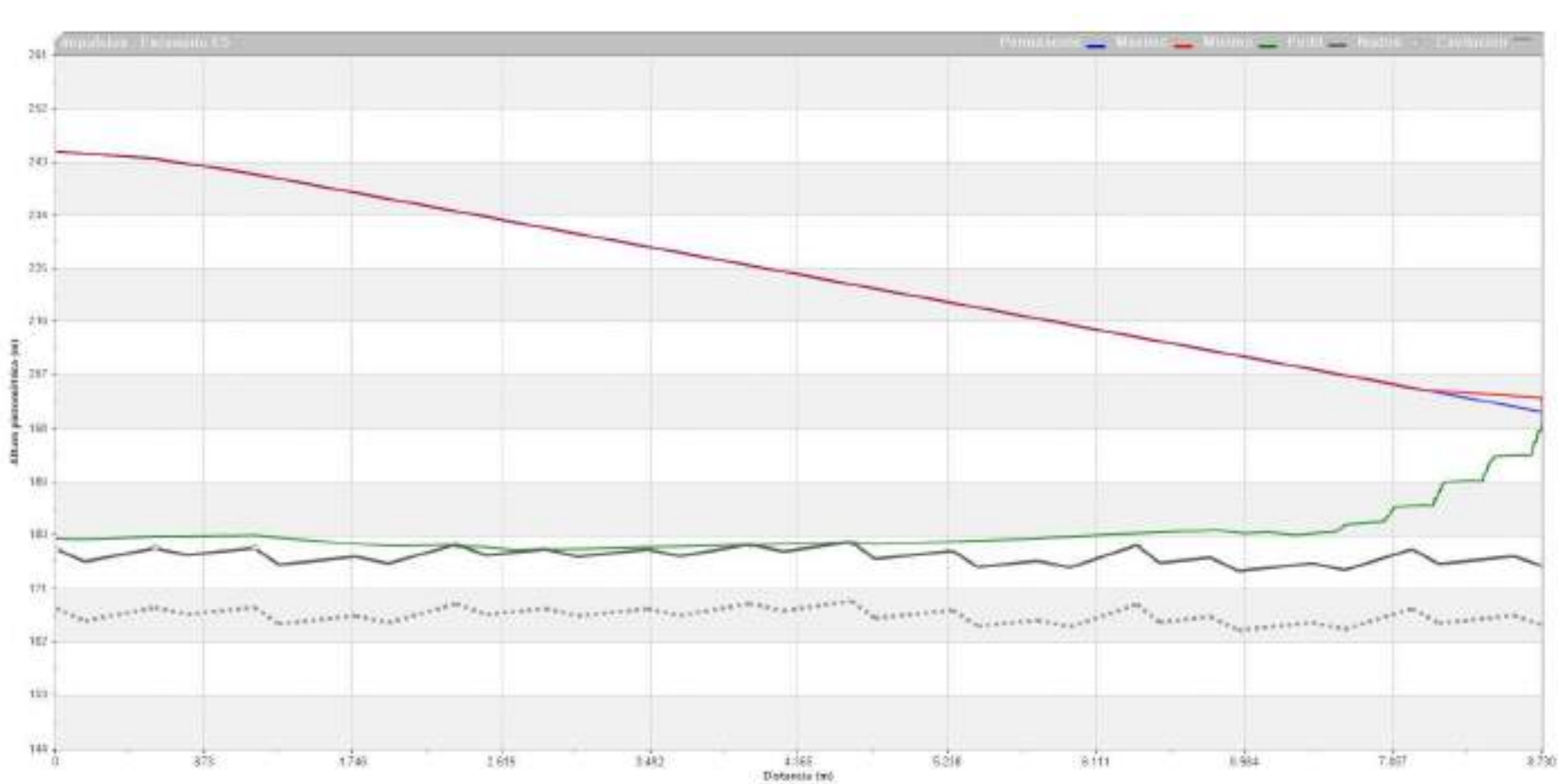


Figura 51 – Simulación con Allievi - Escenario N° 5.

11.8 Plano Tipo de Cámara de Desagüe

El Plano Tipo de propuesto por el ENHOSA es el que se muestra en la Figura 52 (Figura 45, Fundamentación - Cap. XI – Conducción de agua cruda y tratada)

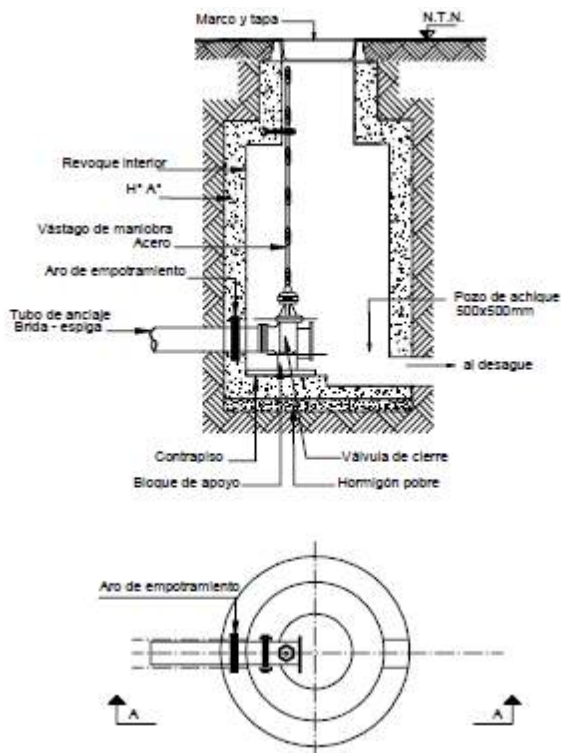


Figura 52 - Plano Tipo de Cámara de Desagüe