



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN A GRAVEDAD MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE UNA HOJA DE CÁLCULO PROGRAMADA

LEON ROMERO RADMILA JUANA  
INGENIERA CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN A GRAVEDAD  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UNA HOJA DE CÁLCULO  
PROGRAMADA

LEON ROMERO RADMILA JUANA  
INGENIERA CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN A GRAVEDAD MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE UNA HOJA DE CÁLCULO PROGRAMADA

LEON ROMERO RADMILA JUANA  
INGENIERA CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 03 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
03 de diciembre de 2020

# PROGRAMA DISEÑO DE CONDUCCION DE AGUA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

6 %

FUENTES DE  
INTERNET

3 %

PUBLICACIONES

3 %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

Fuente de Internet

<1 %

2

[riha.cujae.edu.cu](http://riha.cujae.edu.cu)

Fuente de Internet

<1 %

3

Pino V. Edwin, Valle C. Angely, Condori P. Franz, Mejia M. Jesus, Chavarri V. Eduardo, Alfaro R. Luis. "Diseño Óptimo de Redes de Distribución de Agua Usando Un Software Basado En Microalgoritmos Genéticos Multiobjetivos", Ribagua, 2017

Publicación

<1 %

4

[novasinergia.unach.edu.ec](http://novasinergia.unach.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

5

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

6

[scielo.sld.cu](http://scielo.sld.cu)

Fuente de Internet

<1 %

Submitted to Escuela Superior Politécnica del

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, LEON ROMERO RADMILA JUANA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN A GRAVEDAD MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UNA HOJA DE CÁLCULO PROGRAMADA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 03 de diciembre de 2020



LEON ROMERO RADMILA JUANA  
0750211641

## RESUMEN

Un buen diseño de conducción forzada requiere de mucho tiempo y esfuerzo por parte del diseñador para encontrar la alternativa adecuada de manera que el costo de la tubería sea el mínimo. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la elaboración de una hoja de cálculo para el diseño de una línea de conducción de agua, tanto para flujo estacionario como para transitorio la cual cuenta con una base de datos de diámetros comerciales de PVC que puedan ser utilizadas para las diferentes presiones de trabajo de tubería permitiéndole al software nos de presiones adecuadas sin sobredimensionar dándonos diámetros óptimos para el diseño.

El trabajo contiene información necesaria para el diseño de conducción a gravedad destinada a transportar agua cruda desde un desarenador hacia una planta de tratamiento. Esta se basa bajo normas y manuales de diseño como el Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. El diseño hidráulico hace uso de la fórmula de Hazen Williams para el cálculo de pérdidas de carga, además el diseño considera pérdidas menores producidas por accesorios como válvulas de control o cierre, válvulas de aire, válvulas de desagüe, codos y té. Dentro de las aplicaciones de la hoja de cálculo se tiene el ingreso de válvulas a criterio del diseñador considerando las normas de diseño AWWA. Air Valvas.

**Palabras Claves:** línea de conducción, hoja de cálculo, flujo estacionario, flujo transitorio, tubería, PVC, accesorios, válvulas.

## ABSTRACT

A good force conduction design requires a lot of time and effort on the part of the designer to find the suitable alternative so that the cost of the pipe is minimal. The objective of this degree work is to prepare a spreadsheet for the design of a water conduction line, both for stationary and transient flow, which has a database of commercial PVC diameters that can be used for the different pipeline working pressures, allowing the software to give us adequate pressures without oversizing, giving us an optimal diameter for the design.

The work contains information necessary for the design of gravity conduction destined to transport raw water from a desander to a treatment plant. This is based on standards and design manuals such as the Ecuadorian Construction Code C.E.C. Standards for Study and Design of Drinking Water Systems and Wastewater Disposal for Populations Greater than 1000 Inhabitants. The hydraulic design makes use of the Hazen Williams formula to calculate head losses, in addition the design considers minor losses produced by accessories such as control or shut-off valves, air valves, drain valves, elbows and tees. Within the applications of the spreadsheet there is the entry of valves at the discretion of the designer considering the AWWA design standards.

**Keywords:** pipeline, spreadsheet, steady flow, transitory flow, pipe, PVC, fittings, valves.

## INDICE

### TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivo específico .....	2
GENERALIDADES.....	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Situación del problema .....	4
2.3 Justificación .....	4
2.4 Descripción del proyecto .....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
3.1 Línea de conducción .....	5
3.2 Línea de conducción por gravedad.....	6
3.3 Trazado de la conducción entre el desarenador y la planta de tratamiento.....	6
3.4 Componentes de una línea de conducción .....	6
3.4.1 Tubería.....	6
3.4.2 Accesorios .....	7
3.4.3 Cámara rompe presión.....	8
4. Metodología de diseño.....	8
5. Criterios de diseño.....	9
5.1 Análisis de flujo estacionario.....	9
5.1.1 Caudal de conducción .....	9
5.1.2 Diámetro de Tubería .....	10
5.1.3 Perdidas de energía.....	12
5.1.4 Cota piezométrica.....	13
5.1.5 Presiones de diseño: Presión estática y dinámica.....	14
5.2 Análisis de flujo transitorio.....	14
5.2.1 Golpe de ariete .....	14
5.2.2 Presiones de Ariete .....	15
5.3 Aire en las tuberías.....	16
5.3.1 Dimensionamiento válvula de purga/Desagüe. ....	17
5.3.2 Dimensionamiento diámetro válvula de aire .....	17
5.4 Costo de línea de conducción .....	18
CONCLUSIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20



ANEXOS.....	22
Anexo A. Tipo de Codos .....	22
Anexo B. Análisis flujo estacionario.....	32
Anexo C. Análisis de flujo transitorio.....	43
Anexo D. Dimensionamiento Válvula Aire y Desagüe. ....	44
<b>Anexo E. Diseño de Línea de conducción con LERAD.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Selección de codo según la suma o diferencia de pendientes.....	7
Tabla 2. Caudales de diseño para elementos de sistema de agua potable .....	10
Tabla 3. Coeficientes de rugosidad Hazen-Williams .....	10
Tabla 4. Límites máximos de velocidad para conductos a presión.....	11
Tabla 5. Coeficientes de pérdidas de algunos accesorios .....	13
Tabla 6. Diámetro de la válvula de purga.....	17
Tabla 7. Costo de tubería.....	18

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A. Tipo de Codos .....</b>	<b>22</b>
Figura A 1. Selección tipo de codo según suma o diferencia de pendientes .....	22
<b>Anexo B. Análisis flujo estacionario.....</b>	<b>32</b>
Cuadro B 1. Caudal de conducción.....	32
Cuadro B 2. Diámetro de tubería .....	32
Cuadro B 3. Pérdidas menores o accesorios .....	33
Figura B1. Pérdidas de Carga Totales por tramo.....	34
Figura B2. Presiones de diseño Estática y Dinámica .....	40
<b>Anexo C. Análisis de flujo transitorio.....</b>	<b>43</b>
Figura C1. Golpe de Ariete .....	43
<b>Anexo D. Dimensionamiento Válvula Aire y Desagüe.....</b>	<b>44</b>
Cuadro D 1. Orificio Válvula de Aire.....	44
Cuadro D 2. Orificio Válvula de Aire.....	44
<b>Anexo E. Diseño de Línea de conducción con LERAD.....</b>	<b>45</b>
Figura E 1. Portada.....	45
Figura E 2. Perfil de diseño .....	45
Figura E 3. Software LERAD 1.0.....	46

Figura E 4. Pantalla de ingreso de datos .....	46
Figura E 5. Dotación y Caudal de diseño .....	47
Figura E 6. Diámetros de tubería.....	47
Figura E 7. Se lección de válvulas y tanque rompe presiones .....	48
Figura E 8. Presión Estática Y dinámica .....	48
Figura E 9. Ubicación de accesorios.....	48
Figura E10. Golpe de ariete.....	49
Figura E11. Diseño sin Tanque Rompe-presiones .....	49
Figura E 12. Diseño con Tanque Rompe-presiones .....	50
Figura E 13. Costo de la tubería .....	50
Figura E14. Reporte Técnico.....	51

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable es un recurso vital para la población, se entiende por qué las poblaciones aborígenes del territorio Ecuatoriano al igual que el resto de civilizaciones, “se asentaron junto a importantes fuentes de agua: deshielos del volcán Pichincha en Quito, el río Daule en Guayaquil, y los 4 ríos (Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara) de Cuenca” [1]. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional, la necesidad de mover agua es mayor, por ello ha sido necesario realizar obras de gran magnitud para llegar con el líquido vital a las poblaciones que con más frecuencia lo solicitan, garantizando un desarrollo socio-económico y una mejor calidad de vida.

El diseño óptimo de redes de distribución de agua significa la identificación de los diámetros de tubería que dan el menor costo o beneficio máximo o compensación costo-beneficio, satisfaciendo todas las limitaciones hidráulicas incluyendo diámetros de tubería, cabezales de presión y velocidades de flujo. [2]

Un sistema de distribución de agua consta de una serie de elementos conectados que transportan agua desde las fuentes hasta los clientes [3]. Un diseño de línea de conducción debe considerar varios aspectos como su comportamiento desde el punto de vista de la hidráulica de fluidos, el problema de diseño de una red de distribución de agua consiste en encontrar la combinación más rentable de tuberías que debido a la complejidad del problema, se ha visto en la necesidad de programar hojas de cálculo para simplificar la búsqueda de una solución mediante este modelo.

Las hojas de cálculo programadas permiten el dimensionamiento óptimo de líneas de conducción de agua a gravedad desde un desarenador hasta una planta de tratamiento, válvulas de control, válvulas de aire y desagüe, tanques rompe presión y accesorios.

En el presente trabajo de investigación se especifica los parámetros de diseño que corresponde a líneas de conducción a gravedad en base a **Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.**

## **1.1 Objetivo General**

Diseñar una línea de conducción de agua a gravedad mediante la aplicación de una hoja de cálculo programada, seleccionando de una base de datos diámetros de tubería que permitan un diseño óptimo al menor costo.

## **1.2 Objetivo específico**

Elaborar una macro en Microsoft Excel que determine los diámetros óptimos, teniendo en cuenta el costo mínimo de tubería.

Programar en Visual Basic ventanas y botones que permitan una mejor manipulación de información de la hoja de cálculo con respecto al análisis de flujo estacionario y transitorio.

## **GENERALIDADES**

### **2.1 Antecedentes**

Vivimos una época en que los avances informáticos son más comunes, entre ello el desarrollo de programas que tienen como objetivo ayudar al usuario a resolver eventualidades en temas de desarrollo urbano. Hoy en día existen programas para el análisis y diseño de sistemas de distribución de agua en redes de tubería a presión que permiten la simulación del comportamiento hidráulico, además de la propia línea de conducción. Ciertos programas como EPANET, WATERCAD / WATERGEMS, SCADRED, SARA realizan esta función. Se puede mencionar que Epanet y WaterCad son los más utilizados por los diseñadores, con una única diferencia que uno es un software libre y el otro comercial. Una característica principal de estos programas es que el usuario necesita tener el suficiente conocimiento para su manipulación y muchas de las veces requieren de aprendizaje previo mediante cursos.

Así mismo, existen muchos otros software comerciales y aplicaciones informáticas con interfaces amigables; es decir, para poder acceder a ellos se debe cancelar un monto significativo, esta solución no es muy atractiva para los usuarios por varias razones, una de ellas es que el usuario no sabe realmente si le va a funcionar como se lo espera considerando que muchos de ellos no cuentan con manuales apropiados para el usuario, y la segunda es que hay una demanda fuerte de estudiantes que la requieren y al ser de paga no es la opción que eligen.

A continuación, se observa una breve explicación de las funciones de los softwares más codiciados por los diseñadores hidráulicos.

### **Epanet: Software libre de ordenador para el análisis de redes de distribución de agua.**

EPANET es probablemente el modelo más extendido de red de distribución de agua, más de 20 años después de su aparición, se ha convertido en un referente mundial tanto en análisis hidráulico como en calidad de redes de agua. [4]

El manual de usuario de Epanet 2.0 [5], ofrece las siguientes prestaciones:

- No tiene límite en cuanto al tamaño de la red
- Las pérdidas de carga se pueden calcular mediante fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores (codos, accesorios, etc.) y admite bombas.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas (cierre, retención, reguladores de presión, etc.)
- Permite considerar variable demanda en los diferentes nodos de la red

Aunque Epanet es universalmente aceptado, sus capacidades de edición, procesamiento de información y funciones de pos procesamiento se han mostrado claramente insuficientes desde su última versión y han sido muchas las aplicaciones y modificaciones que terceros han realizado sobre el modelo original. [4]

### **WaterCAD/DEMS: Software comercial de análisis y modelo de sistemas de distribución de agua.**

WaterCAD y WaterGEMS del software Bentley de Modelación Hidráulica de Sistemas o Redes a Presión ofrecen un diseño y análisis hidráulico en régimen permanente, los dos programas son productos completamente similares (comparten el mismo motor de cálculo hidráulico), así mismo comparten una misma estructura de modelo de datos, por lo tanto un modelo creado en WaterCAD puede ser leído en WaterGEMS y viceversa.[6]

WaterCad/Dems a través del módulo Darwin Designer ofrecen una herramienta para diseño optimizado de redes, permitiendo el análisis de costo mínimo, máximo beneficio y análisis Multi-objetivo (entre costo y rendimiento hidráulico). [7]

WaterCAD no realiza análisis hidráulico en régimen transitorio, como los originados por arranque o paro de bombas o los provocados por la manipulación de válvulas, tampoco considera inercias, ni elasticidad de materiales y se puede mencionar que el programa no es solvente ante las situaciones que generan los cortes de agua. [8]

## **2.2 Situación del problema**

La conducción de agua es un conjunto de conductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua cruda procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta los tanques de almacenamiento o la planta de tratamiento [9]. La infraestructura para cumplir este objetivo requiere de una inversión económica significativa, por lo cual proveer un diseño óptimo económicamente es muy relevante [10].

En nuestro medio es bastante limitado tener acceso a un software libre ya sea para fines académicos o profesionales que permita realizar el diseño optimizado de líneas de conducción de agua bajo estas condiciones, que determine los diámetros mínimos de las tuberías, la ubicación de los diferentes accesorios como válvulas de aire y desagüe, velocidades y presiones respectivas con el objeto de lograr un funcionamiento hidráulico eficiente con el mínimo costo posible, así mismo es importante que el desarrollador brinde al usuario la información necesaria para la correcta manipulación e ingreso de datos.

## **2.3 Justificación**

Como se describió en el problema, el limitado acceso a software gratuitos de fácil manipulación, que permita el diseño de una conducción de agua de manera óptima y eficiente al menor costo, da paso al desarrollo del presente proyecto que busca dar una alternativa mediante un modelo elaborado en Microsoft Excel, para obtener diseños optimizados a partir de una evaluación ejecutada en el mismo, bajo condiciones, restricciones y variables que cumplan con el correcto funcionamiento del sistema, “teniéndose presiones mínimas en los puntos de la conducción de acuerdo a la normatividad, así como velocidades máximas de circulación en la tubería definidas por el tipo de material [10]”, también que “la línea piezométrica estará por lo menos 2m más arriba de la clave del conducto y por lo menos 1m más arriba de la superficie del terreno [9]”. Además, las presiones estáticas deberán ser menores o iguales que las presiones de trabajo de la tubería y se considera una presión residual de llegada de 10mca para determinar los diámetros teóricos de partida del diseño.

La estrategia para el cálculo y diseño de una conducción forzada por gravedad se enfoca en la determinación del diámetro, o la combinación de ellos, que la hagan hidráulicamente funcional, estructuralmente segura y se garantice una solución económica al proyecto.[11]

Esta propuesta presenta los resultados finales del diseño de conducción estas son las velocidades del sistema, pérdidas de carga, presiones de diseño estática y dinámica en los diferentes puntos de la conducción, análisis por flujo transitorio, precio mínimo de tubería, gráfica del comportamiento de la línea piezométrica, y le permite al diseñador descargar un reporte técnico con los datos más importantes del diseño.

Además, con este trabajo se pretende beneficiar al sector ingenieril: estudiantes y profesionales, para ayudar con el diseño de este tipo de sistemas de tal manera que se pueda agilizar el proyecto en estudio de una manera eficaz, teniendo en cuenta que, debido a tiempo, fundamentos en programación y costos este puede ser aún mejorado, sin quitar que cumple debidamente con el propósito.

## 2.4 Descripción del proyecto

Se desea transportar agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde un desarenador hasta la planta de tratamiento. El modelo de diseño se realiza a partir de los datos tomados de la nivelación del terreno, las condiciones de diseño son las siguientes:

- Caudal de diseño: 29.14 l/s
- Cota de salida del desarenador: 2840.893 msnm
- Cota de entrada a la planta de tratamiento: 2697.277 msnm
- Desnivel o carga hidráulica: 144 m
- Presión residual a la llegada de la planta: 10 mca
- Longitud de conducción: 5720 m
- Tubería: PVC
- Longitud real: 5848.95 m

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 3.1 Línea de conducción

Una línea de conducción es parte del sistema de abastecimiento de agua potable integrado por un conjunto de tuberías, dispositivos de control y accesorios con la función de transportar agua cruda procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de captación hacia una planta de tratamiento o tanques de almacenamiento. [9]

Esta conducción de agua cruda se la puede efectuar mediante dos maneras la misma que depende de la ubicación de la obra de captación y el tanque de almacenamiento.

- Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel mayor (topográficamente) que el tanque de almacenamiento, la conducción se realizará por **gravedad**.

- Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel menor (topográficamente) que el tanque de almacenamiento, la conducción se realizará por **bombeo**.

### **3.2 Línea de conducción por gravedad**

Para el desarrollo de este trabajo la línea de conducción se la realizará por gravedad la misma que transporta agua desde el desarenador hacia una planta de tratamiento.

Las líneas de conducción por gravedad se consideran:

- Cuando la tubería está por debajo de la línea piezométrica; caso ideal conocido como conducción forzada.
- Cuando la superficie de agua coincide con la línea piezométrica; caso no común, conocido como conducción libre.

### **3.3 Trazado de la conducción entre el desarenador y la planta de tratamiento**

Para el desarrollo de este proyecto considerando que el trazado de la tubería está por debajo de la línea piezométrica de acuerdo con la topografía, se trata de una conducción forzada.

El costo de construcción de redes de distribución de agua, tales como líneas de conducción es uno de los proyectos de infraestructura más importantes a nivel social, que requiere una gran inversión, por lo que es necesario reducir dicho costo seleccionando los diámetros de tubería adecuados disponibles comercialmente que satisfacen el costo mínimo de la red. [12]

El trazo de la línea de conducción puede adoptar como criterio general según el libro de elementos de diseño para acueductos y alcantarillado una profundidad mínima de 1,00 m a la cota clave de la tubería, es decir; a partir de la parte superior de la tubería aunque este valor puede ser menor como en el caso de tuberías de plástico o PVC que puede adoptar una profundidad mínima de 0.80 m. [13]

### **3.4 Componentes de una línea de conducción**

#### **3.4.1 Tubería**

En los sistemas de tubería con tuberías metálicas, generalmente no es económico diseñarlas para tolerar presiones de golpe de ariete, por lo que el uso de dispositivos de protección contra sobrepresiones es inevitable para mantener las presiones transitorias por debajo de las presiones de diseño de la tubería [14]. Por otro lado, las tuberías de PVC generalmente tienen la capacidad suficiente para tolerar presiones de ariete



provocadas por flujos transitorios sin la necesidad de requerir dispositivos especiales contra sobrepresiones.

La suma de la presión de trabajo del sistema y la sobrepresión ocasionada no debe exceder 1,60 veces la clase de presión de tubería. [15]

### 3.4.2 Accesorios

3.4.2.1 Codos. Accesorio que se usa en la línea de conducción para la conexión de tuberías, el número, lugar y tipo de codo es determinado mediante una evaluación de suma o diferencia de pendientes que parte de los datos de cotas, abscisas y longitudes del perfil que se pretende analizar [13]. De acuerdo al libro de diseño de acueductos y alcantarillado los codos son implementados a partir de una consideración de pendiente del 14% (Ver tabla 1), si la pendiente es menor se puede considerar hacer uniones con la misma tubería.

*Tabla 1. Selección de codo según la suma o diferencia de pendientes*

<b>Suma o diferencia de pendientes</b>	<b>Codo</b>
14% - 30%	11 ¼"
31% - 53%	22 ½"
54% - 83%	22 ½" + 11 ¼"
84% - 119%	45°
120% - 180%	45° + 11 ¼"

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado [13]

De acuerdo al porcentaje calculado se determinó el tipo de codos necesarios a lo largo de la línea de conducción. Ver anexo A.

3.4.2.2 Te. Accesorio que se implementa en la línea de conducción cuando se tiene la necesidad de colocar lateralmente válvulas en ciertos puntos, tales como las válvulas de desagüe.

#### 3.4.2.3 Válvulas

Válvulas de aire o ventosas. Son dispositivos mecánicos imprescindibles en todo tipo de redes de conducción y distribución de agua cuya función es regular la cantidad de aire que existe en el interior de la tubería para asegurar el buen funcionamiento del sistema. Estas válvulas tienen varias funciones: en el llenado, vaciado de las tuberías, purga de aire durante la operación del sistema.[16]

Según el manual AWWA M51 recomienda ubicar las válvulas de aire según los siguientes puntos:

- Los puntos más altos de la conducción (VAS)
- Los cambios bruscos de pendiente (VAC)

- Los tramos extensos colocados en forma horizontal (VAS)

Válvulas de purga o desagüe. Son dispositivos mecánicos colocados lateralmente en los puntos más bajos de la tubería de conducción donde se acumulan sedimentos que disminuyen gradualmente la sección de flujo, su función es la liberación de sedimentos para facilitar labores de limpieza de las tuberías. [13]

Válvula de control o cierre. Estas válvulas se instalan al comienzo y final de la conducción y cada 1000 metros adimensionales, dependerá del perfil del terreno y diseño de conducción. [13]

### **3.4.3 Cámara rompe presión**

Son tanques dentro de una estructura que tienen una característica especial, estos tienen la función de reducir la presión de llegada del fluido a un valor de cero y continuar con la línea de transmisión con una nueva cota de dominio. Se las instala para evitar daños en la tubería y mantener siempre sumergida la sección de ingreso, impidiendo el ingreso de aire a la tubería de la línea de conducción. [17]

- Para reducir la sobreelevación por golpe de ariete, se recomienda adoptar bordes libres  $> 0,30$  m.

Al existir fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En este caso se sugiere la instalación de cámaras rompe presión en desniveles superiores a los 50 m. [17]

## **4. Metodología de diseño**

El diseño hidráulico del proyecto realiza el estudio de flujo estacionario y transitorio de la línea de conducción, el análisis de flujos incorpora elementos como: tanques rompe presión, válvulas de aire, válvulas de desagüe, válvulas de control y accesorios.

De acuerdo al perfil de conducción se procedió a colocar 11 válvulas de aire en los puntos más altos en los que la tubería forma sifones invertidos puesto que en estos puntos se forma burbujas de aire transportadas por el flujo, además “el aire atrapado también se presenta durante las maniobras de llenado y drenaje de la tubería, donde se requiere expulsar y admitir aire para aliviar los sistemas y evitar problemas peligrosos [18].” Tener en cuenta el control de aire en las tuberías garantiza un correcto funcionamiento hidráulico de la línea de conducción.

Así mismo, se procedió a implantar 12 válvulas laterales de desagüe en los puntos más bajos considerando que sean capaces de permitir el vaciado total o parcial de la misma

para realizar labores de limpieza y 8 válvulas de control/cierre al inicio, final y cada cierta distancia entre 1000 metros de acuerdo las consideraciones del perfil topográfico para cuestiones de mantenimiento de la tubería.

De acuerdo a las condiciones de diseño de la línea de conducción existe un desnivel entre el desarenador y la planta de tratamiento de 143.62 m, por lo que de acuerdo a las normas de diseño se considera colocar tanques rompe-presiones en las abscisas 1+160,00 y 3+000,00 con el objeto de disipar la energía en esos puntos y cumpla con la presión residual con la que se quiere llegar.

## 5. Criterios de diseño

### 5.1 Análisis de flujo estacionario

El análisis de flujo estacionario determina las cargas piezométrica y estáticas a lo largo de la línea de conducción para condiciones normales de funcionamiento y el de obtener la información inicial para el análisis del flujo transitorio en la conducción.

#### 5.1.1 Caudal de conducción

La conducción se diseñará para transportar el caudal requerido máximo correspondiente al mayor consumo diario, la CEC recomienda que el gasto de conducción sea el caudal máximo diario más el 10% (ver cuadro 1), se expresa de la siguiente forma:

$$Q_{cond} = 1.10 * Q_{MD} \quad (1)$$

Dónde,  $Q_{MD}$  es el Caudal máximo diario y se calcula con la siguiente expresión.

$$Q_{MD} = k_{max.día} * Q_{med} \quad (2)$$

El código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 005-9-1 indica que el coeficiente de variación de consumo máximo debe establecerse de acuerdo a estudios en sistemas existentes caso contrario recomienda los siguientes valores:  $k_{max.día} = 1,3 - 1,5$

El consumo medio diario se calcula con la fórmula:

$$Q_{med} = qN / (1000 * 86400) \quad (3)$$

Dónde:  $q$  es la dotación en l/hab/día de acuerdo al número de habitantes y el clima (ver tabla 2), y  $N$  es el número de habitantes.

A falta de datos, C.E.C recomienda usar la siguiente tabla de dotaciones. El perfil topográfico en estudio corresponde a un sitio del cantón Chordeleg, de la provincia del Azuay considerando un clima Frío y una población futura de 9267 hab, con estas consideraciones utilizamos una dotación de 190 l/hab/d. Esta captación de agua será diseñada para el año 2045.

Cuadro 1. Dotaciones recomendadas

POBLACIÓN (Habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (L/hab/día)
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C [9]		

Tabla 2. Caudales de diseño para elementos de sistema de agua potable

ELEMENTOS	CAUDAL
Captación de agua superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de agua subterránea	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%
Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C [9]	

A partir de estas consideraciones, y habiendo escogido un coeficiente de variación de consumo de 1.3, tenemos que el caudal de diseño para la conducción es de 29,14 l/s. Ver anexo B

### 5.1.2 Diámetro de Tubería

El diseño de la tubería de conducción se realizó a partir de la ecuación de Hazen Williams, se expresa como:

$$Q = 0,2785C * S^{0.54} * D^{2.63} \quad (4)$$

Donde el coeficiente C de rugosidad perteneciente a tuberías hechas de diferentes materiales y otras dirigidas a la optimización y calibración de diseño de redes de tuberías no es constante para cierta rugosidad de la pared del tubo; es decir depende del régimen del flujo, diámetro de tubería, rugosidad relativa de la pared y viscosidad cinemática.[19] (Ver tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de rugosidad Hazen-Williams

TIPO DE TUBERIA	C
Hierro fundido (15-20 años)	100
Concreto	120
Acero remachado	120
Plástico (PVC)	150
Fuente: elementos de diseño para acueductos y alcantarillado [13]	

La tubería seleccionada deberá tener la capacidad de conducir el caudal de diseño bajo criterios de velocidad para el tipo de pared del material, en este caso PVC con coeficiente  $C=150$ .

Tabla 4. Límites máximos de velocidad para conductos a presión

MATERIALES DE LAS PAREDES	VELOCIDAD MAXIMA m/s
Hormigón (simple o armado)	4.5 – 5
Hierro fundido y Hierro dúctil	4 – 5
Asbesto – cemento	4.5 – 5
Acero	6
Cerámica vitrificada	4 – 6
Plásticos	4.5

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción C.E.C [9]

El diámetro teórico se determina mediante el programa Excel a través de la opción solve, de acuerdo al perfil estudiado se ha obtenido un diámetro de 138mm, a partir del cual la hoja de cálculo programada sugiere un diámetro comercial de 200 mm (Ver anexo B) con el objeto de cumplir las condiciones establecidas para que la presión dinámica sea con la que se quiera llegar a la planta de tratamiento.

- El primer tramo va desde el desarenador hasta la cámara rompe-presiones en la abscisa 1+160 en la cual se utilizó una tubería comercial de 200 mm con presión de trabajo de 0.63 y 0.80 Mpa.
- El segundo tramo va desde la cámara rompe-presiones en la abscisa 1+160 hasta la abscisa 1+800 se utilizó tubería de 200 mm con presiones de trabajo de 0,63 y 1.25 Mpa.
- El Tercer tramo va desde la abscisa 1+800 hasta la abscisa 2+520 donde se utilizó tubería comercial de 200 mm con una presión de trabajo de 0.80 Mpa.
- El cuarto tramo va desde la abscisa 2+520 hasta el segundo tanque rompe-presiones en la abscisa 3+000 en la cual se utilizó tubería de 200mm con presión de trabajo de 0.80 y 1.25 Mpa.
- El quinto tramo va desde el tanque rompe-presiones abscisa 3+000 hasta la abscisa 3+620 donde se utilizó tubería 200mm con presión de trabajo de 0.63 Mpa.
- El sexto tramo va desde la abscisa 3+620 hasta la abscisa 4+220 donde se utilizó tubería 200 mm con presión de trabajo de 0.80 Mpa.
- El séptimo tramo va desde la abscisa 4+220 hasta la abscisa 4+920 donde se utilizó diámetro de 200 mm con presiones de trabajo de 1 y 1.25 Mpa.

- El último tramo va desde la abscisa 4+920 hasta la planta de tratamiento en la abscisa 5+720 donde se utiliza tubería de 200 mm con presión de trabajo de 0.80 y 1 Mpa.

### 5.1.3 Pérdidas de energía

#### 5.1.3.1 Pérdidas por fricción

Las pérdidas de carga o altura piezométrica en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse utilizando la Ecuación de Hazen-Williams. Esta fórmula a pesar de ser una de las más usadas para el diseño de sistemas de redes de agua está limitada solo a la conducción de este fluido (agua 5°C-25°C), especialmente para tuberías mayores a 50mm y menores a 6 pies (1228,8 mm), además se recomienda para velocidades que no excedan 3 m/s. [19]

Para el cálculo de pérdidas por fricción se realizará primero el cálculo de pérdidas por carga unitaria despejada de la fórmula de Hazen-Williams, se expresa de la siguiente forma:

$$S = (Q / (0.2785 \cdot C \cdot D^{2.63}))^{1/0.54} \quad (5)$$

Donde, Q es el caudal (m<sup>3</sup>/s), C es el coeficiente de rugosidad y D es el diámetro de tubería (m). Para determinar la pérdida de fricción en cualquier tramo de la conducción sólo es necesario multiplicar la pérdida de carga unitaria también conocida como gradiente hidráulico por la longitud en ese tramo, matemáticamente se expresa:

$$h_f = S * L \quad (6)$$

En toda la conducción se obtuvo una pérdida de por fricción de 30.76 m siendo la suma de todas las pérdidas evaluadas en los tramos. (Ver anexo B)

#### 5.1.3.2 Pérdidas menores o locales por accesorios

Las pérdidas de energía por accesorios ocurren cuando el fluido circula por un conductor de diámetro constante y la sección transversal decrece de forma repentina o gradual [20]. El cálculo de pérdidas por accesorios requiere empleo de fórmulas y coeficientes de pérdidas menores de acuerdo al accesorio.

Cálculo de pérdidas por codo. Según el libro elementos para acueductos y alcantarillado para determinar las pérdidas por cambio de dirección se emplea la expresión:

$$h_m = 0.25 \left( \frac{v^2}{2g} \right) \sqrt{\theta/90} \quad (7)$$

Donde,  $\theta$  es el ángulo del codo.

Cálculo de pérdidas por Válvulas, tes, reductores, por entrada y salida de la tubería. Según el libro elementos para acueductos y alcantarillado para determinar las pérdidas se calculará con la expresión:

$$h_m = k(v^2/2g) \quad (8)$$

Donde, k es adimensional y se elige de acuerdo al accesorio en uso. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Coeficientes de pérdidas de algunos accesorios

ELEMENTO	K
Reducción gradual	0.15
Ampliación gradual	0.30
Compuerta abierta	1.00
Válvula abierta:	
De mariposa	5.00
De compuerta	0.20
De Globo	10.00
Te de paso directo	0.60
Te de paso lateral	1.30
Te de salida bilateral	1.80
Válvula de pie	1.75
Válvula de retención	2.50
Entrada normal al tubo	0.50
Entrada de bordo	1.00
Salida del tubo	1.00

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado [13]

Las pérdidas menores evaluadas en todos los tramos de la conducción, producidas por los dispositivos: válvulas de aire, desagüe y control, además accesorios implementados como codos y tés, y entradas y salidas de tubería, teniendo como resultado una pérdida de 2.70 m. (Ver anexo B)

Teniendo como pérdidas totales 33.41 m a lo largo de toda la línea de conducción.

#### 5.1.4 Cota piezométrica

La cota piezométrica en una conducción forzada viene dada por la Cota de diseño menos las pérdidas de carga totales, se expresa como:

$$CP = Cota_{diseño} - hf_{total} \quad (9)$$

La cota piezométrica evaluada por tramos en una conducción forzada viene dada por la Cota piezométrica anterior menos las pérdidas de carga correspondientes a cada tramo, se expresa como:

$$CP = CP_{anterior} - hf_{(n)} \quad (10)$$

### 5.1.5 Presiones de diseño: Presión estática y dinámica

La presión estática en cada punto de la conducción es la cota estática o cota de diseño inicial en la abscisa 0+000 menos la cota de diseño en el punto en consideración, se expresa de la manera:

$$P_{Estática} = Cota_{Estática} - Cota_{diseño} \quad (11)$$

La presión dinámica conocida como la presión de trabajo del sistema viene dada por la cota piezométrica menos la cota del diseño en consideración, se expresa tan que:

$$P_{Dinámica} = Cota_{Piezométrica} - Cota_{diseño} \quad (12)$$

Al diseñar la línea de conducción forzada se debe cuidar que la línea de gradiente hidráulico esté por encima de la línea de la tubería. Además, es importante comprobar que la presión de diseño no sea mayor a la presión de trabajo de la tubería.

$$Presión_{trabajo} > Presión_{diseño} \quad (13)$$

De acuerdo a la norma de diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales en el numeral 5.2.4.36, indica que línea piezométrica de las conducciones a presión, se calculará para las peores condiciones de flujo, y estará por lo menos 2 m más arriba de la clave del conducto, y por lo menos 1 m más arriba de la superficie del terreno. [9]

Se llegó a la planta de tratamiento por una línea piezométrica ubicada en la cota 2706,60 la cual es restada a la cota del proyecto en ese punto perteneciente a la cota 2696,28; la misma que da como resultado una presión residual de llegada de 10.32 m. (Ver anexo B).

## 5.2 Análisis de flujo transitorio

### 5.2.1 Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno común en instalaciones hidráulicas con flujos a presión “que se manifiesta a través de los cambios excesivos de presión cuando la velocidad de un flujo se ve alterado debido a la manipulación o falla de dispositivos hidráulicos (válvulas, bombas etc.), cambios de demanda de agua, errores humanos, etc. [21]

Dada la magnitud de los cambios en el comportamiento del fluido, el fenómeno hidráulico debe ser considerado a la hora de diseñar una conducción de agua. Para el cálculo se toma en consideración los criterios del libro de Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado.



Se calcula el tiempo de maniobra o cierre de las válvulas de control de tal manera que la sobrepresión causada por esta, no sea mayor a la presión de trabajo de la tubería, para la comprobación se hace uso de la fórmula de Allievi para el cálculo de la celeridad (m/s).

$$C = 9900 / \sqrt{48,3 + k * \frac{D}{e}} \quad (14)$$

Dónde:

C= celeridad de la onda (m/s)

D= diámetro interno de la tubería (mm)

e= espesor de la tubería (mm)

k= relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería.

El coeficiente k es igual a  $10^{10}/E$ , donde E es el coeficiente de módulo de elasticidad del material de tubería ( $\text{kg/m}^2$ ), a continuación, se muestra el valor de E para el material PVC.  $E=3 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ .

Luego se calcula el tiempo de cierre de la válvula, mediante la fórmula:  $T = 2L/C$

Para el cálculo de la sobrepresión  $\Delta H$ , tenemos las siguientes consideraciones,

En caso de maniobra rápida cuando  $T < 2L/C$ , la sobrepresión será:  $h_a = CV/g$

Para el caso de una maniobra lenta  $T > 2L/C$ , la sobrepresión será:  $h_a = 2L * V/gt$

### 5.2.2 Presiones de Ariete

La presión máxima por golpe de ariete producida por un repentino movimiento brusco del fluido comúnmente ocasionado por cierre rápido o lento de tuberías de control, viene dada por la suma de las sobrepresiones más la presión estática, se calcula con la expresión:

$$P_{max} = \Delta H + P_{Estática} \quad (15)$$

En este caso se determinó el análisis para flujo transitorio mediante golpe de ariete para las 8 válvulas de control ubicadas a lo largo de la conducción, de tal manera se pudo determinar que la presión producida en las válvulas no sobrepase las presiones de trabajo de la tubería en el tramo (Ver anexo C), teniendo que:

- Válvula en abscisa 0+22 con una presión 4,31 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 0.63 Mpa.
- Válvula en abscisa 0+920 con una presión 51,77 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 0.63 Mpa.

- Válvula en abscisa 1+540 con una presión 89,12 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 1 Mpa.
- Válvula en abscisa 2+120 con una presión 71,28 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 0.80 Mpa.
- Válvula en abscisa 2+780 con una presión 103,6 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 1.25 Mpa.
- Válvula en abscisa 3+520 con una presión 57.81 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 0.63 Mpa.
- Válvula en abscisa 4+380 con una presión 89,32 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 1 Mpa.
- Válvula en abscisa 5+720 con una presión 62,27 m, teniéndose en el tramo una presión de trabajo de 0.80 Mpa.

### **5.3 Aire en las tuberías**

La presencia de bolsas de aire en los sistemas de tuberías es un problema práctico debido a la falta de conocimiento de diseño y operación o mal funcionamiento del equipo, por estas razones los diseñadores con frecuencia descuidan la existencia de las bolsas de aire. La presencia de aire puede causar graves problemas en la tubería de conducción como fatiga o ruptura de los materiales debido a los aumentos excesivos de presión, interrupción del régimen del flujo, incremento de las pérdidas de energía, aparición de presión subatmosférica que puede generar la succión en las juntas induciendo al aplastamiento o colapso de la tubería. [22]

Los efectos de aire atrapado se generan por varias razones una de ellas es en el proceso de llenado de la tubería ya que el agua contiene aire disuelto, durante este proceso las bolsas de aire se pueden comprimir produciendo picos de presión; durante los procesos de vaciado, las bolsas de aire se expanden y provocan condiciones atmosféricas. Sin embargo, el aire atrapado también podría ingresar a través de válvulas y juntas durante la parada o falla de los sistemas hidráulicos. [23]

En el proceso de vaciado, el volumen de la bolsa de aire aumenta cuando el tamaño de columna de agua disminuye provocando caídas de presión, en cambio el proceso de llenado ocurre lo contrario; es decir, la longitud de la columna de agua en la tubería aumenta y el volumen de la bolsa de aire disminuye generando sobrepresiones dentro de la tubería. [24]

Los problemas que presentan las tuberías no solo son por la presencia de aire, sino también por la falta de ella; es decir su presencia en algunos casos pueden reducir los

daños por cavitación o golpe de ariete. En esos casos para prevenir y hacer frente a la presencia de aire en las tuberías, así como evitar las sobrepresiones excesivas, se deben instalar válvulas combinadas de aire y vacío que permitan el intercambio de aire entre el interior y el exterior de la tubería, el propósito de su instalación es controlar las cantidades de aire, evacuar el aire en el momento del llenado y permitir la entrada de aire en el momento del vaciado.

Se recomienda colocar válvulas en los puntos altos y en cambios bruscos de pendiente a lo largo de la tubería de conducción ya que son los lugares más probables para la acumulación de bolsas de aire. [25]

### 5.3.1 Dimensionamiento válvula de purga/Desagüe.

Como criterio general, según el libro de elementos de diseño para acueductos y alcantarillado el diámetro de la válvula de purga se determina mediante la siguiente tabla y recomienda que el diámetro de la válvula sea 1/4 del diámetro de la tubería principal.

Tabla 6. Diámetro de la válvula de purga

Tubería principal Diámetro (Plg)	Purga Diámetro (Plg)
3-10	2
12-14	3
16-20	4
24-30	6
32-38	8
≥40	10

**Fuente:** Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado [13]

Tomando esto en consideración tenemos que el diámetro de las 12 válvulas de desagüe tendrá un orificio de 2 pulgadas, de acuerdo a la tubería principal de la conducción de 200 mm. (Ver Anexo D).

### 5.3.2 Dimensionamiento diámetro válvula de aire

Así mismo el texto elementos para diseño de acueductos recomienda como criterio general que para válvulas de aire, el diámetro de la ventosa correspondería a 1/12 del diámetro de la tubería principal y en todo caso mayor a 1/2" [13]. Además, "cuando las válvulas tengan un diámetro superior a 350 mm, serán alojadas en estructuras especiales para su protección [9]."

En este caso el diámetro de las 11 válvulas de aire colocadas a lo largo de la conducción tendrá un orificio de 1 pulgada, de acuerdo a la tubería principal de conducción de 200 mm. (Ver anexo D)

#### 5.4 Costo de línea de conducción

De acuerdo al análisis y diseño de la línea de conducción se determinó que la tubería necesaria para el sistema funcione adecuadamente bajo criterios hidráulicos de diseño y en relación al coste se determinó una tubería PVC U/Z de 200 mm para las diferentes presiones de trabajo en los distintos tramos de la conducción, teniendo como resultado el siguiente cuadro de resultados:

El costo de la tubería de 200 mm es de \$165,829.85

Tabla 7. Costo de tubería

Nominal	Mpa	Longitud	Precio Unitario	Precio por tubería
200	0.63	2058.63	\$21.88	\$45,032.44
	0.8	1909.63	\$25.93	\$49,523.00
	1	974.69	\$32.57	\$31,747.42
	1.25	685.10	\$41.14	\$28,187.20
	1.6	220.88	\$51.34	\$11,339.79
Costo total:				<b>\$165,829.85</b>
Fuente: Autora				

## CONCLUSIONES

- Como resultado de estudio de la línea de conducción se tiene que la presión máxima de diseño es 121.16 m y se encuentra ubicada en la abscisa 1+680 y cota 2699.38, cabe mencionar que antes se había obtenido una presión estática de 198.44 siendo esta mayor a la presión de trabajo de tubería que se puede adquirir comercialmente por lo que procedió a ubicar tanque rompe-presiones en la abscisa 1+160 y en la abscisa 3+000 con el objeto de disipar la energía en los puntos bajos, para que el diseño sea hidráulicamente segura y funcional, y se garantice una solución económica al proyecto.
- El cálculo de la conducción forzada se enfoca en la determinación del diámetro óptimo o combinación de ellos con el fin de obtener un proyecto al menor costo. Software LERAD 1.0 está diseñado para encontrar esa combinación solo si el sistema lo requiere, en este caso se determinó un diámetro de 200 mm con sus distintas presiones de trabajo necesarias para cada tramo de la conducción.
- De acuerdo a los cálculos realizados se determinó una presión residual a la llegada de la planta de tratamiento de 10.32 m.c.a
- Como material de diseño se estableció PVC unión U/Z para la conducción, y de acuerdo al diseño se tiene un precio de tubería de \$165,829.85.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. Moscoso, “La regulación del abastecimiento de agua en Ecuador. Evolución histórica y realidad actual.,” *sostenibilidad económica, Soc. y Ambient.*, vol. 1, 2019.
- [2] H. A. El-ghandour and A. S. Elansary, “Optimal transient network rehabilitation using multi-objective ant colony optimization algorithm,” *Urban Water J.*, vol. 15, no. 7, pp. 1–9, 2018.
- [3] F. J. Martínez-solano, P. L. Iglesias-rey, D. Mora-meliá, and S. Vicente, “Exact skeletonization method in water distribution systems for hydraulic and quality models,” *Procedia Eng.*, vol. 186, pp. 286–293, 2017.
- [4] P. L. Iglesias-rey, F. J. Martínez-solano, and J. V Ribelles-Aquilar, “Extending EPANET capabilities with Add-In Tools,” *Procedia Eng.*, vol. 186, pp. 626–634, 2017.
- [5] L. A. Rossman, “Manual del Usuario EPANET versión 2.0.” 2017.
- [6] Bentley Communities, “Diferencias entre WaterCAD y WaterGEMS.” [Online]. Available: [https://communities.bentley.com/other/old\\_site\\_member\\_blogs/bentley\\_employees/b/juan\\_gutierrez\\_blog/posts/diferencias-entre-watercad-y-watergems](https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrez_blog/posts/diferencias-entre-watercad-y-watergems).
- [7] Bentley Communities, “Síntesis de diferencias entre Bentley WaterCAD/GEMS V8i y EPANET.” [Online]. Available: [https://communities.bentley.com/other/old\\_site\\_member\\_blogs/bentley\\_employees/b/juan\\_gutierrez\\_blog/posts/sintesis-de-diferencias-entre-bentley-watercad-gems-v8i-y-epanet](https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrez_blog/posts/sintesis-de-diferencias-entre-bentley-watercad-gems-v8i-y-epanet).
- [8] Bentley, “WaterCAD. Modelado certificado de sistemas de distribución de agua.” [Online]. Available: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>.
- [9] CPE INEN 005-9-1, *Código Ecuatoriano de la Construcción. C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 Habitantes*. 1992.
- [10] R. Iberoamericana *et al.*, “Diseño Óptimo de Redes de Distribución de Agua Usando Un Software Basado En Microalgoritmos Genéticos Multiobjetivos,” *Ribagua*, vol. 4, no. 1, pp. 6–23, 2017.
- [11] A. S. L. Rodríguez, “Conducciones forzadas por gravedad con tuberías de PEAD,” *RIHA*, vol. XXXIII, no. 3, pp. 3–17, 2012.
- [12] R. M. Ezzeldin and B. Djebedjian, “Optimal design of water distribution networks using whale optimization algorithm,” *Urban Water J.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [13] R. A. L. Cualla, *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*, 1era ed. Colombia, 2000.
- [14] A. Malekpour, B. Karney, R. S. Aubin, P. Martino, and L. Gill, “Exploring the sensitivity of fatigue analysis with regard to design parameters in PVC pipes subjected to cyclic transient pressures,” *Procedia Eng.*, vol. 119, pp. 174–181, 2015.
- [15] American Water Works, “Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings , 4 In . Through 60 In .,” vol. 16. pp. 1–13, 2016.

- [16] Y. Wu, Y. Xu, and C. Wang, "Research on air valve of water supply pipelines," *Procedia Eng.*, vol. 119, pp. 884–891, 2015.
- [17] S. Tixe, "Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural." Perú, Lima, 2004.
- [18] O. E. C. Hernández, V. S. F. Miquel, M. Besharat, and H. Ramos, "Subatmospheric pressure in a water draining pipeline with an air pocket," *Urban Water J.*, vol. 15, no. 4, pp. 346–352, 2018.
- [19] E. A. Breña and Y. M. Valdés, "Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa," *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 40, no. 3, pp. 41–55, 2019.
- [20] J. Villegas, A. López, J. Morales, and M. Pliego, "Expresiones analíticas del coeficiente de pérdidas de energía en dispositivos de reducción del diámetro bajo régimen forzado," *Rev. Ing.*, no. 43, pp. 24–31, 2015.
- [21] J. Twyman, "Water hammer in a pipe network due to a fast valve closure," *Rev. ing. constr.*, vol. 33, no. 2, pp. 193–200, 2018.
- [22] M. Besharat, O. E. Coronado-hernández, V. S. Fuertes-miquel, M. T. Viseu, H. M. Ramos, and M. T. Viseu, "Backflow air and pressure analysis in emptying a pipeline containing an entrapped air pocket," *Urban Water J.*, vol. 15, no. 8, pp. 769–779, 2018.
- [23] V. S. Fuertes-miquel, O. E. Coronado-hernández, D. Mora-meliá, P. L. Iglesias-rey, and D. Mora-meliá, "Hydraulic modeling during filling and emptying processes in pressurized pipelines : a literature review," *Urban Water J.*, vol. 16, no. 4, pp. 1–13, 2019.
- [24] G. Romero, V. S. Fuertes-miquel, Ó. E. Coronado-, R. Ponz-carcelén, and F. Bielsanchis, "Analysis of hydraulic transients during pipeline filling processes with air valves in large-scale installations," *Urban Water J.*, vol. 17, no. 6, pp. 1–8, 2020.
- [25] American Water works Association, "Manual AWWA M51 Air valves Air-Release, Air/Vacuum, and Combination Air Valves." 2001.

## ANEXOS

### Anexo A. Tipo de Codos

Figura A 1. Selección tipo de codo según suma o diferencia de pendientes

Abscisa m	Cota Terreno msnm	Longitud Real m	Pendiente %	Diferencias de pendientes	Tipo de Codo º
0	2840.893				
		22.37	-18.161		
22	2836.83			12.36	
		18.03	-5.801		
40	2835.784			0.57	
		20.03	-5.228		
60	2834.737			0.00	
		20.03	-5.228		
80	2833.69			0.00	
		20.03	-5.228		
100	2832.643			0.00	
		20.03	-5.223		
120	2831.597			0.00	
		20.03	-5.228		
140	2830.55			1.23	
		20.02	-4.002		
160	2829.749			0.00	
		20.02	-4.002		
180	2828.948			0.00	
		20.02	-4.002		
200	2828.147			0.00	
		20.02	-4.002		
220	2827.346			0.52	
		20.01	-3.478		
240	2826.65			0.00	
		20.01	-3.483		
260	2825.953			0.00	
		20.01	-3.478		
280	2825.257			5.45	
		20.00	1.975		
300	2825.652			0.34	
		20.01	2.319		
320	2826.116			0.00	
		20.01	2.314		
340	2826.579			1.93	
		20.02	4.241		
360	2827.428			3.23	
		20.06	7.474		
380	2828.927			-4.53	
		20.01	2.949		
400	2829.517			-2.30	
		20.00	0.645		
420	2829.646			-3.24	
		20.01	-2.594		
440	2829.127			0.33	
		20.01	-2.264		
460	2828.674			2.32	
		20.00	0.060		
480	2828.686			0.00	
		20.00	0.065		
500	2828.699			0.77	



Figura A 1. (Continuación)

		20.00	0.840		
520	2828.867			-0.36	
		20.00	0.480		
540	2828.963			-3.92	
		20.01	-3.443		
560	2828.274			-1.24	
		20.02	-4.685		
580	2827.336			0.00	
		20.02	-4.690		
600	2826.397			-2.79	
		20.06	-7.484		
620	2824.896			0.00	
		20.06	-7.484		
640	2823.395			0.00	
		20.06	-7.479		
660	2821.895			0.00	
		20.06	-7.484		
680	2820.394			2.26	
		20.03	-5.228		
700	2819.347			0.00	
		20.03	-5.228		
720	2818.3			3.41	
		20.00	-1.820		
740	2817.936			0.00	
		20.00	-1.820		
760	2817.572			3.54	
		20.00	1.725		
780	2817.917			4.79	
		20.04	6.516		
800	2819.223			1.30	
		20.06	7.816		
820	2820.791			0.47	
		20.07	8.281		
840	2822.453			0.00	
		20.07	8.286		
860	2824.116			-5.67	
		20.01	2.614		
880	2824.639			18.86	<b>11 1/4</b>
		6.18	21.474		
886.04	2825.967			-83.66	<b>45</b>
		17.83	-62.189		
900	2814.881			0.92	
		25.31	-61.267		
920	2799.377			3.45	
		24.51	-57.822		
940	2785.203			0.00	
		24.51	-57.822		
960	2771.029			66.31	<b>22 1/2 + 11 1/4</b>
		20.07	8.484		
980	2772.732			10.27	
		20.36	18.751		
1000	2776.55			16.26	<b>11 1/4</b>

Figura A 1. (Continuación)

		21.35	35.014		
1020	2784.026			-42.02	<b>22 1/2</b>
		20.05	-7.008		
1040	2782.621			3.66	
		20.01	-3.343		
1060	2781.952			-2.21	
		20.03	-5.551		
1080	2780.84			-4.77	
		20.11	-10.325		
1100	2778.764			-17.63	<b>11 1/4</b>
		20.83	-27.950		
1120	2772.942			5.23	
		20.54	-22.725		
1140	2768.275			0.00	
		20.54	-22.725		
1160	2763.608			-3.17	
		20.71	-25.891		
1180	2758.247			-0.09	
		20.71	-25.981		
1200	2752.866			1.19	
		20.64	-24.791		
1220	2747.748			2.51	
		20.52	-22.280		
1240	2743.177			0.00	
		20.52	-22.276		
1260	2738.607			10.86	
		20.13	-11.415		
1280	2736.309			1.03	
		20.11	-10.388		
1300	2734.22			6.11	
		20.02	-4.281		
1320	2733.363			0.00	
		20.02	-4.286		
1340	2732.505			0.00	
		20.02	-4.281		
1360	2731.648			0.00	
		20.02	-4.281		
1380	2730.791			0.00	
		20.02	-4.286		
1400	2729.933			-3.47	
		20.06	-7.757		
1420	2728.377			-0.25	
		20.06	-8.004		
1440	2726.771			0.00	
		20.06	-8.004		
1460	2725.165			0.00	
		20.06	-7.999		
1480	2723.56			1.74	
		20.04	-6.263		
1500	2722.305			-44.54	<b>22 1/2</b>
		23.22	-50.799		
1520	2710.51			-17.37	<b>11 1/4</b>
		27.33	-68.166		
1540	2691.877			11.79	
		24.21	-56.375		
1560	2678.226			30.21	<b>22 1/2</b>
		20.72	-26.161		
1580	2672.805			2.85	

Figura A 1. (Continuación)

		20.57	-23.310		
1600	2668.011			0.00	
		20.57	-23.310		
1620	2663.217			0.00	
		20.00	0.000		
1640	2663.217			-66.21	<b>22 1/2 + 11 1/4</b>
		26.69	-66.215		
1660	2645.545			50.93	<b>22 1/2</b>
		20.24	-15.283		
1680	2642.452			34.55	<b>22 1/2</b>
		20.38	19.262		
1700	2646.378			17.87	<b>11 1/4</b>
		21.54	37.135		
1720	2654.377			-6.84	
		20.99	30.292		
1740	2660.734			7.25	
		21.58	37.538		
1760	2668.834			22.53	<b>11 1/4</b>
		25.02	60.064		
1780	2683.859			1.24	
		25.31	61.302		
1800	2699.377			-6.42	
		23.92	54.880		
1820	2712.507			-43.14	<b>22 1/2</b>
		20.14	11.743		
1840	2714.872			0.00	
		20.14	11.743		
1860	2717.237			14.51	<b>11 1/4</b>
		5.31	26.253		
1865.12	2718.63			-19.74	<b>11 1/4</b>
		14.91	6.512		
1880	2719.601			-6.85	
		20.00	-0.335		
1900	2719.534			-1.03	
		20.00	-1.370		
1920	2719.26			0.00	
		20.00	-1.365		
1940	2718.987			0.00	
		20.00	-1.370		
1960	2718.713			0.13	
		20.00	-1.235		
1980	2718.466			0.74	
		20.00	-0.490		
2000	2718.368			0.00	
		20.00	-0.485		
2020	2718.271			0.00	
		20.00	-0.485		
2040	2718.174			-0.17	
		20.00	-0.655		
2060	2718.043			-1.98	
		20.01	-2.639		
2080	2717.515			0.00	
		20.01	-2.639		
2100	2716.987			0.00	
		20.01	-2.639		
2120	2716.459			0.00	
		20.01	-2.639		
2140	2715.931			0.00	

Figura A 1. (Continuación)

		20.01	-2.639		
2160	2715.403			0.00	
		20.01	-2.639		
2180	2714.875			0.00	
		20.01	-2.634		
2200	2714.348			1.07	
		20.00	-1.560		
2220	2714.036			0.00	
		20.00	-1.555		
2240	2713.725			0.00	
		20.00	-1.555		
2260	2713.414			0.00	
		20.00	-1.560		
2280	2713.102			0.00	
		20.00	-1.555		
2300	2712.791			0.04	
		20.00	-1.510		
2320	2712.489			2.99	
		20.00	1.480		
2340	2712.785			0.00	
		20.00	1.485		
2360	2713.082			0.00	
		20.00	1.480		
2380	2713.378			0.00	
		20.00	1.480		
2400	2713.674			0.33	
		20.00	1.815		
2420	2714.037			2.52	
		20.02	4.336		
2440	2714.905			-0.37	
		20.02	3.967		
2460	2715.699			-11.30	
		20.05	-7.330		
2480	2714.229			2.06	
		20.03	-5.268		
2500	2713.174			-5.13	
		20.11	-10.398		
2520	2711.083			-21.39	<b>11 1/4</b>
		21.09	-31.791		
2540	2704.377			-34.06	<b>22 1/2</b>
		26.58	-65.850		
2560	2686.877			7.70	
		24.58	-58.149		
2580	2672.582			8.85	
		22.99	-49.303		
2600	2661.248			6.89	
		22.08	-42.414		
2620	2651.881			0.38	
		22.04	-42.038		
2640	2642.615			46.14	<b>22 1/2</b>
		20.02	4.102		
2660	2643.436			43.89	<b>22 1/2</b>
		22.80	47.993		
2680	2654.377			-5.46	

Figura A 1. (Continuación)

		22.10	42.532		
2700	2663.776			-16.45	<b>11 1/4</b>
		20.72	26.085		
2720	2669.18			7.09	
		21.20	33.178		
2740	2676.214			2.84	
		21.44	36.014		
2760	2683.935			0.00	
		21.44	36.014		
2780	2691.656			0.00	
		21.44	36.014		
2800	2699.377			8.41	
		22.32	44.427		
2820	2709.295			0.00	
		22.32	44.431		
2840	2719.214			-12.14	
		21.13	32.292		
2860	2726.038			-4.94	
		20.79	27.355		
2880	2731.726			-14.68	<b>11 1/4</b>
		20.16	12.677		
2900	2734.282			-23.28	<b>11 1/4</b>
		20.11	-10.600		
2920	2732.15			0.00	
		20.11	-10.595		
2940	2730.019			-1.17	
		20.14	-11.768		
2960	2727.649			0.00	
		20.14	-11.768		
2980	2725.279			0.00	
		20.14	-11.768		
3000	2722.909			3.40	
		20.07	-8.366		
3020	2721.23			0.05	
		20.07	-8.316		
3040	2719.561			3.82	
		20.02	-4.495		
3060	2718.661			0.00	
		20.02	-4.500		
3080	2717.76			0.00	
		20.02	-4.495		
3100	2716.86			-6.42	
		20.12	-10.919		
3120	2714.663			0.00	
		20.12	-10.914		
3140	2712.467			0.00	
		20.12	-10.919		
3160	2710.27			0.00	
		20.12	-10.919		
3180	2708.073			0.00	
		20.12	-10.919		
3200	2705.876			0.07	
		20.12	-10.846		
3220	2703.694			0.11	
		20.12	-10.733		
3240	2701.535			0.00	
		20.12	-10.728		
3260	2699.377			-21.41	<b>11 1/4</b>
		21.12	-32.139		
3280	2692.589			56.61	<b>22 1/2 + 11 1/4</b>
		20.63	24.473		
3300	2697.637			-13.81	

Figura A 1. (Continuación)

		20.11	10.659		
3320	2699.781			-2.13	
		20.07	8.529		
3340	2701.493			0.00	
		20.07	8.529		
3360	2703.205			-9.58	
		20.00	-1.050		
3380	2702.995			-1.10	
		20.00	-2.150		
3400	2702.565			1.45	
		20.00	-0.695		
3420	2702.426			0.00	
		20.00	-0.695		
3440	2702.287			0.00	
		20.00	-0.690		
3460	2702.149			0.00	
		20.00	-0.695		
3480	2702.01			0.00	
		20.00	-0.695		
3500	2701.871			0.00	
		20.00	-0.695		
3520	2701.732			1.29	
		20.00	0.600		
3540	2701.852			-13.16	
		20.16	-12.560		
3560	2699.32			20.24	<b>11 1/4</b>
		20.06	7.677		
3580	2700.86			-31.31	<b>22 1/2</b>
		20.58	-23.631		
3600	2695.996			17.18	<b>11 1/4</b>
		20.04	-6.452		
3620	2694.703			2.75	
		20.01	-3.697		
3640	2693.963			2.24	
		20.00	-1.455		
3660	2693.672			0.00	
		20.00	-1.455		
3680	2693.381			0.00	
		20.00	-1.460		
3700	2693.089			0.00	
		20.00	-1.455		
3720	2692.798			0.00	
		20.00	-1.455		
3740	2692.507			1.67	
		20.00	0.220		
3760	2692.551			0.00	
		20.00	0.225		
3780	2692.596			0.45	
		6.52	0.675		
3786.52	2692.64			-0.35	
		13.48	0.326		
3800	2692.684			-1.36	
		20.00	-1.030		
3820	2692.478			0.00	
		20.00	-1.030		
3840	2692.272			-8.04	
		20.08	-9.067		
3860	2690.451			-53.58	<b>22 1/2 + 11 1/4</b>

Figura A 1. (Continuación)

		25.66	-62.645		
3880	2674.377			17.67	<b>11 1/4</b>
		22.39	-44.978		
3900	2664.305			26.29	<b>11 1/4</b>
		20.36	-18.690		
3920	2660.5			22.80	<b>11 1/4</b>
		20.02	4.107		
3940	2661.322			37.20	<b>22 1/2</b>
		21.96	41.309		
3960	2670.394			3.30	
		22.35	44.607		
3980	2680.362			-22.77	<b>11 1/4</b>
		20.49	21.840		
4000	2684.838			-29.15	<b>11 1/4</b>
		20.05	-7.305		
4020	2683.373			0.46	
		20.05	-6.849		
4040	2682			0.00	
		20.05	-6.849		
4060	2680.627			13.04	
		20.04	6.193		
4080	2681.868			-7.20	
		20.00	-1.005		
4100	2681.667			0.00	
		20.00	-1.005		
4120	2681.466			0.00	
		20.00	-1.005		
4140	2681.265			0.00	
		20.00	-1.005		
4160	2681.064			-2.48	
		20.01	-3.488		
4180	2680.366			-0.75	
		20.02	-4.241		
4200	2679.517			0.00	
		20.02	-4.241		
4220	2678.668			0.00	
		20.02	-4.241		
4240	2677.819			0.00	
		20.02	-4.241		
4260	2676.97			0.00	
		20.02	-4.236		
4280	2676.122			0.00	
		20.02	-4.241		
4300	2675.273			0.00	
		20.02	-4.241		
4320	2674.424			0.00	
		20.02	-4.241		
4340	2673.575			0.00	
		20.02	-4.241		
4360	2672.726			-16.87	<b>11 1/4</b>
		4.02	-21.116		
4363.93	2671.877			10.93	
		16.15	-10.189		
4380	2670.231			1.99	
		20.07	-8.202		
4400	2668.585			0.00	
		20.07	-8.207		
4420	2666.938			0.00	
		20.07	-8.202		
4440	2665.292			0.00	
		20.07	-8.202		
4460	2663.646			0.00	

Figura A 1. (Continuación)

		20.07	-8.202		
4480	2662			0.00	
		20.07	-8.202		
4500	2660.354			0.00	
		20.07	-8.207		
4520	2658.707			0.00	
		20.07	-8.202		
4540	2657.061			0.00	
		20.07	-8.202		
4560	2655.415			1.72	
		20.04	-6.486		
4580	2654.115			0.00	
		20.04	-6.491		
4600	2652.814			0.00	
		20.04	-6.486		
4620	2651.514			0.00	
		20.04	-6.486		
4640	2650.214			4.15	
		20.01	-2.339		
4660	2649.746			0.00	
		20.01	-2.344		
4680	2649.277			0.00	
		20.01	-2.339		
4700	2648.809			7.69	
		20.03	5.347		
4720	2649.88			0.00	
		20.03	5.352		
4740	2650.952			0.00	
		20.03	5.347		
4760	2652.023			-3.24	
		20.00	2.110		
4780	2652.445			0.00	
		20.00	2.105		
4800	2652.866			0.00	
		20.00	2.110		
4820	2653.288			0.00	
		20.00	2.105		
4840	2653.709			2.89	
		20.03	4.999		
4860	2654.71			0.00	
		20.02	4.994		
4880	2655.71			0.00	
		20.03	4.999		
4900	2656.711			-1.73	
		20.01	3.268		
4920	2657.365			-0.13	
		20.01	3.138		
4940	2657.993			0.00	
		20.01	3.138		
4960	2658.621			0.00	
		20.01	3.138		
4980	2659.249			0.00	
		20.01	3.143		
5000	2659.878			0.00	
		20.01	3.138		
5020	2660.506			0.27	
		20.01	3.408		
5040	2661.188			2.02	
		20.03	5.427		
5060	2662.275			0.00	
		20.03	5.427		
5080	2663.362			0.00	



Figura A 1. (Continuación)

		20.03	5.427		
5100	2664.449			0.00	
		20.03	5.427		
5120	2665.536			0.00	
		20.03	5.427		
5140	2666.623			0.00	
		20.03	5.427		
5160	2667.71			0.00	
		20.03	5.427		
5180	2668.797			0.00	
		20.03	5.427		
5200	2669.884			-0.09	
		20.03	5.332		
5220	2670.952			-0.02	
		20.03	5.308		
5240	2672.015			0.00	
		20.03	5.308		
5260	2673.078			0.00	
		20.03	5.303		
5280	2674.14			0.00	
		20.03	5.308		
5300	2675.203			0.57	
		20.03	5.880		
5320	2676.381			4.98	
		20.12	10.860		
5340	2678.566			0.00	
		20.12	10.860		
5360	2680.751			-0.15	
		20.12	10.708		
5380	2682.905			-6.75	
		20.02	3.957		
5400	2683.697			0.00	
		20.02	3.962		
5420	2684.49			0.00	
		20.02	3.957		
5440	2685.282			0.00	
		20.02	3.962		
5460	2686.075			0.00	
		20.02	3.957		
5480	2686.867			0.00	
		20.02	3.962		
5500	2687.66			0.00	
		20.02	3.957		
5520	2688.452			1.61	
		20.03	5.566		
5540	2689.567			5.91	
		20.13	11.474		
5560	2691.877			-1.41	
		20.10	10.064		
5580	2693.9			3.30	
		20.18	13.359		
5600	2696.596			-8.39	
		20.02	4.974		
5620	2697.592			-5.21	
		20.00	-0.235		
5640	2697.545			0.00	
		20.00	-0.230		
5660	2697.499			-0.13	
		20.00	-0.365		
5680	2697.426			13.13	
		20.16	12.765		
5700	2700.00			-26.26	<b>11 1/4</b>
		20.18	-13.491		
5720	2697.28				

Anexo B. Análisis flujo estacionario

*Cuadro B 1. Caudal de conducción*

Cuadro de Resumen	
Población Futura	
9267 Hab	
Consumo Medio Diario (Qm)	
20.38 l/s	
Consumo Máximo Diario (Qmd)	
26.49 l/s	
Consumo Máximo Horario (Qmh)	
40.76 l/s	
Caudal de diseño	
<b>29.14 l/s</b>	
Fuente: Autora	

*Cuadro B 2. Diámetro de tubería*

<b>Material:</b>	PVC	
<b>Caudal de Diseño:</b>	29.14	l/s
<b>Diámetro:</b>	138.41	mm
<b>Cota Salida:</b>	2840.89	m
<b>Cota Llegada:</b>	2697.28	m
<b>Longitud real:</b>	5848.92	m
<b>C:</b>	150	
<b>Carga Estática:</b>	143.62	m
<b>Perdida de carga:</b>	127.25	m
<b>hf+5%:</b>	6.363	m
<b>Pérdidas Totales:</b>	133.62	m
<b>min 10:</b>	10.00	m.c.a
<b>v:</b>	1.94	m/s
Fuente: Autora		

Cabe mencionar que se utilizó combinación de diámetro, pero por la irregularidad del terreno y al tener considerables sifones invertidos se vio óptimo utilizar un solo diámetro para diferentes presiones de trabajo. obteniendo así un diámetro de 200mm.

*Cuadro B 3. Pérdidas menores o accesorios*

<b>CODOS</b>	<b># CODO</b>	<b>PERDIDA</b>	
11 1/4	22	0.11582	0.20824
22 1/2	11	0.08190	
22 1/2 + 11 1/4	0	0.00000	
45	1	0	
45 + 11 1/4	0	0	
<b>VALVULAS</b>	<b>#VALV.</b>	<b>PERDIDA</b>	
V.aire	11	1.31034	1.97743
V.purga	12	0.57179	
V.cierre	8	0.09530	
<b>TE</b>	<b>#TE</b>	<b>PERDIDA</b>	
T. paso directo	12	0.42884	0.42884
	<b>#</b>	<b>PERDIDA</b>	
Entrada de tubería	1	0.02978	0.08934
Salida de tubería	1	0.05956	
		<b>hm total (m)= 2.70385</b>	
Fuente: Autora			

Figura B1. Perdas de Carga Totales por tramo

Punto	Caudal de Diseño	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto	Longitud Real	Longitud Acumulada	Diametro Optimizado	Diametro nominal	Diametro Interno	Tipo de Tuberia	Coef. Rugosidad	Presion de trabajo		Gradiente Hidraulica	Perdida de Carga					
												Velocidad	S		Friccion	Accesorios		Total		
																Pt	V		hf	Codos Grad.
#	Q I/S	m	msnm	ENTERRADA	Lr m	Lt m	Ø mm	Ø mm	Ø mm	material	chw	Mpa	m/s	m/m	m					
1	29.14	0.00	2840.89	2839.89	0.00	0.00	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	-	-	-	-	-	-	-
2	29.14	22.00	2836.83	2835.83	22.37	22.37	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1177		V.cierre			0.1296
3	29.14	40.00	2835.78	2834.78	18.03	40.40	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.0948					0.0948
4	29.14	60.00	2834.74	2833.74	20.03	60.43	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
5	29.14	80.00	2833.69	2832.69	20.03	80.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
6	29.14	100.00	2832.64	2831.64	20.03	100.48	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
7	29.14	120.00	2831.60	2830.60	20.03	120.51	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
8	29.14	140.00	2830.55	2829.55	20.03	140.54	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
9	29.14	160.00	2829.75	2828.75	20.02	160.56	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
10	29.14	180.00	2828.95	2827.95	20.02	180.57	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
11	29.14	200.00	2828.15	2827.15	20.02	200.59	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
12	29.14	220.00	2827.35	2826.35	20.02	220.60	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
13	29.14	240.00	2826.65	2825.65	20.01	240.62	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
14	29.14	260.00	2825.95	2824.95	20.01	260.63	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
15	29.14	280.00	2825.26	2824.26	20.01	280.64	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052		V.purga	T. paso directo		0.1886
16	29.14	300.00	2825.65	2824.65	20.00	300.64	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
17	29.14	320.00	2826.12	2825.12	20.01	320.65	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
18	29.14	340.00	2826.58	2825.58	20.01	340.65	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
19	29.14	360.00	2827.43	2826.43	20.02	360.67	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
20	29.14	380.00	2828.93	2827.93	20.06	380.73	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
21	29.14	400.00	2829.52	2828.52	20.01	400.74	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
22	29.14	420.00	2829.65	2828.65	20.00	420.74	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
23	29.14	440.00	2829.13	2828.13	20.01	440.74	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
24	29.14	460.00	2828.67	2827.67	20.01	460.75	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
25	29.14	480.00	2828.69	2827.69	20.00	480.75	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
26	29.14	500.00	2828.70	2827.70	20.00	500.75	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052		V.aire			0.2243
27	29.14	520.00	2828.87	2827.87	20.00	520.75	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
28	29.14	540.00	2828.96	2827.96	20.00	540.75	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
29	29.14	560.00	2828.27	2827.27	20.01	560.76	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
30	29.14	580.00	2827.34	2826.34	20.02	580.78	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
31	29.14	600.00	2826.40	2825.40	20.02	600.81	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
32	29.14	620.00	2824.90	2823.90	20.06	620.86	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
33	29.14	640.00	2823.40	2822.40	20.06	640.92	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
34	29.14	660.00	2821.90	2820.90	20.06	660.97	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
35	29.14	680.00	2820.39	2819.39	20.06	681.03	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
36	29.14	700.00	2819.35	2818.35	20.03	701.06	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
37	29.14	720.00	2818.30	2817.30	20.03	721.09	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053					0.1053
38	29.14	740.00	2817.94	2816.94	20.00	741.09	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
39	29.14	760.00	2817.57	2816.57	20.00	761.09	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052		V.purga	T. paso directo		0.1886
40	29.14	780.00	2817.92	2816.92	20.00	781.10	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052					0.1052
41	29.14	800.00	2819.22	2818.22	20.04	801.14	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1054					0.1054
42	29.14	820.00	2820.79	2819.79	20.06	821.20	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
43	29.14	840.00	2822.45	2821.45	20.07	841.27	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
44	29.14	860.00	2824.12	2823.12	20.07	861.34	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055					0.1055
45	29.14	880.00	2824.64	2823.64	20.01	881.34	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052	11 1/4				0.1105
46	29.14	886.04	2825.97	2824.97	6.18	887.53	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.0325	45	V.aire			0.1622
47	29.14	900.00	2814.88	2813.88	17.83	905.36	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.0938					0.0938
48	29.14	920.00	2799.38	2798.38	25.31	930.66	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1331		V.cierre			0.1450
49	29.14	940.00	2785.20	2784.20	24.51	955.17	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1289					0.1289
50	29.14	960.00	2771.03	2770.03	24.51	979.69	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1289	22 1/2 + 11 1/4	V.purga	T. paso directo		0.2214

Figura B1. (Continuación)

51	29.14	980.00	2772.73	2771.73	20.07	999.76	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1056				0.1056
52	29.14	1000.00	2776.55	2775.55	20.36	1020.12	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1071	11 1/4			0.1123
53	29.14	1020.00	2784.03	2783.03	21.35	1041.47	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1123	22 1/2	V. aire		0.2389
54	29.14	1040.00	2782.62	2781.62	20.05	1061.52	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
55	29.14	1060.00	2781.95	2780.95	20.01	1081.53	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
56	29.14	1080.00	2780.84	2779.84	20.03	1101.56	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
57	29.14	1100.00	2778.76	2777.76	20.11	1121.67	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1057	11 1/4			0.1110
58	29.14	1120.00	2772.94	2771.94	20.83	1142.50	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1095				0.1095
59	29.14	1140.00	2768.28	2767.28	20.54	1163.04	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1080				0.1080
60	29.14	1160.00	2763.61	2762.61	20.54	1183.58	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1080				0.1080
61	29.14	1180.00	2758.25	2757.25	20.71	1204.28	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1089				0.1089
62	29.14	1200.00	2752.87	2751.87	20.71	1224.99	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1089				0.1089
63	29.14	1220.00	2747.75	2746.75	20.64	1245.64	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1086				0.1086
64	29.14	1240.00	2743.18	2742.18	20.52	1266.15	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1079				0.1079
65	29.14	1260.00	2738.61	2737.61	20.52	1286.67	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1079				0.1079
66	29.14	1280.00	2736.31	2735.31	20.13	1306.80	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1059				0.1059
67	29.14	1300.00	2734.22	2733.22	20.11	1326.91	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058		V. purga	T. paso directo	0.1891
68	29.14	1320.00	2733.36	2732.36	20.02	1346.93	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
69	29.14	1340.00	2732.51	2731.51	20.02	1366.95	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
70	29.14	1360.00	2731.65	2730.65	20.02	1386.96	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
71	29.14	1380.00	2730.79	2729.79	20.02	1406.98	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
72	29.14	1400.00	2729.93	2728.93	20.02	1427.00	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
73	29.14	1420.00	2728.38	2727.38	20.06	1447.06	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
74	29.14	1440.00	2726.77	2725.77	20.06	1467.13	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
75	29.14	1460.00	2725.17	2724.17	20.06	1487.19	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
76	29.14	1480.00	2723.56	2722.56	20.06	1507.25	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
77	29.14	1500.00	2722.31	2721.31	20.04	1527.29	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1054	22 1/2	V. aire		0.2320
78	29.14	1520.00	2710.51	2709.51	23.22	1550.51	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1221	11 1/4			0.1274
79	29.14	1540.00	2691.88	2690.88	27.33	1577.85	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1438		V. cierre		0.1557
80	29.14	1560.00	2678.23	2677.23	24.21	1602.06	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1273	22 1/2			0.1348
81	29.14	1580.00	2672.81	2671.81	20.72	1622.78	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1090				0.1090
82	29.14	1600.00	2668.01	2667.01	20.57	1643.35	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1082				0.1082
83	29.14	1620.00	2663.22	2662.22	20.57	1663.92	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1082				0.1082
84	29.14	1640.00	2663.22	2662.22	20.00	1683.92	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052	22 1/2 + 11 1/4	V. aire		0.2334
85	29.14	1660.00	2645.55	2644.55	26.69	1710.61	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1404	22 1/2			0.1478
86	29.14	1680.00	2642.45	2641.45	20.24	1730.84	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1064	22 1/2	V. purga	T. paso directo	0.1973
87	29.14	1700.00	2646.38	2645.38	20.38	1751.23	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1072	11 1/4			0.1125
88	29.14	1720.00	2654.38	2653.38	21.54	1772.77	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1133				0.1133
89	29.14	1740.00	2660.73	2659.73	20.99	1793.75	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1104				0.1104
90	29.14	1760.00	2668.83	2667.83	21.58	1815.33	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1135	11 1/4			0.1187
91	29.14	1780.00	2683.86	2682.86	25.02	1840.34	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1316				0.1316
92	29.14	1800.00	2699.38	2698.38	25.31	1865.66	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1331				0.1331
93	29.14	1820.00	2712.51	2711.51	23.92	1889.58	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1258	22 1/2			0.1333
94	29.14	1840.00	2714.87	2713.87	20.14	1909.72	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1059				0.1059
95	29.14	1860.00	2717.24	2716.24	20.14	1929.86	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1059	11 1/4			0.1112
96	29.14	1865.12	2718.63	2717.63	5.31	1935.17	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.0279	11 1/4			0.0332
97	29.14	1880.00	2719.60	2718.60	14.91	1950.08	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.0784				0.0784
98	29.14	1900.00	2719.53	2718.53	20.00	1970.08	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052		V. aire		0.2243
99	29.14	1920.00	2719.26	2718.26	20.00	1990.08	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
100	29.14	1940.00	2718.99	2717.99	20.00	2010.08	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052

Figura B1. (Continuación)

101	29.14	1960.00	2718.71	2717.71	20.00	2030.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
102	29.14	1980.00	2718.47	2717.47	20.00	2050.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
103	29.14	2000.00	2718.37	2717.37	20.00	2070.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
104	29.14	2020.00	2718.27	2717.27	20.00	2090.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
105	29.14	2040.00	2718.17	2717.17	20.00	2110.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
106	29.14	2060.00	2718.04	2717.04	20.00	2130.09	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
107	29.14	2080.00	2717.52	2716.52	20.01	2150.10	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
108	29.14	2100.00	2716.99	2715.99	20.01	2170.10	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
109	29.14	2120.00	2716.46	2715.46	20.01	2190.11	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052		V.cierre	0.1171	
110	29.14	2140.00	2715.93	2714.93	20.01	2210.12	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
111	29.14	2160.00	2715.40	2714.40	20.01	2230.12	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
112	29.14	2180.00	2714.88	2713.88	20.01	2250.13	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
113	29.14	2200.00	2714.35	2713.35	20.01	2270.14	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
114	29.14	2220.00	2714.04	2713.04	20.00	2290.14	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
115	29.14	2240.00	2713.73	2712.73	20.00	2310.14	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
116	29.14	2260.00	2713.41	2712.41	20.00	2330.14	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
117	29.14	2280.00	2713.10	2712.10	20.00	2350.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
118	29.14	2300.00	2712.79	2711.79	20.00	2370.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
119	29.14	2320.00	2712.49	2711.49	20.00	2390.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
120	29.14	2340.00	2712.79	2711.79	20.00	2410.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
121	29.14	2360.00	2713.08	2712.08	20.00	2430.16	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052		V.purga	T. paso directo	0.1886
122	29.14	2380.00	2713.38	2712.38	20.00	2450.16	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
123	29.14	2400.00	2713.67	2712.67	20.00	2470.16	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
124	29.14	2420.00	2714.04	2713.04	20.00	2490.16	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052			0.1052	
125	29.14	2440.00	2714.91	2713.91	20.02	2510.18	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053			0.1053	
126	29.14	2460.00	2715.70	2714.70	20.02	2530.20	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053			0.1053	
127	29.14	2480.00	2714.23	2713.23	20.05	2550.25	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1055		V.aire	0.2246	
128	29.14	2500.00	2713.17	2712.17	20.03	2570.28	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053			0.1053	
129	29.14	2520.00	2711.08	2710.08	20.11	2590.39	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058	11 1/4		0.1110	
130	29.14	2540.00	2704.38	2703.38	21.09	2611.48	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1109	22 1/2		0.1184	
131	29.14	2560.00	2686.88	2685.88	26.58	2638.06	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1398			0.1398	
132	29.14	2580.00	2672.58	2671.58	24.58	2662.64	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1293			0.1293	
133	29.14	2600.00	2661.25	2660.25	22.99	2685.63	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1209			0.1209	
134	29.14	2620.00	2651.88	2650.88	22.08	2707.72	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1161			0.1161	
135	29.14	2640.00	2642.62	2641.62	22.04	2729.76	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1159	22 1/2	V.purga	T. paso directo	0.2068
136	29.14	2660.00	2643.44	2642.44	20.02	2749.77	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1053	22 1/2		0.1127	
137	29.14	2680.00	2654.38	2653.38	22.80	2772.57	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1199			0.1199	
138	29.14	2700.00	2663.78	2662.78	22.10	2794.67	138.41	200	176.00	PVC	150	1.6	1.08	0.0053	0.1162	11 1/4		0.1215	
139	29.14	2720.00	2669.18	2668.18	20.72	2815.39	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1090			0.1090	
140	29.14	2740.00	2676.21	2675.21	21.20	2836.59	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1115			0.1115	
141	29.14	2760.00	2683.94	2682.94	21.44	2858.03	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1127			0.1127	
142	29.14	2780.00	2691.66	2690.66	21.44	2879.47	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1127		V.cierre	0.1247	
143	29.14	2800.00	2699.38	2698.38	21.44	2900.90	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1127			0.1127	
144	29.14	2820.00	2709.30	2708.30	22.32	2923.23	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1174			0.1174	
145	29.14	2840.00	2719.21	2718.21	22.32	2945.55	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1174			0.1174	
146	29.14	2860.00	2726.04	2725.04	21.13	2966.68	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1111			0.1111	
147	29.14	2880.00	2731.73	2730.73	20.79	2987.48	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1094	11 1/4		0.1146	
148	29.14	2900.00	2734.28	2733.28	20.16	3007.64	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1060	11 1/4		0.1113	
149	29.14	2920.00	2732.15	2731.15	20.11	3027.75	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058		V.aire	0.2249	
150	29.14	2940.00	2730.02	2729.02	20.11	3047.87	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058			0.1058	
151	29.14	2960.00	2727.65	2726.65	20.14	3068.01	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1059			0.1059	

Figura B1. (Continuación)

152	29.14	2980.00	2725.28	2724.28	20.14	3088.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1059				0.1059
153	29.14	3000.00	2722.91	2721.91	20.14	3108.29	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1059				0.1059
154	29.14	3020.00	2721.23	2720.23	20.07	3128.36	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1056				0.1056
155	29.14	3040.00	2719.56	2718.56	20.07	3148.43	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
156	29.14	3060.00	2718.66	2717.66	20.02	3168.45	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
157	29.14	3080.00	2717.76	2716.76	20.02	3188.47	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
158	29.14	3100.00	2716.86	2715.86	20.02	3208.49	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
159	29.14	3120.00	2714.66	2713.66	20.12	3228.61	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
160	29.14	3140.00	2712.47	2711.47	20.12	3248.73	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
161	29.14	3160.00	2710.27	2709.27	20.12	3268.85	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
162	29.14	3180.00	2708.07	2707.07	20.12	3288.97	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
163	29.14	3200.00	2705.88	2704.88	20.12	3309.09	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
164	29.14	3220.00	2703.69	2702.69	20.12	3329.21	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
165	29.14	3240.00	2701.54	2700.54	20.12	3349.32	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
166	29.14	3260.00	2699.38	2698.38	20.12	3369.44	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058	11 1/4			0.1111
167	29.14	3280.00	2692.59	2691.59	21.12	3390.56	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1111	22 1/2 + 11 1/4	V.purga	T. paso directo	0.2036
168	29.14	3300.00	2697.64	2696.64	20.63	3411.19	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1085				0.1085
169	29.14	3320.00	2699.78	2698.78	20.11	3431.30	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1058				0.1058
170	29.14	3340.00	2701.49	2700.49	20.07	3451.38	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1056				0.1056
171	29.14	3360.00	2703.21	2702.21	20.07	3471.45	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1056		V.aire		0.2247
172	29.14	3380.00	2703.00	2702.00	20.00	3491.45	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
173	29.14	3400.00	2702.57	2701.57	20.00	3511.45	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
174	29.14	3420.00	2702.43	2701.43	20.00	3531.45	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
175	29.14	3440.00	2702.29	2701.29	20.00	3551.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
176	29.14	3460.00	2702.15	2701.15	20.00	3571.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
177	29.14	3480.00	2702.01	2701.01	20.00	3591.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
178	29.14	3500.00	2701.87	2700.87	20.00	3611.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
179	29.14	3520.00	2701.73	2700.73	20.00	3631.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052		V.cierre		0.1171
180	29.14	3540.00	2701.85	2700.85	20.00	3651.46	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
181	29.14	3560.00	2699.32	2698.32	20.16	3671.62	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1060	11 1/4			0.1113
182	29.14	3580.00	2700.86	2699.86	20.06	3691.68	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1055	22 1/2			0.1129
183	29.14	3600.00	2696.00	2695.00	20.58	3712.26	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1082	11 1/4			0.1135
184	29.14	3620.00	2694.70	2693.70	20.04	3732.30	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1054		V.purga	T. paso directo	0.1888
185	29.14	3640.00	2693.96	2692.96	20.01	3752.31	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
186	29.14	3660.00	2693.67	2692.67	20.00	3772.32	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
187	29.14	3680.00	2693.38	2692.38	20.00	3792.32	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
188	29.14	3700.00	2693.09	2692.09	20.00	3812.32	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
189	29.14	3720.00	2692.80	2691.80	20.00	3832.32	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
190	29.14	3740.00	2692.51	2691.51	20.00	3852.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
191	29.14	3760.00	2692.55	2691.55	20.00	3872.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
192	29.14	3780.00	2692.60	2691.60	20.00	3892.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
193	29.14	3786.52	2692.64	2691.64	6.52	3898.85	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.0343				0.0343
194	29.14	3800.00	2692.68	2691.68	13.48	3912.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.0709				0.0709
195	29.14	3820.00	2692.48	2691.48	20.00	3932.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
196	29.14	3840.00	2692.27	2691.27	20.00	3952.33	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
197	29.14	3860.00	2690.45	2689.45	20.08	3972.41	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1056	22 1/2 + 11 1/4			0.1147
198	29.14	3880.00	2674.38	2673.38	25.66	3998.07	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1349	11 1/4			0.1402
199	29.14	3900.00	2664.31	2663.31	22.39	4020.46	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1178	11 1/4			0.1230
200	29.14	3920.00	2660.50	2659.50	20.36	4040.82	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1071	11 1/4	V.purga	T. paso directo	0.1957

Figura B1. (Continuación)

201	29.14	3940.00	2661.32	2660.32	20.02	4060.84	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053	22 1/2			0.1127
202	29.14	3960.00	2670.39	2669.39	21.96	4082.80	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1155				0.1155
203	29.14	3980.00	2680.36	2679.36	22.35	4105.15	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1175	11 1/4			0.1228
204	29.14	4000.00	2684.84	2683.84	20.49	4125.64	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1078	11 1/4	V.aire		0.2322
205	29.14	4020.00	2683.37	2682.37	20.05	4145.69	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
206	29.14	4040.00	2682.00	2681.00	20.05	4165.74	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
207	29.14	4060.00	2680.63	2679.63	20.05	4185.79	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
208	29.14	4080.00	2681.87	2680.87	20.04	4205.83	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1054		V.purga	T. paso directo	0.1888
209	29.14	4100.00	2681.67	2680.67	20.00	4225.83	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
210	29.14	4120.00	2681.47	2680.47	20.00	4245.83	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
211	29.14	4140.00	2681.27	2680.27	20.00	4265.83	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
212	29.14	4160.00	2681.06	2680.06	20.00	4285.83	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
213	29.14	4180.00	2680.37	2679.37	20.01	4305.84	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
214	29.14	4200.00	2679.52	2678.52	20.02	4325.86	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
215	29.14	4220.00	2678.67	2677.67	20.02	4345.88	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
216	29.14	4240.00	2677.82	2676.82	20.02	4365.90	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
217	29.14	4260.00	2676.97	2675.97	20.02	4385.91	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
218	29.14	4280.00	2676.12	2675.12	20.02	4405.93	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
219	29.14	4300.00	2675.27	2674.27	20.02	4425.95	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
220	29.14	4320.00	2674.42	2673.42	20.02	4445.97	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
221	29.14	4340.00	2673.58	2672.58	20.02	4465.99	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
222	29.14	4360.00	2672.73	2671.73	20.02	4486.00	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053	11 1/4			0.1105
223	29.14	4363.93	2671.88	2670.88	4.02	4490.03	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.0211				0.0211
224	29.14	4380.00	2670.23	2669.23	16.15	4506.18	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.0850		V.cierre		0.0969
225	29.14	4400.00	2668.59	2667.59	20.07	4526.25	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
226	29.14	4420.00	2666.94	2665.94	20.07	4546.31	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
227	29.14	4440.00	2665.29	2664.29	20.07	4566.38	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
228	29.14	4460.00	2663.65	2662.65	20.07	4586.45	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
229	29.14	4480.00	2662.00	2661.00	20.07	4606.52	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
230	29.14	4500.00	2660.35	2659.35	20.07	4626.59	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
231	29.14	4520.00	2658.71	2657.71	20.07	4646.65	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
232	29.14	4540.00	2657.06	2656.06	20.07	4666.72	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
233	29.14	4560.00	2655.42	2654.42	20.07	4686.79	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1055				0.1055
234	29.14	4580.00	2654.12	2653.12	20.04	4706.83	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
235	29.14	4600.00	2652.81	2651.81	20.04	4726.87	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
236	29.14	4620.00	2651.51	2650.51	20.04	4746.92	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
237	29.14	4640.00	2650.21	2649.21	20.04	4766.96	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1054				0.1054
238	29.14	4660.00	2649.75	2648.75	20.01	4786.96	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
239	29.14	4680.00	2649.28	2648.28	20.01	4806.97	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
240	29.14	4700.00	2648.81	2647.81	20.01	4826.97	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052		V.purga	T. paso directo	0.1886
241	29.14	4720.00	2649.88	2648.88	20.03	4847.00	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
242	29.14	4740.00	2650.95	2649.95	20.03	4867.03	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
243	29.14	4760.00	2652.02	2651.02	20.03	4887.06	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
244	29.14	4780.00	2652.45	2651.45	20.00	4907.06	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
245	29.14	4800.00	2652.87	2651.87	20.00	4927.07	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
246	29.14	4820.00	2653.29	2652.29	20.00	4947.07	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
247	29.14	4840.00	2653.71	2652.71	20.00	4967.08	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052
248	29.14	4860.00	2654.71	2653.71	20.03	4987.10	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
249	29.14	4880.00	2655.71	2654.71	20.02	5007.13	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053
250	29.14	4900.00	2656.71	2655.71	20.03	5027.15	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1053				0.1053



Figura B1. (Continuación)

251	29.14	4920.00	2657.37	2656.37	20.01	5047.16	138.41	200	181.00	PVC	150	1.25	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
252	29.14	4940.00	2657.99	2656.99	20.01	5067.17	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
253	29.14	4960.00	2658.62	2657.62	20.01	5087.18	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
254	29.14	4980.00	2659.25	2658.25	20.01	5107.19	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
255	29.14	5000.00	2659.88	2658.88	20.01	5127.20	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
256	29.14	5020.00	2660.51	2659.51	20.01	5147.21	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
257	29.14	5040.00	2661.19	2660.19	20.01	5167.22	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
258	29.14	5060.00	2662.28	2661.28	20.03	5187.25	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
259	29.14	5080.00	2663.36	2662.36	20.03	5207.28	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
260	29.14	5100.00	2664.45	2663.45	20.03	5227.31	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
261	29.14	5120.00	2665.54	2664.54	20.03	5247.34	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
262	29.14	5140.00	2666.62	2665.62	20.03	5267.37	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
263	29.14	5160.00	2667.71	2666.71	20.03	5287.40	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
264	29.14	5180.00	2668.80	2667.80	20.03	5307.43	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
265	29.14	5200.00	2669.88	2668.88	20.03	5327.46	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
266	29.14	5220.00	2670.95	2669.95	20.03	5347.49	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
267	29.14	5240.00	2672.02	2671.02	20.03	5367.52	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
268	29.14	5260.00	2673.08	2672.08	20.03	5387.55	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
269	29.14	5280.00	2674.14	2673.14	20.03	5407.57	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
270	29.14	5300.00	2675.20	2674.20	20.03	5427.60	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
271	29.14	5320.00	2676.38	2675.38	20.03	5447.64	138.41	200	184.60	PVC	150	1	1.08	0.0053	0.1054				0.1054	
272	29.14	5340.00	2678.57	2677.57	20.12	5467.76	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058				0.1058	
273	29.14	5360.00	2680.75	2679.75	20.12	5487.87	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058				0.1058	
274	29.14	5380.00	2682.91	2681.91	20.12	5507.99	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1058		V.aire		0.2249	
275	29.14	5400.00	2683.70	2682.70	20.02	5528.01	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
276	29.14	5420.00	2684.49	2683.49	20.02	5548.02	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
277	29.14	5440.00	2685.28	2684.28	20.02	5568.04	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
278	29.14	5460.00	2686.08	2685.08	20.02	5588.05	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
279	29.14	5480.00	2686.87	2685.87	20.02	5608.07	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
280	29.14	5500.00	2687.66	2686.66	20.02	5628.08	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
281	29.14	5520.00	2688.45	2687.45	20.02	5648.10	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
282	29.14	5540.00	2689.57	2688.57	20.03	5668.13	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
283	29.14	5560.00	2691.88	2690.88	20.13	5688.26	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1059				0.1059	
284	29.14	5580.00	2693.90	2692.90	20.10	5708.37	138.41	200	187.60	PVC	150	0.8	1.08	0.0053	0.1057				0.1057	
285	29.14	5600.00	2696.60	2695.60	20.18	5728.55	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1061				0.1061	
286	29.14	5620.00	2697.59	2696.59	20.02	5748.57	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1053				0.1053	
287	29.14	5640.00	2697.55	2696.55	20.00	5768.57	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
288	29.14	5660.00	2697.50	2696.50	20.00	5788.57	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
289	29.14	5680.00	2697.43	2696.43	20.00	5808.57	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1052				0.1052	
290	29.14	5700.00	2700.00	2699.00	20.16	5828.74	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1060	11 1/4				0.1113
291	29.14	5720.00	2697.28	2696.28	20.18	5848.92	138.41	200	190.20	PVC	150	0.63	1.08	0.0053	0.1062		V.cierre			0.1181

Figura B2.Presiones de diseño Estática y Dinámica

Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto	Tanque rompe-presion	Cotas			Presion		Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto	Tanque rompe-presion	Cotas			Presion	
					Estatica	Piezometrica	Clave	Estatica	Dinamica						Estatica	Piezometrica	Clave	Estatica	Dinamica
					msnm	msnm	msnm	mca	mca						msnm	msnm	msnm	mca	mca
#	m	msnm	ENTERRADA	formula	formula	Formula	Formula	Formula	#	m	msnm	ENTERRADA	formula	formula	Formula	Formula	Formula		
1	0.00	2840.89	2839.89		2839.89	2839.89	2840.09	-	-	51	980.00	2772.73	2771.73		2839.89	2834.10	2771.93	68.16	62.37
2	22.00	2836.83	2835.83		2839.89	2839.76	2836.03	4.06	3.93	52	1000.00	2776.55	2775.55		2839.89	2833.99	2775.75	64.34	58.44
3	40.00	2835.78	2834.78		2839.89	2839.67	2834.98	5.11	4.88	53	1020.00	2784.03	2783.03		2839.89	2833.75	2783.23	56.87	50.72
4	60.00	2834.74	2833.74		2839.89	2839.56	2833.94	6.16	5.83	54	1040.00	2782.62	2781.62		2839.89	2833.64	2781.82	58.27	52.02
5	80.00	2833.69	2832.69		2839.89	2839.46	2832.89	7.20	6.77	55	1060.00	2781.95	2780.95		2839.89	2833.54	2781.15	58.94	52.58
6	100.00	2832.64	2831.64		2839.89	2839.35	2831.84	8.25	7.71	56	1080.00	2780.84	2779.84		2839.89	2833.43	2780.04	60.05	53.59
7	120.00	2831.60	2830.60		2839.89	2839.25	2830.80	9.30	8.65	57	1100.00	2778.76	2777.76		2839.89	2833.32	2777.96	62.13	55.56
8	140.00	2830.55	2829.55		2839.89	2839.14	2829.75	10.34	9.59	58	1120.00	2772.94	2771.94		2839.89	2833.21	2772.14	67.95	61.27
9	160.00	2829.75	2828.75		2839.89	2839.04	2828.95	11.14	10.29	59	1140.00	2768.28	2767.28		2839.89	2833.10	2767.48	72.62	65.83
10	180.00	2828.95	2827.95		2839.89	2838.93	2828.15	11.95	10.98	60	1160.00	2763.61	2762.61	TANQUE	2762.61	2762.61	2762.81	0.00	0.00
11	200.00	2828.15	2827.15		2839.89	2838.83	2827.35	12.75	11.68	61	1180.00	2758.25	2757.25		2762.61	2762.50	2757.45	5.36	5.25
12	220.00	2827.35	2826.35		2839.89	2838.72	2826.55	13.55	12.37	62	1200.00	2752.87	2751.87		2762.61	2762.39	2752.07	10.74	10.52
13	240.00	2826.65	2825.65		2839.89	2838.62	2825.85	14.24	12.97	63	1220.00	2747.75	2746.75		2762.61	2762.28	2746.95	15.86	15.53
14	260.00	2825.95	2824.95		2839.89	2838.51	2825.15	14.94	13.56	64	1240.00	2743.18	2742.18		2762.61	2762.17	2742.38	20.43	20.00
15	280.00	2825.26	2824.26		2839.89	2838.32	2824.46	15.64	14.06	65	1260.00	2738.61	2737.61		2762.61	2762.07	2737.81	25.00	24.46
16	300.00	2825.65	2824.65		2839.89	2838.22	2824.85	15.24	13.56	66	1280.00	2736.31	2735.31		2762.61	2761.96	2735.51	27.30	26.65
17	320.00	2826.12	2825.12		2839.89	2838.11	2825.32	14.78	13.00	67	1300.00	2734.22	2733.22		2762.61	2761.77	2733.42	29.39	28.55
18	340.00	2826.58	2825.58		2839.89	2838.01	2825.78	14.31	12.43	68	1320.00	2733.36	2732.36		2762.61	2761.67	2732.56	30.25	29.30
19	360.00	2827.43	2826.43		2839.89	2837.90	2826.63	13.47	11.47	69	1340.00	2732.51	2731.51		2762.61	2761.56	2731.71	31.10	30.06
20	380.00	2828.93	2827.93		2839.89	2837.80	2828.13	11.97	9.87	70	1360.00	2731.65	2730.65		2762.61	2761.45	2730.85	31.96	30.81
21	400.00	2829.52	2828.52		2839.89	2837.69	2828.72	11.38	9.17	71	1380.00	2730.79	2729.79		2762.61	2761.35	2729.99	32.82	31.56
22	420.00	2829.65	2828.65		2839.89	2837.59	2828.85	11.25	8.94	72	1400.00	2729.93	2728.93		2762.61	2761.24	2729.13	33.68	32.31
23	440.00	2829.13	2828.13		2839.89	2837.48	2828.33	11.77	9.35	73	1420.00	2728.38	2727.38		2762.61	2761.14	2727.58	35.23	33.76
24	460.00	2828.67	2827.67		2839.89	2837.37	2827.87	12.22	9.70	74	1440.00	2726.77	2725.77		2762.61	2761.03	2725.97	36.84	35.26
25	480.00	2828.69	2827.69		2839.89	2837.27	2827.89	12.21	9.58	75	1460.00	2725.17	2724.17		2762.61	2760.93	2724.37	38.44	36.76
26	500.00	2828.70	2827.70		2839.89	2837.05	2827.90	12.19	9.35	76	1480.00	2723.56	2722.56		2762.61	2760.82	2722.76	40.05	38.26
27	520.00	2828.87	2827.87		2839.89	2836.94	2828.07	12.03	9.07	77	1500.00	2722.31	2721.31		2762.61	2760.59	2721.51	41.30	39.29
28	540.00	2828.96	2827.96		2839.89	2836.83	2828.16	11.93	8.87	78	1520.00	2710.51	2709.51		2762.61	2760.46	2709.71	53.10	50.95
29	560.00	2828.27	2827.27		2839.89	2836.73	2827.47	12.62	9.46	79	1540.00	2691.88	2690.88		2762.61	2760.31	2691.08	71.73	69.43
30	580.00	2827.34	2826.34		2839.89	2836.62	2826.54	13.56	10.29	80	1560.00	2678.23	2677.23		2762.61	2760.17	2677.43	85.38	82.95
31	600.00	2826.40	2825.40		2839.89	2836.52	2825.60	14.50	11.12	81	1580.00	2672.81	2671.81		2762.61	2760.06	2672.01	90.80	88.26
32	620.00	2824.90	2823.90		2839.89	2836.41	2824.10	16.00	12.52	82	1600.00	2668.01	2667.01		2762.61	2759.96	2667.21	95.60	92.94
33	640.00	2823.40	2822.40		2839.89	2836.31	2822.60	17.50	13.91	83	1620.00	2663.22	2662.22		2762.61	2759.85	2662.42	100.39	97.63
34	660.00	2821.90	2820.90		2839.89	2836.20	2821.10	19.00	15.31	84	1640.00	2663.22	2662.22		2762.61	2759.61	2662.42	100.39	97.40
35	680.00	2820.39	2819.39		2839.89	2836.10	2819.59	20.50	16.70	85	1660.00	2645.55	2644.55		2762.61	2759.47	2644.75	118.06	114.92
36	700.00	2819.35	2818.35		2839.89	2835.99	2818.55	21.55	17.64	86	1680.00	2642.45	2641.45		2762.61	2759.27	2641.65	121.16	117.82
37	720.00	2818.30	2817.30		2839.89	2835.89	2817.50	22.59	18.59	87	1700.00	2646.38	2645.38		2762.61	2759.16	2645.58	117.23	113.78
38	740.00	2817.94	2816.94		2839.89	2835.78	2817.14	22.96	18.85	88	1720.00	2654.38	2653.38		2762.61	2759.04	2653.58	109.23	105.67
39	760.00	2817.57	2816.57		2839.89	2835.59	2816.77	23.32	19.02	89	1740.00	2660.73	2659.73		2762.61	2758.93	2659.93	102.87	99.20
40	780.00	2817.92	2816.92		2839.89	2835.49	2817.12	22.98	18.57	90	1760.00	2668.83	2667.83		2762.61	2758.81	2668.03	94.77	90.98
41	800.00	2819.22	2818.22		2839.89	2835.38	2818.42	21.67	17.16	91	1780.00	2683.86	2682.86		2762.61	2758.68	2683.06	79.75	75.82
42	820.00	2820.79	2819.79		2839.89	2835.28	2819.99	20.10	15.49	92	1800.00	2699.38	2698.38		2762.61	2758.55	2698.58	64.23	60.17
43	840.00	2822.45	2821.45		2839.89	2835.17	2821.65	18.44	13.72	93	1820.00	2712.51	2711.51		2762.61	2758.42	2711.71	51.10	46.91
44	860.00	2824.12	2823.12		2839.89	2835.07	2823.32	16.78	11.95	94	1840.00	2714.87	2713.87		2762.61	2758.31	2714.07	48.74	44.44
45	880.00	2824.64	2823.64		2839.89	2834.95	2823.84	16.25	11.32	95	1860.00	2717.24	2716.24		2762.61	2758.20	2716.44	46.37	41.96
46	886.04	2825.97	2824.97		2839.89	2834.79	2825.17	14.93	9.83	96	1865.12	2718.63	2717.63		2762.61	2758.17	2717.83	44.98	40.54
47	900.00	2814.88	2813.88		2839.89	2834.70	2814.08	26.01	20.82	97	1880.00	2719.60	2718.60		2762.61	2758.09	2718.80	44.01	39.49
48	920.00	2799.38	2798.38		2839.89	2834.55	2798.58	41.52	36.18	98	1900.00	2719.53	2718.53		2762.61	2757.86	2718.73	44.07	39.33
49	940.00	2785.20	2784.20		2839.89	2834.43	2784.40	55.69	50.22	99	1920.00	2719.26	2718.26		2762.61	2757.76	2718.46	44.35	39.50
50	960.00	2771.03	2770.03		2839.89	2834.20	2770.23	69.86	64.17	100	1940.00	2718.99	2717.99		2762.61	2757.65	2718.19	44.62	39.67



Figura B2. (Continuación)

Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto	Tanque rompe-presion	Cotas			Presion		Punto	Abscisa	Cota Terreno	Cota Proyecto	Tanque rompe-presion	Cotas			Presion	
					Estatica	Piezometrica	Clave	Estatica	Dinamica						Estatica	Piezometrica	Clave	Estatica	Dinamica
					msnm formula	msnm formula	msnm Formula	mca Formula	mca Formula						msnm formula	msnm formula	msnm Formula	mca Formula	mca Formula
201	3940.00	2661.32	2660.32		2721.91	2716.45	2660.52	61.59	56.13	251	4920.00	2657.37	2656.37		2721.91	2710.95	2656.57	65.54	54.59
202	3960.00	2670.39	2669.39		2721.91	2716.34	2669.59	52.52	46.94	252	4940.00	2657.99	2656.99		2721.91	2710.85	2657.19	64.92	53.85
203	3980.00	2680.36	2679.36		2721.91	2716.22	2679.56	42.55	36.85	253	4960.00	2658.62	2657.62		2721.91	2710.74	2657.82	64.29	53.12
204	4000.00	2684.84	2683.84		2721.91	2715.98	2684.04	38.07	32.15	254	4980.00	2659.25	2658.25		2721.91	2710.64	2658.45	63.66	52.39
205	4020.00	2683.37	2682.37		2721.91	2715.88	2682.57	39.54	33.50	255	5000.00	2659.88	2658.88		2721.91	2710.53	2659.08	63.03	51.65
206	4040.00	2682.00	2681.00		2721.91	2715.77	2681.20	40.91	34.77	256	5020.00	2660.51	2659.51		2721.91	2710.43	2659.71	62.40	50.92
207	4060.00	2680.63	2679.63		2721.91	2715.67	2679.83	42.28	36.04	257	5040.00	2661.19	2660.19		2721.91	2710.32	2660.39	61.72	50.13
208	4080.00	2681.87	2680.87		2721.91	2715.48	2681.07	41.04	34.61	258	5060.00	2662.28	2661.28		2721.91	2710.22	2661.48	60.63	48.94
209	4100.00	2681.67	2680.67		2721.91	2715.37	2680.87	41.24	34.71	259	5080.00	2663.36	2662.36		2721.91	2710.11	2662.56	59.55	47.75
210	4120.00	2681.47	2680.47		2721.91	2715.27	2680.67	41.44	34.80	260	5100.00	2664.45	2663.45		2721.91	2710.01	2663.65	58.46	46.56
211	4140.00	2681.27	2680.27		2721.91	2715.16	2680.47	41.64	34.90	261	5120.00	2665.54	2664.54		2721.91	2709.90	2664.74	57.37	45.36
212	4160.00	2681.06	2680.06		2721.91	2715.06	2680.26	41.85	34.99	262	5140.00	2666.62	2665.62		2721.91	2709.79	2665.82	56.29	44.17
213	4180.00	2680.37	2679.37		2721.91	2714.95	2679.57	42.54	35.59	263	5160.00	2667.71	2666.71		2721.91	2709.69	2666.91	55.20	42.98
214	4200.00	2679.52	2678.52		2721.91	2714.85	2678.72	43.39	36.33	264	5180.00	2668.80	2667.80		2721.91	2709.58	2668.00	54.11	41.79
215	4220.00	2678.67	2677.67		2721.91	2714.74	2677.87	44.24	37.07	265	5200.00	2669.88	2668.88		2721.91	2709.48	2669.08	53.03	40.59
216	4240.00	2677.82	2676.82		2721.91	2714.64	2677.02	45.09	37.82	266	5220.00	2670.95	2669.95		2721.91	2709.37	2670.15	51.96	39.42
217	4260.00	2676.97	2675.97		2721.91	2714.53	2676.17	45.94	38.56	267	5240.00	2672.02	2671.02		2721.91	2709.27	2671.22	50.89	38.25
218	4280.00	2676.12	2675.12		2721.91	2714.43	2675.32	46.79	39.30	268	5260.00	2673.08	2672.08		2721.91	2709.16	2672.28	49.83	37.08
219	4300.00	2675.27	2674.27		2721.91	2714.32	2674.47	47.64	40.05	269	5280.00	2674.14	2673.14		2721.91	2709.06	2673.34	48.77	35.92
220	4320.00	2674.42	2673.42		2721.91	2714.22	2673.62	48.49	40.79	270	5300.00	2675.20	2674.20		2721.91	2708.95	2674.40	47.71	34.75
221	4340.00	2673.58	2672.58		2721.91	2714.11	2672.78	49.33	41.53	271	5320.00	2676.38	2675.38		2721.91	2708.85	2675.58	46.53	33.47
222	4360.00	2672.73	2671.73		2721.91	2714.00	2671.93	50.18	42.27	272	5340.00	2678.57	2677.57		2721.91	2708.74	2677.77	44.34	31.17
223	4363.93	2671.88	2670.88		2721.91	2713.98	2671.08	51.03	43.10	273	5360.00	2680.75	2679.75		2721.91	2708.64	2679.95	42.16	28.88
224	4380.00	2670.23	2669.23		2721.91	2713.88	2669.43	52.68	44.65	274	5380.00	2682.91	2681.91		2721.91	2708.41	2682.11	40.00	26.51
225	4400.00	2668.59	2667.59		2721.91	2713.78	2667.79	54.32	46.19	275	5400.00	2683.70	2682.70		2721.91	2708.30	2682.90	39.21	25.61
226	4420.00	2666.94	2665.94		2721.91	2713.67	2666.14	55.97	47.73	276	5420.00	2684.49	2683.49		2721.91	2708.20	2683.69	38.42	24.71
227	4440.00	2665.29	2664.29		2721.91	2713.56	2664.49	57.62	49.27	277	5440.00	2685.28	2684.28		2721.91	2708.09	2684.48	37.63	23.81
228	4460.00	2663.65	2662.65		2721.91	2713.46	2662.85	59.26	50.81	278	5460.00	2686.08	2685.08		2721.91	2707.99	2685.28	36.83	22.91
229	4480.00	2662.00	2661.00		2721.91	2713.35	2661.20	60.91	52.35	279	5480.00	2686.87	2685.87		2721.91	2707.88	2686.07	36.04	22.02
230	4500.00	2660.35	2659.35		2721.91	2713.25	2659.55	62.56	53.89	280	5500.00	2687.66	2686.66		2721.91	2707.78	2686.86	35.25	21.12
231	4520.00	2658.71	2657.71		2721.91	2713.14	2657.91	64.20	55.44	281	5520.00	2688.45	2687.45		2721.91	2707.67	2687.65	34.46	20.22
232	4540.00	2657.06	2656.06		2721.91	2713.04	2656.26	65.85	56.98	282	5540.00	2689.57	2688.57		2721.91	2707.57	2688.77	33.34	19.00
233	4560.00	2655.42	2654.42		2721.91	2712.93	2654.62	67.49	58.52	283	5560.00	2691.88	2690.88		2721.91	2707.46	2691.08	31.03	16.59
234	4580.00	2654.12	2653.12		2721.91	2712.83	2653.32	68.79	59.71	284	5580.00	2693.90	2692.90		2721.91	2707.36	2693.10	29.01	14.46
235	4600.00	2652.81	2651.81		2721.91	2712.72	2652.01	70.10	60.91	285	5600.00	2696.60	2695.60		2721.91	2707.25	2695.80	26.31	11.65
236	4620.00	2651.51	2650.51		2721.91	2712.62	2650.71	71.40	62.10	286	5620.00	2697.59	2696.59		2721.91	2707.14	2696.79	25.32	10.55
237	4640.00	2650.21	2649.21		2721.91	2712.51	2649.41	72.70	63.30	287	5640.00	2697.55	2696.55		2721.91	2707.04	2696.75	25.36	10.49
238	4660.00	2649.75	2648.75		2721.91	2712.40	2648.95	73.16	63.66	288	5660.00	2697.50	2696.50		2721.91	2706.93	2696.70	25.41	10.44
239	4680.00	2649.28	2648.28		2721.91	2712.30	2648.48	73.63	64.02	289	5680.00	2697.43	2696.43		2721.91	2706.83	2696.63	25.48	10.40
240	4700.00	2648.81	2647.81		2721.91	2712.11	2648.01	74.10	64.30	290	5700.00	2700.00	2699.00		2721.91	2706.72	2699.20	22.91	7.72
241	4720.00	2649.88	2648.88		2721.91	2712.01	2649.08	73.03	63.13	291	5720.00	2697.28	2696.28		2721.91	2706.60	2696.48	25.63	10.32
242	4740.00	2650.95	2649.95		2721.91	2711.90	2650.15	71.96	61.95										
243	4760.00	2652.02	2651.02		2721.91	2711.79	2651.22	70.89	60.77										
244	4780.00	2652.45	2651.45		2721.91	2711.69	2651.65	70.46	60.24										
245	4800.00	2652.87	2651.87		2721.91	2711.58	2652.07	70.04	59.72										
246	4820.00	2653.29	2652.29		2721.91	2711.48	2652.49	69.62	59.19										
247	4840.00	2653.71	2652.71		2721.91	2711.37	2652.91	69.20	58.66										
248	4860.00	2654.71	2653.71		2721.91	2711.27	2653.91	68.20	57.56										
249	4880.00	2655.71	2654.71		2721.91	2711.16	2654.91	67.20	56.45										
250	4900.00	2656.71	2655.71		2721.91	2711.06	2655.91	66.20	55.35										

## Anexo C. Análisis de flujo transitorio

Figura C1.Golpe de Ariete

Válvula	Nodo	Abcsisa	Cota	Material	Longitud acumulada	Caudal	Velocidad	Presión Estática	K	D nominal	D interno	espesor	Presión de trabajo
		m	msnm		m	l/s	m/s	m		mm			mca
V.cierre	2	22.00	2835.83	PVC	22.37	29.14	1.08	4.06	33.33	200	190.20	9.80	0.63
V.cierre	48	920.00	2798.38	PVC	930.66	29.14	1.08	41.52	33.33	200	190.20	9.80	0.63
TANQUE	60	1160.00	2762.61	PVC	1183.58	29.14	1.08	0.00	33.33	200	190.20	9.80	0.63
V.cierre	79	1540.00	2690.88	PVC	1577.85	29.14	1.08	71.73	33.33	200	184.60	15.40	1
V.cierre	109	2120.00	2715.46	PVC	2190.11	29.14	1.08	47.15	33.33	200	187.60	12.40	0.8
V.cierre	142	2780.00	2690.66	PVC	2879.47	29.14	1.08	71.95	33.33	200	181.00	19.00	1.25
TANQUE	153	3000.00	2721.91	PVC	3108.29	29.14	1.08	0.00	33.33	200	190.20	9.80	0.63
V.cierre	179	3520.00	2700.73	PVC	3631.46	29.14	1.08	21.18	33.33	200	190.20	9.80	0.63
V.cierre	224	4380.00	2669.23	PVC	4506.18	29.14	1.08	52.68	33.33	200	184.60	15.40	1
V.cierre	291	5720.00	2696.28	PVC	5848.92	29.14	1.08	25.63	33.33	200	190.20	9.80	0.63

Válvula	Nodo	Abcsisa	Cota	celeridad	tc	TM	Tipo de cierre	$\Delta H$	Pmax	Pmax2	OBSERVACIÓN	Cota2
		m	msnm	m/s	s	s			mca	Mpa	P.trabajo < Ht	msnm
V.cierre	2	22.00	2835.83	332.48	0.135	20	Cierre lento	0.247	4.31	0.042	CUMPLE	2840.14
V.cierre	48	920.00	2798.38	332.48	5.598	20	Cierre lento	10.255	51.77	0.508	CUMPLE	2850.15
TANQUE	60	1160.00	2762.61	332.48	7.120	20	Cierre lento	13.042	13.04	0.128	CUMPLE	2852.94
V.cierre	79	1540.00	2690.88	332.48	9.491	20	Cierre lento	17.387	89.12	0.874	CUMPLE	2857.28
V.cierre	109	2120.00	2715.46	332.48	13.174	20	Cierre lento	24.134	71.28	0.699	CUMPLE	2864.03
V.cierre	142	2780.00	2690.66	332.48	17.321	20	Cierre lento	31.730	103.68	1.017	CUMPLE	2871.62
TANQUE	153	3000.00	2721.91	332.48	18.697	20	Cierre lento	34.252	34.25	0.336	CUMPLE	2874.14
V.cierre	179	3520.00	2700.73	332.48	21.845	20	Cierre rapido	36.638	57.81	0.567	CUMPLE	2876.53
V.cierre	224	4380.00	2669.23	332.48	27.106	20	Cierre rapido	36.638	89.32	0.876	CUMPLE	2876.53
V.cierre	291	5720.00	2696.28	332.48	35.183	20	Cierre rapido	36.638	62.27	0.611	CUMPLE	2876.53

Fuente. Autora

## Anexo D. Dimensionamiento Válvula Aire y Desagüe.

Cuadro D 1. Orificio Válvula de Aire

Válvula	Nodo	Abscisa	Cota	Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Nominal (Plg)	Orificio de Válvula (Plg)
V.aire	25	480	2827.69	200	8	1
V.aire	45	880	2823.64	200	8	1
V.aire	52	1000	2775.55	200	8	1
V.aire	76	1480	2722.56	200	8	1
V.aire	83	1620	2662.22	200	8	1
V.aire	97	1880	2718.60	200	8	1
V.aire	126	2460	2714.70	200	8	1
V.aire	148	2900	2733.28	200	8	1
V.aire	170	3340	2700.49	200	8	1
V.aire	203	3980	2679.36	200	8	1
V.aire	273	5360	2679.75	200	8	1
Fuente: Autora						

Cuadro D 2.Orificio Válvula de Aire

Válvula	Nodo	Abscisa	Cota	Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Nominal (Plg)	Orificio de Válvula (Plg)
V.purga	14	260	2824.95	200	8	2
V.purga	38	740	2816.94	200	8	2
V.purga	49	940	2784.20	200	8	2
V.purga	66	1280	2735.31	200	8	2
V.purga	85	1660	2644.55	200	8	2
V.purga	120	2340	2711.79	200	8	2
V.purga	134	2620	2650.88	200	8	2
V.purga	166	3260	2698.38	200	8	2
V.purga	183	3600	2695.00	200	8	2
V.purga	199	3900	2663.31	200	8	2
V.purga	207	4060	2679.63	200	8	2
V.purga	239	4680	2648.28	200	8	2
Fuente: Autora						

## Anexo E. Diseño de Línea de conducción con LERAD

### Manual de Usuario

1. Microsoft Excel -> PORTADA
2. Ir a base de Datos e ingresar el perfil a diseñar.
3. Ingresado el perfil Volver a Portada
4. Clic en Botón EMPEZAR

**UTMACH**  
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EXAMEN COMPLEXIVO**  
**DISEÑO DE UNA LINEA DE CONDUCCIÓN A GRAVEDAD MEDIANTE  
LA APLICACIÓN DE HOJAS DE CALCULO PROGRAMADA**

**AUTOR:**  
LEÓN ROMERO RADMILA JUANA  
INGENIERA CIVIL

**TUTOR:**  
AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO  
INGENIERO CIVIL, MGS

**OBSERVACIONES**  
1. Click en Ir a BASE DE DATOS -> Ingresar Perfil  
2. Volver a Portada -> Dar click en Ir a portada  
3. Click en Botón EMPEZAR

**FECHA DE ENTREGA:**  
\_\_ NOVIEMBRE DEL 2020  
**MACHALA  
2020**

Portada
BASE DE DATOS
Dotac

Figura E 1. Portada

PERFIL DE TERRENO			Ir a Portada
# PUNTO	ABSCISA	COTA	
1	0.0	2840.833	
2	22.0	2836.83	
3	40.0	2835.784	
4	60.0	2834.737	
5	80.0	2833.69	
6	100.0	2832.643	
7	120.0	2831.597	
8	140.0	2830.55	
9	160.0	2829.743	
10	180.0	2828.948	
11	200.0	2828.147	
12	220.0	2827.346	
13	240.0	2826.65	
14	260.0	2825.953	
15	280.0	2825.257	
16	300.0	2825.652	
17	320.0	2826.116	
18	340.0	2826.579	
19	360.0	2827.429	
20	380.0	2828.327	
21	400.0	2829.517	
22	420.0	2829.646	
23	440.0	2829.127	
24	460.0	2828.674	
25	480.0	2828.686	
26	500.0	2828.639	
27	520.0	2828.867	
28	540.0	2828.963	
29	560.0	2828.274	

Portada
BASE DE DATOS
Dotación
DIAMETRO
DISEÑO
GOLPE DE ARIETE

Figura E 2. Perfil de diseño



Figura E 3. Software LERAD 1.0

5. Una vez ingresado el perfil en la hoja de cálculo correr el programa.

6. Pestaña Datos → Ingresar

# PUNTO	ABSCISA	COTA
1	0.0	2840.893
2	22.0	2836.83
3	40.0	2835.784
4	60.0	2834.737
5	80.0	2833.69
6	100.0	2832.643
7	120.0	2831.597
8	140.0	2830.55
9	160.0	2829.749
10	180.0	2828.948
11	200.0	2828.147
12	220.0	2827.346
13	240.0	2826.65
14	260.0	2825.953
15	280.0	2825.257
16	300.0	2825.652
17	320.0	2826.116
18	340.0	2826.579
19	360.0	2827.428
20	380.0	2828.927
21	400.0	2829.517
22	420.0	2829.646
23	440.0	2829.127
24	460.0	2828.674
25	480.0	2828.686
26	500.0	2828.699
27	520.0	2828.867
28	540.0	2828.963
29	560.0	2828.274
30	580.0	2827.336
31	600.0	2826.397
32	620.0	2824.896
33	640.0	2823.395
34	660.0	2821.895
35	680.0	2820.394

Figura E 4. Pantalla de ingreso de datos



7. Para obtener cálculo de población Futura →Ingresar

- Población Actual (Hab)
- Tasa de crecimiento
- Periodo de diseño (años)

8. Para obtener el Caudal de diseño →Ingresar

- Dotación (l/hab/d)
- Coeficiente de consumo máximo diario  $1.3 < K1 < 1.5$

9. Para análisis de flujo transitorio →Ingresar

- Tiempo de maniobra de la Válvula T.M (seg)
- Altura de excavación de zanja para tubería de conducción min 0.80m

10. Dar clic en Mostrar información (Aparecen los datos cota de salida y llegada)

11. Dar clic en CALCULAR para obtener los diámetros de tubería.

Datos

<b>POBLACION FUTURA</b> POBLACION ACTUAL: <input type="text" value="5874"/> hab TASA DE CRECIMIENTO: <input type="text" value="1.84"/> AÑOS: <input type="text" value="25"/> POBLACION FUTURA: <input type="text" value="9267"/> hab <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Nuevo"/>	<b>DOTACION</b> DOTACION: <input type="text" value="190"/> l/hab/día CONSUMO MEDIO DIARIO: <input type="text" value="20.37881944444"/> l/s K: (1.3-1.5): <input type="text" value="1.3"/> CONSUMO MAXIMO DIARIO: <input type="text" value="26.49246527777"/> l/s CAUDAL DE DISEÑO: <input type="text" value="29.14171180555"/> l/s <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Nuevo"/>	<b>TIEMPO Y ALTURA</b> T.M DE LA VALVULA: <input type="text" value="20"/> s ALTURA TUBERIA: <input type="text" value="1"/> m MATERIAL DE TUBERIA: <input type="text" value="PVC"/> <input type="button" value="Ingresar"/> <input type="button" value="Nuevo"/>
--	---	---

Figura E 5. Dotación y Caudal de diseño

<b>CALCULAR DIAMETRO</b> COTA DE SALIDA: <input type="text"/> m COTA DE LLEGADA: <input type="text"/> m C: <input type="text"/> PERDIDAS TOTALES: <input type="text"/> m VELOCIDAD: <input type="text"/> m/s PRESION FINAL: <input type="text"/> m.c.a DIAMETRO 1: <input type="text"/> mm DIAMETRO 2: <input type="text"/> mm <input type="button" value="Mostrar Información"/> <input type="button" value="CALCULAR"/>	<b>CALCULAR DIAMETRO</b> COTA DE SALIDA: <input type="text" value="2840.893"/> m COTA DE LLEGADA: <input type="text" value="2697.277"/> m C: <input type="text" value="150"/> PERDIDAS TOTALES: <input type="text" value="133.615960"/> m VELOCIDAD: <input type="text" value="1.93673010"/> m/s PRESION FINAL: <input type="text" value="10.0000397"/> m.c.a DIAMETRO 1: <input type="text" value="200"/> mm DIAMETRO 2: <input type="text" value="160"/> mm <input type="button" value="Mostrar Información"/> <input type="button" value="CALCULAR"/>
--	---

Figura E 6. Diámetros de tubería

12. En pestaña Desarrollo: Determinar los puntos (Abscisa y cota) donde va a ubicar válvulas de control, aire y desagüe de acuerdo a las necesidades del proyecto, para ello debe:

- Situarse con el puntero en la abscisa que desea ubicar.
- Despliegue en la flecha (tipo de válvula) las opciones y dele clic a una de ellas.
- Para agregar Tanque rompe presiones (si lo requiere el sistema), haga las mismas acciones que con la válvula.

SELECCION DE VALVULAS Y TANQUE ROMPE-PRESIONES							
#Punto	Abscisa	Cota	Velocidad	Valvulas	Tanque	Presion Est.	Presion Din...
49.00	940.00	2785.20	1.08	0.00	0.00	55.69	50.22
50.00	960.00	2771.03	1.08	0.00	0.00	69.86	64.17
51.00	980.00	2772.73	1.08	V.purga	0.00	68.16	62.37
52.00	1000.00	2776.55	1.08	0.00	0.00	64.34	58.44
53.00	1020.00	2784.03	1.08	V.aire	0.00	56.87	50.72
54.00	1040.00	2782.62	1.08	0.00	0.00	58.27	52.02
55.00	1060.00	2781.95	1.08	0.00	0.00	58.94	52.58
56.00	1080.00	2780.84	1.08	0.00	0.00	60.05	53.59
57.00	1100.00	2778.76	1.08	0.00	0.00	62.13	55.56
58.00	1120.00	2772.94	1.08	0.00	0.00	67.95	61.27
59.00	1140.00	2768.28	1.08	0.00	0.00	72.62	65.83
60.00	1160.00	2763.61	1.08	0.00	0.00	75.00	68.00
61.00	1180.00	2758.25	1.08	0.00	0.00	75.36	68.55
62.00	1200.00	2752.87	1.08	0.00	0.00	10.74	10.52
63.00	1220.00	2747.75	1.08	0.00	0.00	15.86	15.53
64.00	1240.00	2743.18	1.08	0.00	0.00	20.43	20.00
65.00	1260.00	2738.61	1.08	0.00	0.00	25.00	24.46
66.00	1280.00	2736.31	1.08	0.00	0.00	27.30	26.65
67.00	1300.00	2734.22	1.08	V.purga	0.00	29.99	28.55
68.00	1320.00	2733.36	1.08	0.00	0.00	30.25	29.30
69.00	1340.00	2732.51	1.08	0.00	0.00	31.10	30.06
70.00	1360.00	2731.65	1.08	0.00	0.00	31.96	30.81
71.00	1380.00	2730.79	1.08	V.aire	0.00	32.82	31.44
72.00	1400.00	2729.93	1.08	0.00	0.00	33.68	32.19
73.00	1420.00	2728.38	1.08	0.00	0.00	35.23	33.64
74.00	1440.00	2726.77	1.08	0.00	0.00	36.84	35.14
75.00	1460.00	2725.17	1.08	0.00	0.00	38.44	36.64
76.00	1480.00	2723.56	1.08	0.00	0.00	40.05	38.14
77.00	1500.00	2722.31	1.08	V.aire	0.00	41.30	39.17
78.00	1520.00	2710.51	1.08	0.00	0.00	53.10	50.83
79.00	1540.00	2691.88	1.08	V.cierre	0.00	71.73	69.31
80.00	1560.00	2678.23	1.08	0.00	0.00	85.38	82.83
81.00	1580.00	2672.81	1.08	0.00	0.00	90.80	88.14

Figura E 7. Selección de válvulas y tanque rompe presiones

Cabe mencionar que los demás accesorios (Codos y tes) se ubican automáticamente acorde al perfil de diseño y en caso de las tes acorde a la ubicación de válvulas de Purga/Desagüe.

13. Una vez realizado estos pasos ya podrá observar los resultados del diseño. Como se muestra a continuación:

ACCESORIOS						
# Punto	Abscisa	Cota	Codo	Valvula	Te	Tanque
39.00	760.00	2817.57		V.purga	T. paso dire	0.00
40.00	780.00	2817.92		0.00	0.00	0.00
41.00	800.00	2819.22		0.00	0.00	0.00
42.00	820.00	2820.79		0.00	0.00	0.00
43.00	840.00	2822.45		0.00	0.00	0.00
44.00	860.00	2824.12		0.00	0.00	0.00
45.00	880.00	2824.64	11.25	0.00	0.00	0.00
46.00	886.04	2825.97	45.00	V.aire	0.00	0.00
47.00	900.00	2814.88		0.00	0.00	0.00
48.00	920.00	2799.38		V.cierre	0.00	0.00
49.00	940.00	2785.20		0.00	0.00	0.00
50.00	960.00	2771.03	22 1/2 + 11	V.purga	T. paso dire	0.00
51.00	980.00	2772.73		0.00	0.00	0.00
52.00	1000.00	2776.55	11.25	0.00	0.00	0.00
53.00	1020.00	2784.03	22.50	V.aire	0.00	0.00
54.00	1040.00	2782.62		0.00	0.00	0.00
55.00	1060.00	2781.95		0.00	0.00	0.00
56.00	1080.00	2780.84		0.00	0.00	0.00
57.00	1100.00	2778.76		0.00	0.00	0.00
58.00	1120.00	2772.94	11.25	0.00	0.00	0.00
59.00	1140.00	2768.28		0.00	0.00	0.00
60.00	1160.00	2763.61		0.00	0.00	0.00
61.00	1180.00	2758.25		0.00	0.00	0.00
62.00	1200.00	2752.87		0.00	0.00	0.00
63.00	1220.00	2747.75		0.00	0.00	0.00
64.00	1240.00	2743.18		0.00	0.00	0.00
65.00	1260.00	2738.61		0.00	0.00	0.00
66.00	1280.00	2736.31		0.00	0.00	0.00
67.00	1300.00	2734.22		V.purga	T. paso dire	0.00
68.00	1320.00	2733.36		0.00	0.00	0.00
69.00	1340.00	2732.51		0.00	0.00	0.00
70.00	1360.00	2731.65		0.00	0.00	0.00
71.00	1380.00	2730.79		V.aire	0.00	0.00
72.00	1400.00	2729.93		0.00	0.00	0.00

Figura E 9. Ubicación de accesorios

PRESIONES					
#Punto	Abscisa	Cota	Tubería	Estatica	Dinamica
258.00	5060.00	2662.28	1	60.63	48.94
259.00	5080.00	2663.36	1	59.55	47.75
260.00	5100.00	2664.45	1	58.46	46.56
261.00	5120.00	2665.54	1	57.37	45.36
262.00	5140.00	2666.62	1	56.29	44.17
263.00	5160.00	2667.71	1	55.20	42.98
264.00	5180.00	2668.80	1	54.11	41.79
265.00	5200.00	2669.88	1	53.03	40.59
266.00	5220.00	2670.95	1	51.96	39.42
267.00	5240.00	2672.02	1	50.89	38.25
268.00	5260.00	2673.08	1	49.83	37.08
269.00	5280.00	2674.14	1	48.77	35.92
270.00	5300.00	2675.20	1	47.71	34.75
271.00	5320.00	2676.38	1	46.53	33.47
272.00	5340.00	2678.57	0.8	44.34	31.17
273.00	5360.00	2680.75	0.8	42.16	28.88
274.00	5380.00	2682.91	0.8	40.00	26.51
275.00	5400.00	2683.70	0.8	39.21	25.61
276.00	5420.00	2684.49	0.8	38.42	24.71
277.00	5440.00	2685.28	0.8	37.63	23.81
278.00	5460.00	2686.08	0.8	36.83	22.91
279.00	5480.00	2686.87	0.8	36.04	22.02
280.00	5500.00	2687.66	0.8	35.25	21.12
281.00	5520.00	2688.45	0.8	34.46	20.22
282.00	5540.00	2689.57	0.8	33.34	19.00
283.00	5560.00	2691.88	0.8	31.03	16.59
284.00	5580.00	2693.90	0.8	29.01	14.46
285.00	5600.00	2696.60	0.63	26.31	11.65
286.00	5620.00	2697.59	0.63	25.32	10.55
287.00	5640.00	2697.55	0.63	25.36	10.49
288.00	5660.00	2697.50	0.63	25.41	10.44
289.00	5680.00	2697.43	0.63	25.48	10.40
290.00	5700.00	2700.00	0.63	22.91	7.72
291.00	5720.00	2697.28	0.63	25.63	10.32

Figura E 8. Presión Estática Y dinámica

14. En la pestaña GOLPE DE ARIETE podemos observar el diseño de flujo transitorio por maniobra de válvulas.

Obtenemos los siguientes resultados: Tiempos de maniobra de cierre rápido y lento, sobrepresiones a causa de ellas y presiones de diseño de ariete.

Nodo	Abcisa	Cota	D nominal	D interno	espesor	celeridad	tc	TM	Tipo de cierre	ΔH	Pmax	OBSERVACIÓN	Cota2
	m	msnm	mm			m/s	s	s		mca	mca	P.trabajo < Ht	msnm
1	0.00	2839.89	200	190.20	9.80	332.48	-	20	Cierre rapido	36.638	-	-	2839.89
2	22.00	2835.83	200	190.20	9.80	332.48	0.135	20	Cierre lento	0.247	4.31	CUMPLE	2840.14
3	40.00	2834.78	200	190.20	9.80	332.48	0.243	20	Cierre lento	0.445	5.55	CUMPLE	2840.34
4	60.00	2833.74	200	190.20	9.80	332.48	0.364	20	Cierre lento	0.666	6.82	CUMPLE	2840.56
5	80.00	2832.69	200	190.20	9.80	332.48	0.484	20	Cierre lento	0.887	8.09	CUMPLE	2840.78
6	100.00	2831.64	200	190.20	9.80	332.48	0.604	20	Cierre lento	1.107	9.36	CUMPLE	2841.00
7	120.00	2830.60	200	190.20	9.80	332.48	0.725	20	Cierre lento	1.328	10.62	CUMPLE	2841.22
8	140.00	2829.55	200	190.20	9.80	332.48	0.845	20	Cierre lento	1.549	11.89	CUMPLE	2841.44
9	160.00	2828.75	200	190.20	9.80	332.48	0.966	20	Cierre lento	1.769	12.91	CUMPLE	2841.66
10	180.00	2827.95	200	190.20	9.80	332.48	1.086	20	Cierre lento	1.990	13.93	CUMPLE	2841.88
11	200.00	2827.15	200	190.20	9.80	332.48	1.207	20	Cierre lento	2.210	14.96	CUMPLE	2842.10
12	220.00	2826.35	200	190.20	9.80	332.48	1.327	20	Cierre lento	2.431	15.98	CUMPLE	2842.32
13	240.00	2825.65	200	190.20	9.80	332.48	1.447	20	Cierre lento	2.651	16.89	CUMPLE	2842.54
14	260.00	2824.95	200	190.20	9.80	332.48	1.568	20	Cierre lento	2.872	17.81	CUMPLE	2842.76
15	280.00	2824.26	200	190.20	9.80	332.48	1.688	20	Cierre lento	3.093	18.73	CUMPLE	2842.99
16	300.00	2824.65	200	190.20	9.80	332.48	1.808	20	Cierre lento	3.313	18.55	CUMPLE	2843.21
17	320.00	2825.12	200	190.20	9.80	332.48	1.929	20	Cierre lento	3.533	18.31	CUMPLE	2843.43
18	340.00	2825.58	200	190.20	9.80	332.48	2.049	20	Cierre lento	3.754	18.07	CUMPLE	2843.65
19	360.00	2826.43	200	190.20	9.80	332.48	2.170	20	Cierre lento	3.974	17.44	CUMPLE	2843.87
20	380.00	2827.93	200	190.20	9.80	332.48	2.290	20	Cierre lento	4.195	16.16	CUMPLE	2844.09
21	400.00	2828.52	200	190.20	9.80	332.48	2.411	20	Cierre lento	4.416	15.79	CUMPLE	2844.31
22	420.00	2828.65	200	190.20	9.80	332.48	2.531	20	Cierre lento	4.636	15.88	CUMPLE	2844.53
23	440.00	2828.13	200	190.20	9.80	332.48	2.651	20	Cierre lento	4.857	16.62	CUMPLE	2844.75
24	460.00	2827.67	200	190.20	9.80	332.48	2.772	20	Cierre lento	5.077	17.30	CUMPLE	2844.97
25	480.00	2827.69	200	190.20	9.80	332.48	2.892	20	Cierre lento	5.298	17.50	CUMPLE	2845.19
26	500.00	2827.70	200	190.20	9.80	332.48	3.012	20	Cierre lento	5.518	17.71	CUMPLE	2845.41
27	520.00	2827.87	200	190.20	9.80	332.48	3.132	20	Cierre lento	5.738	17.76	CUMPLE	2845.63
28	540.00	2827.96	200	190.20	9.80	332.48	3.253	20	Cierre lento	5.959	17.89	CUMPLE	2845.85
29	560.00	2827.27	200	190.20	9.80	332.48	3.373	20	Cierre lento	6.179	18.80	CUMPLE	2846.07
30	580.00	2826.34	200	190.20	9.80	332.48	3.494	20	Cierre lento	6.400	19.96	CUMPLE	2846.29
31	600.00	2825.40	200	190.20	9.80	332.48	3.614	20	Cierre lento	6.621	21.12	CUMPLE	2846.51
32	620.00	2823.90	200	190.20	9.80	332.48	3.735	20	Cierre lento	6.842	22.84	CUMPLE	2846.73
33	640.00	2822.40	200	190.20	9.80	332.48	3.855	20	Cierre lento	7.063	24.56	CUMPLE	2846.96
34	660.00	2820.90	200	190.20	9.80	332.48	3.976	20	Cierre lento	7.284	26.28	CUMPLE	2847.18
35	680.00	2819.39	200	190.20	9.80	332.48	4.097	20	Cierre lento	7.505	28.00	CUMPLE	2847.40
36	700.00	2818.35	200	190.20	9.80	332.48	4.217	20	Cierre lento	7.725	29.27	CUMPLE	2847.62
37	720.00	2817.30	200	190.20	9.80	332.48	4.338	20	Cierre lento	7.946	30.54	CUMPLE	2847.84
38	740.00	2816.94	200	190.20	9.80	332.48	4.458	20	Cierre lento	8.166	31.12	CUMPLE	2848.06

Figura E10. Golpe de ariete

15. En la pestaña GRÁFICA podemos generar el diseño de línea piezométrica de tal manera que podamos observar lo que ocurre en el sistema, paso importante ya que nos permite ver si nuestro diseño necesita o no cámaras de rompe presión para disipar la energía y disminuir la presión con el objeto de tener presiones adecuadas para que el sistema funcione bien hidráulicamente.

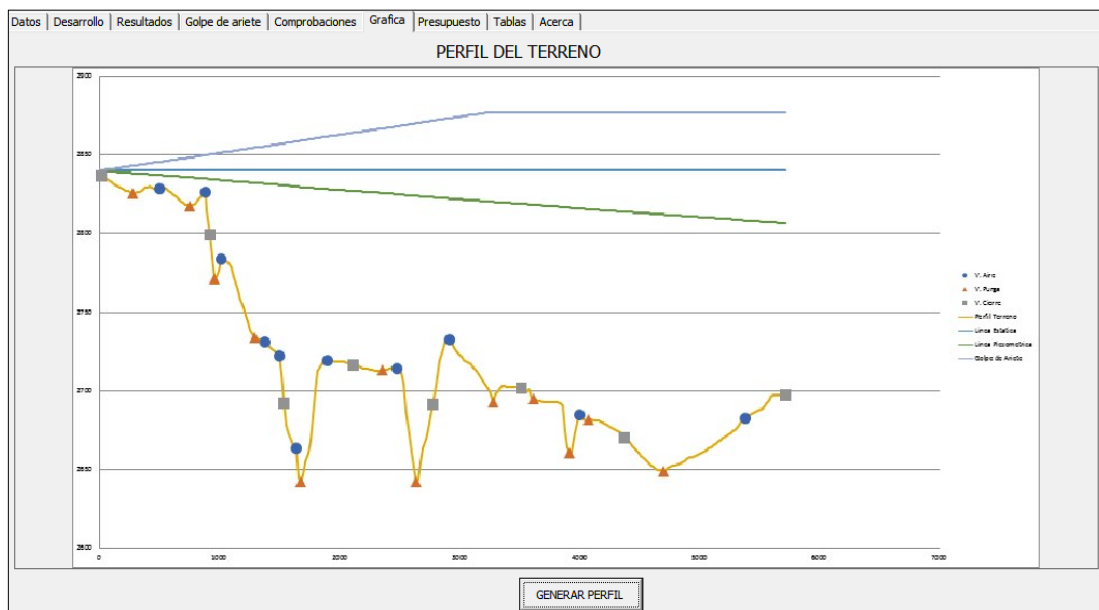


Figura E11. Diseño sin Tanque Rompe-presiones

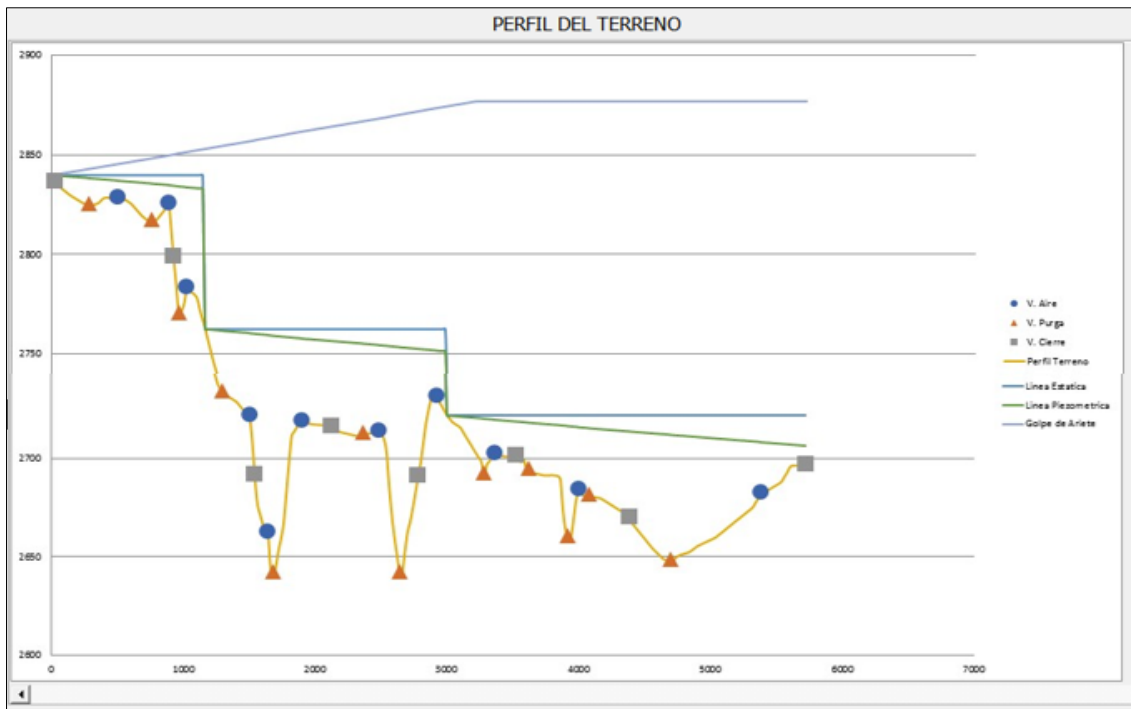


Figura E 12. Diseño con Tanque Rompe-presiones

16. Además podemos visualizar el coste de la tubería solo yendo a la pestaña PRESUPUESTO.

Nominal	Mpa	Longitud	Precio Unitario	Precio por tubería
	0.5	0	0	\$0.00
200	0.63	2058.63	\$21.88	\$45,032.44
	0.8	1909.63	\$25.93	\$49,523.00
	1	974.69	\$32.57	\$31,747.42
	1.25	685.10	\$41.14	\$28,187.20
	1.6	220.88	\$51.34	\$11,339.79
			Costo total:	\$165,829.85

GENERAR REPORTE

Figura E 13. Costo de la tubería

17. Software LERAD permite al diseñador generar un reporte del análisis y diseño del sistema de conducción realizado. Solo es necesario dar clic al botón GENERAR REPORTE ubicada debajo de la tabla de presupuesto.

A continuación, se observa los datos generados en el reporte técnico.

## REPORTE TECNICO

PROYECTO: LINEA DE CONDUCCION DE AGUA

Responsable Tecnico:

Fecha:

### DATOS DE ENTRADA:

Poblacion actual:	5874 Hab
Tasa de Crecimiento:	1.84
Años de diseño:	25 años
Dotacion:	190 lt/Hab/dia
Coefficiente k1:	1.3
T.M:	20 s
Altura de tubería:	1 m
Material:	PVC

k1: Consumo Maximo Diario

T.M: Tiempo de Maniobra

### DATOS DE SALIDA:

Poblacion Futura:	9267 Hab
Consumo Medio Diario:	20.38 lt/s
Consumo Maximo Diario	26.49 lt/s
Caudal de diseño:	29.14 l/s
Cota de salida:	2840.89 m
Cota de llegada:	2697.28 m
Longitud Real:	5848.92 m
C:	150

### TUBERIA Y COSTO TOTAL

Diametro Nominal:	200 mm
Longitud para 0.5 Mpa	0 m
Longitud para 0.63 Mpa	2058.63 m
Longitud para 0.80 Mpa	1909.63 m
Longitud para 1 Mpa	974.69 m
Longitud para 1.25 Mpa	685.10 m
Longitud para 1.6 Mpa	220.88 m
Presupuesto total	\$165,829.85 Dolares Americanos

### INFORMACION TECNICA

Carga Estatica:	143.62 m
hf total:	133.62 m
Presion de Dinamica:	10.32 mca
Presion Estatica:	25.63 mca
Presion Max. Golpe de Ariete:	1.48 Mpa

Figura E14. Reporte Técnico

TABLA DE DIAMETROS			
mm/Mpa	Presión de trabajo (Mpa)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	Espesor (mm)
90	0.8	84.2	2.9
90	1	82.8	3.6
90	1.25	81.2	4.4
90	1.6	79.2	5.4
110	0.5	105.6	2.2
110	0.63	104.6	2.7
110	0.8	103.2	3.4
110	1	101.6	4.2
110	1.25	99.6	5.2
110	1.6	96.8	6.6
140	0.5	134.4	2.8
140	0.63	133.2	3.4
140	0.8	131.4	4.3
140	1	129.4	5.3
140	1.25	127.3	6.3
160	0.5	153.6	3.2
160	0.63	152.2	3.9
160	0.8	150	5
160	1	147.6	6.2
160	1.25	144.8	7.6
160	1.6	140.8	9.6
200	0.5	192.2	3.9
200	0.63	190.2	4.9
200	0.8	187.6	6.2
200	1	184.6	7.7
200	1.25	181	9.5
200	1.6	176	12
250	0.5	240.2	4.9
250	0.63	237.8	6.1

Figura E15. Tabla de diámetros PVC plastigama