



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TÍTULO**

Diseño de sistema de recuperación del condensado de 10 unidades  
Manejadoras de aire para ser utilizado en el mantenimiento de la planta  
GILDAN del parque industrial zona francas “Las Palmeras” en km 45 1 /2  
Carretera San Marcos- Masatepe.

**AUTORES**

Br. Kenneth Elías Espinoza García  
Br. Edwin Javier Leiva Ortiz

**TUTOR**

Ing. Donald Pérez Palma

**Managua, 03 de Diciembre de 2021**



## **Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios todo poderoso que nos dió la oportunidad de culminar nuestros estudios universitarios.

Con mucho amor y cariño, a nuestros abuelos: Sra. Blanca Dolores Muñoz Ruiz (Q.E.P.D), Sr. José Trinidad García Hernández (Q.E.P.D) y el Sr. David Ortiz (Q.E.P.D.), por tantos años de amor y comprensión, por haber dado lo mejor de su parte para inculcarnos siempre buenos valores. Así mismo, de haber sido un ejemplo digno de admirar, responsable, honesto y dedicación para cada una de nuestras familias.

A cada uno de nuestros familiares, que se vieron involucrados en este proceso, siempre animándonos a que siguiéramos adelante y que nunca desertáramos.

Br. Kenneth Elías Espinoza García

Br. Edwin Javier Leiva Ortiz

## **Agradecimiento**

Agradecemos primeramente a Dios, por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria. Por habernos conocido y terminar esta etapa de nuestras vidas como compañeros de clases y amigos Kenneth y Edwin.

Gracias a nuestros padres, por ser pilar fundamental para nuestro crecimiento e inculcarnos el ser mejor cada día hasta llegar a coronar nuestros estudios superiores.

Gracias al Ing. Donal Pérez Palma por ser nuestro tutor, por el conocimiento compartido y la paciencia a lo largo de este trabajo, así mismo por habernos brindado los medios suficientes para la culminación. De igual manera agradecemos al Ing. Rufo Casco por compartir su experiencia y conocimientos en materia de construcciones hidráulicas, las cuales fueron oportuna para la conclusión de nuestro trabajo monográfico.

Al Ing. Luis López, Ing. Edy Castellano, por habernos permitido poder desarrollar este trabajo monográfico en tan prestigiosa empresa como lo es GILDAN y poder obtener parámetros que eran necesarios para la culminación.

A todos aquellos que indirectamente tuvieron participación de este logro.

## Resumen ejecutivo

Se presenta el diseño de sistema de recuperación del condensado de 10 unidades manejadoras de aire para ser utilizado en el mantenimiento de la planta GILDAN.

La tubería de recolección es por gravedad, utilizando la ecuación de Manning se determinó que esta debe ser tubería PVC de 2". El almacenamiento para 11.5 horas es de 7.608m<sup>3</sup>, proponiéndose un tanque de almacenamiento de 10m<sup>3</sup> marca Durman (compra en el mercado local).

El sistema de riego consiste en una bomba hidroneumática HIDR-1/2x50P la cual tiene una CTD de 18mca la cual es mayor que la actuante de 17.36mca generada por las 4 llaves de riego. La tubería a presión (tubería de riego) se determinó por el método de Hazen-William en PVC de diámetro de ¾", cumpliendo con la presión residual mínima de 2mca en el último aparato y siendo las pérdidas totales en 13.5mca.

Se determinaron las cantidades totales de obra y por costos unitarios de cada ítem se obtuvo que el presupuesto final es de 5,131.62\$ y un ahorro en la factura de agua de 2,776.98m<sup>3</sup> de agua menos en facturación.

## INDICE

1	Introducción .....	1
2	Antecedentes.....	3
3	Objetivo general.....	4
4	Objetivos Específicos.....	4
5	Justificación .....	5
6	Marco teórico .....	7
6.1	Marco conceptual .....	7
6.1.1	Diseño hidráulico .....	7
6.1.2	Fluido hidráulico.....	7
6.1.3	Mecánica.....	7
6.1.4	Presión.....	7
6.1.5	Flujo Laminar. ....	8
6.1.6	Flujo Turbulento .....	8
6.1.7	Flujo Volumétrico .....	8
6.1.8	Líquido Condensado .....	8
6.1.9	Peso Específico.....	9
6.2	Tubería por gravedad .....	9
6.2.1	Manning .....	9
6.2.2	Radio Hidráulico.....	10
6.2.3	Continuidad .....	11
6.2.4	Coefficiente de Manning .....	11
6.3	Tubería a presión.....	12
6.3.1	Pérdidas por Fricción .....	12
6.3.2	Coefficiente de Hazen-Williams .....	13
6.3.3	Pérdidas debido a accesorios .....	13
6.3.4	Sistema de tuberías en serie.....	14
6.4	Población beneficiada por el proyecto y el consumo de agua potable.....	15
6.4.1	Proyección de población .....	15
6.4.2	Gastos por artefacto.....	15

6.4.3	Método de Hunter para determinar el coeficiente de simultaneidad ....	16
6.5	Bomba .....	18
6.5.1	Pérdidas en la Columna .....	18
6.5.2	Pérdidas en la Descarga .....	18
6.5.3	Carga Total Dinámica (CTD).....	19
6.5.4	Potencia hidráulica de la bomba .....	19
6.5.5	Línea de Conducción .....	20
6.5.6	Golpe de Ariete .....	20
7	Diseño Metodológico.....	21
7.1	Tipo de estudio .....	21
7.2	Criterios de Inclusión .....	21
7.3	Ubicación geográfica del proyecto .....	21
7.4	Tipo de investigación.....	21
7.5	Diseño de la investigación .....	22
7.6	Tipo de población .....	22
7.7	Método de investigación.....	22
7.8	Método inductivo .....	22
7.9	Método deductivo .....	23
7.10	Método de investigación mixta .....	24
7.11	Técnicas e Instrumentalización de redacción de datos.....	24
7.12	Técnicas para el procesamiento de información .....	24
7.13	Consideraciones Éticas.....	25
8	Memoria Técnica.....	26
8.1	Estudios técnicos.....	26
8.1.1	Recopilación de datos para recaudación de caudales.....	26
8.1.2	Cálculos de caudales y velocidades.....	28
8.2	Almacenamiento.....	33
8.2.1	Capacidad del Tanque .....	34
8.3	Diseño tubería por gravedad (desagüe) .....	35
8.4	Diseño de tubería a presión, cálculo de pérdidas y bomba .....	45
8.5	Bomba .....	49
8.6	Presiones en la red.....	51

9	Costo del proyecto .....	52
10	Conclusiones .....	53
11	Recomendaciones .....	54
12	Bibliografía .....	55
13	ANEXOS .....	56
13.1	Anexo 1: Resultado de tirantes por H-Canales .....	56
13.2	Anexo 2: Tabla de tirante para tubería de drenaje .....	65
13.3	Anexo 3: Fichas técnicas de bombas .....	66
13.4	Anexo 4: Método de Newton-Raphson y bisección para resolver ecuaciones 70	
13.5	Anexo 5: Análisis por EPANET .....	79
13.6	Anexo 6: Manual de diagnóstico de fallas en bomba .....	84
13.7	Anexo 7: Ficha técnica de tanque .....	93
13.8	Anexo 8: Ficha técnica tubería .....	95
13.9	Anexo 9: Planos .....	96



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Radio Hidráulico para distintas figuras .....	10
Tabla 2: Valores del coeficiente de Maning (Azevedo, Acosta, 1976).....	11
Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams .....	13
Tabla 4: Longitud Equivalente de los accesorios. ....	14
Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code .....	16
Tabla 6: Factor de simultaneidad.....	17
Tabla 7: Medición de condensado generado en una hora .....	27
Tabla 8: Velocidad de descarga.....	31
Tabla 9: Caudales de manejadoras .....	32
Tabla 10: Tabla de capacidad de tanques y dimensiones.....	34
Tabla 11: perdidas la red .....	49
Tabla 12: Costos del proyecto por costo unitario .....	52
Tabla 13: El motor no arranca.....	84
Tabla 14: El motor arranca frecuentemente.....	85
Tabla 15: El motor funciona en forma continua.....	85
Tabla 16: El motor funciona pero el protector contra sobrecarga se activa.....	87
Tabla 17: Guía para resolver problemas de bombas cuando los fusibles o flipones se disparan cuando se arranca el motor.....	87
Tabla 18: La bomba funciona pero envía poco o nada de agua.....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: liquido condensado .....	9
Figura 2: Tubería en Serie, Mecánica de Fluidos, 2003.....	15
Figura 3: Macrolocalización del sitio .....	23
Figura 4: Tanque Durman (Figura de referencia).....	33
Figura 5: idealizacion del sistema y medidas .....	36
Figura 6: Curva de rendimiento bombas HIDR-1/2x50, HIDRA-1/2x24.....	50
Figura 7: Presiones residuales en la red, modelo EPANET .....	51
Figura 8: Modelo EPANET, nodos y dirección de flujo.....	79
Figura 9: unidades de trabajo .....	79
Figura 10: Cota (m) y demanda base (LPS) por nodo.....	80
Figura 11: Longitud (m), diámetro (mm) y coeficiente de perdida HW por tramo .	80
Figura 12: Determinar curva de demanda de bomba y nivel de tanque .....	81
Figura 13: niveles de tanque .....	82
Figura 14: Velocidades en la red.....	83
Figura 15: Presiones y demanda por nodo en la red .....	83
Figura 16: Manejadoras y drenaje del sitio.....	92

## 1 Introducción.

Las Zonas Francas es el área geográfica delimitada dentro de un territorio nacional, en donde desarrollan actividades industriales de bienes y servicio, o actividades comerciales, bajo una normativa especial en materia tributaria, aduanera y comercio exterior.

El presente documento monográfico está referido a la planta GILDAN situada en la zona franca "Las Palmeras" ubicada en km 45  $\frac{1}{2}$  carretera San Marcos- Masatepe, el cual consiste en diseñar un sistema hidráulico que recupere el agua condensada que es generada por el evaporador de las unidades de aires acondicionados industriales que en la actualidad existe en la planta. El objetivo del documento es el ahorro de agua potable para la sociedad y a la vez sea una herramienta para futuros proyectos en el ámbito del ahorro de agua potable.

El agua que sale a través del drenaje de los aires acondicionados es producto de un intercambio de temperaturas, sin nutrientes y normalmente viene acompañada con residuos de los químicos con los que se hace mantenimiento a las unidades de aires acondicionados, así que no es agua potable para la vida humana ni para los animales. Es necesario mencionar que el uso del agua condensada es únicamente para actividades como el área de aseo, limpieza de área de los comedores externos y el área de mantenimiento de las unidades de aires.

Para describir un poco éste sistema hidráulico cabe resaltar que vendrá a subsidiar el consumo de agua que se requiere para mantener limpio, la rejilla de retorno de aire que va hacia el evaporador, los filtros del evaporador, el mismo evaporador que es afectado por agentes contaminantes (polvo, hebras de hilo, pelusa que se desprenden de las telas) que obstruyen las aletas del evaporador y el condensador que a la misma vez se ve afectado por los agentes contaminantes mencionados anteriormente.

El sistema de tuberías a implementar en el proyecto es de tipo PVC, un sistema de tuberías típico incluye tuberías de diferentes diámetros, unidas entre sí mediante varias uniones o codos para dirigir el fluido, válvulas para controlar la razón de flujo y bombas

para presurizar el fluido. Para realizar esta limpieza en las unidades de aires acondicionados se utiliza dos hidrolavadora.

Una vez el agua se recupere en el tanque que va socavado se procederá a la instalación de una bomba hidroneumática con la suficiente capacidad de mantener la presión en la tubería de distribución, compuestas con llaves de paso donde quedan a la espera para que conecte la manguera de jardín con se alimentan las hidrolavadora que son utilizadas para la limpieza correspondientes y de esta manera se cumpla con un ciclo de reciclaje del agua y la auto sostenibilidad de la limpieza de las unidades de aires acondicionados.

El impacto del presente documento sería positivo porque el alcance del sistema de recuperación de agua, es proponiendo una solución a la planta GILDAN para ahorrar agua potable, la cual puede ser luego distribuida a las comunidades cercanas.

## **2 Antecedentes.**

Actualmente en las unidades centrales de aires acondicionados sólo se realizan mantenimientos preventivos, el cual consiste en dar limpieza a filtros de evaporador, condensador por dentro y por fuera, el ducto de retorno y la base de la unidad. Para llevar a cabo esta limpieza se requiere de una cantidad de agua considerable, esto a la vez resulta costoso y poco responsable con el medio ambiente ya que prácticamente el agua se termina desperdiciando.

Aparte de ser una práctica poco responsable con el medio ambiente se deberá resolver el actual consumo y desperdicio de agua que genera el actual mantenimiento de limpieza que se aplica a filtros, evaporador y condensador de las unidades manejadoras, debido a que se obstruyen de tamo (pelusa) que se genera dentro de la planta.

El estudio de este trabajo es concebido como una investigación de campo de tipo descriptiva, porque se concentra en mayor medida en el almacenaje de agua condensada que produce el evaporador, donde se reutilizará y su principal ocupación será dar limpieza a las unidades de aires acondicionados.

Para resolver esta problemática se implementa este diseño hidráulico, de manera que podremos darle otro fin al agua condensada proveniente del evaporador que es recuperarla en un pozo de agua para luego usarla en el mantenimiento de limpieza que se les aplica a las unidades. Dicha limpieza se hace con una hidrolavadora que utiliza agua que proviene del pozo de agua del parque industrial zona franca "Las Palmeras".

En la planta GILDAN se carece de estudios previos al que se pretende implementar y tampoco investigación alguna acerca del área en donde se pretende implementar el plan, de igual manera en nuestra casa de estudio no encontramos estudios similares al que pretendemos desarrollar. Es por ello que este trabajo se establece de manera oportuna en este sector de la planta donde será idóneo dicho diseño hidráulico.

### **3 Objetivo general.**

- ) Proponer diseño hidráulico de recuperación de condensado para el ahorro de agua en planta GILDAN.

### **4 Objetivos Específicos.**

- ) Calcular los caudales de agua condensada en las unidades manejadoras según los principios de mecánica de fluidos.
- ) Dimensionar el diseño del sistema hidráulico a fin de recuperar la mayor cantidad de condensado posible.
- ) Analizar el costo beneficio de la propuesta de diseño del sistema hidráulico para la empresa GILDAN.

## **5 Justificación.**

La presente investigación de este diseño hidráulico estará enfocado en la importancia que debe tener el ahorro de agua en todas las opciones posible, dado que éste recurso natural se ha visto afectado por diversos factores tales como: cambios climáticos, la erradicación de bosques para fines de agricultura o la creación de nuevas urbanizaciones cerca de ríos o lagos facilitando así sequía en tiempo de verano; para la alimentación de ganado en pie y la contaminación de la misma por la influencia humana en su mayoría.

La creación de este diseño hidráulico será de gran importancia ya que por medio del mismo se logra satisfacer el ahorro de agua, así este trabajo permitirá mostrar que la implementación de dicho diseño vendrá a contribuir al ahorro de agua potable.

Además, este diseño vendrá a reducir el consumo de agua potable lo que a su vez disminuirá los costos por el uso de este recurso, ya que gran parte es utilizado para dar mantenimiento a las 10 unidades manejadoras de aires acondicionados con que cuenta la planta GILDAN.

Dentro del trabajo se precisa que sea tomado como referencia por parte del sector textil, para la implementación de nuevos aportes en materia del ahorro de agua potable y contribuir a la conservación y protección de un recurso de vital importancia.

## Nomenclatura

G.A	Golpe de Ariete
GPM	Galones por Minuto
H.G.	Hierro galvanizado
Hf	Perdidas por Fricción
hl	Pérdidas localizadas.
Hmáx:	Altura máxima
Hmin:	Altura mínima
HP	Horsepower
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado

## Sanitario

L/s	Litros por segundo
m	Metros
m.c.a	Metros columna de agua
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
PB	Potencia de la bomba
Pulg.	Pulgadas
PVC	Polyvinyl Chloride
SAAP	Sistema de abastecimiento de agua potable



## **6 Marco teórico.**

### **6.1 Marco conceptual**

#### **6.1.1 Diseño hidráulico.**

El autor menciona que “Es responsabilidad del diseñador especificar los ductos y tubería para una aplicación en particular, ya que esto tiene una influencia significativa en el costo, duración, seguridad y rendimiento del sistema” (Robert L. Mott, 2006).

El diseño hidráulico para suministros de tuberías de agua potable establece todos los componentes, dimensiones y diversas normalizaciones que se puedan realizar en las tuberías tales como de especificar los tamaños finales del ducto para lograr un rendimiento razonable teniendo en cuenta las pérdidas de energía, las presiones en puntos críticos del sistema y el costo del ciclo de vida.

#### **6.1.2 Fluido hidráulico.**

Es un líquido transmisor de potencia que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo. (Quiminet, 2007)

#### **6.1.3 Mecánica.**

(Cengel, 2006.) El autor menciona que "La **mecánica** es la ciencia física más antigua que trata tanto de los cuerpos en reposo, así como de aquellos en movimiento bajo la influencia de fuerzas..."

#### **6.1.4 Presión.**

(Mott, 2006.) El autor menciona que "Presión: La presión se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Se enuncia por medio de la ecuación:

$$P \times \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 1}$$

### 6.1.5 Flujo Laminar.

“El movimiento intensamente ordenado de un fluido, caracterizado por capas no alteradas de éste se menciona como laminar. La palabra laminar proviene del movimiento de partículas juntas adyacentes del fluido, en **“láminas”**.” (Cengel, 2006)

### 6.1.6 Flujo Turbulento.

“El movimiento intensamente desordenado de un fluido, que es común se presente a velocidades altas y se caracteriza por fluctuaciones en la velocidad se **llama turbulento**.” (Cengel, 2006)

### 6.1.7 Flujo Volumétrico.

“El volumen del fluido que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo se llama razón de flujo volumétrico o gasto volumétrico o simplemente flujo volumétrico V.” (Cengel, 2006)

### 6.1.8 Líquido Condensado.

Condensado es el líquido formado cuando el vapor pasa de fase gas a fase líquida. En un proceso de calentamiento, el condensado es el resultado del vapor que transfirió parte de su energía calorífica, conocida como calor latente, al producto, línea o equipo que debe ser calentado<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/introduction-to-condensate-recovery.html>)



**Figura 1: liquido condensado**

### 6.1.9 Peso Específico.

El peso específico  $\omega$  de una sustancia es el peso de la unidad de volumen de dicha sustancia. En los líquidos  $\omega$  puede considerarse constantes para las variaciones ordinarias de presión. El peso específico del agua para las temperaturas más comunes es de  $1000 \text{ kg/m}^3$ . (Giles, 2007)

## 6.2 Tubería por gravedad

Con los caudales calculados en cada tramo, se calcularon los diámetros de las tuberías aplicando la fórmula de la continuidad y Mannig de tuberías parcialmente llenas (tubería por gravedad) con las fórmulas siguientes:

### 6.2.1 Manning.

$$v \times \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- V:** Velocidad de flujo (m/s).
- R:** Radio hidráulico
- s:** Pendiente.
- n:** Coeficiente de rugosidad (0.01 para tubos de PVC)

Se tomaron en cuenta las pendientes del terreno para que dicha tubería sea paralela al terreno. La velocidad mínima para caudal a tubo lleno se consideró de  $0.60 \text{ m/s}$  y para el caudal de diseño de  $0.30 \text{ m/s}$  y la velocidad máxima de  $3 \text{ m/s}$ .

## 6.2.2 Radio Hidráulico

El radio hidráulico, es un parámetro importante en el dimensionado de canales, tubos y otros componentes de las obras hidráulicas, generalmente es representado por la letra R, y expresado en m es la relación entre:

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- R: Radio hidráulico  
 A: Área mojada (m<sup>2</sup>)  
 P: Perímetro mojado (m)

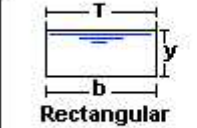

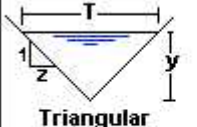
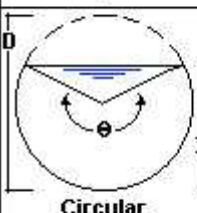
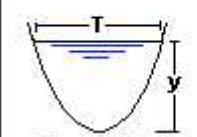
Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T^2 + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Tabla 1: Radio Hidráulico para distintas figuras

### 6.2.3 Continuidad.

$$Q \sqrt{XV} A \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

**Q:** Caudal a tubo lleno en m<sup>3</sup>/s

**A:** Área hidráulica, (m<sup>2</sup>).

### 6.2.4 Coeficiente de Maning

El coeficiente de Maning depende del tipo de recubrimiento del cual está hecho el canal/drenaje/tubo, para dichos valores se recomiendan los siguientes:

**Tabla 2: Valores del coeficiente de Maning (Azevedo, Acosta, 1976)**

Descripción	N
Mampostería de piedra bruta	0.02
Mampostería de piedras rectangulares	0.017
Mampostería de ladrillos, sin revestimiento	0.015
Mampostería de ladrillo, revestida	0.012
Canales de concreto, terminación ordinaria	0.014
Canales de concreto, con revestimiento liso	0.012
Canales con revestimiento muy liso	0.01
Canales de tierra en buenas condiciones	0.025
Canales de tierra con plantas acuáticas	0.035
Canales irregulares y muy mal conservados	0.04
Conductor de madera cepillada	0.011
Barro (vitrificado)	0.013
Tubos de acero soldado	0.011
Tubos de concreto	0.013
Tubos de hierro fundido	0.012
Tubos de asbesto cemento	0.011
Tubos PVC	0.01

### 6.3 Tubería a presión

#### 6.3.1 Pérdidas por Fricción

La ecuación de Hazen William<sup>2</sup> se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos.

$$v = 0.85 C R^{0.63} s_f^{0.54} \quad \text{Ecuación 5}$$

- $v$  Velocidad del flujo (m/s)
- $C$  Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional)
- $R$  Radio Hidráulico (a tubo lleno, ver Tabla 1: Radio Hidráulico para distintas figuras)
- $s_f$  Relación  $\frac{H_f}{L}$  (m/m)
- $H_f$  Perdida de energía (m)
- $L$  Longitud de tubería (m)

Sabiendo que  $R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$ ,  $s_f = \frac{H_f}{L}$ , sustituyendo dichos valores en

la Ecuación 5 y usando la ecuación de continuidad de caudal, obtenemos:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = 0.85 C \left(\frac{D}{4}\right)^{0.63} \left(\frac{H_f}{L}\right)^{0.54}$$

$$\frac{4Q}{\pi D^2} = 0.85 C \frac{D^{0.63}}{4} \frac{H_f^{0.54}}{L}$$

$$\frac{4Q}{\pi D^2} \times \frac{4}{0.85 C} = \frac{D^{0.63} H_f^{0.54}}{L}$$

$$\frac{4Q}{\pi D^2} \times \frac{4}{0.85 C} = \frac{1.2732365Q}{D^2} \times \frac{4}{0.85 C} = \frac{3.5865816Q}{D^2 (0.355 C D^{0.63})} = \frac{3.5865816Q}{C D^{2.63}}$$

<sup>2</sup> Mecanica de Fluidos, Robert Mott, 6ta edición, página 243.

$$H_f = \frac{3.5865816Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} L$$

$$H_f = \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} L \quad \text{Ecuación 6}$$

### 6.3.2 Coeficiente de Hazen-Williams

El coeficiente C solo depende de la condición de la superficie de la tubería o conducto, La tabla adjunta proporciona valores comunes

**Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams**

Tipo de tubo	C
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrifuga de cemento o revestimiento bituminoso	140
Plástico. Cobre, latón, vidrio	130
Acero, hierro fundido, sin recubrimiento	100
Concreto	100
Acero corrugado	60

### 6.3.3 Perdidas debido a accesorios

En la construcción es necesario el uso de accesorios, tales como codos, Tee o válvulas, estas generan pérdidas en el sistema diferentes a las de fricción, para tal fin se usan longitudes equivalentes a utilizar en la fórmula de Hazen-Williams, las cual se describen a continuación.

**Tabla 4: Longitud Equivalente de los accesorios.**

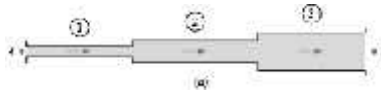
Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150	200	250	300	350
	plg	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
<b>Codo 90</b>																
Radio Largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio medio		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3	3.8	4.6	5.3
<b>Curva 90</b>																
R/D:1 1/2		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.4	3	3.6	4.4
R/D:1 1/2		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
<b>Curva 45</b>																
		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
<b>Entrada</b>																
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De boca		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11
<b>Valvula</b>																
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21	26	34	45.3	51	67	85	102	120
angulo		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10	13	17	21	26	34	43	51	60
de pie		3.6	5.6	7.3	10	11.6	14	17	20	23	31	39	52	65	78	90
<b>Retencion</b>																
T. liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16	20	24	38
T. pesado		1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25	32	38	45
<b>Te de paso</b>																
Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Lateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22
<b>Te salida</b>																
Bilateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

### 6.3.4 Sistema de tuberías en serie.

Las tuberías en serie se usan cuando se quiere cambiar los diámetros de tuberías o el material por cada tramo de longitud. Cada vez que se va a realizar una reducción o ampliación se tiene que tomar en cuenta la pérdida o ganancia de presión que se obtendrá. A continuación, se presentará un ejemplo acerca de cómo funcionan las tuberías en serie.





**Figura 2: Tubería en Serie, Mecánica de Fluidos, 2003**

#### **6.4 Población beneficiada por el proyecto y el consumo de agua potable.**

##### **6.4.1 Proyección de población.**

Dado que el consumo será meramente para riego, no es necesario calcular población beneficiada, a diferencia que si utilizara para uso de consumo humano si es necesario proyectar la población a futuro según el crecimiento del parque industrial “Las Palmeras”.

##### **6.4.2 Gastos por artefacto.**

Dado que es una red abierta, y esta tiene artefactos, se determinará los caudales de los artefactos utilizando los valores por Building Code, tomando en cuenta que todos los artefactos de la red trabajan en forma simultánea y por lo tanto se considera el “Factor de uso o Coeficiente de Simultaneidad” (% del gasto en los tramos de distribución) del método de Building Code.

Con la demanda de agua se determina qué sistema hidroneumático, que equipo de Bombeo y los diámetros de tubería de la red de distribución.

**Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code<sup>3</sup>**

<b>Tipos de Artefactos</b>	<b>United States Department Of Commerce, Building Code (gpm)</b>
lavamanos	5
urinario	3
inodoro	5
lavador de cocina corriente	5
Llaves jardín	3
Ducha	4

#### **6.4.3 Método de Hunter para determinar el coeficiente de simultaneidad**

Para el dimensionamiento de las tuberías se tiene en cuenta que todos los aparatos instalados no funcionan simultáneamente; por esta razón se deben distinguir varios tipos de caudal

El método pretende evaluar el caudal máximo probable y se basa en el concepto de que únicamente unos pocos aparatos, de todos los que están conectados al sistema, entrarán en operación simultánea en un instante dado. El efecto de cada aparato que forma parte de un grupo numeroso de elementos similares, depende de:

- ) Caudal del aparato, o sea la rata de flujo que deja pasar el servicio (q).
- ) Frecuencia de uso: tiempo entre usos sucesivos (T).
- ) Duración de uso: tiempo que el agua fluye para atender la demanda del aparato (t).

---

<sup>3</sup> Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones del colegio federado de arquitectos y de ingenieros de Costa Rica.

El método es aplicable a grandes grupos de elementos, ya que la carga de diseño es tal que tiene cierta probabilidad de no ser excedida (aunque lo puede ser en pocas ocasiones).

La determinación del porcentaje de utilización de los aparatos es hecha por cálculos matemáticos de probabilidades que establecen una fórmula aproximada del porcentaje del número de aparatos que se deben considerar funcionando simultáneamente, en función del número total de ramales que sirve.

Existen diferentes formas de aplicación del método de probabilidades habiéndose, inclusive, preparado curvas de probabilidades y tablas diversas, por lo que se recomienda usar, como un primer tanteo o estimativa, la tabla de probabilidades de uso de los aparatos sanitarios bajo condiciones normales preparada por el U.S. Department of Commerce Building Code, debiéndose reiterar que cuanto mayor es el número de aparatos, existe menos probabilidad de uso.

**Tabla 6: Factor de simultaneidad**

No de aparatos (n)	1	2	3
	FACTOR DE SIMULTANEIDAD		
	Predominio comunes	Predominio Fluxometro	Comunes, en Vivienda
1	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00
3	0.80	0.65	0.70
4	0.68	0.50	0.57
5	0.62	0.42	0.50
6	0.58	0.38	0.44
7	0.56	0.35	0.40
8	0.53	0.31	0.37
9	0.51	0.29	0.35
10	0.50	0.27	0.33
12	0.48	0.24	0.30
14	0.45	0.20	0.27

No de aparatos (n)	1	2	3
	FACTOR DE SIMULTANEIDAD		
	Predominio comunes	Predominio Fluxometro	Comunes, en Vivienda
16	0.44	0.19	0.25
18	0.43	0.17	0.24
20	0.42	0.16	0.23
25	0.40	0.13	0.20

Nota: La diferencia entre aparatos comunes y de fluxometro, obedece a que en estos últimos, la descarga de las válvulas de fluxometro, hacen menos probable su coincidencia en el tiempo. Por ello, a igualdad de n, es menor F para los aparatos de fluxómetro.

## 6.5 Bomba

### 6.5.1 Pérdidas en la Columna

Las NTON 09001-99, establecen que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud.

$$hf = 5\% L \text{ (ec. 10)}$$

$$Lc = NDA + \text{Sumergencia de la Bomba (ec. 11)}$$

$Lc =$  Longitud de la columna  $NDA =$  Nivel Dinámico del Acuífero

\*Nota: Según normativas el NTON establece que el mínimo de sumergencia de la bomba es de 40 pies por debajo del Nivel Dinámico del Acuífero.

### 6.5.2 Pérdidas en la Descarga

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las pérdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería ( $L_e$ ), estas serán tomadas del autor: (López, 1999, p. 35).  $L = L + L + L$  (ec. 12)

Para el cálculo de las pérdidas por longitud, descarga y de succión aplicaremos el método de Hazen Williams., ya descrito anteriormente.

### 6.5.3 Carga Total Dinámica (CTD)

$$C = N + \Delta + \sum hf \text{ (ec. 14)}$$

Donde; CTD = Carga total dinámica (pies).

NDA = Nivel Dinámico del Acuífero (m)

$\Delta Z$  = Diferencial de Elevación entre el NDA y Altura Máxima del Tanque (m)

$\sum hf$  = Sumatoria de Pérdidas (Pérdidas en Columna, Tubería, Accesorios)

### 6.5.4 Potencia hidráulica de la bomba

$$PB = Q * C / 3960 * E * E \text{ (ec. 15)}$$

$$P_{\text{motor}} = 1.15 PB \text{ (ec. 16)}$$

Dónde:

PB = Potencia de la bomba (HP).

$P_{\text{motor}}$  = Potencia del motor (HP).

Q = Caudal (gpm).

CTD = Carga total dinámica (pies).

$E_b$  = Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 75%).

$E_m$  = Eficiencia del motor (para efectos del cálculo teórico se estima en un 90%).

### 6.5.5 Línea de Conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta las comunidades, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

1) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD = 1.5CPDT).

2) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

#### ✓ Velocidad

La velocidad en la línea de conducción será calculada a partir de la fórmula de continuidad, que se expresa como sigue:

$$V = 4Q / \pi \phi^2$$

$0.6 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$ , (0.6 m/s para evitar sedimentos y 1.5 m/s para evitar ruptura por los golpes en las paredes).

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

Ø = Diámetro (m)

V = Velocidad (m/s)

### 6.5.6 Golpe de Ariete

No requiere cálculo de golpe de ariete al existir una bomba que detecta los cambios de presión en la red.

## **7 Diseño Metodológico.**

### **7.1 Tipo de estudio:**

Descriptivo transversal

### **7.2 Criterios de Inclusión:**

- ) Personal del área de condensación de GILDAN del parque industrial zonas francas "Las Palmeras"
- ) Ingenieros activos dirigentes y capacitados del área de condensación.
- ) Técnicos activos encargados y capacitado del área de condensación.

### **7.3 Ubicación geográfica del proyecto.**

El área de estudio se realizará en zona franca las palmeras ubicada el parque industrial "Las Palmeras", con dirección: km 45 ½ carretera San Marcos- Masatepe.

### **7.4 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación a realizar será el de tipo descriptivo y correlacionar dado a que se pretende estudiar y describir la relación entre las variables del planteamiento del problema, ya que está dirigido al problema del alto consumo de agua que tiene la empresa.

"Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis" (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p.60).

Los estudios correlacionales tienen un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa. (Sampieri 2014)

## **7.5 Diseño de la investigación.**

Frente a lo que ocurre con la investigación experimental, en la no experimental las variables estudiadas no se manipulan de forma deliberada. La manera de proceder es observar los fenómenos a analizar tal y como se presentan en su contexto natural.

“El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable” (Palella, Martins, 2010, p.87).

## **7.6 Tipo de población.**

La muestra de la población en general, mayoritariamente son operarios de máquinas de coser industriales, seguidamente están los trabajadores de los distintos sectores que se encargan de que la empresa funcione en óptimas condiciones y personas de la sociedad que realizan diligencias.

## **7.7 Método de investigación.**

El método empleado en nuestro estudio fue inductivo-deductivo, con un tratamiento de los datos y un enfoque mixto.

## **7.8 Método inductivo**

El método inductivo se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

Esto supone que, tras una primera etapa de observación, análisis y clasificación de los hechos, se logra postular una hipótesis que brinda una solución al problema planteado. Una forma de llevar a cabo el método inductivo es proponer, mediante diversas



observaciones de los sucesos u objetos en estado natural, una conclusión que resulte general para todos los eventos de la misma clase.

### 7.9 Método deductivo.

El método deductivo se refiere a una forma específica de pensamiento o razonamiento, que extrae conclusiones lógicas y válidas a partir de un conjunto dado de premisas o proposiciones. Es, dicho de otra forma, un modo de pensamiento que va de lo más general (como leyes y principios) a lo más específico (hechos concretos).



**Figura 3: Macrolocalización del sitio**

El método deductivo puede emplearse de dos maneras:

- ) Directa. En este caso se parte de una única premisa que no es contrastada con otras a su alrededor.
- ) Indirecta. En este caso se parte de un par de premisas: la primera contiene una afirmación universal y la segunda una particular; de la comparación de ambas se obtiene la conclusión.

## **7.10 Método de investigación mixta**

La investigación de métodos mixtos (investigación mixta es un sinónimo) es el complemento natural de la investigación tradicional cualitativa y cuantitativa. Los métodos de investigación mixta ofrecen una gran promesa para la práctica de la investigación. La investigación de métodos mixtos es formalmente definida aquí como la búsqueda donde el investigador mezcla o combina métodos cuantitativos y cualitativos, filosóficamente es la "tercera ola". Una característica clave de la investigación de métodos mixtos es su pluralismo metodológico o eclecticismo, que a menudo resulta en la investigación superior.

## **7.11 Técnicas e Instrumentalización de redacción de datos.**

Para desarrollar el presente trabajo investigativo, se realizará dos tipos de procedimientos para llevar a cabo la recopilación de información por tanto; primeramente estudiaremos el lugar y el comportamiento de la población y en base a la recolección de datos visuales, proseguiremos con la elaboración de una encuesta diseñada para saber la opinión de los operarios y personal encargado de la planta en general para saber si están de acuerdo con el diseño hidráulico para satisfacer el ahorro de agua potable.

## **7.12 Técnicas para el procesamiento de información.**

Una vez recopilada la información a través de las encuestas y la observación del lugar se procederá a realizar los análisis estadísticos de todos los datos obtenidos. Posterior a esto los datos serán tabulados, analizados y representados en tablas y graficas de distribución de frecuencia con el auxilio del programa Microsoft Excel.

Los datos obtenidos de los trabajadores del parque zona franca "Las palmeras" en el área de condensación (GILDAN) serán introducidos en el programa de Excel versión 2017, un paquete estadístico computarizado que permite facilitar el procedimiento de datos cuantitativos y elaboración de datos.

A partir de los datos obtenidos de la encuesta al personal del servicio; se obtendrán medidas de resumen Media, Mediana, Moda, Desviación estándar, Varianza.

Se aplicarán además las pruebas estadísticas según el tipo de variable para las cuantitativas: Análisis de varianza factorial (ANOVA), así como riesgo relativo y sus respectivos intervalos de confianza. Y para las variables cualitativas se aplicarán Ji cuadrada o Chi cuadrada y Anderson

### **7.13 Consideraciones Éticas.**

Se solicitará autorización por escrito a Dirección Administrativa y Recursos Humanos de la zona franca “Las palmeras” y de esta manera se hará uso de la información obtenida de las encuestas personales. Esta información será través de la encuesta personal previamente realizada a los trabajadores donde no se incluye los datos personales.

Este estudio está comprometido a respetar la integridad personal y seguridad humana y a no representar daño a la población estudiada; se compromete a evitar exponerlos a efectos secundarios atribuibles y proveyéndoles la oportunidad de conocer los resultados finales.

La información se utilizará y manejará únicamente por los autores del estudio con absoluta confidencialidad y únicamente para fines educativos, dicha información posterior a su uso será archivada bajo serias reglas de seguridad por un periodo no mayor a 2 años.

## 8 Memoria Técnica

### 8.1 Estudios técnicos.

#### 8.1.1 Recopilación de datos para recaudación de caudales.

En este proceso de recopilación se procedió a lo que lleva por nombre de la realización de mediciones de caudales para determinar la cantidad condensado que es generado a través de los evaporadores de las 10 unidades manejadoras que existen en la planta GILDAN.

Para efectuar la medición de caudal utilizamos el método volumétrico, que consiste en medir el tiempo en que se llena un galón de agua por minutos dando como resultado que un galón de agua se llena en cinco minutos, una vez obtenido ese dato necesitamos saber cuántos galones por hora genera una sola unidad por lo que se hace un cálculo de conversión y estimación de galones generados por hora:

$$1 \text{ gal} = 5 \text{ min}$$

$$60 \text{ min} = 1 \text{ hora}$$

$$\text{Por lo tanto, tenemos que: } x = \frac{60 \text{ min}}{5 \text{ min}} = 12 \frac{g}{hr}$$

En la planta se determinó que el horario laboral de los trabajadores dentro de la planta es de 12 horas con 30 minutos, en los cuales 11 horas con 30 minutos se mantienen en operación las maquinas manejadoras de aire lo que nos lleva a calcular el total de condensado generado por una unidad manejadora en un día laboral:

$$x = (g \quad g \quad e \quad 60 \quad m \quad ) * (h \quad o \quad r \quad a \quad d \quad e \quad u \quad n \quad i \quad d \quad a \quad d \quad e \quad m \quad a \quad n \quad e \quad j \quad a \quad d \quad o \quad r \quad a \quad )$$

$$x = 12 \text{ g} * 11.30 \text{ hr} = 1 \text{ g}$$

Para determinar qué cantidad de condensado es generado por cada unidad realiza el mismo procedimiento, midiendo el caudal de condensado en cada unidad manejadora con que cuenta la planta lo que nos conlleva a la siguiente tabla de cálculos de caudales de las 10 unidades manejadoras:

**Tabla 7: Medición de condensado generado en una hora.**

Unidad #1	20 gal/hr
Unidad #2	8.2 gal/hr
Unidad #3	25 gal/hr
Unidad #4	22.14 gal/hr
Unidad #5	24.8 gal/hr
Unidad #6	22.05 gal/hr
Unidad #7	8.5 gal/hr
Unidad #8	12.98 gal/hr
Unidad #9	15.62 gal/hr
Unidad #10	15.5 gal/hr
Total generado por hora =	174.79 gal/hora

Para determinar el caudal total generado por las 10 unidades manejadora en un día de operación tenemos la siguiente ecuación:

$$X = (174.79 \frac{g}{h}) * (24 h) = 4194.96 g$$

Este resultado nos demuestra la cantidad de galones que se generan en un día de operación de las 10 unidades manejadoras de la planta GILDAN, para que este valor sea válido ante la entidad competente como lo es la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), se realiza la conversión de galón (Gal) a metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

como lo establece la normativa del Instituto Nicaragüense de acueductos y Alcantarillados (INAA)<sup>4</sup>

Obteniendo como resultado el siguiente resultado:

$$1 \text{ g} = 0.003785 \text{ m}^3$$

$$2,010.08 \text{ g} = 7.6 \text{ m}^3$$

Por consiguiente, tenemos que en un día de operación de 11 horas con 30 minutos las 10 unidades manejadoras de aire es necesario de un almacenamiento de **7.608 m<sup>3</sup>**

### 8.1.2 Cálculos de caudales y velocidades.

$$Q_1 = 20 \frac{\text{G}}{\text{hr}} \left( \frac{1 \text{ m}^3}{264 \text{ g}} \right) = 0.0757 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \left( \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \right)$$

$$Q_1 = 2.10 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = \pi r^2 = 3.1416 \cdot 0.390625$$

$$A = 1.22 \text{ m}^2 \cdot 7.87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A} = \frac{2.10 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{7.87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V_1 = 0.0266 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_2 = 8.2 \frac{\text{G}}{\text{hr}} \left( \frac{1 \text{ m}^3}{264 \text{ g}} \right) = 0.0310 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \left( \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \right)$$

---

<sup>4</sup> Reglamento de servicios al usuario. Pág. 5. Definiciones aplicables. Ley orgánica del INAA y sus reformas, enero 1998

$$Q_2 = 8.611 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V^2 = \frac{Q_2}{A} = \frac{8.611 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_2 = 0.0109 \frac{m}{s}$$

$$Q_3 = 25 \frac{G}{hr} \left( \frac{1 m^3}{264 g} \right) = 0.0946 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1 hr}{3600 s} \right)$$

$$Q_3 = 2.62 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V^3 = \frac{Q_3}{A} = \frac{2.62 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_3 = 0.0332 \frac{m}{s}$$

$$Q_4 = 22.14 \frac{G}{hr} \left( \frac{1 m^3}{264 g} \right) = 0.0838 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1 hr}{3600 s} \right)$$

$$Q_4 = 2.32 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V^4 = \frac{Q_4}{A} = \frac{2.32 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_4 = 0.02947 \frac{m}{s}$$

$$Q_5 = 24.8 \frac{G}{hr} \left( \frac{1 m^3}{264 g} \right) = 0.0938 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1 hr}{3600 s} \right)$$

$$Q_5 = 2.60 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V^5 = \frac{Q_5}{A} = \frac{2.6 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_5 = 0.3303 \frac{m}{s}$$

$$Q_6 = 22.5 \frac{G}{hr} \left( \frac{1m^3}{264g} \right) = 0.0851 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1hr}{3600s} \right)$$

$$Q_6 = 2.36 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V_6 = Q_6/A = \frac{2.36 \cdot 10^{-5} m^3}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_6 = 0.0299 \frac{m}{s}$$

$$Q_7 = 8.5 \frac{G}{hr} \left( \frac{1m^3}{264g} \right) = 0.0321 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1hr}{3600s} \right)$$

$$Q_7 = 8.91 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V_7 = Q_7/A = \frac{8.91 \cdot 10^{-5} m^3}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_7 = 0.0113 \frac{m}{s}$$

$$Q_8 = 12.98 \frac{G}{hr} \left( \frac{1m^3}{264g} \right) = 0.0491 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1hr}{3600s} \right)$$

$$Q_8 = 1.36 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V_8 = Q_8/A = \frac{1.36 \cdot 10^{-5} m^3}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$V_8 = 0.0172 \frac{m}{s}$$

$$Q_9 = 15.92 \frac{G}{hr} \left( \frac{1m^3}{264g} \right) = 0.0602 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1hr}{3600s} \right)$$



$$Q_9 = 1.67 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V_9 = \frac{Q_9}{A} = \frac{1.67 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2} = 0.0212 \frac{m}{s}$$

$$Q_{10} = 15.5 \frac{G}{hr} \left( \frac{1 m^3}{264 g} \right) = 0.0586 \frac{m^3}{hr} \left( \frac{1 hr}{3600 s} \right)$$

$$Q_{10} = 1.62 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$V_{10} = \frac{Q_{10}}{A} = \frac{1.62 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{7.87 \cdot 10^{-4} m^2} = 0.0205 \frac{m}{s}$$

**Tabla 8: Velocidad de descarga**

<b>TABLA DE VELOCIDADES</b>	
<b>V1</b>	0.0266 m/s
<b>V2</b>	0.0109 m/s
<b>V3</b>	0.0323 m/s
<b>V4</b>	0.0294 m/s
<b>V5</b>	0.0330 m/s
<b>V6</b>	0.0299 m/s
<b>V7</b>	0.0113 m/s
<b>V8</b>	0.0172 m/s
<b>V9</b>	0.0212 m/s
<b>V10</b>	0.0205 m/s

**Tabla 9: Caudales de manejadoras**

<b>Q1</b>	<b>2.11</b> $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q2</b>	8.611 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q3</b>	2.62 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q4</b>	2.32 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q5</b>	2.60 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q6</b>	2.36 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q7</b>	8.91 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q8</b>	1.36 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q9</b>	1.67 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$
<b>Q10</b>	1.62 $10^{-5} \frac{m^3}{s}$

## 8.2 Almacenamiento

El almacenamiento se hace una evaluación de costos y la logística necesaria para lograr el diseño y la fabricación de la estructura que compone el almacenamiento.



Figura 4: Tanque Durman<sup>5</sup> (Figura de referencia)

En el mercado existe una gran diversidad de tanques, esto incluye las distintas formas que pueda tener, entre las más comunes están, los tanques con forma cilíndrica o tanques cuadrados. Entre las marcas más reconocidas esta DURMAN y Rotoplas

---

<sup>5</sup><https://www.durman.com>

## 8.2.1 Capacidad del Tanque

Tomando en cuenta que se determinó que el almacenamiento para 11.50 horas es de 7.608m<sup>3</sup>, tomando una proyección adicional del 20% para otros gastos (limpieza de calle, andenes, cunetas).

Basados en la ficha técnica de Durman, Tabla 10: Tabla de capacidad de tanques y dimensiones, se elige el tanque de 10,000 litros (10m<sup>3</sup>), con diámetro de 2.22m y altura de 3m.

Tanques para Agua					
Litros	Capacidad de Trabajo		Características		
	Galones	Barriles = toneles = estaciones	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Personas
450	119	2.16	84	108	2
750	198	3.59	97	131	3
1,100	291	5.27	107	146	5
1,700	449	8.14	136	158	8
2,500	661	11.97	154	168	10
5,000	1321	31.44	200	210	20
10,000	2270	62.89	222	300	40

**Tabla 10: Tabla de capacidad de tanques y dimensiones**

) Altura del Depósito

La altura del tanque depende de consideraciones:

- ✓ Entrada de la tubería de drenaje al punto 1.06m (ver plano 2)
- ✓ Altura de tanque, 3m

Teniendo en cuenta esas consideraciones la altura para excavar y colocar el tanque es de 3m+1.06m=4.06m, este valor considerarlo en la carga total dinámica.

### 8.3 Diseño tubería por gravedad (desagüe)

) Tramo Manejadora 2 - Tanque (ver Figura 5)

Tomando  $V = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2}$  Ecuación 2 y  $Q = VA$  Ecuación 4, obtenemos que:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2} A$$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q = 0.00032071 \frac{m^3}{s}$ , la pendiente  $s = 0.2\% = 0.002 m/m$ ,  $D = 0.05 m$  (diámetro de 2"), el valor de A y R se obtienen de la Tabla

1: Radio Hidráulico para distintas figuras.

Entonces:

$$Q = \frac{1}{0.01} R^{2/3} (0.002)^{1/2} A$$

$$\frac{Q(0.01)}{\sqrt{0.002}} = 1Z \frac{\text{sen} \theta}{\nabla} \frac{(0.05)^{2/3}}{4} \frac{(\nabla Z \text{sen} \theta)}{8} (0.05)^2$$

$$0.22360679775 Q = 1Z \frac{\text{sen} \theta}{\nabla} \frac{1}{2} (\nabla Z \text{sen} \theta) (0.0000168315210158741)$$

$$\frac{0.22360679775 Q}{0.0000168315210158741} = 1Z \frac{\text{sen} \theta}{\nabla} \frac{1}{2} (\nabla Z \text{sen} \theta)$$

$$13285.00244 Q = 1Z \frac{\text{sen} \theta}{\nabla} \frac{1}{2} (\nabla Z \text{sen} \theta)$$

$$13285.00244 (0.00032071) = 4.260633 X 1Z \frac{\text{sen} \theta}{\nabla} \frac{1}{2} (\nabla Z \text{sen} \theta)$$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$$\theta = 3.5592433 \text{ rad}$$

$$\theta = 203.929^\circ$$

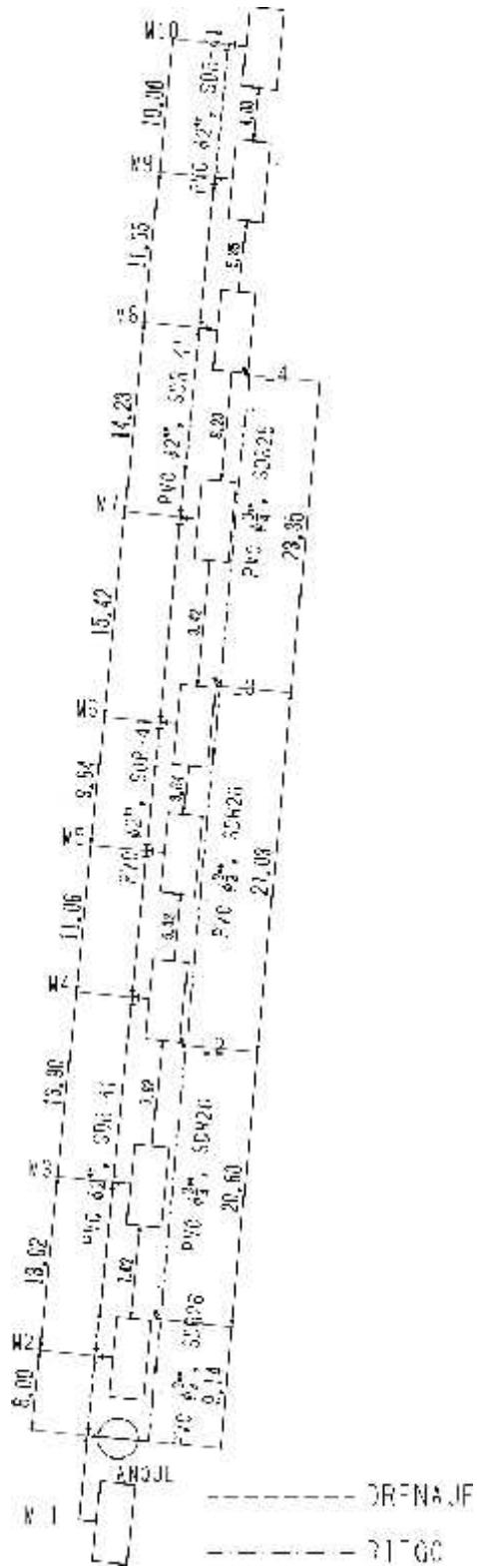


Figura 5: idealización del sistema y medidas

Teniendo como tirante de agua:

$$T \times \frac{D}{2} \times Z \times \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.030182m$$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.030182}{0.05} \times 60.37\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 10 - Manejadora 9 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244Q \times 1Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} \mid (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q \times Q_{M10} \times 0.0000162 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$$13285.00244Q \times 13285.00244(0.0000162) \times 0.215217 \times 1Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} \mid (\nabla Z \text{sen} \nabla)$$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$$\nabla \times 3.5592433rad$$

$$\nabla \times 203.929^\circ$$

Teniendo como tirante de agua:

$$T \times \frac{D}{2} \times Z \times \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.006334m$$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.006334}{0.05} \times 12.67\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 9 - Manejadora 8 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244 Q \times 1 Z \frac{\text{sen} \theta^{2/3}}{\nabla} \mid (\nabla Z \text{sen} \theta)$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \times 0.0000329 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244 Q \times 13285.00244 (0.0000329) \times 0.437 \times 1 Z \frac{\text{sen} \theta^{2/3}}{\nabla} \mid (\nabla Z \text{sen} \theta)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\theta \times 1.7453 \text{ rad}$

$\theta \times 99.9983^\circ$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\theta}{2} \times 0.008930 m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.008930}{0.05} \times 17.86\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)



) Tramo Manejadora 8 - Manejadora 7 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244 Q \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \times 0.0000465 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244 Q \times 13285.00244(0.0000465) \times 0.617752 \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\nabla \times 1.9129 \text{rad}$

$\nabla \times 109.601^\circ$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.01058 m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.01058}{0.05} \times 21.18\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 7 - Manejadora 6 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244 Q \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \Gamma Q_{M7} \times 0.0001356 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244 Q \times 13285.00244 (0.0001356) \times 1.8014 \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\nabla \times 2.6011 \text{ rad}$

$\nabla \times 149.032^\circ$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.01832 m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.01832}{0.05} \times 36.65\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 6 - Manejadora 5 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244 Q \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es  $Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \Gamma Q_{M7} \Gamma Q_{M6} \times 0.0001592 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244 Q \times 13285.00244(0.0001592) \times 2.11497 \times 1 Z \frac{\text{sen} \nabla^{2/3}}{\nabla} | (\nabla Z \text{sen} \nabla)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\nabla \times 2.7379 \text{ rad}$

$\nabla \times 156.87^\circ$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.01998 m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.01998}{0.05} \times 39.98\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 5 - Manejadora 4 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244Q \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es

$Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \Gamma Q_{M7} \Gamma Q_{M6} \Gamma Q_{M5} \times 0.0001852 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244Q \times 13285.00244(0.0001852) \times 2.4603 \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\nabla \times 2.8794 \text{rad}$

$\nabla \times 164.9774^\circ$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.02173m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.02173}{0.05} \times 43.46\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 4 - Manejadora 3 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244Q \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es

$Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \Gamma Q_{M7} \Gamma Q_{M6} \Gamma Q_{M5} \Gamma Q_{M4} \times 0.0002084 \frac{m^3}{s}$

Entonces:

$13285.00244Q \times 13285.00244(0.0002084) \times 2.7685 \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$\nabla \times 3rad$

$\nabla \times 171.887^*$

Teniendo como tirante de agua:

$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.02323m$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.02323}{0.05} \times 46.46\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

) Tramo Manejadora 3 - Manejadora 2 (ver Figura 5)

Tomando  $13285.00244Q \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$

Sabiendo que el caudal acumulado es

$$Q \times Q_{M10} \Gamma Q_{M9} \Gamma Q_{M8} \Gamma Q_{M7} \Gamma Q_{M6} \Gamma Q_{M5} \Gamma Q_{M4} \Gamma Q_{M3} \times 0.0002346 \frac{m^3}{s}$$

Entonces:

$$13285.00244Q \times 13285.00244(0.0002346) \times 3.1166 \times 1Z \frac{\text{sen}\nabla^{2/3}}{\nabla} (\nabla Z \text{sen}\nabla)$$

Resolviendo por el método de Newton-Raphson/bisección (Anexo 4) obtenemos que:

$$\nabla \times 3.1322 \text{rad}$$

$$\nabla \times 179.461^\circ$$

Teniendo como tirante de agua:

$$T \times \frac{D}{2} Z \frac{D}{2} \cos \frac{\nabla}{2} \times 0.02488m$$

El tubo de 2" ira a una capacidad de  $\frac{0.02488}{0.05} \times 49.77\%$

Estos valores se corroboran con el programa H-canales (Anexo 1)

Igualmente se hace una tabla por tramo (Anexo 2)

## 8.4 Diseño de tubería a presión, cálculo de pérdidas y bomba

) Perdidas tramo L4-L3 (ver Figura 5)

Utilizando  $H_f \propto \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L$  Ecuación 6, conociendo los caudales a partir de

Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code,  $Q \times 3gpm \times 0.189lps \times 0.000189 \frac{m^3}{s}$

El coeficiente de Hazen-Williams  $C=130$  a partir de la Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams,

Longitud del tramo = 23.35

Longitud equivalente de codo de 90 de  $\frac{3}{4} = 0.7m$

Longitud total = 24.05

Factor de simultaneidad para 1 artefacto  $FS = 1$

Caudal total =  $Q_T \times FS \times Q \times 1 \times 0.000189 \frac{m^3}{s} \times 0.000189 \frac{m^3}{s}$

$$H_f \propto \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L \times \frac{10.67(0.000189)^{1.85}}{130^{1.85}(0.01905)^{4.87}}(24.05) \times 0.973$$

J) Perdidas tramo L3-L2 (ver Figura 5)

Utilizando  $H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L$  Ecuación 6, conociendo los caudales a partir de

Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code,  $Q \times 3gpm \times 0.189lps \times 0.000189 \frac{m^3}{s}$

El coeficiente de Hazen-Williams  $C=130$  a partir de la Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams,

Longitud del tramo = 27.03

Longitud equivalente de Tee de  $\frac{3}{4} = 1.40m$

Longitud total = 28.4

Factor de simultaneidad para 2 artefactos  $FS = 1$

Caudal total =  $Q_T \times FS \times Q \times 1 \times 2 \times 0.000189 \frac{m^3}{s} \times 0.000379 \frac{m^3}{s}$

$$H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L \times \frac{10.67(0.000379)^{1.85}}{130^{1.85}(0.01905)^{4.87}}(28.40) \times 4.14$$



J) Perdidas tramo L2-L1 (ver Figura 5)

Utilizando  $H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L$  Ecuación 6, conociendo los caudales a partir de

Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code,  $Q \times 3gpm \times 0.189lps \times 0.000189 \frac{m^3}{s}$

El coeficiente de Hazen-Williams  $C=130$  a partir de la Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams,

Longitud del tramo = 20.60

Longitud equivalente de Tee de  $\frac{3}{4} = 1.40m$

Longitud total = 22

Factor de simultaneidad para 3 artefactos  $FS = 0.80$

Caudal total =  $Q_T \times FS = Q \times 0.80 = 3 \times 0.000189 \frac{m^3}{s} \times 0.80 = 0.000454 \frac{m^3}{s}$

$$H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L = \frac{10.67(0.000454)^{1.85}}{130^{1.85}(0.01905)^{4.87}}(22) \times 4.49$$

J) Perdidas tramo L1-Tanque (ver Figura 5)

Utilizando  $H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L$  Ecuación 6, conociendo los caudales a partir de

Tabla 5: Gastos de artefactos, método Building Code,  $Q \times 3gpm \times 0.189lps \times 0.000189 \frac{m^3}{s}$

El coeficiente de Hazen-Williams  $C=130$  a partir de la Tabla 3: Coeficiente Hazen-Williams,

Longitud del tramo = 9.14

Longitud equivalente de Codo de 90 de  $\frac{3}{4} = 0.70m$

Longitud total = 9.84

Factor de simultaneidad para 4 artefacto FS = 0.68

Caudal total =  $Q_T \times FS \times Q \times 0.68 \times 4 \times 0.000189 \frac{m^3}{s} \times 0.000515 \frac{m^3}{s}$

$$H_f \times \frac{10.67Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}L \times \frac{10.67(0.000515)^{1.85}}{130^{1.85}(0.01905)^{4.87}}(9.84) \times 2.53$$

Se presenta la siguiente tabla resumen en Excel:

**Tabla 11: perdidas la red**

Tramo	Artefacto	No. De unid.	Accesorios	Long. Equiv			Factor de Simultaneidad	Qu (gpm)	Qmáx (gpm)	Qd (lps)	Qdiagua fría (lps)	D (pulg)	D (m)	C	Sf (m/m)	V (m/s)	Hf (m)
				No de	Long.	total											
L4-L3	Llave jardin	1	C90 de 3/4"	1	0.7	0.7		3									
			tub de Ø 3/4"	1	23.35	23.4											
	total	1				24.1	1	3	3	0.189	0.189	0.75	0.02	130	0.04	0.673	0.97
L3-L2	Llave jardin	2	Tee de 3/4"	1	1.4	1.4		6									
			tub de Ø 3/4"	1	27.03	27											
	total	2				28.4	1	6	6	0.379	0.38	0.75	0.02	130	0.15	1.346	4.14
L2-L1	Llave jardin	3	Tee de 3/4"	1	1.4	1.4		9									
			tub de Ø 3/4"	1	20.60	20.6											
	total	3				22	0.8	9	7.2	0.454	0.45	0.75	0.02	130	0.2	1.614	4.49
L1-TANQUE	Llave jardin	4	C90 de 3/4"	1	0.7	0.7		12									
			tub de Ø 3/4"	1	9.14	9.14											
	total	4				9.84	0.68	12	8.16	0.515	0.51	0.75	0.02	130	0.26	1.829	2.53
suma de perdidas																	12.1
Altura de llave																	1
valvulas Ø 3/4"																	0.4
<b>PERDIDA TOTAL</b>																	<b>13.5</b>

## 8.5 Bomba

Sabiendo que el caudal es

$$Q \times 8.16 \text{ gpm} \times 0.515 \text{ lps}$$

$$CTD \times h_f \Gamma h_{bomba} \times 13.5 \text{ m} \Gamma 3.86 \text{ m} \times 17.36 \text{ m} \times 24.68 \text{ psi}$$

**OPCION 1:** Bombas HIDR-1/2x24P, HIDR-1/2x50P

Para este caso con un caudal de 0.515lps, la altura es de 18m  $\Psi$ CTD  $\times$  17.36m **CUMPLE**

**OPCION 2:** Bombas HIDR-1/2x24, HIDR-1/2x50

Para este caso con un caudal de 0.515lps, la altura es de 28m  $\Psi$ CTD  $\times$  17.36m **CUMPLE, SOBREDISEÑADO**

Se selecciona la bomba **HIDR-1/2x50P**

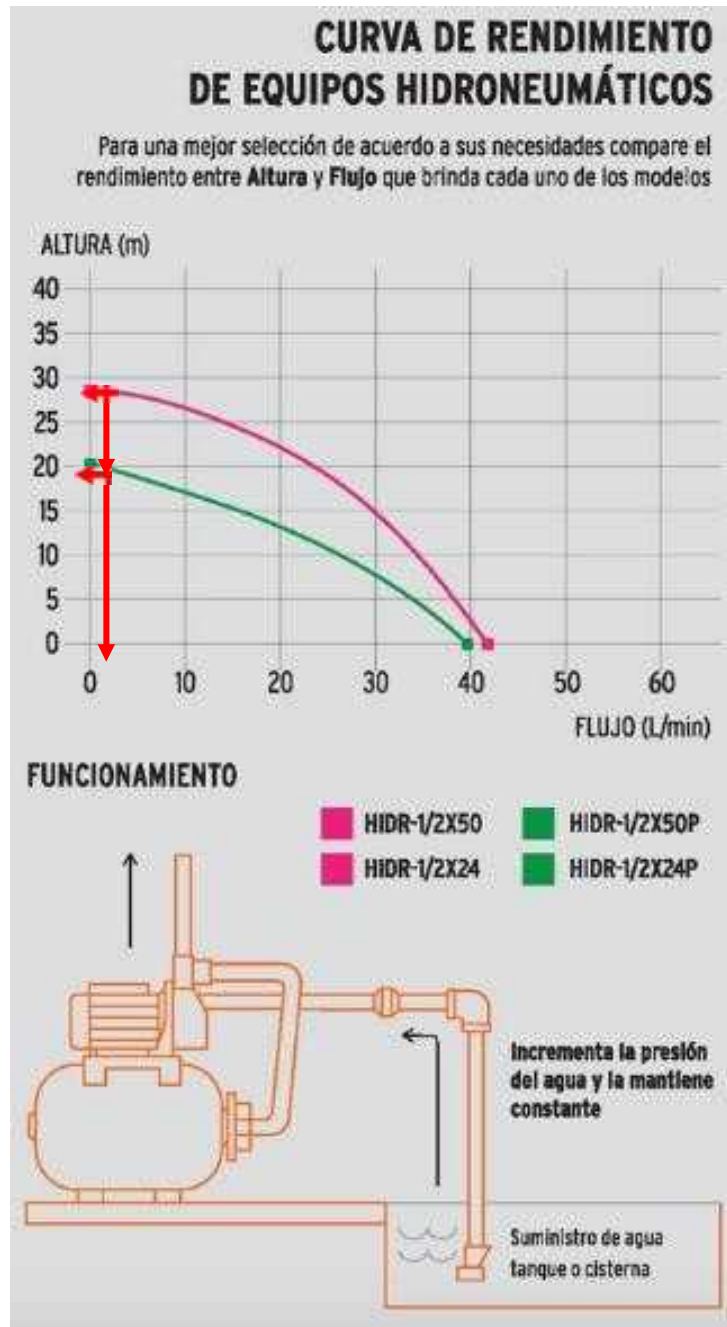
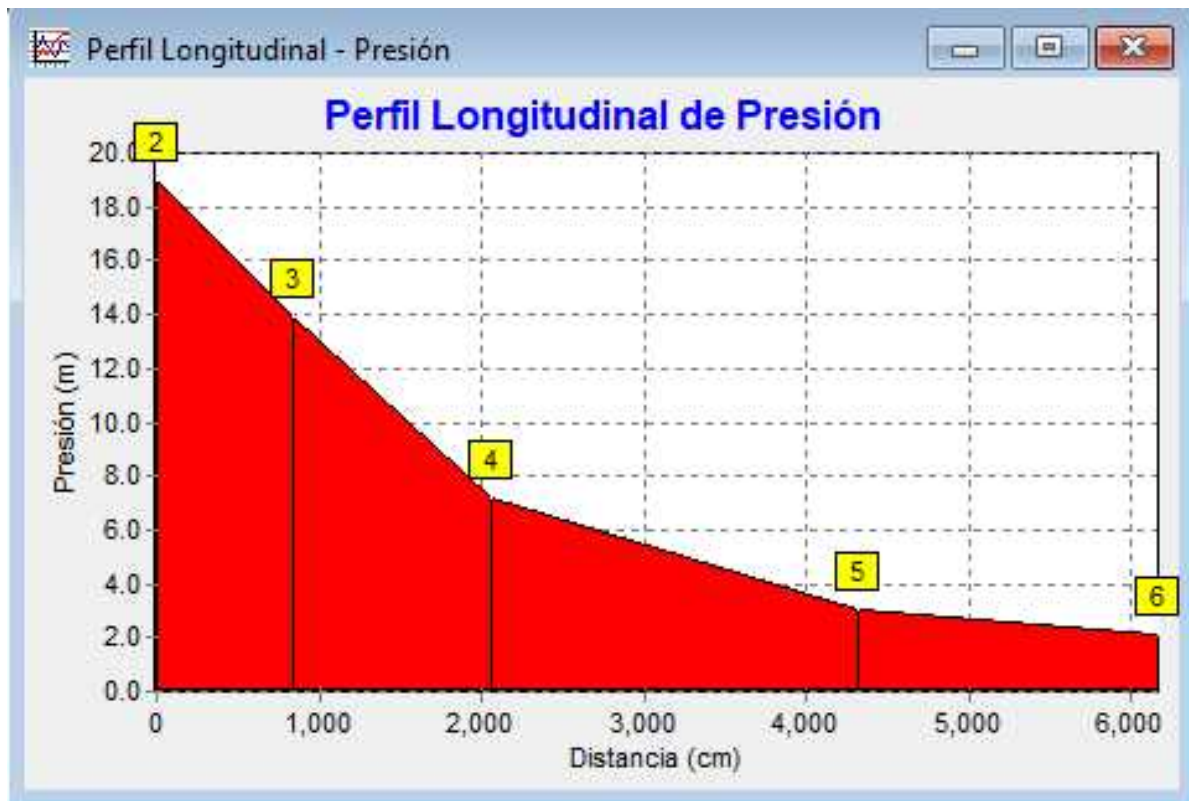


Figura 6: Curva de rendimiento bombas HIDR-1/2x50, HIDRA-1/2x24<sup>6</sup>

<sup>6</sup><https://www.truper.com/CatVigente/Equipos-Hidroneumaticos-Residencial-TRUPER-47.html#button-2>, página oficial de la marca TRUPER

## 8.6 Presiones en la red

Se hizo el modelo en el programa EPANET, para obtener las presiones en la red, y garantizar que el ultimo artefacto tenga la presión mínima requerida de 2mca, dando como resultado en los nodos según la Figura 7: Presiones residuales en la red, modelo EPANET:



**Figura 7: Presiones residuales en la red, modelo EPANET**

Los datos y análisis en EPANET se presentan en el Anexo 5: Análisis por EPANET. El nodo 6 presenta una presión residual de 2.11mca, el cual es mayor que la presión requerida de 2mca, esto garantiza su buen funcionamiento.

## 9 Costo del proyecto.

**Tabla 12: Costos del proyecto por costo unitario**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Total (\$)
Tubería PVC 2" SDR41 para drenaje por gravedad de agua de manejadoras	m	139.43	\$6.50	\$906.30
Excavación de tubería de drenaje de manejadoras	m3	26.62	\$8.50	\$226.30
Relleno y compactación de tubería de drenaje de manejadoras	m3	26.41	\$7.20	\$190.13
Tubería PVC 3/4" SDR26 para riego exterior	m	88.61	\$2.50	\$221.53
Excavación de tubería de riego	m3	19.23	\$8.50	\$163.42
Relleno y compactación de tubería de riego	m3	19.20	\$7.20	\$138.27
Cisterna de 4,000 gln	c/u	1.00	\$756.34	\$756.34
Excavación de cisterna	m3	20.00	\$8.50	\$170.00
Relleno de cisterna	m3	6.00	\$7.20	\$43.20
Bomba HIDR-1/2x50P	c/u	1.00	\$996.40	\$996.40
Sistema electrico, 20m de tubería conduit, gabinete y control, breaker 20amp, 1 polo, 4 cajas de registro 4x4	global	1.00	\$650.40	\$650.40
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$4,462.28</b>
<b>IVA</b>				<b>\$669.34</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$5,131.62</b>

## 10 Conclusiones.

- ) Se propuso diseño de drenaje por gravedad para almacenar el agua producida por el condensado de las manejadoras en la planta GILDAN, siendo esta distribuida en forma de riego por tubería a presión en uso para ahorro de la misma.
- ) Se obtuvieron los caudales por manejadora mediante medición insitu, basados en principios de mecánica de fluidos, siendo un total de 2010GPM, siendo una acumulación anual de 2,776.98m<sup>3</sup> de agua menos en facturación.
- ) Se dimensionó el diseño del sistema hidráulico siendo la captación del condensado por gravedad, almacenado en un tanque con capacidad de almacenamiento de 11.5horas y siendo distribuido en 4 tomas de riego.
- ) Para corroboración de cálculos se compararon cálculos manuales vs cálculos con software como EPANET para las presiones y H-canales para los cálculos en gravedad.
- ) Se propuso manual de diagnóstico de errores y fallas de la bomba para su debido mantenimiento.
- ) El presupuesto final presentado a la planta GILDAN para beneficio y buen manejo de las manejadoras, considerando el ahorro en la factura de agua y con la selección del sistema más eficiente se determinó la bomba hidroneumática HIDR-1/2x50P, siendo el costo final incluyendo excavaciones, tuberías, bomba y almacenamiento en \$5,131.62 USD

## 11 Recomendaciones

- ) Determinar y realizar estudios para el dimensionamiento del almacenamiento para proveer de agua a artefactos sanitarios (inodoros y lavamanos) de la zona franca estudiada.
- ) Establecer un sistema de malla alrededor de la zona franca y determinar los caudales y perdidas de la red con el método de Hardy-Cross.
- ) Acumular las aguas pluviales y el agua de las condensadoras y ampliar la red de riego del complejo de zona franca.



## 12 Bibliografía

- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptistas Lucio, P. (2003). Metodología de la investigación . Mexico D,f: McGraw Hill Interamericana.
- Frank M. White (2004). Mecánica de Fluidos. España: McGraw-Hill INTERAMERICANA DE ESPAÑA. S.A.U.
- De “Mecánica de Fluidos” (p. 359) Por Robert L. Mott, 2006, Lugar de la publicación: México, Compañía Editorial PEARSON EDUCACION. Copyright 2006 por la Compañía PEARSON EDUCACION.
- Yunus Cengel. Tubería en Serie, Mecánica de Fluidos, 2003. McGraw-Hill

# 13 ANEXOS

## 13.1 Anexo 1: Resultado de tirantes por H-Canales

) Tramo de manejadora 2 a tanque

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.00032071"/>	m <sup>3</sup> /s
Tirante (H):	<input type="text" value="0.05"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.07"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (H):	<input type="text" value="0.0302"/>	m	Perímetro mojado (P):	<input type="text" value="0.0830"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0012"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0139"/>	m
Espejo de agua (H):	<input type="text" value="0.0489"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.2588"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5103"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0206"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Subcrítico</b>				

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calcular

Ingresar el nombre del canal del canal 11:30 22/9/2021


## ) Tramo de manejadora 10 a manejadora 9

Calculo del tirante normal, seccion circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0000762"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.05"/>	m
Empuje (H):	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0063"/>	m	Perímetro mojado (z):	<input type="text" value="0.0354"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0001"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0040"/>	m
Espejo de agua (H):	<input type="text" value="0.0333"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.1121"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5432"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0070"/>	mKc/Kg
Tipo de flujo:	<b>Subcrítico</b>				

Ejecutar las operaciones 11:15 28/8/2021


) Tramo de manejadora 9 a manejadora 8

Calculo del trazo normal, sección circular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0000329"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.05"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tiempo de tránsito (t):	<input type="text" value="0.0089"/>	m	Factor de corrección (pl):	<input type="text" value="0.0435"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0002"/>	m <sup>2</sup>	Pérdida hidráulica (Hf):	<input type="text" value="0.0054"/>	m
Espesor de coque (t):	<input type="text" value="0.0383"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.1384"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5611"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0093"/>	m-E <sub>v</sub> /K <sub>v</sub>
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Activa la calculadora 11:13 28/3/2021


## ) Tramo de manejadora 8 a manejadora 7

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>






  

<b>Datos:</b>			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0000465"/>	m <sup>3</sup> /s	
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.05"/>	m	
rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m	

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0106"/>	m	
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0003"/>	m <sup>2</sup>	
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.0409"/>	m	
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5678"/>		
Tipo de flujo:	<b>Subcrítico</b>		
Perímetro mojado (P):	<input type="text" value="0.0478"/>	m	
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0063"/>	m	
Velocidad (V):	<input type="text" value="0.1533"/>	m/s	
Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0118"/>	m <sup>3</sup> /kg	

				
Calcular	Limpia Pantalla	Imprimir	Menú Principal	Calculadora

ejecuta las operaciones

11:17 28/8/2020

) Tramo de manejadora 7 a manejadora 6

Calculo del brante normal, sección circular

Lujo:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tubo:	<input type="text"/>	Revesamiento:	<input type="text"/>

**Datos:**

Caida (Q):	<input type="text" value="0.0001356"/>	m <sup>3/s</sup>
Ángulo (α):	<input type="text" value="0.05"/>	°
Radio de la T (r):	<input type="text" value="0.01"/>	m
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0103"/>	m	Perímetro mojado (z):	<input type="text" value="0.0650"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0007"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0100"/>	m
Espesor de agua (T):	<input type="text" value="0.0482"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.2080"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5708"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0205"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Ejecuta las operaciones 11:33 28/5/2021


) Tramo de manejadora 6 a manejadora 5

**Cálculo del tirante normal, sección circular**

Luz:       Proyecto:   
 Hanzo:       Hecesamiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0001537"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.05"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0200"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.0684"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0007"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0107"/>	m
Espesor de agua (t):	<input type="text" value="0.0490"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.2172"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5671"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0224"/>	m <sup>3</sup> /kg·s
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Ejecuta las operaciones: 11:20 23/8/202


) Tramo de manejadora 5 a manejadora 4

**Cálculo del tirante normal, sección circular**

Luz:  Proyecto:   
 Hanz:  Hovamiento:

**Datos:**

Cudal (Q):	<input type="text" value="0.0001852"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.05"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0217"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.0720"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0008"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0114"/>	m
Espesor de agua (t):	<input type="text" value="0.0496"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.2262"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5613"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0243"/>	m Kc/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				


Ejecuta las operaciones: 11:20 23/8/202



) Tramo de manejadora 4 a manejadora 3

Lugar:  Proyecto:  
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos**  
 Caudal (Q):  m<sup>3/s</sup>  
 Diámetro (c):  m  
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados**  
 Tramo normal (L):  m      Perímetro mojado (z):  m  
 Arco hidráulico (A):  m<sup>2</sup>      Radio hidráulico (H):  m  
 Espesor de agua (T):  m      Velocidad (v):  m/s  
 Número de Fricción (F):   
 Tipo de flujo:       Energía específica (E):  m·Kg/Kg

Ejecuta las operaciones: 11:21    26/8/2021


) Tramo de manejadora 3 a manejadora 2

**Cálculo del tirante normal, sección circular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q)	<input type="text" value="0.0002346"/>	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d)	<input type="text" value="0.05"/>	m
Fugosidad (n)	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S)	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y)	<input type="text" value="0.0219"/>	m	Fermeo normal (f)	<input type="text" value="0.0783"/>	m
Área hidráulica (A)	<input type="text" value="0.0010"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	<input type="text" value="0.0125"/>	m
Espejo de agua (T)	<input type="text" value="0.0500"/>	m	Velocidad (v)	<input type="text" value="0.2404"/>	m/s
Número de Froude (F)	<input type="text" value="0.5494"/>		Energía específica (E)	<input type="text" value="0.0278"/>	m Kg/Kg
Tipo de flujo	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Ejecuta las operaciones: 11.22 28/8/2021

13.2 Anexo 2: Tabla de tirante para tubería de drenaje

PVS		Longitud (m)		$Q_{MANEJA D}$	$Q_{dis}$	D Diámetro de Tubería (mm)		n	Pendiente (%)		$Q_{LL}$	$V_{LL}$	Relaciones de elementos de tubos parcialmente lleno			V m/s	Y (Tirante)
													$Q_{dis}/Q_{LL}$	Vd/ $V_{LL}$	Y/D		
Del	Al	Propia	acumula	lps	lps	calculado	opus	PVC	erren	uberi	lps	m/s		Tabla	Tabla		mm
M10	M9	10		0.0162	0.016	14.11	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.0343	0.4570	0.1230	0.110	6.15
M9	M8	11.35	21.35	0.0167	0.033	18.40	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.0696	0.5697	0.1760	0.137	8.80
M8	M7	14.23	25.58	0.0136	0.047	20.95	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.0983	0.6349	0.2110	0.153	10.55
M7	M6	15.42	29.65	0.0891	0.136	31.30	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.2867	0.8554	0.3600	0.206	18.00
M6	M5	9.64	25.06	0.0236	0.159	33.24	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.3366	0.8954	0.3940	0.216	19.70
M5	M4	11.06	20.70	0.0260	0.185	35.18	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.3916	0.9374	0.4330	0.226	21.65
M4	M3	13.9	24.96	0.0232	0.208	36.77	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.4406	0.9678	0.4640	0.233	23.20
M3	M2	13.02	26.92	0.0262	0.235	38.44	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.4960	0.9949	0.4940	0.240	24.70
M2	TANQUE	6.00	19.02	0.0861	0.321	43.22	50.00	0.010	0.20	0.20	0.4730	0.2409	0.6781	1.0724	0.6000	0.258	30.00

### 13.3 Anexo 3: Fichas técnicas de bombas

#### Equipos hidroneumáticos, uso doméstico

- Potencia: 1/2 HP
- Tensión / Frecuencia: 127 V / 60 Hz
- Ø Entrada / salida: 1" NPT



Capacitor para mayor potencia al arranque



Impulsor de latón



Balero metálico



50 L

Bomba tipo "jet"



24 L

#### PRODUCTO MEJORADO

Ahora con bomba tipo "Jet" con cabezal de acero inoxidable, resistente a la corrosión y más silencioso. Ideal para sistemas de purificación de agua

Código:	12254	10077
Clave:	 HIDR-1/2X50	 HIDR-1/2X24
Consumo:	6.5 A	6.5 A
Embobinado de motor:	 <b>Cobre</b> 2x Mayor durabilidad que las de aluminio	
Tomas de agua simultáneas:	6	4
<b>Altura máxima:</b>	<b>28 m</b>	
<b>Flujo máximo:</b>	<b>43 L/min</b>	
Profundidad máxima:	9 m	
Velocidad:	3,400 rpm	
<b>Ciclo de trabajo:</b>	<b>50 min. de trabajo x 20 min. de descanso. Máximo diario 6 horas</b>	
Dimensiones:	B 65 x A 77 x D 39 cm	B 57 x A 65 x D 27 cm
Peso:	19 kg	12 kg

Equipos hidroneumáticos,  
uso doméstico, Pretul

MARGEN DE  
MERCADO **M1**

<b>50 L</b>	<b>24 L</b>
<b>20184</b>	<b>20183</b>
<b>HIDR-1/2X50P</b>	<b>HIDR-1/2X24P</b>
<b>3.5 A</b>	<b>3.5 A</b>
Aluminio	
<b>6</b>	<b>4</b>
<b>20 m</b>	
<b>40 L/min</b>	
<b>8 m</b>	
<b>3,450 rpm</b>	
<b>30 min. de trabajo x 20 min. de descanso. Máximo diario 6 horas</b>	
<b>B 63 x A 61 x D 38 cm</b>	<b>B 52 x A 50 x D 28 cm</b>
<b>14 kg</b>	<b>10 kg</b>



CÓDIGO: 12254 CLAVE: HIDR-1/2X50

### Bomba hidroneumática 1/2 HP, 50 litros

- Bomba tipo "jet", motor con bobinas de cobre
- Manómetro instalado para una revisión continua del desempeño
- Manguera interconexión bomba - tanque
- Capacitor para mayor potencia al arranque



Capacitor para mayor potencia al arranque



Impulsor de latón



Balero metálico



Bobinas de cobre 2x Mayor durabilidad que las de aluminio

#### Certificaciones y garantías

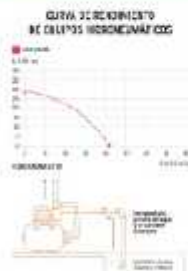
- Cumple con la norma NOM 003 SCFI



#### Especificaciones

<b>Potencia</b>	1/2 HP (375 W)
<b>Tensión</b>	127 V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Velocidad</b>	3,400 r/min
<b>Diámetro de entrada / salida</b>	1" NPT
<b>Flujo máximo</b>	43 L/min
<b>Altura máxima</b>	28 m
<b>Máxima profundidad</b>	9 m
<b>Capacidad del tanque</b>	50 L
<b>Tomas de agua simultáneas</b>	6
<b>Ciclo de trabajo</b>	50 minutos de trabajo por 20 minutos de descanso
<b>Máximo diario</b>	6 horas
<b>Dimensiones</b>	B 65 x A 77 x D 39 cm
<b>Peso</b>	19 kg
<b>Empaque individual</b>	Caja
<b>Master</b>	11
<b>Inner</b>	1
<b>Pallet</b>	8

### Imágenes complementarias



### RECOMENDACIONES

- Trabajar sin cargas ni vibraciones excesivas.
- Cables y mangueras.
- El ambiente o el agua que se bombea no debe superar los 40°C.
- Usar un caudal de bombeo con agua fría cuando se bombea agua caliente.
- Evitar los cables en posición horizontal de forma plana y evitar los cables.



### 13.4 Anexo 4: Método de Newton-Raphson y bisección para resolver ecuaciones

) Manejadora 2 a tanque

$$f(\alpha) = 1Z \frac{\sin \alpha}{\alpha} - (\alpha Z \sin \alpha) Z 4.260633$$

$$f'(\alpha) = 1Z \frac{\sin \alpha}{\alpha} - (1Z \cos \alpha) \Gamma \frac{2}{3} - 1Z \frac{\sin \alpha}{\alpha^2} - \frac{Z \sin \alpha \Gamma \alpha \cos \alpha}{\alpha^2} - (1Z \cos \alpha)$$

Método Newton-Raphson			
$n$	$f(\alpha)$	$f'(\alpha)$	$\alpha_{n+1} = \alpha_n - f(\alpha)/f'(\alpha)$
4	1.07867732	1.73532567	3.378400646
3.37840065	-0.48224908	1.71886421	3.658963284
3.65896328	0.25926579	1.79436993	3.514474802
3.5144748	-0.11824485	1.76914436	3.581312111
3.58131211	0.05790748	1.78450172	3.548861887
3.54886189	-0.02733159	1.77783111	3.564235446
3.56423545	0.0131227	1.78117711	3.556868013
3.55686801	-0.00624853	1.77961525	3.560379182
3.56037918	0.00298704	1.78036917	3.558701419
3.55870142	-0.00142523	1.7800111	3.559502106
3.55950211	0.00068064	1.78018248	3.559119761
3.55911976	-0.00032491	1.78010075	3.559302286
3.55930229	0.00015513	1.78013979	3.559215139
3.55921514	-7.4063E-05	1.78012116	3.559256745
3.55925674	3.536E-05	1.78013006	3.559236881
3.55923688	-1.6882E-05	1.78012581	3.559246365
3.55924636	8.0599E-06	1.78012784	3.559241837



) Manejadora 10 a Manejadora 9

$$f(x) = \frac{\sin x}{x} - \frac{1}{x} \quad \left| \quad (x \sin x) - x \right| < 0.215217$$

M10                  M9

Método bisección					
$(-)$ $x_1$	$(+)$ $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(x_m)$
1	2	-0.16878177	0.5128263	1.5	0.02716838
1	1.5	-0.16878177	0.02716838	1.25	-0.09870402
1.25	1.5	-0.09870402	0.02716838	1.375	-0.04389167
1.375	1.5	-0.04389167	0.02716838	1.4375	-0.01053123
1.4375	1.5	-0.01053123	0.02716838	1.46875	0.00775941
1.4375	1.46875	-0.01053123	0.00775941	1.453125	-0.00152363
1.453125	1.46875	-0.00152363	0.00775941	1.4609375	0.0030832
1.453125	1.4609375	-0.00152363	0.0030832	1.45703125	0.00077114
1.453125	1.45703125	-0.00152363	0.00077114	1.45507813	-0.0003784
1.45507813	1.45703125	-0.0003784	0.00077114	1.45605469	0.00019583
1.45507813	1.45605469	-0.0003784	0.00019583	1.45556641	-9.1419E-05
1.45556641	1.45605469	-9.1419E-05	0.00019583	1.45581055	5.2173E-05
1.45556641	1.45581055	-9.1419E-05	5.2173E-05	1.45568848	-1.9632E-05
1.45568848	1.45581055	-1.9632E-05	5.2173E-05	1.45574951	1.6268E-05
1.45568848	1.45574951	-1.9632E-05	1.6268E-05	1.45571899	-1.6823E-06
1.45571899	1.45574951	-1.6823E-06	1.6268E-05	1.45573425	7.2929E-06
1.45571899	1.45573425	-1.6823E-06	7.2929E-06	1.45572662	2.8053E-06
1.45571899	1.45572662	-1.6823E-06	2.8053E-06	1.45572281	5.6148E-07
1.45571899	1.45572281	-1.6823E-06	5.6148E-07	1.4557209	-5.6041E-07
1.4557209	1.45572281	-5.6041E-07	5.6148E-07	1.45572186	5.354E-10

) Manejadora 9 a Manejadora 8

$$f(x) = 1 - \frac{\sin x}{x} \quad \left| \quad (\sin x) - x \right. \quad \left. \begin{array}{l} 2/3 \\ 0.43707 \end{array} \right.$$

M9

M8

Método bisección					
(-) $x_1$	(+) $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(x_m)$
1	2	-0.39064131	0.29096676	1.5	-0.19469116
1.5	2	-0.19469116	0.29096676	1.75	0.00453033
1.5	1.75	-0.19469116	0.00453033	1.625	-0.10523561
1.625	1.75	-0.10523561	0.00453033	1.6875	-0.05299956
1.6875	1.75	-0.05299956	0.00453033	1.71875	-0.02490868
1.71875	1.75	-0.02490868	0.00453033	1.734375	-0.01035916
1.734375	1.75	-0.01035916	0.00453033	1.7421875	-0.00295708
1.7421875	1.75	-0.00295708	0.00453033	1.74609375	0.00077593
1.7421875	1.74609375	-0.00295708	0.00077593	1.74414063	-0.00109325
1.74414063	1.74609375	-0.00109325	0.00077593	1.74511719	-0.00015932
1.74511719	1.74609375	-0.00015932	0.00077593	1.74560547	0.00030814
1.74511719	1.74560547	-0.00015932	0.00030814	1.74536133	7.4365E-05
1.74511719	1.74536133	-0.00015932	7.4365E-05	1.74523926	-4.249E-05
1.74523926	1.74536133	-4.249E-05	7.4365E-05	1.74530029	1.5935E-05
1.74523926	1.74530029	-4.249E-05	1.5935E-05	1.74526978	-1.3278E-05
1.74526978	1.74530029	-1.3278E-05	1.5935E-05	1.74528503	1.3287E-06
1.74526978	1.74528503	-1.3278E-05	1.3287E-06	1.7452774	-5.9746E-06
1.7452774	1.74528503	-5.9746E-06	1.3287E-06	1.74528122	-2.323E-06
1.74528122	1.74528503	-2.323E-06	1.3287E-06	1.74528313	-4.9716E-07
1.74528313	1.74528503	-4.9716E-07	1.3287E-06	1.74528408	4.1575E-07

) Manejadora 8 a Manejadora 7

$$f(\nabla) X 1Z \frac{\text{sen}\nabla}{\nabla} \Big|_{\nabla}^{2/3} (\nabla Z \text{sen}\nabla) Z 0.61775$$

M8

M7

Método bisección					
(-) $x_1$	(+) $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(m)$
1	2	-0.57131735	0.11029072	1.5	-0.37536719
1.5	2	-0.37536719	0.11029072	1.75	-0.1761457
1.75	2	-0.1761457	0.11029072	1.875	-0.0444757
1.875	2	-0.0444757	0.11029072	1.9375	0.02996357
1.875	1.9375	-0.0444757	0.02996357	1.90625	-0.00798611
1.90625	1.9375	-0.00798611	0.02996357	1.921875	0.0108054
1.90625	1.921875	-0.00798611	0.0108054	1.9140625	0.00136391
1.90625	1.9140625	-0.00798611	0.00136391	1.91015625	-0.00332252
1.91015625	1.9140625	-0.00332252	0.00136391	1.91210938	-0.00098216
1.91210938	1.9140625	-0.00098216	0.00136391	1.91308594	0.00019016
1.91210938	1.91308594	-0.00098216	0.00019016	1.91259766	-0.00039618
1.91259766	1.91308594	-0.00039618	0.00019016	1.9128418	-0.00010306
1.9128418	1.91308594	-0.00010306	0.00019016	1.91296387	4.354E-05
1.9128418	1.91296387	-0.00010306	4.354E-05	1.91290283	-2.9761E-05
1.91290283	1.91296387	-2.9761E-05	4.354E-05	1.91293335	6.889E-06
1.91290283	1.91293335	-2.9761E-05	6.889E-06	1.91291809	-1.1436E-05
1.91291809	1.91293335	-1.1436E-05	6.889E-06	1.91292572	-2.2736E-06
1.91292572	1.91293335	-2.2736E-06	6.889E-06	1.91292953	2.3077E-06
1.91292572	1.91292953	-2.2736E-06	2.3077E-06	1.91292763	1.706E-08
1.91292572	1.91292763	-2.2736E-06	1.706E-08	1.91292667	-1.1283E-06

) Manejadora 7 a Manejadora 6

$$f(x) = \frac{\sin x}{x} - 1 \quad \left| \quad \frac{\sin x}{x} - 1 \right| < 1.80144 \times 10^{-6}$$

M7

M6

Método bisección					
(-) $x_1$	(+) $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(m)$
1	3	-1.75501107	0.96706118	2	-1.07340299
2	3	-1.07340299	0.96706118	2.5	-0.21699898
2.5	3	-0.21699898	0.96706118	2.75	0.34235557
2.5	2.75	-0.21699898	0.34235557	2.625	0.05313813
2.5	2.625	-0.21699898	0.05313813	2.5625	-0.08445935
2.5625	2.625	-0.08445935	0.05313813	2.59375	-0.01627617
2.59375	2.625	-0.01627617	0.05313813	2.609375	0.01827929
2.59375	2.609375	-0.01627617	0.01827929	2.6015625	0.00096336
2.59375	2.6015625	-0.01627617	0.00096336	2.59765625	-0.00766599
2.59765625	2.6015625	-0.00766599	0.00096336	2.59960938	-0.00335371
2.59960938	2.6015625	-0.00335371	0.00096336	2.60058594	-0.00119577
2.60058594	2.6015625	-0.00119577	0.00096336	2.60107422	-0.00011636
2.60107422	2.6015625	-0.00011636	0.00096336	2.60131836	0.00042346
2.60107422	2.60131836	-0.00011636	0.00042346	2.60119629	0.00015354
2.60107422	2.60119629	-0.00011636	0.00015354	2.60113525	1.8591E-05
2.60107422	2.60113525	-0.00011636	1.8591E-05	2.60110474	-4.8884E-05
2.60110474	2.60113525	-4.8884E-05	1.8591E-05	2.60112	-1.5146E-05
2.60112	2.60113525	-1.5146E-05	1.8591E-05	2.60112762	1.7222E-06
2.60112	2.60112762	-1.5146E-05	1.7222E-06	2.60112381	-6.7121E-06
2.60112381	2.60112762	-6.7121E-06	1.7222E-06	2.60112572	-2.495E-06

) Manejadora 6 a Manejadora 5

$$f(x) = 12 \frac{\sin x}{x} - 2.11497$$

M6

M5

Método bisección					
$(-)$ $x_1$	$(+)$ $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$x_m$	$f(x_m)$
1	3	-2.06853712	0.65353512	2	-1.38692905
2	3	-1.38692905	0.65353512	2.5	-0.53052503
2.5	3	-0.53052503	0.65353512	2.75	0.02882951
2.5	2.75	-0.53052503	0.02882951	2.625	-0.26038793
2.625	2.75	-0.26038793	0.02882951	2.6875	-0.11801208
2.6875	2.75	-0.11801208	0.02882951	2.71875	-0.04512871
2.71875	2.75	-0.04512871	0.02882951	2.734375	-0.00828125
2.734375	2.75	-0.00828125	0.02882951	2.7421875	0.01024156
2.734375	2.7421875	-0.00828125	0.01024156	2.73828125	0.00097197
2.734375	2.73828125	-0.00828125	0.00097197	2.73632813	-0.00365669
2.73632813	2.73828125	-0.00365669	0.00097197	2.73730469	-0.00134287
2.73730469	2.73828125	-0.00134287	0.00097197	2.73779297	-0.00018558
2.73779297	2.73828125	-0.00018558	0.00097197	2.73803711	0.00039316
2.73779297	2.73803711	-0.00018558	0.00039316	2.73791504	0.00010378
2.73779297	2.73791504	-0.00018558	0.00010378	2.737854	-4.0899E-05
2.737854	2.73791504	-4.0899E-05	0.00010378	2.73788452	3.1442E-05
2.737854	2.73788452	-4.0899E-05	3.1442E-05	2.73786926	-4.7284E-06
2.73786926	2.73788452	-4.7284E-06	3.1442E-05	2.73787689	1.3357E-05
2.73786926	2.73787689	-4.7284E-06	1.3357E-05	2.73787308	4.3143E-06
2.73786926	2.73787308	-4.7284E-06	4.3143E-06	2.73787117	-2.0708E-07

) Manejadora 5 a Manejadora 4

$$f(x) = \frac{\sin x}{x} - 1 \quad \left| \quad \frac{\sin x}{x} - 1 \right| < 2.46038 \times 10^{-6}$$

M5

M4

Método bisección					
$(-)$ $x_1$	$(+)$ $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(x_m)$
2	3	-1.73233911	0.30812506	2.5	-0.8759351
2.5	3	-0.8759351	0.30812506	2.75	-0.31658055
2.75	3	-0.31658055	0.30812506	2.875	-0.01090684
2.875	3	-0.01090684	0.30812506	2.9375	0.14714966
2.875	2.9375	-0.01090684	0.14714966	2.90625	0.06772929
2.875	2.90625	-0.01090684	0.06772929	2.890625	0.02830987
2.875	2.890625	-0.01090684	0.02830987	2.8828125	0.00867577
2.875	2.8828125	-0.01090684	0.00867577	2.87890625	-0.00112203
2.87890625	2.8828125	-0.00112203	0.00867577	2.88085938	0.00377526
2.87890625	2.88085938	-0.00112203	0.00377526	2.87988281	0.00132621
2.87890625	2.87988281	-0.00112203	0.00132621	2.87939453	0.00010199
2.87890625	2.87939453	-0.00112203	0.00010199	2.87915039	-0.00051004
2.87915039	2.87939453	-0.00051004	0.00010199	2.87927246	-0.00020403
2.87927246	2.87939453	-0.00020403	0.00010199	2.8793335	-5.1022E-05
2.8793335	2.87939453	-5.1022E-05	0.00010199	2.87936401	2.5484E-05
2.8793335	2.87936401	-5.1022E-05	2.5484E-05	2.87934875	-1.2769E-05
2.87934875	2.87936401	-1.2769E-05	2.5484E-05	2.87935638	6.3577E-06
2.87934875	2.87935638	-1.2769E-05	6.3577E-06	2.87935257	-3.2056E-06
2.87935257	2.87935638	-3.2056E-06	6.3577E-06	2.87935448	1.5761E-06
2.87935257	2.87935448	-3.2056E-06	1.5761E-06	2.87935352	-8.1476E-07

) Manejadora 4 a Manejadora 3

$$f(x) = 1 - \frac{\sin x}{x} \quad \left| \quad (\sin x) \approx 2.76859 \right.$$

M4                  M3

Método bisección					
(-) $x_1$	(+) $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$x_m$	$f(x_m)$
2	4	-2.04055117	2.57071633	3	-8.7001E-05
3	4	-8.7001E-05	2.57071633	3.5	1.33536521
3	3.5	-8.7001E-05	1.33536521	3.25	0.66372445
3	3.25	-8.7001E-05	0.66372445	3.125	0.32880131
3	3.125	-8.7001E-05	0.32880131	3.0625	0.16335752
3	3.0625	-8.7001E-05	0.16335752	3.03125	0.08135555
3	3.03125	-8.7001E-05	0.08135555	3.015625	0.04056068
3	3.015625	-8.7001E-05	0.04056068	3.0078125	0.02021799
3	3.0078125	-8.7001E-05	0.02021799	3.00390625	0.01006072
3	3.00390625	-8.7001E-05	0.01006072	3.00195313	0.00498566
3	3.00195313	-8.7001E-05	0.00498566	3.00097656	0.00244903
3	3.00097656	-8.7001E-05	0.00244903	3.00048828	0.00118094
3	3.00048828	-8.7001E-05	0.00118094	3.00024414	0.00054695
3	3.00024414	-8.7001E-05	0.00054695	3.00012207	0.00022997
3	3.00012207	-8.7001E-05	0.00022997	3.00006104	7.1483E-05
3	3.00006104	-8.7001E-05	7.1483E-05	3.00003052	-7.759E-06
3.00003052	3.00006104	-7.759E-06	7.1483E-05	3.00004578	3.1862E-05
3.00003052	3.00004578	-7.759E-06	3.1862E-05	3.00003815	1.2052E-05
3.00003052	3.00003815	-7.759E-06	1.2052E-05	3.00003433	2.1463E-06
3.00003052	3.00003433	-7.759E-06	2.1463E-06	3.00003242	-2.8064E-06

) Manejadora 3 a Manejadora 2

$$f(x) = 12 \frac{\sin x}{x} - 2.311666$$

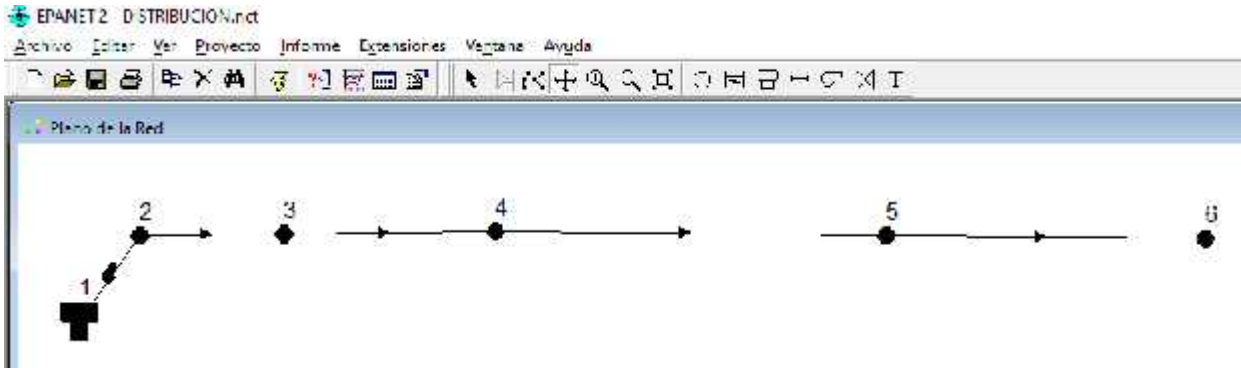
M3                  M2

Método bisección					
(-) $x_1$	(+) $x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$m$	$f(m)$
2	4	-2.38861823	2.22264927	3	-0.34815406
3	4	-0.34815406	2.22264927	3.5	0.98729815
3	3.5	-0.34815406	0.98729815	3.25	0.31565739
3	3.25	-0.34815406	0.31565739	3.125	-0.01926576
3.125	3.25	-0.01926576	0.31565739	3.1875	0.14769027
3.125	3.1875	-0.01926576	0.14769027	3.15625	0.06405426
3.125	3.15625	-0.01926576	0.06405426	3.140625	0.02235084
3.125	3.140625	-0.01926576	0.02235084	3.1328125	0.0015312
3.125	3.1328125	-0.01926576	0.0015312	3.12890625	-0.00887017
3.12890625	3.1328125	-0.00887017	0.0015312	3.13085938	-0.0036702
3.13085938	3.1328125	-0.0036702	0.0015312	3.13183594	-0.00106968
3.13183594	3.1328125	-0.00106968	0.0015312	3.13232422	0.00023072
3.13183594	3.13232422	-0.00106968	0.00023072	3.13208008	-0.00041949
3.13208008	3.13232422	-0.00041949	0.00023072	3.13220215	-9.439E-05
3.13220215	3.13232422	-9.439E-05	0.00023072	3.13226318	6.8162E-05
3.13220215	3.13226318	-9.439E-05	6.8162E-05	3.13223267	-1.3114E-05
3.13223267	3.13226318	-1.3114E-05	6.8162E-05	3.13224792	2.7524E-05
3.13223267	3.13224792	-1.3114E-05	2.7524E-05	3.1322403	7.205E-06
3.13223267	3.1322403	-1.3114E-05	7.205E-06	3.13223648	-2.9546E-06
3.13223648	3.1322403	-2.9546E-06	7.205E-06	3.13223839	2.1252E-06



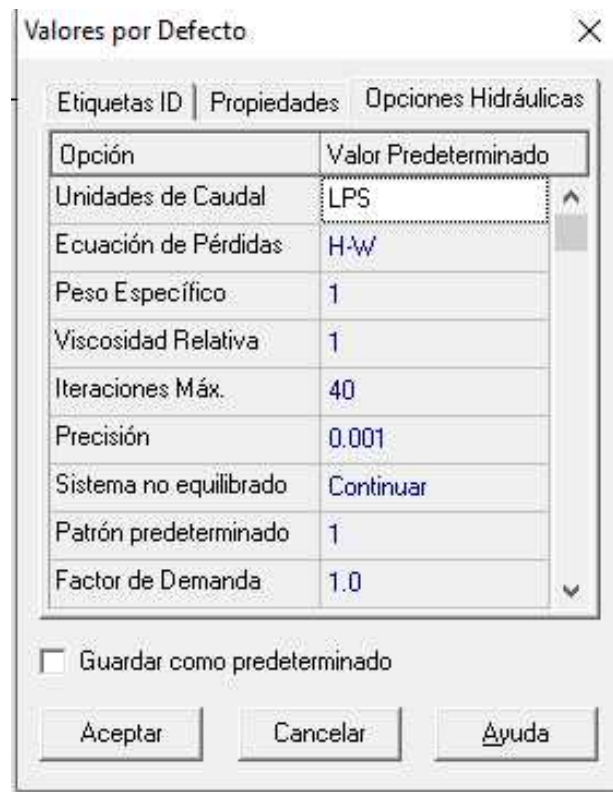
### 13.5 Anexo 5: Análisis por EPANET

Paso 1: se determina el modelo bidimensional con nodos (establecer geometría)



**Figura 8: Modelo EPANET, nodos y dirección de flujo**

Paso 2: En proyecto>Valores por defecto>Opciones hidráulicas, seleccionar LPS para utilizar SI y pérdidas H-W, Hazen William.



**Figura 9: unidades de trabajo**

Paso 3: se colocan las cotas de referencia (m), demanda de caudal (LPS) de cada nodo y coeficiente de rugosidad de Hazen-William (adimensional), diámetro de tubería (mm) y longitud (m) por tramo

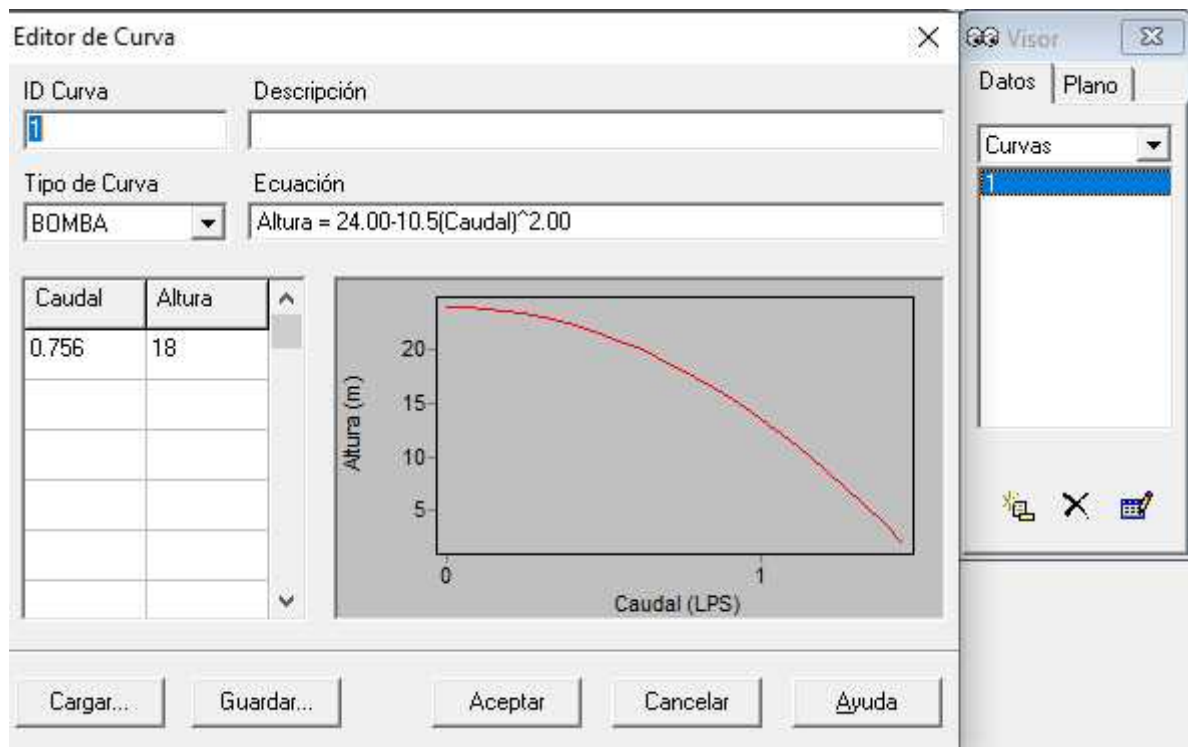
Conexión 3	
Propiedad	Valor
*ID Conexión	3
Coordenada-X	1548.61
Coordenada-Y	7597.22
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	100
Demanda Base	0.189
Patrón de Demanda	
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	

**Figura 10: Cota (m) y demanda base (LPS) por nodo**

Tubería 2	
Propiedad	Valor
*ID Tubería	2
*Nudo Inicial	3
*Nudo Final	4
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	22
*Diámetro	150
*Rugosidad	130
Coef. de Pérdidas	0
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	

**Figura 11: Longitud (m), diámetro (mm) y coeficiente de perdida HW por tramo**

Paso 4: En visor seleccionar Datos>Curvas, en caudal ubicar el caudal total y en altura ubicar la presión requerida de CTD



**Figura 12: Determinar curva de demanda de bomba y nivel de tanque**

En cota ubicar la misma cota que el resto de nodos (todo el sistema tiene la misma cota), nivel mínimo de 1m, nivel máximo 2m y diámetro del tanque 1.5m

Propiedad	Valor
ID. Propiedad	1
Coordenada-X	363.17
Coordenada-Y	7032.00
Descripción	
Etiqueta	
Cota	100
Nivel Inicial	1
Nivel Mínimo	0
Nivel Máximo	2
Diámetro	1.5
Volumen Mínimo	
Curva de Volumen	
Modelo de Mezcla	Mezcla
Fración Mezcla	
Coef. de Reacción	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	

Figura 13: niveles de tanque

Una vez con los elementos ya en el programa se procede a correrlo:



ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Lini. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Resección m/s	Calidad	Estado
Tubería 2	0.57	2.03	305.38	1.023	0.00	0.00	Aberto
Tubería 3	0.38	1.33	144.12	1.037	0.00	0.00	Aberto
Tubería 4	0.19	0.67	39.92	1.034	0.00	0.00	Aberto
Tubería 1	0.76	2.67	520.26	1.027	0.00	0.00	Aberto
Bomba 5	0.76	1.00	18.00	1.000	0.00	0.00	Aberto

Figura 14: Velocidades en la red

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 3	0.19	113.88	13.88	0.00
Conexión 4	0.19	107.16	7.16	0.00
Conexión 5	0.19	103.07	3.07	0.00
Conexión 6	0.19	102.11	2.11	0.00
Conexión 2	0.00	119.00	19.00	0.00
Depósito 1	-0.76	101.00	1.00	0.00

Figura 15: Presiones y demanda por nodo en la red

### 13.6 Anexo 6: Manual de diagnóstico de fallas en bomba

**Tabla 13: El motor no arranca**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
No hay energía eléctrica, el voltaje es incorrecto o fusibles quemados		Consultar a empresa eléctrica o cambiar fusible
Flipones desconectados	Revisar que el tamaño de los fusibles sea el correcto o conexiones sueltas. Revisar los flipones están desconectados	Reemplazar los fusibles o reconectar los flipones
Interruptor de presión defectuoso	Comprobar estado de los platinos	Reemplazar interruptores de contacto o limpiar platinos
Mal funcionamiento de la caja de control	Llevar a cabo revisión de la caja de control	
Cableado defectuoso	Revisar si hay conexiones sueltas o corroídas. Comprobar si hay corriente con un multímetro	Corregir las conexiones defectuosas
Bomba trabada	Esto puede deberse a una mala Alineación entre la bomba y el motor. El amperaje es de tres a seis veces más de lo normal.	Cuando está atascada con arena, algunas veces Puede corregirse invirtiendo temporalmente la rotación del motor
Cable o motor defectuoso	Cambiar cable o motor	

**Tabla 14: El motor arranca frecuentemente**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Interruptor de presión	Comprobar el ajuste del Interruptor y examinar si hay defectos	Ajustar o reemplazar el interruptor
Válvula de retención pegada o abierta	La válvula de retención dañada o defectuosa no retiene la presión	Reemplazar si está defectuosa
Tanque anegado en agua	Revisar si el control de volumen	

**Tabla 15: El motor funciona en forma continua**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Fugas en el sistema	Revisar el sistema en busca de fugas	Reemplazar tuberías dañadas o reparar fugas
Interruptor de presión	Los platinos del interruptor pueden estar "soldados" en posición cerrada. El interruptor de presión puede estar muy ajustado	
Pozo de bajo nivel	La bomba excede la capacidad del pozo.	Acelerar el rendimiento de la bomba o posicionar la bomba a un nivel más bajo. No bajarla si la arena pudiera atascarla

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Fugas en el sistema	Revisar si hay fugas en el sistema	Reemplazar tuberías dañadas o reparar fugas
Bomba desgastada	Las causas del problema de que la bomba está desgastada son similares a las fugas en el tubo de bajada. Reducir el ajuste de interruptor de presión, si la bomba se apaga culpa puede ser de las piezas desgastadas.	Extraer la bomba y cambiar el propulsor u otras piezas de conexión desgastadas.
Eje de motor suelto o Roto	Saldrá muy poca o nada de agua si el acoplamiento entre el eje del motor y la bomba está suelto o si la bomba atascada ha causado el corte del eje	Revisar y reemplazar
Rejilla de la bomba pegada o cerrada	La restricción de flujo puede indicar que la rejilla de entrada está obstruida. La bomba puede estar en lodo o arena	Limpiar la rejilla y posicionarla a menos profundidad. Podría ser necesario limpiar el pozo
Válvula de retención Cerrada Mal funcionamiento de la caja de control	No saldrá agua si está cerrada la válvula de retención.	Reemplazarla si está Defectuosa revisar y/o reemplazar



**Tabla 16: El motor funciona pero el protector contra sobrecarga se activa**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Voltaje incorrecto	Comprobar con un voltímetro la tensión existente	En caso incorrecto consultar a la empresa eléctrica
Protectores recalentados	La luz solar puede incidir en el recalentamiento de la caja de control, causando la desconexión de los protectores	Colocar la caja a la sombra, suministrar ventilación o alejarla de cualquier fuente de calor
Caja de control Defectuosa	Comprobar estado de trabajo	Cambiar en caso necesario
Motor o cable defectuoso	Verificar su estado	Cambiar en caso necesario
Bomba o motor Desgastado	Verificar su estado	Cambiar en caso necesario

**Tabla 17: Guía para resolver problemas de bombas cuando los fusibles o flipones se disparan cuando se arranca el motor.**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Voltaje incorrecto	Revisar el voltaje de terminales en la caja de control con un voltímetro. Asegurarse que la tensión este dentro de rangos prescritos por el fabricante.	Sí el voltaje está incorrecto, chequear acometida eléctrica. De empresa eléctrica

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Cajas de control o Defectuoso	Revisar el motor y alambrado en la caja de control de acuerdo al diagrama dentro de la caja. Ver todas las conexiones apretadas	Rebobinar todo el circuito incorrecto. Apretar conexiones, reemplazar alambre dañados
Capacitor de arranque Defectuoso Relé defectuoso	Comprobar el estado del capacitor con el óhmetro Usando el óhmetro chequear bobina de relé. Si la resistencia está como especifica el Fabricante; chequear la lectura a través del capacitor de arranque. Con buen capacitor, al no moverse la lectura, indica que los contactos del relé están malos.	Reemplazar el capacitor defectuoso Si la resistencia de la bobina está mala o los contactos están malos, hay que reemplazar el relé
Interruptor de presión Defectuoso	Chequear la tensión a través de los contactos del interruptor ya que podría haber falso contacto	Limpiar los contactos del interruptor o reemplazarlo
Bomba en pozo mal Fabricado	Si ha sido mal fabricado el pozo, tanto la bomba como el motor pueden estar mal Alineados, lo que provoca que se trabe el rotor	Si la bomba no rota libremente se debe de extraer y el pozo debe de corregirse.

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Cable o devanado está a tierra	Pruebe las líneas a tierra con el óhmetro. Si marca con cualquiera de las terminales esto significa que una de ellas está a tierra.	Inspeccionar el cable dañado. Si esta bien, significa que el motor está a tierra.

**Tabla 18: La bomba funciona pero envía poco o nada de agua**

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Bomba podría estar bloqueada de aire	Parar o arrancar la bomba varias veces, esperando entre cada ciclo alrededor de un minuto. Si la bomba comienza a enviar aire, entonces una bolsa de aire	
El nivel del agua dentro del pozo o tanque es demasiado bajo	La capacidad del pozo puede ser muy bajo para la capacidad de la bomba. Restringir el flujo de la salida del agua, esperar que suba el nivel y arrancar la bomba. Puede ser necesario llenar el tanque	Si la restricción parcial corrige el problema, dejar la válvula en esa forma. De otra forma bajar la bomba si la profundidad del pozo es suficiente. No bajarla si se puede producir obstrucción a causa de arena.

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
La válvula de cheque en la línea de descarga está instalada al revés	Examinar la válvula cheque en la línea de descarga para estar segura que la flecha indica la dirección del flujo en la dirección correcta	corrige el problema, si es necesario.
Fuga en el tubo de bajada	Levantar la tubería y revisar por fugas	Reemplazar la sección dañada de la tubería de bajada
La válvula de cheque de la bomba apretada por el tubo de bajada	Extraer la bomba, examinar el tubo de bajada a la salida de la bomba, si la rosca del tubo de bajada ha sido demasiada roscada podría estar apretando la válvula cheque de la bomba estando en posición cerrada.	Desenroscar la tubería y cortarle una parte de la rosca del tubo de bajada.

<b>Causa del problema</b>	<b>Como revisar</b>	<b>Solución</b>
Partes gastadas de la bomba	La presencia de abrasivos en el agua podrían resultar en problemas sobre el impulsor, carcasa y otras partes de cierre de la bomba. Antes de extraer la bomba, reducir la calibración de ajuste del interruptor de presión para ver si la bomba se apaga. Si es así, las partes gastadas son el origen de la falla.	Sacar la bomba y cambiar las partes gastadas.
El eje del motor flojo	El acople entre el eje del motor y la bomba puede aflojarse con el trabajo. Inspeccionar, al extraer la bomba, y ver por posibilidades de desgaste.	Apretar todas las conexiones, colocar tornillos, etc.

**Figura 166: Manejadoras y drenaje del sitio**



## 13.7 Anexo 7: Ficha técnica de tanque

### TANQUES CISTERNA



Tabla de Capacidades

Tanques para Agua					
Litros	Capacidad de Trabajo		Características		
	Galones	Barriles - toneladas - estafones	Diámetro (m)	Altura (m)	Personas
450	119	2.16	64	108	2
750	198	3.59	97	131	3
1.100	291	5.27	107	146	5
1.700	449	8.14	136	158	8
2.500	661	11.97	154	168	10
5.000	1321	23.94	208	210	20
10.000	2642	47.89	222	300	40

#### Cisterna

- Fácil instalación y limpieza.
- Recubrimiento antibacterial y capa aislante de rayos solares.
- Capa negra que impide el paso de rayos UV, lo que evita la formación de hongos y algas.
- Diseñado para instalarse aéreo, a nivel y subterráneo.
- Equipado con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento.



## ACCESORIOS INCLUIDOS

### Accesorios disponibles



### Mejor Tecnología de Filtración

- Filtro Sedimentos reutilizable: ahorro en mantenimiento, llenado rápido y mejor filtrado.
- Entrada y salida de 3/4", larga vida útil. Trabaja desde 0°C hasta 140°C.
- Utiliza una tecnología de filtración de anillos, que permite retener todos los materiales sólidos que contiene el agua, permitiendo una limpieza constante de ésta.
- Reduce la cantidad de sarro acumulado en las tuberías, pilas de lavaderos, pilatas, duchas, etc.





### 13.8 Anexo 8: Ficha técnica tubería



## FT Tubería Tipo SDR

### Descripción

Tubería de PVC para conducción de agua potable.

### Presentación

Tubería PVC

Diámetros de ½ a 18 pulgadas

Empaque Rieber incorporado o campana cementada

La presión de trabajo varía de acuerdo al SDR

Norma de referencia ASTM D 2241

### Aplicaciones y consideraciones básicas

- Este producto es utilizado solamente para sistemas de distribución agua.
- No es apto para la distribución de gases o aire comprimido.

### Normas de producto

- Norma ASTM D 2241
- NSF STD 14-61 (si el cliente lo requiere)

### Características generales

- Fácil instalación
- Químicamente inerte
- No produce olores ni sabores
- Libres de plomo
- Apariencia uniforme

### Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241

Diam. Norm.	Diámetro Promedio externo (mm)	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
		SDR 41	SDR 32.5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13.5
12	21,34 $\pm$ 0,10	...	...	...	...	...	1,57 $\pm$ 0,09
18	26,37 $\pm$ 0,10	...	...	...	1,62 $\pm$ 0,09	1,57 $\pm$ 0,09	1,59 $\pm$ 0,12
25	33,40 $\pm$ 0,13	...	...	1,52 $\pm$ 0,09	1,60 $\pm$ 0,10	1,56 $\pm$ 0,12	2,46 $\pm$ 0,15
31	42,16 $\pm$ 0,14	1,18 $\pm$ 0,07	1,52 $\pm$ 0,09	1,62 $\pm$ 0,10	2,17 $\pm$ 0,12	2,29 $\pm$ 0,15	3,12 $\pm$ 0,19
38	48,26 $\pm$ 0,15	1,18 $\pm$ 0,07	1,52 $\pm$ 0,09	1,85 $\pm$ 0,11	2,20 $\pm$ 0,14	2,64 $\pm$ 0,17	3,58 $\pm$ 0,21
51	60,32 $\pm$ 0,15	1,47 $\pm$ 0,09	1,85 $\pm$ 0,11	2,01 $\pm$ 0,14	2,67 $\pm$ 0,17	3,56 $\pm$ 0,21	4,47 $\pm$ 0,27
62	73,02 $\pm$ 0,18	1,78 $\pm$ 0,11	2,24 $\pm$ 0,13	2,79 $\pm$ 0,17	3,46 $\pm$ 0,21	4,26 $\pm$ 0,26	5,41 $\pm$ 0,32
75	88,00 $\pm$ 0,20	2,16 $\pm$ 0,13	2,74 $\pm$ 0,16	3,45 $\pm$ 0,21	4,24 $\pm$ 0,26	5,23 $\pm$ 0,31	6,58 $\pm$ 0,39
100	114,00 $\pm$ 0,23	2,79 $\pm$ 0,17	3,51 $\pm$ 0,21	4,39 $\pm$ 0,26	5,44 $\pm$ 0,33	6,73 $\pm$ 0,40	8,46 $\pm$ 0,51
150	168,26 $\pm$ 0,28	4,11 $\pm$ 0,25	5,18 $\pm$ 0,31	6,46 $\pm$ 0,39	8,03 $\pm$ 0,48	9,91 $\pm$ 0,59	12,47 $\pm$ 0,77
200	219,08 $\pm$ 0,38	5,33 $\pm$ 0,32	6,72 $\pm$ 0,40	8,45 $\pm$ 0,51	10,41 $\pm$ 0,62	12,96 $\pm$ 0,77	...
250	279,06 $\pm$ 0,38	6,65 $\pm$ 0,40	8,41 $\pm$ 0,50	10,40 $\pm$ 0,63	12,93 $\pm$ 0,78	16,06 $\pm$ 0,96	...
300	323,65 $\pm$ 0,38	7,90 $\pm$ 0,47	9,96 $\pm$ 0,60	12,45 $\pm$ 0,75	15,39 $\pm$ 0,92	19,05 $\pm$ 1,14	...
375	399,42 $\pm$ 0,41	9,47 $\pm$ 0,57	11,96 $\pm$ 0,72	14,93 $\pm$ 0,90	18,34 $\pm$ 1,11	...	...
450	457,20 $\pm$ 0,48	11,15 $\pm$ 0,67	14,07 $\pm$ 0,84	17,58 $\pm$ 1,05	21,77 $\pm$ 1,31	26,36 $\pm$ 1,61	...

### Presión nominal de trabajo a 23 °C

	SDR 41	SDR 32.5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13.5
psi	100	125	160	200	250	315
Kg/cm <sup>2</sup>	7,03	8,93	11,25	14,06	17,58	22,15
xPa	690	882	1103	1379	1724	2172



**13.9 Anexo 9: Planos**