



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**MODELIZACIÓN FÍSICA Y ANALÍTICA DE  
IDENTIFICADORES HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS PARA  
EVALUAR PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES PARA AGUA  
POTABLE.**

**TUTOR**

**PHD. MSC. CALERO AMORES MARCIAL SEBASTIAN.**

**AUTORES**

**ARANEA CERCADO LEONOR KATIA.**

**SEGOVIA ANCHUNDIA LUIS ENRIQUE.**

**GUAYAQUIL**

**2020**



<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> MODELIZACIÓN FÍSICA Y ANALÍTICA DE IDENTIFICADORES HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS PARA EVALUAR PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES PARA AGUA POTABLE.	
<b>AUTOR/ES:</b> Aranea Cercado Leonor Katia.  Segovia Anchundia Luis Enrique.	<b>REVISORES O TUTORES:</b> PhD. Msc. Calero Amores Marcial.
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil.
<b>FACULTAD:</b> INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.	<b>CARRERA:</b> INGENIERÍA CIVIL.
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2020.	<b>N. DE PAGS:</b> 423
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción.	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Agua, agua potable, abastecimiento de agua, sistema hidráulico, prototipo, modelización, experimento, método experimental, ecuación.	
<p><b>RESUMEN:</b> Desde los inicios de la hidráulica que prevalecen debido a la necesidad del hombre por aprovechar los recursos de la naturaleza, hasta la actualidad, han existido una serie de avances científicos, en desarrollo de leyes, teoremas y ecuaciones, la modelización es una herramienta técnica de apoyo al diseño hidráulico cuando se presentan fenómenos complejos, o no indagados aplicables para el desarrollo de una teoría y solución.</p> <p>En la actualidad y a nivel mundial predominan condiciones de escasez de agua y agua potable, donde la demanda supera a la cantidad que se dispone, y su consumo se ve limitado por estándares de baja calidad. A pesar de los avances de la ciencia y la</p>	

tecnología, no se ha logrado debatir los altos índices de pérdidas de agua en redes para agua potable.

Para optimizar el buen uso de los recursos hídricos, es imprescindible evaluar la información del comportamiento ante pérdidas del agua transportada. Mediante la aplicación de conocimientos de investigación científica, experimento, modelación, construcción e implantación del prototipo de un sistema hidráulico a presión, diseñado en base a los parámetros del medio, implementado con equipos de medición, ensayado para diversos escenarios con variaciones de caudal y presión al ingreso del sistema, se indaga en valorar el comportamiento del flujo en tuberías durante todo el recorrido.

Mediante la obtención de la base datos y su posterior análisis, se propone una curva de base experimental, que permite estudiar y evaluar los identificadores hidráulicos y económicos, en la gestión eficiente, técnica y viable del líquido vital, mediante una propuesta innovadora que busca aportar en la sostenibilidad socioeconómica y medio ambiental, enmarcada en la normativa legal vigente, cumpliendo con exigencias técnicas que permitan garantizar el desarrollo sostenible y sustentable de las actuales y futuras generaciones.

<b>N. DE REGISTRO</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b> <a href="http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3859">http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3859</a>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Aranea Cercado Leonor Katia.  Segovia Anchundia Luis Enrique.	<b>Teléfono:</b> (+593)990640628  (+593)994872149	<b>E-mail:</b> leonor_aranea@hotmail.com laraneac@ulvr.edu.ec  enrique18ulvr@gmail.com lsegoviaa@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	MSC. Alex Salvatierra Espinoza, DECANO.  <b>Teléfono:</b> 2596500 <b>Ext.</b> 241 DECANATO  <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

**Quito:** Av. Whympers E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y Carrión, Edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 2509054

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

## TESIS FINAL

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>pt.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>ateneo.unmsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>store.soundsolutionsaudio.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>fr.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.ucsg.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>





9	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.buenastareas.com">www.buenastareas.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://mecanica.uniandes.edu.co">mecanica.uniandes.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.etapa.net.ec">www.etapa.net.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Catolica de Santo Domingo Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://15umau.org">15umau.org</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.municipiodeloja.gov.ec">www.municipiodeloja.gov.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 10 words

Excluir bibliografía

Activo


## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **“MODELIZACIÓN FÍSICA Y ANALÍTICA DE IDENTIFICADORES HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS PARA EVALUAR PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES PARA AGUA POTABLE”**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

  
**ARANEA CERCADO LEONOR KATIA.**  
**C.I: 0954561387**

  
**SEGOVIA ANCHUNDIA LUIS ENRIQUE.**  
**C.I: 1311142028**

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación, “**MODELIZACIÓN FÍSICA Y ANALÍTICA DE IDENTIFICADORES HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS PARA EVALUAR PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES PARA AGUA POTABLE**”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “**MODELIZACIÓN FÍSICA Y ANALÍTICA DE IDENTIFICADORES HIDRÁULICOS Y ECONÓMICOS PARA EVALUAR PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES PARA AGUA POTABLE**”, presentado por los estudiantes como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



**PHD. MSC. MARCIAL CALERO AMORES**

**C.I.: 0905197569**

## **AGRADECIMIENTO**

A mí sublime madre Narcisa María Cercado Aguilar, por su apoyo incondicional, por ser mi guía, motivación e inspiración, gracias por su infinito amor.

A mi compañero de tesis Luis Enrique Segovia Anchundia y su familia.

A los profesores y autoridades de la FIIC, de la ULVR.

Al PhD Calero Amores Marcial.

*Aranea Cercado Leonor Katia*

## **AGRADECIMIENTO**

A mí familia por su apoyo incondicional, por ser guía, motivación e inspiración.

A mi compañera de tesis Leonor Katia Aranea Cercado y su familia.

A los profesores y autoridades de la FIIC, de la ULVR.

Al PhD Calero Amores Marcial.

*Segovia Anchundia Luis Enrique*

## **DEDICATORIA**

*A mi amado Padre Luis Aranea Crúz, por quien todo fue, es y será.*

*Aranea Cercado Leonor Katia.*

## **DEDICATORIA**

Dedicatoria a la Ingeniería Civil y a los nuevos conceptos que uno pueda generar o aprender de esta carrera tan noble, demostrando interés constante en el desarrollo de un futuro mejor.

*“En tiempos de cambio quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que piensan saberlo todo, estarán bien equipados para un mundo que ya no existe” Eric Hoffer (1902-1983)*

*Segovia Anchundia Luis Enrique*

## ÍNDICE GENERAL.

PORTADADA.....	i
FICHA DE REGISTRO DE TESIS .....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES .....	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	x
ÍNDICE GENERAL. ....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xxii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xxiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Tema .....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.5 Objetivo general.....	5
1.6 Objetivos específicos. ....	5
1.7 Justificación. ....	6
1.8 Delimitación del problema.....	7
1.9 Hipótesis .....	7
1.10 Línea de investigación institucional/facultad.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1 Antecedentes .....	8
2.1.2. Referencias de publicaciones internacionales.....	10
2.1.3. Referencias de tesis internacionales.....	11
2.1.4. Referencias de tesis nacionales.....	11



2.1.5 Definiciones generales de Conceptos Básicos de la Hidráulica aplicados a pérdidas de agua. ....	12
2.1.5.1 Fluido .....	12
2.1.5.2 Flujo .....	12
2.1.5.3 Relación entre flujo y fluido .....	13
2.1.6 Propiedades de los fluidos.....	13
2.1.6.1 Densidad .....	13
2.1.6.2 Peso específico $\gamma$ .....	14
2.1.6.3 Volumen específico .....	14
2.1.6.4 Presión.....	15
2.1.6.5 Viscosidad.....	16
2.1.6.6 Compresibilidad. ....	17
2.1.6.7 Dilatación térmica. ....	17
2.1.7. Criterios de diseño .....	18
2.1.8. Presión de servicio .....	18
2.1.9 Consumos.....	19
2.1.10 Conformación de la Red de Distribución de Agua Potable .....	19
2.1.10.1 Estructuras de captación.....	19
2.1.10.2.1 Conducción por gravedad .....	20
2.1.10.2.2 Conducción por bombeo. ....	20
2.1.10.2.2.1 Uso de bombas, con almacenamiento de agua.....	20
2.1.10.2.2.2 Uso de bombas sin almacenamiento, .....	20
2.1.10.3 Almacenamiento .....	21
2.1.10.4 Red de Distribución de Agua Potable .....	21
2.1.10.4.1 Tipologías de redes de distribución de agua Potable. ....	22
2.1.10.4.1.1 Redes Primarias .....	22
2.1.10.4.1.2 Redes Secundarias.....	23
2.1.10.5.1 Tuberías.....	23
2.1.10.5.2 Depósitos.....	23
2.1.10.5.3 Otros elementos singulares de la red de distribución de Agua Potable.....	23
2.1.11 Dispositivos de medición .....	24
2.1.11.1 Dispositivos de macro medición .....	24
2.1.11.2 Dispositivos de micro medición.....	24

2.1.12 Referencias de modelos análogos internacionales. ....	25
2.1.12.1 Balance Hídrico. ....	25
2.1.12.2 Desglose de Balance hídrico según International Water Association (IWA) .....	26
2.1.12.2.1 Volumen de ingreso al sistema .....	26
2.1.12.2.2 Consumo autorizado .....	26
2.1.12.2.3 Agua facturada (correspondiente al consumo autorizado facturado).....	26
2.1.12.2.4 Agua no facturada (ANF) .....	26
2.1.12.2.5 Pérdidas de agua.....	26
2.1.13 Clasificación de las pérdidas en las redes de distribución de agua potable. ....	27
2.1.13.1 Pérdidas Aparentes.....	27
2.1.13.2 Inexactitudes del medidor .....	28
2.1.13.3 Errores en el manejo de los datos.....	28
2.1.13.4 Consumo no autorizado .....	28
2.1.14 Ubicación de pérdidas dentro del sistema de distribución de agua potable. ....	30
2.1.14.1 Fuga desde las troncales de transmisión y distribución .....	30
2.1.14.2 Fuga desde conexiones de servicio .....	30
2.1.14.3 Fuga y reboses de tanques de almacenamiento.....	30
2.1.15 Tamaño y tiempo de la pérdida.....	30
2.1.15.1 Pérdidas visibles.....	30
2.1.15.2 Pérdidas ocultas .....	30
2.1.15.3 Pérdidas de fondo.....	31
2.1.16 Métodos de intervención ante pérdidas reales de agua. ....	31
2.1.16.1 Gestión de la presión.....	32
2.1.16.1.1 Presión alta.....	33
2.1.16.1.2 Presión baja.....	33
2.1.16.1.3 Variaciones de presión .....	33
2.1.17 Evaluación y cuantificación de pérdidas reales de agua .....	34
2.1.18 Indicadores de desempeño financieros.....	35
2.1.19 Aspectos financieros .....	35
2.1.20 Indicadores de desempeño técnicos .....	37
2.1.21 Costos venta de agua potable.....	37
2.2 Marco Conceptual.....	39

2.2.1 Tipos de Fluidos.....	39
2.2.2 Número de Reynolds.....	39
2.2.2.1 Flujo ideal .....	41
2.2.2.2 Flujo permanente .....	41
2.2.2.2.1 Flujo Laminar.....	41
2.2.2.2.2 Flujo Turbulento .....	42
2.2.2.3 Flujo permanente uniforme .....	43
2.2.2.4 Caudal .....	43
2.2.2.5 Relación de la presión y el consumo de pérdidas de agua potable. ....	45
2.2.2.6 Pérdida de carga .....	45
2.2.2.7 Ley de conservación de la energía .....	48
2.2.2.8 Ecuación de Darcy & Weisbach .....	48
2.2.2.9 Formulaciones aplicables a tuberías hidráulicamente lisas .....	50
2.2.2.10 Formulación de Colebrook & White - Transición entre contornos lisos y rugosos. .....	52
2.2.2.11 Formulación de Manning; Hazen & Williams.....	52
2.2.2.11.1 Formulación de Manning.....	53
2.2.2.11.2 Formulación de Hazen & Williams.....	53
2.2.2.12 Correlación.....	58
2.2.2.13 Coeficiente de determinación.....	59
2.2.2.14.1 Regresión lineal simple .....	60
2.2.2.14.2 Regresión potencial.....	60
2.2.2.14.3 Regresión no lineal.....	60
2.2.2.14.3.1 Regresión exponencial .....	60
2.2.2.14.3.2 Regresión logarítmica .....	60
2.2.2.15 Método de mínimos cuadrados .....	61
2.2.2.16 Análisis Adimensional – Teorema $\pi$ de Vaschy-Buckingham.....	61
2.2.3 Modelo físico hidráulico. ....	62
2.2.3 Criterios de diseño y construcción. ....	62

2.2.3.1 Instrumentos de medición aplicables a prototipos hidráulicos.....	62
2.2.3.2 Medidores de Caudal .....	62
2.2.3.2.1 Tipos de Caudalímetros elementales.....	62
2.2.3.3 Incorporación de caudalímetros electrónicos a prácticas de laboratorio hidráulico ..	
.....	63
2.2.3.3.1 Medidor de caudal de diafragmas .....	63
2.2.3.3.2 Medidor de caudal de rotámetros.....	63
2.2.3.3.3 Caudalímetro de líquidos .....	63
2.2.3.4 Plataforma Arduino.....	64
2.3 Marco Legal .....	65
2.3.1 Constitución de la República Del Ecuador Leyes y derechos sobre el agua.....	65
2.3.2 Antecedentes sobre la Institucionalidad del Agua en el Ecuador .....	69
2.3.3 Institucionalidad actual del Agua en el Ecuador.....	70
2.3.4 Convenios y Tratados Internacionales .....	72
2.3.4.1 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.....	72
2.3.4.1.1 Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento.....	72
2.3.5 Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN .....	73
2.3.5.1 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1373. ....	73
2.3.6 Referencias Normativas .....	74
CAPÍTULO III.....	76
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
3.1 Metodología.....	76
3.2 Tipo de investigación.....	77
3.3 Enfoque.....	77
3.4 Población.....	78
3.5 Muestra .....	78
3.6 Técnica e instrumentos.....	79
3.6.1 Experimento.....	79
3.6.1.1 Diseño del plan experimental.....	80
3.7 Implementación física del prototipo.....	81
3.8 Diseño del prototipo.....	82

3.8.1.1 Equipos e instrumentos .....	84
3.8.1.1.1 Variador de Frecuencia. ....	84
3.8.1.1.2 Equipo de bombeo. ....	85
3.8.1.1.3 Equipos de medición.....	86
3.8.1.1.3.1 Sensores de flujo de agua. – Caudalímetros.....	87
3.8.1.1.3.2 Transductor de presión.....	91
3.8.1.1.4 Software para recolección de datos.....	93
3.8.1.1.5 Hardware para almacenamiento de datos.....	93
3.10 Modelo para estimar $\Delta Q$ , $Q$ ; $\Delta C$ , $C$ ; $\Delta P$ , $P$ - Estimación de los modelos. ....	100
3.10.1 Factores hidráulicos .....	100
3.10.1.1 Análisis por pérdida de carga y accesorios. ....	100
3.10.1.2 Análisis por pérdida de energía.....	105
3.10.1.2.1 Perdida de energía en el Subsistema A – $\varnothing 1''$ .....	107
3.10.1.2.2 Perdida de energía en el Subsistema B – $\varnothing 3/4''$ .....	114
3.10.1.2.3 Perdida de energía en el Subsistema C - $\varnothing 1/2''$ .....	121
3.11 Análisis y Discusión. ....	127
3.11.1 Análisis del comportamiento por los Subsistemas A $1\varnothing$ – B $3/4\varnothing$ – C $1/2\varnothing$ ..	129
3.11.2 Análisis factores económicos.....	136
3.11.3 Modelo para estimar pérdidas económicas efectuadas por las pérdidas de energía en los subsistemas.....	136
3.12 Validez de los registros .....	145
3.13 Alcance y limitaciones del sistema respecto a pérdidas.....	146
CAPÍTULO IV.....	148
INFORME FINAL.....	148
4.1.1 Fundamentación del experimento. ....	148
4. 1.2 Descripción del experimento. ....	150
4.1.4. Proceso de obtención de datos en sensores; medidor de caudal y transductor en las variaciones de caudal y presión mediante el software Arduino.....	159
4.3 CONCLUSIONES .....	166
4.4 RECOMENDACIONES .....	167
4.5 GLOSARIO .....	168
4.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
4.7 ANEXOS .....	175

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Línea de investigación de FIIC.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2. Balance hídrico según International Water Association (IWA) .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3. Costo venta Agua, International Water Services - Interagua C. Ltda.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4. Desglose del valor de agua potable según Reglamento Tarifario ECAPAG .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5. Coeficiente de pérdida de carga localizada en accesorios en la red de distribución de agua potable.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 6. Coeficiente ml para distintos diámetros comerciales de la red de distribución de agua potable. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 7. Coeficientes de fricción f para agua según diámetro y tipo de tubería.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 8. Valores del coeficiente C de Hazen &amp; Williams.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9. Perdidas de carga en accesorios.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10. Muestra del proyecto de investigación.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 11. Contexto general del experimento.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 12. Descripción de equipo de variación - Variador de Frecuencia .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 13. Descripción del Equipo de bombeo – Bomba.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 14. Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 1” Ø .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 15. Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 3/4” Ø .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 16. Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 1/2” Ø .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 17. Descripción del Equipo de medición – Transductor de presión 1/8 NPTdel Equipo de medición – Transductor de presión 1/8 NPT.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 18.Descripción del Hardware - Placas de desarrollo compatible con UNO R3 Arduino. ....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 19. Descripción del Software - Arduino.1.8.10 .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 20. Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema A .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 21. Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema B .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 22. Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema C.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 23. Resumen de datos obtenidos por perdida de carga del prototipo. ....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 24. Tabla del modelo de pérdidas de carga del prototipo.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 25. Datos procesados de modelo por perdida de energía en relación con el Subsistema A.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 26. Resumen del modelo por perdida de energía aplicando formulación.....</i>	<i>113</i>

<i>Tabla 27. Datos procesados de modelo por pérdida de energía en relación al Subsistema B</i>	116
<i>Tabla 28. Resumen del modelo por perdida de energía aplicando formulación.</i>	120
<i>Tabla 29. Datos procesados de modelo por pérdida de energía en relación con el Subsistema C.</i>	123
<i>Tabla 30. Resumen del modelo por perdida de energía aplicando formulación.</i>	127
<i>Tabla 31. Resumen de Modelos por perdidas de energía en los Subsistemas A B C B C.</i>	129
<i>Tabla 32. Resumen del modelo por perdida de energía en el prototipo aplicando formulación.</i>	134
<i>Tabla 33. Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema A. Factor Económico.</i>	137
<i>Tabla 34. Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema B. Factor Económico.</i>	139
<i>Tabla 35. Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema C. Factor Económico.</i>	140
<i>Tabla 36. Modelo por pérdida económica en relación a las pérdidas de energía dentro del prototipo.</i>	144
<i>Tabla 37. Descripción del Equipamiento de Modelo Hidráulico.</i>	150
<i>Tabla 38. Descripción de tuberías de Modelo Hidráulico</i>	151
<i>Tabla 39. Descripción de accesorios de Modelo Hidráulico Tubería Matriz: Ø 1"</i>	151
<i>Tabla 40. Descripción de accesorios del sistema Hidráulico Tubería Perdida A: Ø 1</i>	152
<i>Tabla 41. Descripción de accesorios del sistema - Tubería Perdida B: Ø 3/4"</i>	152
<i>Tabla 42. Descripción de accesorios del sistema Tubería Perdida C: Ø1/2"</i>	153
<i>Tabla 43. Equipos de Medición para Sistema Hidráulico.</i>	153
<i>Tabla 44. Equipo de bombeo y accesorios de instalación para sistema Hidráulico.</i>	154
<i>Tabla 45. Equipo de variación de frecuencia para sistema Hidráulico.</i>	154
<i>Tabla 46. Ubicación de equipos de medición para sistema Hidráulico.</i>	155
<i>Tabla 47. Descripción del Hardware para sistema Hidráulico.</i>	155
<i>Tabla 48. Descripción del Software para sistema Hidráulico.</i>	156
<i>Tabla 49. Ubicación y asignación de equipos de medición para sistema Hidráulico.</i>	156
<i>Tabla 50. Costo total del prototipo - sistema hidráulico a presión</i>	157

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Formulación 1 densidad del agua.</i>	13
<i>Formulación 2 peso específico del agua.</i>	14
<i>Formulación 3 volumen específico del agua.</i>	14
<i>Formulación 4 para determinar de la relación del caudal de fuga y la presión de servicio.</i>	16
<i>Formulación 5 compresibilidad.</i>	17
<i>Formulación 6 Dilatación térmica.</i>	18
<i>Formulación 7 para determinar el caudal de pérdida.</i>	27
<i>Formulación 8 para determinar el caudal de pérdida real o física.</i>	29
<i>Formulación 9 para determinar el caudal de pérdida en función a la gestión de la presión.</i>	33
<i>Formulación 10 para determinar las pérdidas anuales.</i>	35
<i>Formulación 11 para determinar los costos de producción.</i>	36
<i>Formulación 12 para determinar el potencial de ahorro anual.</i>	36
<i>Formulación 13 para determinar pérdidas de agua específicas en proporción a la longitud de la red.</i>	37
<i>Formulación 14 para determinar pérdidas en referencia al número de conexiones de servicio.</i>	37
<i>Formulación 15 para determinar del Número de Reynolds.</i>	40
<i>Formulación 16 para determinar el Número de Reynolds en flujo a tubería llena.</i>	40
<i>Formulación 17 para determinar el Flujo laminar.</i>	42
<i>Formulación 18 para determinar el Flujo turbulento.</i>	42
<i>Formulación 19 para determinar caudal.</i>	43
<i>Formulación 20 para determinar Caudal en relación a (v).</i>	44
<i>Formulación 21 para cálculo del Caudal desarrollada en conjunto con la fórmula 14.</i>	44
<i>Formulación 22 para cálculo del Caudal con datos de (S) y (v).</i>	44
<i>Formulación 23 para determinar la pérdida de carga estándar.</i>	46
<i>Formulación 24 para determinar la pérdida de carga localizada.</i>	46
<i>Formulación 25 para determinar la pérdida de carga en conducciones circulares.</i>	46
<i>Formulación 26 de conservación de la energía del flujo.</i>	48
<i>Formulación 27 principio de Darcy &amp; Weisbach.</i>	49
<i>Formulación 28 expuesta por Darcy &amp; Weisbach en función del caudal.</i>	49
<i>Formulación 29 expuesta por Darcy &amp; Weisbach manera estándar con respecto de pérdida de carga.</i>	50



<i>Formulación 30 expuesta por Darcy &amp; Weisbach estándar para el S.I de unidades en base a la simplificación del valor estándar de gravedad (g) con respecto de pérdida de carga.....</i>	<i>50</i>
<i>Formulación 31 para pérdida de carga por fricción para flujo laminar. ....</i>	<i>50</i>
<i>Formulación 32 expuesta por Blasius para pérdida de carga por fricción en tuberías lisas en función de f.....</i>	<i>50</i>
<i>Formulación 33 expuesta por Nikuradse para pérdida de carga por fricción para flujo turbulento en función de f. ....</i>	<i>51</i>
<i>Formulación 34 para pérdida de carga por fricción para flujo turbulento expuesta por Konakov en función de f.....</i>	<i>51</i>
<i>Formulación 35 expuesta por Colebrook-White para tuberías rugosas.....</i>	<i>52</i>
<i>Formulación 36 expuesta por Colebrook-White para tuberías lisas.....</i>	<i>52</i>
<i>Formulación 37 expuesta por Colebrook-White en combinación con las fórmulas 30 &amp; 31.</i>	<i>52</i>
<i>Formulación 38 expuesta por Manning en el Sistema de Unidades (ft, lb, s). ....</i>	<i>53</i>
<i>Formulación 39 expuesta por Manning en el Sistema de Unidades (ft, lb, s). ....</i>	<i>53</i>
<i>Formulación 40 expuesta por Hazen &amp; Williams para el Sistema de Unidades (m, kp, s y SI). ....</i>	<i>53</i>
<i>Formulación 41 expuesta por Hazen &amp; Williams para el Sistema de Unidades (ft, lb, s) ....</i>	<i>54</i>
<i>Formulación 42 de correlación expuesta por Pearson (R) del producto-momento. ....</i>	<i>58</i>
<i>Formulación 43. para determinar el coeficiente de determinación <math>R^2</math>.....</i>	<i>59</i>
<i>Formulación 44 para el modelo de regresión lineal simple. ....</i>	<i>60</i>
<i>Formulación 45 para el modelo de regresión potencial.....</i>	<i>60</i>
<i>Formulación 46 para el modelo de regresión exponencial. ....</i>	<i>60</i>
<i>Formulación 47 para el modelo de regresión exponencial. ....</i>	<i>60</i>
<i>Formulación 48 para el método mínimos cuadrados. ....</i>	<i>61</i>
<i>Formulación 49 para determinar la frecuencia en función de (K) y (Q). ....</i>	<i>64</i>
<i>Formulación 50 para determinar la frecuencia en función de (K) y (Q). ....</i>	<i>65</i>
<i>Formulación 51. Para determinar perdida de carga del sistema debido a rugosidad de tuberías y accesorios propuesta por los autores. ....</i>	<i>102</i>
<i>Formulación 52. Para determinar presiones afectada netamente por pérdidas de agua, o factores externos. ....</i>	<i>105</i>
<i>Formulación 53. Para determinar el factor de variación de caudal.....</i>	<i>105</i>
<i>Formulación 54. Para determinar el factor de variación de presión.....</i>	<i>106</i>
<i>Formulación 55. Función real de la Subsistema A del sistema hidráulico. ....</i>	<i>112</i>
<i>Formulación 56. Función real del subsistema B del sistema hidráulico.....</i>	<i>119</i>
<i>Formulación 57. Función real de la Subsistema C del sistema hidráulico. ....</i>	<i>126</i>
<i>Formulación 58. Ecuación por pérdida de agua dentro del prototipo.....</i>	<i>134</i>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Red de distribución de agua Potable.</i> .....	21
<i>Imagen 2. Macro medición y Micro medición.</i> .....	24
<i>Imagen 3. Relación entre la tasa de fuga (Q) y Tiempo de Fuga (t)</i> .....	31
<i>Imagen 4. Metodología de intervención para combatir pérdidas reales de agua</i> .....	32
<i>Imagen 5. Efectos de distintos conceptos de modulación en presión excesiva en el punto crítico.</i> .....	34
<i>Imagen 6. Experiencia de Reynolds; Tipos de flujo.</i> .....	39
<i>Imagen 7. Caudal que circula por el interior de una tubería.</i> .....	44
<i>Imagen 8. Coeficiente f de Darcy &amp; Weisbach</i> .....	51
<i>Imagen 9. Monograma de caudales formula de Hazen-Williams, c = 100</i> .....	54
<i>Imagen 10. Visiones cambiantes de la institucionalidad del agua.</i> .....	69
<i>Imagen 11. Institucionalidad normativa y política autoridad única del agua.</i> .....	70
<i>Imagen 12. Planificación Hídrica Nacional Estrategias Nacionales</i> .....	71
<i>Imagen 13. Institucionalidad para Servicios de A&amp;S - Mapeo de Actores.</i> .....	72
<i>Imagen 14. Metodología de implementación de ecuaciones experimentales.</i> .....	80
<i>Imagen 15. Diseño del sistema Hidráulico Tipo Prototipo.</i> .....	82
<i>Imagen 16. Construcción de Prototipo por los autores.</i> .....	83
<i>Imagen 17. Prototipo Completo.</i> .....	83
<i>Imagen 18. Ubicación del Equipo de medición.</i> .....	86
<i>Imagen 19. Descripción de la ubicación de los sensores de flujo.</i> .....	87
<i>Imagen 20. Descripción de la ubicación de los transductores de presión en el sistema.</i> .....	91
<i>Imagen 21. Implantación de los Subsistemas A-B-C.</i> .....	106
<i>Imagen 22. Implantación Subsistema A.</i> .....	107
<i>Imagen 23. Implantación Subsistema B.</i> .....	114
<i>Imagen 24. Implantación Subsistema C.</i> .....	121
<i>Imagen 25. Descripción de la ubicación de los subsistemas.</i> .....	128
<i>Imagen 26. Vista superior del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.</i> .....	148
<i>Imagen 27. Vista lateral en 3D del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.</i> .....	149
<i>Imagen 28. Vista lateral en 3D del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.</i> .....	149
<i>Imagen 29. Fase I Instalación de software Arduino – A.</i> .....	159
<i>Imagen 30. Fase I Instalación de software Arduino – A.</i> .....	159
<i>Imagen 31. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – A.</i> .....	160

<i>Imagen 32. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – B.</i>	160
<i>Imagen 33. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – C.</i>	161
<i>Imagen 34. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – D.</i>	161
<i>Imagen 35. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – E.</i>	162
<i>Imagen 36. Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – F.</i>	162
.....	162
<i>Imagen 37. Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. A – B – C – D.</i>	163
<i>Imagen 38. Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. E.</i>	164
<i>Imagen 39. Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. F.</i>	164
<i>Imagen 40. Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. G.</i>	165
<i>Imagen 41. Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. H.</i>	165

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Base de datos de las Tablas desde la frecuencia de 30 HZ hasta 60 HZ por pérdida de energía local y de fricción en el sistema .....</i>	<i>175</i>
<i>Anexo 2. Vista lateral 3D de Modelo Físico Hidráulico tipo prototipo. ....</i>	<i>392</i>
<i>Anexo 3. Información técnica de la bomba – curva de rendimiento según fabricante .....</i>	<i>393</i>
<i>Anexo 4. Ficha técnica de especificaciones para tuberías Plastigama. ....</i>	<i>395</i>
<i>Anexo 5. Construcción del prototipo. ....</i>	<i>396</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfica 1. Curva modelo de pérdida de carga local y de fricción. ....</i>	<i>103</i>
<i>Gráfica 2. Curva de modelo por perdida de energía en el Subsistema A.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfica 3. Curva de modelo por perdida de energía en el subsistema B. ....</i>	<i>118</i>
<i>Gráfica 4. Curva de modelo por perdida de energía en el Subsistema C.....</i>	<i>125</i>
<i>Gráfica 5. Implantación de pérdidas en los subsistemas A-B-C. ....</i>	<i>131</i>
<i>Gráfica 6. Modelo por perdida de energía en el prototipo propuesto.....</i>	<i>133</i>
<i>Gráfica 7. Modelo de pérdida económica en relación con la perdida de energía en el Subsistema .....</i>	<i>138</i>
<i>Gráfica 8. Modelo de pérdida económica en relación a la perdida de energía en el Subsistema B.....</i>	<i>140</i>
<i>Gráfica 9. Modelo de pérdida económica en relación a la perdida de energía en el Subsistema C.....</i>	<i>141</i>
<i>Gráfica 10. Curva de modelo por pérdida económica en relación a la pérdida de energía en el prototipo.....</i>	<i>142</i>

## INTRODUCCIÓN

*“En la investigación es incluso más importante el proceso que el logro mismo”.*

*Emilio Muñoz*

Desde los inicios de la hidráulica, que prevalecen debido a la necesidad del hombre por aprovechar los recursos de la naturaleza, hasta la actualidad, han existido una serie de avances científicos, en desarrollo de leyes y teoremas. La modelización es una herramienta técnica de apoyo al diseño hidráulico cuando se presentan fenómenos complejos, o no indagados aplicables para el desarrollo de una teoría y solución.

Crear, analizar e innovar, es necesario para transformar y redescubrir los fenómenos que se producen, como se originan y el impacto que estos causan, donde brindar una solución frente a la problemática mundial es imprescindible. El agua, indispensable para el desarrollo de la vida, es un recurso natural en escasez. Las pérdidas en los sistemas se establecen como un indicador significativo, a medida que las empresas prestadoras de la dotación y suministro invierten más recursos, y causan afectaciones en la población, la naturaleza y sus elementos.

Mediante la construcción de un sistema hidráulico tipo prototipo se simula mediante tuberías a presión diversos escenarios, con diferenciales de caudal y presión, y tipos de pérdidas de agua para evaluar los fenómenos que se producen, y así obtener los identificadores hidráulicos y económicos necesarios con el fin de adquirir un conocimiento teórico con validez y realizar la comprobación científica mediante el uso de instrumentos fiables que garantizan la autenticidad de los resultados obtenidos.

La metodología aplicada tiene la capacidad de proporcionar respuestas eficaces y probadas en el caso de estudio. Experimentar se considera uno de los procedimientos adecuados para explicar fenómenos de forma objetiva, que permitan presentar una respuesta ante una problemática presente. El proyecto de investigación científica *“Modelización física y analítica de identificadores hidráulico y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable”* se desarrolla debido a los altos

índices de pérdidas de agua potable en los sistemas de infraestructura, lo cual causa afectaciones a la viabilidad socioeconómica y medioambiental de las naciones.

En el Capítulo I se aborda el planteamiento del problema, destacando las actuales condiciones de escasez hídrica, los impactos técnicos, medio ambientales y socio económicos a nivel mundial y nacional que generan las pérdidas de agua potable en infraestructuras, los impactos que estos causan, de igual manera se establecen los objetivos de la investigación, planteando la construcción de un sistema hidráulico que permita evaluar el comportamiento de la red y determinar la línea de base experimental.

En el Capítulo II, se describe las bases teóricas y conceptuales fundamentales para el desarrollo de la investigación, aludiendo a relevantes y celebres autores, los cuales se destacan por su invaluable aporte en la ciencia de la hidráulica, se establecen como referencia publicaciones e investigaciones nacionales e internacionales, además de la normativa legal vigente aplicable al proyecto como base para el estudio.

En el Capítulo III, se presenta la metodología aplicada, se describen los instrumentos, equipos y diseños, sustentándose en la investigación científica, experimental, y analítica; debido al diseño, construcción y modelización del prototipo hidráulico para evaluar pérdidas de agua, instituyendo como instrumento el experimento para investigar y generar conocimiento. Se estima los modelos de pérdida de agua y costos.

En el Capítulo IV se presenta el informe final del proyecto, mostrando el desarrollo del sistema hidráulico a presión tipo prototipo, costos de equipos y materiales utilizados en la construcción del mismo, el proceso de obtención de datos en sensores, mediante el software Arduino con las correspondientes conclusiones y recomendaciones en base a los resultados de la investigación realizada.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

*“No se aprecia el valor del agua hasta que se seca el pozo”*

*Proverbio inglés.*

### **1.1 Tema**

Modelización física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable.

### **1.2 Planteamiento del problema**

Se estima a nivel mundial que aproximadamente el 34% del agua tratada que se obtiene mediante el proceso de potabilización y que se distribuye en las redes mediante conductos para la dotación de agua potable se pierde, siendo evidenciales por el diferencial obtenido entre la cantidad de agua inyectada al sistema de suministro y la cantidad real que llega a los usuarios.

Los costos anuales debido a las pérdidas del líquido vital según informe emitido por el Banco Mundial ascienden a 141 billones de dólares, en la actualidad se desaprovechan 90 millones de metros cúbicos m<sup>3</sup> de agua al día, esta cantidad es el promedio para abastecer a 300 millones de personas, lo cual causa afectaciones a la viabilidad económica y medioambiental de las naciones. (Banco Mundial, 2017)

Las entidades prestadoras de este servicio consignan entre el 5% al 25% de los gastos de operación debido a las pérdidas que se localizan en la red de distribución, donde las pérdidas comerciales representan el 25%, y las reales que son del 75%, entre de ellas el 70% son propias de acometidas y el 30% es localizada en tuberías. (American Water Works Association (AWWA), 2017)

Según explica Erin Ress y J. Alan Roberson, en un artículo escrito en la revista *Journal of the American Water Works Association*.

“Los sistemas públicos de provisión de agua potable tratan y distribuyen billones de galones de agua potable cada día. En un mundo perfecto en el que las tuberías nunca perdieran, el volumen total de agua debería ser igual al

volumen de agua que llega... sin embargo, esto nunca ocurre” (Ress & Roberson, 2016)

Según cifras emitidas por (OMS & UNICEF , 2017) la escasez de agua afecta a cuatro de cada diez personas y alrededor de 2,1 billones de ellas no disponen de accesibilidad de agua potable gestionada de forma segura, haciendo así indispensable el buen uso del recurso natural mediante la reducción de los índices de pérdidas a nivel de infraestructuras para garantizar el acceso del servicio básico de calidad.

La prioridad prevalece debido a que hasta en los sistemas catalogados como muy eficientes las pérdidas de agua potable son equivalentes al 10%, y donde los sistemas con mayores afectaciones superan cifras del 50%, causados por déficits propios de la infraestructura, fisuras, roturas en las tuberías, posibles errores de medición, hurtos, entre otros.

El panorama en las grandes ciudades es relevante, destaca la (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2018), en su publicación “*Agua y Ciudades, Hechos y Cifras*”, las pérdidas en la red son del 50%, equivalente de 250 a 500 millones de m<sup>3</sup> por año, porcentaje representativo que se podría aprovechar para la dotación entre 10 y 20 millones de personas del servicio básico de agua potable.

En América Latina las cifras son del 45%, y donde Ecuador se mantiene en la tendencia, según un estudio de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA, 2016) el 50.4% del agua potable que se consume en el país no se mide ni se factura, representando por año un estimado de 100 millones de dólares en pérdidas generando limitaciones de disponibilidad suministro continuo y producción de situación de escasez.

En la región andina se establecen rangos del 42% de pérdidas, en Quito capital del Ecuador, se registran datos del 33%, mientras que, en Esmeraldas la empresa prestadora indica que se desaprovecha un 70% del total de agua que produce, estableciéndose como el mayor indicador a nivel nacional, en la ciudad de Guayaquil las cifras ascienden al 57% aproximadamente.



Las pérdidas de agua en redes de distribución son generadoras de fuertes impactos; técnicos, social económicos y medioambientales, que sitúan en riesgo el suministro, calidad y presión del líquido vital que llega a los usuarios, condicionando así de manera adversa la sostenibilidad financiera de los sistemas y de recursos ambientales, energéticos.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Cómo podrá afectar las pérdidas de agua los identificadores hidráulicos y económicos en las redes para agua potable?

### **1.4 Sistematización del problema**

- ¿Cómo se podría desarrollar un prototipo para evaluar pérdidas de agua en un sistema hidráulico a presión?
- ¿Cuál es la información que se obtendría de la línea base experimental de pérdidas de agua en redes para agua potable?
- ¿Cómo se podría evaluar los identificadores hidráulicos y económicos de pérdidas de agua en redes para agua potable?

### **1.5 Objetivo general**

Desarrollar modelización física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable.

### **1.6 Objetivos específicos.**

- Elaborar un prototipo para evaluar pérdidas de agua en un sistema hidráulico a presión.
- Determinar la información de la línea base experimental de pérdidas de agua en redes para agua potable.
- Evaluar los identificadores hidráulicos y económicos de pérdidas de agua en redes para agua potable.

## 1.7 Justificación.

En el presente proyecto de investigación se establece un estudio técnico, analítico y experimental, mediante la implementación de un modelo hidráulico para realizar la simulación de un sistema con red de tuberías a presión, a través de ensayos con la finalidad de analizar el comportamiento de la red ante pérdidas de agua, establecer un proceso de mediciones en variación de caudal y de presión con la implementación de equipos de medición.

Aunque el agua en entorno natural es abundante, es un recurso no renovable y cada día más escaso, en el último siglo el 70% las zonas húmedas naturales han desaparecido, alrededor de 844 millones de personas no tienen acceso de agua potable básica y las proyecciones indican que el 40% de la población mundial sufre de déficit del líquido vital, donde distintas naciones se ven afectadas por stress hídrico. (ONU, 2018)

La relevancia del presente proyecto de investigación prevalece debido a que un porcentaje significativo del volumen producido no llega a los usuarios, ni se consume, debido a pérdidas. Para optimizar el buen uso de los recursos hídricos, es imprescindible evaluar la información del comportamiento ante pérdidas del agua transportada, mediante un análisis y posterior propuesta técnica para disminuir los indicadores, mediante una gestión eficiente del volumen de agua suministrado vs entregado.

Los principales benéficos que se obtienen como resultado en la disminución de la pérdida de agua potable, inician con la reducción de los costos de producción, ahorros energéticos y menor extracción del agua de su entorno, generando así la disposición de una mayor dotación, de que existan menos coerciones sobre los recursos hídricos, garantizando un desarrollo sostenible y sustentable a las actuales y futuras generaciones.

Mediante esta propuesta se proyecta aportar al cumplimiento de los *Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)* concebida en la *Agenda de Desarrollo 2030* en la ONU 2015, donde Ecuador se suscribió a finales del mismo, para integrar en su Plan Nacional de Desarrollo; *Agua Limpia y Saneamiento*, donde se plantea garantizar el acceso de agua potable a todos los pueblos y nacionalidades. (INEC; UNICEF, 2018)

Debido a las actuales condiciones de escasez hídricas es imprescindible conseguir disminuir el nivel de pérdidas, mediante propuestas innovadoras para garantizar la sostenibilidad socioeconómica y medio ambiental, enmarcadas en la normativa legal vigente, y que cumplan con exigencias técnicas de acuerdo al medio, para hacer uso eficiente de tan valioso recurso como lo es el agua potable.

### 1.8 Delimitación del problema

<b>Campo:</b>	Educación superior. Tercer nivel de grado.
<b>Área:</b>	Ingeniería Civil
<b>Aspecto:</b>	Investigación experimental
<b>Tema:</b>	Modelización física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable
<b>Delimitación espacial:</b>	Guayaquil – Ecuador
<b>Delimitación temporal:</b>	12 meses

### 1.9 Hipótesis

Los diferenciales de presión y caudal de entrada y salida en el prototipo físico hidráulico, determinara los identificadores obtenidos en los ensayos para realizar la evaluación técnica – económica para perdidas en redes de agua potable.

### 1.10 Línea de investigación institucional/facultad.

**Tabla 1**

***Línea de investigación de FIIC***

---

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	<b>LÍNEA:</b> Territorio	<b>SUBLÍNEA:</b> Recursos Hídricos
--	-----------------------------	---------------------------------------

---

*Fuente:* FIIC (2019)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

*"En principio la investigación necesita más cabezas que medios"*

*Severo Ochoa*

#### **2.1. Marco Teórico**

##### **2.1.1 Antecedentes**

Desde los primeros indicios por parte de la humanidad del aprovechamiento hídrico, los cuales predominan hasta la actualidad debido a la necesidad de aprovechar las fuerzas de los elementos de la naturaleza, se han creado desde aplicaciones empíricas y experimentales, hasta el desarrollado de teoremas y leyes, logrando así establecer a la hidráulica como una ciencia.

Alrededor de 3800 años antes de nuestra era, en el período comprendido por los egipcios y griegos se presentaron invenciones y descubrimientos del aprovechamiento hídrico, aplicado al riego de sembríos. Seguido de los romanos quienes usaron teorías desarrolladas por los helenos en la construcción de complejos sistemas de canalización y así dotar de agua corriente a las edificaciones de los ayuntamientos de la época.

*Galileo Galilei*, en 1612 crea un sistema para medición del movimiento del agua de un líquido que sube a través de un agujero, un par de décadas después en 1643 *Torricelli*, discípulo de Galileo expone la ley del flujo libre de líquidos a través de orificios, además de crear del barómetro instrumento para medición de la presión atmosférica.

Continuando por *Newton Isaac*, quien expone los fundamentos de la teoría de Hidrodinámica, y publica la ley de viscosidad en los fluidos; aceite y agua determinado que están influenciados por la fuerza de la naturaleza, seguido de *Pascal Blaise*. 1650 quien formula La ley de distribución de la presión de un líquido, descubriendo que al ajustar un fluido en un tubo con una fuerza determinada está se podrá duplicar hasta por décima vez.

Por su parte *Henry de Pitot* (1695-1771), conceptúa un experimento elaborado con un tubo con la finalidad de calcular la velocidad de un fluido. Para el siglo XXVII, no se había logrado concretar una rama para el comportamiento de los fluidos, pero es hasta la llegada de *Bernoulli Daniel*. (1700-1782), quien da los fundamentos teóricos necesarios para desarrollar y concebir a la Mecánica de Fluidos como una ciencia.

En su magna obra "Hidrodinámica", *Bernoulli* 1738 formula la ley fundamental del movimiento de los Fluidos estableciendo la relación entre presión, velocidad, y energía asociada al fluido en una línea uniforme, indaga en estática y dinámica de fluidos. *Euler Leonhard Paul*. (1707-1783), insta un asiento matemático para la disertación del flujo ideal, sin viscosidad.

*Henri Navier* (1785-1836), en base a los precedentes expuestos por Euler, deriva las ecuaciones de Navier, que consecutivamente *Stokes George* transforma hasta adquirir las ecuaciones que se utilizan hoy en día. *Ludwig Hagen* (1797-1884), ensayando con fluidos en conducciones cerrados, descubre la transmisión entre flujo laminar y turbulento, dependientes de la temperatura y velocidad, diámetro y la rugosidad del conducto.

*Ernst Mach* (1838-1916), asienta antecedentes experimentales sobre los flujos de velocidad alta, y obtiene mediante indagaciones una base de datos conocidas como el número de *Reynolds Mach* (1842-1912), en su aporte a la ciencia, detalla los conceptos y teorías en cuanto a regímenes laminar y turbulento, indaga en el fenómeno de cavitación, y el número adimensional.

Los siglos XXVII y XXVIII fueron determinantes debido a la recolección de datos experimentales y por la corrección de coeficientes ecuación establecida por Bernoulli un siglo atrás. En Inglaterra 1850 los grandes emporios instalaron centrales de suministros de energía hidráulica, teniendo extensos recorridos de tuberías hasta las industrias donde para el funcionamiento de molinos grúas y prensas.

A partir de entonces y hasta el presente, se destacan varios celebres autores, y asociaciones que han presentado invaluable aportes a la ciencia e investigación, mediante el desarrollo de leyes, teoremas, estudios e indagaciones, destacando a

quienes establecen enfoques para el presente tema de investigación en cuanto a optimización en la gestión de pérdidas.

### **2.1.2. Referencias de publicaciones internacionales.**

Entre las publicaciones más relevantes en la hidráulica en cuanto pérdidas de agua en redes de distribución, se destaca el estudio económico realizado en Reino Unido y presentado por un grupo de profesionales especializado en la gestión de fugas del (National Water Council , 1980), titulado *“Políticas y prácticas del control de fugas” 1980.*

La Asociación alemana para gas y agua (Deucher Verein des Gas-und Wasserfaches (DVGW), 1986), acreditados que se destacan a nivel internacional por el desarrollo de varias normativas que se emplean a nivel internacional para la industria del gas y el agua, presentan en 1986 la nota W391 sobre *“Pérdidas de agua en los sistemas de distribución”*

Se destaca a la publicación expuesta por el (Banco Mundial, 1987) *“Guía de trabajo para la reducción y control del agua no facturada”*, como aporte a los organismos de abastecimiento, donde se detalla la gestión de operacional que se debe realizar, debido a las estadísticas en cuanto a pérdidas económicas por los déficits de las redes de suministro de agua potable.

La fundación de investigación de la (American Water Works Association (AwwaRF), 1997) publica el informe sobre *“Perdidas de agua e ingresos: agua no facturada”*. (La Organización Mundial para la Salud (OMS) , 2001), manifiesta su porte con la publicación titula como *“Manejo y control de fugas” Un manual de capacitación para adoptar mejores prácticas.*

Puntualiza (Thornton J. , 2008) para *American Water Works Association (AWWA)* en la definición sobre pérdidas de agua como el diferencial del volumen que se suministra al ingreso del sistema y el volumen de agua que se emplea para consumo autorizado *“Las pérdidas totales de agua o ‘Water losses’ se las cataloga como el diferencial entre el agua producida y el consumo facturado o registrado”*

### **2.1.3. Referencias de tesis internacionales.**

Tomando como referencia al Proyecto de Evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua, expuesto por (Apolo Marchán, 2004), donde se destaca que *“El control de pérdidas en los sistemas de distribución son de gran relevancia, en esencial lograr la disminución y control de pérdidas de agua, como un indicador calve de una adecuada gestión en la operación de los sistemas de acueductos”*, así mismo se destaca la importancia a nivel internacional por el sensato uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

Según (Delgado Galván, 2011) quien en expresa en su tesis doctoral *“Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento”*. Las diferentes metodologías de estimación de caudales fugados, así mismo como el concepto de nivel económico de fugas, la descripción de las alternativas en que se divide la gestión de fugas, el planteamiento de estrategias de gestión y las posibilidades de establecimiento de objetivos de minimización de pérdidas de agua.

Citando a (Ojeda Ramirez, 2012) en referencia su investigación sobre *“Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de ciudad universitaria de la UNAM panorama en cuestión del abastecimiento de agua potable alrededor del mundo y las implicaciones de las fugas en el abastecimiento de agua considerando las características de la red”*, quien expone los requerimientos y los recursos disponibles para lograr integrar en la medida los equipos y métodos más avanzados para lograr la recuperación de caudales.

### **2.1.4. Referencias de tesis nacionales.**

Expone (Navarrete Nagua, 2018) en su *Propuesta metodológica para la adaptación de métodos internacionales de estimación de pérdidas reales de agua en sistemas urbanos de abastecimiento de agua potable de Ecuador*, un planteamiento sobre la aplicación de un conjunto de estrategias para la estimación, detección y control de pérdidas en los sistemas de abastecimiento, dispuesto con ayuda de distritos de medición.

En referencia al trabajo realizado por (Bravo Quezada, 2017) “*Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, cantón Machala, provincia El Oro*”, una propuesta analizar la situación que presenta la red de agua potable mediante el uso de una metodología de simulación mediante software de ingeniería.

### **2.1.5 Definiciones generales de Conceptos Básicos de la Hidráulica aplicados a pérdidas de agua.**

#### **2.1.5.1 Fluido**

Define el termino fluido (Giles , 2013), como “*sustancias capaces de fluir, siendo gases o líquidos que no soportan fuerzas tangenciales o cortantes*” y que conservan igualdad de propiedades termodinámicas en reposo y en movimiento. En los líquidos, las fuerzas intermoleculares admiten la libertad de movimiento de las partículas, en enlaces perennes mediante un conjunto de moléculas distribuidas al azar que se acoplan por fuerzas cohesivas internas relativamente débiles.

Según destaca (Saldarriaga V., 2016) “*El fluido es una sustancia que no tiene la capacidad de resistir el esfuerzo cortante, en caso de existir tal, este se tendera a deformar y continuara haciéndolo mientras el esfuerzo permanezca*” Estos tienen la capacidad de fluir a través de cualquier elemento, pero no tienen las características de rigidez y elasticidad, asintiendo a cualquier fuerza externa y acogiendo el perfil del receptáculo que lo contenga.

#### **2.1.5.2 Flujo**

Tomando como referencia a (Saldarriaga V., 2016) quien emplea el término flujo habitualmente para referirse al movimiento de un fluido, es decir al transcurso de deformación continua en los diversos segmentos del fluido que cambian de posición relativa y de manera permanente, el flujo se define como el paso que tiene un fluido en un tiempo y espacio determinado.

Descritos de otra manera el flujo no es más que es el movimiento de un fluido en relación a un sistema inercial de coordenadas, los cuales tienden a ser dispuesto en un perímetro concreto. En nuestro medio lo apreciamos constantemente en el trascurso



del agua en una red de tuberías desde un determinado sitio a otro, como en el ingreso de abastecimiento al punto de salida a la acometida domiciliaria.

Podemos determinar al flujo en las redes de tuberías mediante los siguientes parámetros; Desplazamiento de una partícula de fluido, Velocidad de una partícula de un fluido de un punto del campo del flujo, Aceleración de una partícula en un punto del campo de flujo. Estas magnitudes descritas pueden estar establecidas de manera constante o existir una variable con respecto al espacio tiempo.

### **2.1.5.3 Relación entre flujo y fluido**

Describe (Pedroza González, 2018) el flujo y fluido “*como términos conocidos, refiriéndose al escurrimiento y al líquido...correspondientemente*”. Todo componente que tenga la propiedad de fluir puede ser catalogado como un fluido. En hidráulica la palabra fluido por lo general se relaciona al agua, en lo correspondiente a la terminología flujo, no es más que el movimiento de un fluido.

Se determina al flujo como el estudio del movimiento de un fluido, aplicado a las leyes generales del movimiento de la física, donde interactúan las propiedades de los fluidos, las características de la naturaleza y así mismo el cauce que estas tienen, como canales abiertos o cerrados, zanjas, tuberías. (Mecánica de los Fluidos , 2014)

### **2.1.6 Propiedades de los fluidos**

#### **2.1.6.1 Densidad**

Se la define como una magnitud escalar, relacionada entre la masa por unidad de volumen, es decir el cociente entre la masa de un elemento, en este caso un líquido y el volumen que ocupa. La unidad establecida para la masa es en kilogramos (kg), mientras que para el volumen es en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Estableciéndose en el sistema internacional en [kg/m<sup>3</sup>]. En cuanto a fluidos homogéneos, como el agua la densidad no presenta cambios de un punto a otro, establecida en promedio de 997 kg/m<sup>3</sup>.

Formulación 1 densidad del agua.

*Es expresada como:*

$$\rho = \frac{V}{m} \quad [1]$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad

V = Volumen

m = Masa

### 2.1.6.2 Peso específico $\gamma$

Se establece al peso específico como el peso por unidad de volumen. Representada las unidades en el sistema internacional como [N/m<sup>3</sup>], Para un fluido homogéneo como el agua,

Formulación 2 peso específico del agua.

*Es expresada como:*

$$\gamma = \frac{mg}{V} \quad [2]$$

Dónde:

$\gamma$  = Densidad

mg= Peso

V =Volumen

### 2.1.6.3 Volumen específico

Descrito como el volumen ocupado por la unidad de masa. En los fluidos homogéneos como el agua.

Formulación 3 volumen específico del agua.

*Es expresada como:*

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad [3]$$

Dónde:

$v$  = Volumen específico

$V$  =Volumen

$m$  = masa

$\rho$  = densidad

#### 2.1.6.4 Presión

Se define a la presión de simbología ( $p$ ) como el efecto de la fuerza que se aplica en una determinada superficie en línea vertical de manera equivalente, esta es una magnitud física empleada para establecer la fuerza en consecuencia sobre un perfil, la cual puede ser aplicable a los tres estados de la materia, sólidos, líquidos y gases, en caso de los líquidos se conceptúa el termino de presión hidrostática.

Tomando como referencia a (Pedroza González, 2018) menciona que la presión en el agua en reposo es igual al producto de la densidad del agua, por la profundidad del sitio en el que se desea conocer dicha presión. En la ecuación fundamental de la hidráulica representa la presión ejercida por una columna de líquido de altura, peso específico y base unidad. Permitiendo medir la presión mediante la altura de presión

Expresa (Quiron , s.f) la presión es fuerza aplicada por un líquido en una unidad de área. El valor de la presión atmosférica en condiciones normales y a nivel de mar es el equivalente a una columna de mercurio de 760mm, denominada atmosfera física. Por su parte presión relativa es la presión que existe sobre la presión atmosférica, tomando en referencia a la presión barométrica.

Presión absoluta = presión barométrica + presión manométrica.

En el campo de la hidráulica y específico en redes de distribución de agua potable generalmente se opta por medir con manómetros, los cuales vienen en unidades de medidas de bar, y psi. La presión puede ser expresada en distintas unidades y convertidas entre si dependiendo la utilidad y formulación que se utilice.

$$1 \text{ atm física} = 1.033 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ bar} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 10.33 \text{ m.c.a.} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm técnica} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ bar} = 10 \text{ mca} = 98100 \text{ Pa} = 100000 \text{ kg/m}^2$$

La hipótesis es propuesta por Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA y el Programa de Investigación de la Industria del Agua del Reino Unido (UKWIR) recomienda la adopción de una expresión exponencial simple para representar la relación del caudal de fuga y la presión de servicio. Por el diferencial entre diversas naciones en cuanto a dicho coeficiente se emplea para su identificación las representaciones alfanuméricas.

Formulación 4 para determinar de la relación del caudal de fuga y la presión de servicio.

*Es expresada como:*

$$Q_f =; P^{N1}$$

$$\frac{Q_{f1}}{Q_{f0}} =; \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad [4]$$

Dónde:

$Q_{f1}$  = Caudal de pérdida después de la reducción de la presión

$Q_{f0}$  = Caudal de pérdida antes de la reducción de la presión

$P_1$  = Presión después de implementar reducción

$P_0$  = Presión antes de implementar reducción

### 2.1.6.5 Viscosidad

La viscosidad, es una propiedad física, que se produce debido a la resistencia a las deformaciones progresivas que se generan por tensiones cortantes o de tracción, presente en los de fluidos, así mismo se lo define como la relación entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Misma que es denominada como viscosidad absoluta o viscosidad dinámica, y se representa con la letra griega  $\mu$ .

Se define el concepto de otro tipo de viscosidad, denominada viscosidad cinemática, representada por la letra  $\nu$ , para aplicarla se debe con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido.

	Viscosidad dinámica
	$\mu$ [Pa·s]
Agua (20 °C)	0,001

### 2.1.6.6 Compresibilidad.

Es representado como el coeficiente de compresibilidad,  $\kappa$ , definido como la variación fraccional en volumen por unidad de aumento en la presión, el volumen de agua se reduciría a 46,4 partes por millón en el aumento de una atmósfera en la presión, La compresibilidad  $k$  es el recíproco del módulo de Bulk,  $B$ . (Zemansky Young & Freedman.)

Formulación 5 compresibilidad.

*Es expresada como:*

$$\kappa = \frac{1}{V} = \frac{dV}{dp} \quad [5]$$

Se representa la disminución relativa del volumen por unidad de aumento de presión. Sus unidades son de inversa de presión, en el sistema S.I. [ $m^2 / N$ ]. Su inversa.

$$K = 1 / \kappa \quad (1-7)$$

*En el módulo de compresibilidad [ $N/m^2$ ]. Tanto  $\kappa$  como  $K$  dependen de la forma en que se realiza el proceso.*

	Compresibilidad, $k$	
	$Pa^{-1} \times 10^{-11}$	$Atm^{-1} \times 10^{-6}$
Agua	45,8	46,4

### 2.1.6.7 Dilatación térmica.

Es definido como el coeficiente de dilatación de volumen, que representa el aumento relativo del volumen producido por un aumento de la temperatura.

Formulación 6 Dilatación térmica.

*Es expresada como:*

$$\alpha_v = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \quad [6]$$

### **2.1.7. Criterios de diseño**

El diseño de redes de distribución de agua potable se establece en base a una serie de factores, mismos que están en base de la funcionalidad del servicio que se estima prestar al nuevo consumidor y en el buen uso y aprovechamiento del recurso hídrico. Considerando que el sistema debe trasladar desde las fuentes de suministro y tratamiento, en proporciones dimensionales a los puntos de gasto, cumpliendo así mismo con;

- *Mantener la garantía de potabilidad.*
- *Limitar las pérdidas de agua.*
- *Capacidad de transportar y distribuir la demanda total.*
- *Asegurar una presión en el punto de destino.*
- *Evitar las erosiones en las tuberías y limitar las pérdidas de carga.*
- *Economía de instalación y conservación.*
- *Tener el mínimo posible de interrupciones del servicio a lo largo de la vida útil de la red.*
- *Poder medir y controlar todos los consumos que se deriven de la red y las posibles fugas.*

### **2.1.8. Presión de servicio**

Considerado como un parámetro principal en cuanto a calidad de prestación de servicio, es imprescindible que una red de agua potable cuente con la presión adecuada que garantice que durante las 24 horas y en horarios de máximo consumo puedan tener acceso todos los usuarios, incluyendo quienes se cuentan al final de sistema, o quienes viven en una cota mayor, además que permite que hidrantes y demás puntos enfrentar emergencias.

Destaca (Moliá) que *“La presión de servicio de una red de distribución oscila notablemente de unos abastecimientos a otros, en función de la presión disponible respecto a la salida de la planta de tratamiento, la orografía de la zona a abastecer, las características intrínsecas de la red y las necesidades a satisfacer de los clientes”*

### **2.1.9 Consumos**

La evaluación de consumos, en conjunto con la topología de la red, se establece como los puntos de partida del diseño de una red, dividiendo en dos los tipos de procesos en la determinación del caudal de diseño de una instalación:

- *Valorar el caudal medio de la zona y afectarlo de un coeficiente de punta que lo aumenta.*
- *Estimar el consumo máximo de cada elemento y a la suma total aplicar un coeficiente de simultaneidad que lo reduce.*

### **2.1.10 Conformación de la Red de Distribución de Agua Potable**

Las redes de distribución de agua se estructuran en relación a la función que desempeñan, en base a la distribución del consumo de los usuarios, y de la reducción de pérdidas de carga, con la finalidad de lograr el sistema más eficiente dependiendo de los factores externos, la clasificación jerárquica se ha establecido en;

Establece (Cardenas Jaramillo & Patiño Guaranda, 2010) *“Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema”*

#### **2.1.10.1 Estructuras de captación**

Se definen como estructuras que se emplean para captar el agua, estas se encuentran ubicadas en el área de la fuente hídrica, facilitando el proceso de extracción para su posterior conducción a las tuberías de distribución.

### **2.1.10.2 Conducción**

Se define como línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, o dependiendo el caso al tanque de regularización, se recomienda que esta siga el perfil del terreno y que sea de fácil accesibilidad para inspeccionar. Se diseñan dependiendo de las características en dos tipos;

#### **2.1.10.2.1 Conducción por gravedad**

Las consideraciones necesarias para implementar la conducción por gravedad es que el lugar de embalse debe estar ubicado en una cota más alta con respecto al lugar donde va a situarse la red de distribución, con la condición de que se mantenga una presión suficiente en las tuberías principales. Siendo ideal para evitar costes y roturas accidentales.

#### **2.1.10.2.2 Conducción por bombeo.**

Siendo las condiciones del terreno adversas o el gasto necesario del suministro de agua es insuficiente para el diseño de la línea de conducción por gravedad, es recomendable aplicar un sistema de conducción por bombeo, presentándose dos tipos.

##### **2.1.10.2.2.1 Uso de bombas, con almacenamiento de agua.**

Se emplean tanques elevados para almacenar agua potable durante los horarios de menor consumo, y es utilizada en los horarios de mayor índice de consumo como dotación para la bomba, estableciendo un rendimiento uniforme y económico, en medida que las bombas trabajan en condiciones óptimas.

##### **2.1.10.2.2.2 Uso de bombas sin almacenamiento,**

No se aplica el uso de tanques de almacenamiento, las bombas ingresan el agua directamente en la tubería sin otra salida que la del agua realmente consumida. No se considera un sistema deseable debido a que una avería puede poner en riesgo el suministro de agua potable. En los diversos horarios de consumo la presión en las tuberías fluctuara fácilmente.



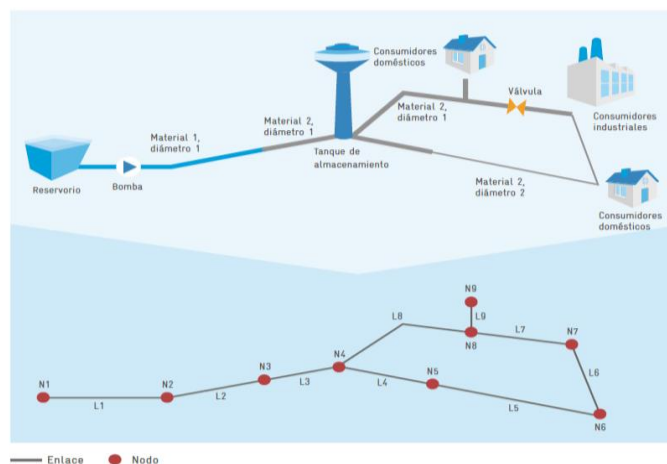
### 2.1.10.3 Almacenamiento

Estas estructuras son muy importantes para el diseño del sistema de distribución de agua, estos tienen como propósito:

- Compensar las variaciones de los consumos que ocurren durante el día.
- Conservar las presiones apropiadas para el servicio en la red.
- Almacenar una cantidad de agua adecuada para satisfacer las demandas de los usuarios, emergencias, etc.

### 2.1.10.4 Red de Distribución de Agua Potable

Se podría definir a una red de distribución de agua potable al conjunto de tuberías principales, secundarias y terciarias, válvulas, accesorios, dispositivos de macro y micro medición, derivaciones domiciliarias unidas entre sí funcionalmente para transportar el agua potable desde el punto de captación o estación de bombeo hasta el usuario.



**Imagen 1.** Red de distribución de agua Potable.

**Fuente:** Diseño y manejo de Redes de distribución de Agua Potable.

La cual debe cumplir con los parámetros mínimos en cuanto a dotación, que satisfaga la demanda del horario de máximo consumo (QMH) garantizando así satisfacer la demanda y estar enmarcada de acuerdo a las normativas legales ecuatorianas vigentes. Así mismo con los indicadores de calidad.

Para logara un óptimo servicio las presiones en cualquier punto de la red deben estar comprendida con al menos 1 bar de presión (Kg. /cm<sup>2</sup>), en otra unidad de medida 10 metros (m) de columna de agua y que están ubicadas como mínimo a una distancia

de 100cm otros sistemas de saneamiento básico como aguas residuales o aguas lluvias, y ser instaladas sobre ellas.

Las tuberías instaladas o proyectadas a instalarse en un sistema de Distribución de Agua Potable en el país debe cumplir con parámetros mínimos establecidos que cumplan con estándares básicos de calidad y regulación emitidos por Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma NTE INEN 1373: Tubería plástica. Tubos y accesorios de PVC rígido para presión. (INEN NTE)

*“La red de distribución de agua potable es la que toma el agua de la aducción directamente o de los diferentes depósitos reguladores (cabecera, intermedio o cola) y la distribuye entre todos los puntos de consumo”*

Se destaca que la misma debe manejar en su red los caudales apropiados contra incendios y para emergencias.

#### **2.1.10.4.1 Tipologías de redes de distribución de agua Potable.**

**Red Ramificada:** los diversos puntos de consumo son unidos con una única tubería.

**Red Mallada:** Se denomina así, cuando esta va formando cuadrículas, logrando que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo.

*Las diferencias más notables entre ambas son el coste y la calidad, teniendo que sopesar ambas a la hora de declinar la elección. (Moliá, pág. 4)*

##### **2.1.10.4.1.1 Redes Primarias**

Las redes primarias están compuestas por tuberías, válvulas y accesorios estas son seguidas de la línea de alimentación base del sistema y su relevancia prevalece debido a la cantidad de agua que conducen, y que abastecen a las líneas secundarias, las cuales son de un diámetro a partir de 250 mm (10”). El diseño hidráulico de este tipo de red está previsto para condiciones estáticas, y dinámicas con el fin de asegurar presiones en la red y las variaciones de nivel para la demanda que se requiera.

#### **2.1.10.4.1.2 Redes Secundarias**

Una vez que se establecen en su totalidad la línea de alimentación y las redes primarias se procede a instalar un conjunto de redes que cubran las calles internas estas son determinadas como redes secundarias, donde el diámetro mínimo para las ciudades debe ser de 100 mm (4") de diámetro, incluyendo redes internas.

#### **2.1.10.5 Elementos que integran una red**

Se consideran elementos esenciales de una red de distribución aquellos son imprescindibles para su correcto funcionamiento. Destacando entre ellas:

##### **2.1.10.5.1 Tuberías**

Se describen como elementos utilizados para el transporte de fluidos por excelencia, en este caso Agua Potable, se caracterizan por poseer un estándar en los diámetros comerciales, los materiales de los cuales pueden estar constituidos, como PCV o PEAD. Para ser implantados en el sistema de red, el diámetro debe ser determinado mediante el cálculo hidráulico de la red correspondiente, tomando en consideración el tipo de material, juntas y demás factores.

##### **2.1.10.5.2 Depósitos.**

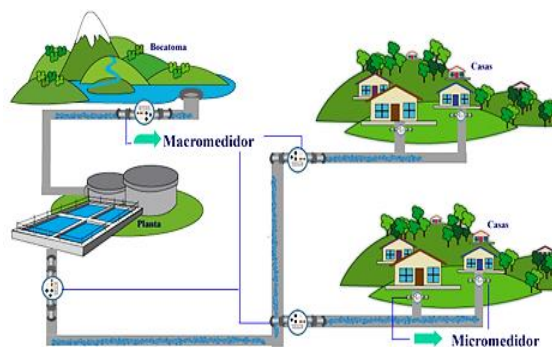
Son elementos de la red de distribución que tienen como función almacenar y regular los caudales las presiones, siendo recomendable que el volumen de los depósitos sea equivalente al consumo de un día (24 horas).

##### **2.1.10.5.3 Otros elementos singulares de la red de distribución de Agua Potable.**

- Válvulas de corte, reguladoras de presión y caudal, sobre velocidad o sobrepresión.
- Ventosas y purgadores.
- Desagües y purgas manuales.
- Hidrantes.
- Dispositivos de riego y baldeo.
- Fuentes públicas.
- Cámaras de descarga.
- Estaciones de toma de muestras de adición de aditivos.
- Entradas de hombre y registros.
- Caudalímetros y contadores.

### 2.1.11 Dispositivos de medición

Utilizados para contabilizar el volumen de agua que pasa mediante la línea de conducción, su funcionalidad es debido a que se puede llevar datos y estadísticas para facturación de los consumos en m<sup>3</sup> que se han medido, así mismo como pueden ser instalados con la única finalidad de gestionar el control de fugas, lo cual permite mejorar la gestión y administración operacional y de mantenimiento del sistema, así mismo como establecer cifras próximas de la demanda futura, entre ella se destacan dos tipos, la micro medición y macro medición.



*Imagen 2.* Macro medición y Micro medición.

*Fuente:* Cátedra Conhydra.

#### 2.1.11.1 Dispositivos de macro medición

Los dispositivos de macro medición son situados en líneas de conducción superiores a 1 pulgada de diámetro, generalmente en la entrada y salida de los reservorios, en urbanizaciones, piletas, para medición y control de grandes caudales, donde las líneas de alimentación y descarga son superiores a 1 pulgada para realizar balances mensuales para facturación o para verificar el estado de las pérdidas en las redes de distribución, considerado una óptima herramienta de control.

#### 2.1.11.2 Dispositivos de micro medición

Los dispositivos de micro medición son situados a la entrada de las acometidas de los predios en las residencias o pequeñas industrias, esta actividad se realiza con la finalidad de medir y controlar el caudal de ingreso para posterior facturación, cuyo diámetro de alimentación y descarga se encuentran entre 0.5 y 1 pulgadas de diámetro.

## 2.1.12 Referencias de modelos análogos internacionales.

### 2.1.12.1 Balance Hídrico.

Propuesto por el International Water Association IWA, es una herramienta que se emplea para el análisis integral sobre la situación de las pérdidas de agua en la gestión operacional y comercial del suministro de agua potable. Mediante el cual se evalúa las diversas tipologías en cuanto a pérdidas de agua, y estableciendo los principios fundamentales para la gestión de pérdidas de agua estratégica orientada al objetivo (Lambert & Hirner, 2000)

**Tabla 2.**

*Balance hídrico según International Water Association (IWA)*

		Agua Facturada Exportada	
	Consumo Autorizado Facturado $Q_{AF}$	Consumo Facturado medidos	Consumos medidos o estimados
		Consumo Facturado no medidos	
<i>Consumo Autorizado <math>Q_A</math></i>		Consumo no Facturado medidos	
	Consumo autorizado no facturado $Q_{AuNF}$	Consumo no Facturado no medidos	
<i>Volumen de ingreso al sistema <math>Q_I</math></i>		Consumo no autorizado	
	Perdidas aparentes $Q_{PA}$	Errores de medición en micro medidores.	
<i>Perdida de agua en la red <math>Q_p</math></i>		Fugas en líneas de transmisión o Líneas Principales	Agua No contabilizada
	Perdidas Reales. $Q_{PR}$	Fugas y desborde en tanques de almacenamiento	
		Perdida en conexiones antes del micro medidor	

**Fuente:** International Water Association (IWA) (Lambert & Hirner, 2000)

## **2.1.12.2 Desglose de Balance hídrico según International Water Association (IWA)**

### **2.1.12.2.1 Volumen de ingreso al sistema**

En referencia a (Lambert & Hirner, 2000) quienes lo describen como “*El ingreso al sistema medido a una parte definida del sistema de suministro de agua*”. En sistemas con exportaciones sustanciales de agua es importante determinar el volumen de agua suministrada volumen de ingreso al sistema menos agua exportada facturada.

### **2.1.12.2.2 Consumo autorizado**

Se define según lo expuesto por (Fallis, y otros, 2011) como “*El volumen de agua medida y; o no medida empleada por los usuarios que se dotan de agua potable*”, comprendido; *el consumo autorizado facturado; el consumo medido facturado, el consumo no medido facturado y el agua exportada, así mismo como el consumo autorizado no facturado consumo medido no facturado y consumo no medido no facturado.*

### **2.1.12.2.3 Agua facturada (correspondiente al consumo autorizado facturado)**

Según lo expuesto por (Fallis, y otros, 2011) quienes mencionan que; El agua facturada es el volumen de agua que se dota y se factura al usuario, empresa, o entidad de manera correspondiente, y por la cual la empresa o institución prestadora del servicio recibe sus haberes correspondientes.

### **2.1.12.2.4 Agua no facturada (ANF)**

Se establece según lo expuesto por (Fallis, y otros, 2011) como “*La diferencia de volumen de ingreso al sistema y el consumo autorizado facturado o como la suma de consumo autorizado no facturado y las pérdidas de agua*”. Al no facturarse este no proporciona una entrada económica para empresa o institución prestadora del servicio, catalogado como pérdida; tanto técnica como económica.

### **2.1.12.2.5 Pérdidas de agua**

Puntualiza (Thornton, Sturm, & Kunkel, 2008) para *American Water Works Association (AWWA)* en la definición sobre pérdidas de agua como; “*El diferencial*

*del volumen que se suministra al ingreso del sistema y el volumen de agua que se emplea para consumo autorizado*". Las pérdidas totales de agua o 'Water losses' se las cataloga como el diferencial entre el agua producida y el consumo facturado o registrado.

La cantidad de agua que se pierde, es un indicador significativo técnico y económico a nivel mundial, y para las instituciones prestadoras del servicio, siendo improbable que no se presente pérdida alguna, debido a que hasta en los sistemas que cuentan con una excelente gestión de infraestructura y mantenimiento no se puede evitar umbral mínimo de pérdidas de agua. (Garcia, 2017)

Destaca (Delgado Galván, 2011), que las pérdidas de agua son debido a los déficits que se localizan en las redes de distribución, tuberías, o demás accesorios y depósitos propios de la red. Según lo expuesto por (Fallis, y otros, 2011), las pérdidas en las redes de distribución de agua potable se deben al diferencial del volumen suministrado al sistema y el volumen total que llega a los usuarios.

### **2.1.13 Clasificación de las pérdidas en las redes de distribución de agua potable.**

Según (Fallis, y otros, 2011) existen varios tipos de pérdidas de agua; las cuales se presentan debido a diversas causas, y varios factores que influyen la cantidad de agua que se pierde en una red de distribución de agua. La clasificación se establece en dos grupos, clasificadas en: *Pérdidas reales o físicas*, y *Pérdidas aparentes o no físicas (comerciales)*.

Formulación 7 para determinar el caudal de pérdida.

*Es expresada como:*

$$Q_{Pérdidas} = Q_{Suministrado} - Q_{Facturado}$$
$$Q_{Pérdidas} = Q_{Pérdidas\ reales(Físicas)} - Q_{Pérdidas\ aparentes(No\ Físicas)} \quad [7]$$

#### **2.1.13.1 Pérdidas Aparentes**

Denominada como pérdidas comerciales o no físicas, las cuales se deben a fugas físicas en la infraestructura que son producidas por varios factores. Las cuales según la categorización expuesta por (Fallis, y otros, 2011) en base a su origen: se pueden agrupar por; *Inexactitudes de medición*, *Manejo de datos y errores de*

*contabilidad, y Consumo no autorizado debido al robo de agua y a las conexiones ilegales.*

Destacando lo expuesto por (Thornton, Sturm, & Kunkel, 2008), quienes mencionan que las pérdidas de aparentes no deben ser subestimadas debido a que no generan ingreso, por el proceso de ser producida, tratada, transportada y entregada al cliente, y no es facturada y son causantes de un gran impacto en la sostenibilidad económica del sistema.

#### **2.1.13.2 Inexactitudes del medidor**

En base a experiencia se cataloga que un porcentaje de agua no se mide o se mide de manera incorrecta; debido a errores presentes en los contadores o quienes los verifican. Afectando a medidores de los clientes, medidores de flujo de la empresa causados por seleccionar medidores inconvenientes, por una instalación no correcta y falta de calibración, o por el deterioro en el desempeño a lo largo del tiempo.

#### **2.1.13.3 Errores en el manejo de los datos**

Pueden ser producidos debido a la pérdida de los datos del consumo de agua; o pueden ser modificados por errores sistemáticos en el procesamiento de datos y/o de facturación. El consumo no medido por necesidades propias y abastecimiento gratuito para los bomberos, riego de áreas verdes, limpieza de calles, entre otras puede subestimarse mientras que se puede sobreestimar la producción no medida.

#### **2.1.13.4 Consumo no autorizado**

La extracción de agua no autorizada representa una fuente considerable de pérdidas en muchos países y está presente de maneras diversas, como en las conexiones ilegales denominadas bypass, en medidores adulterados de los clientes o en los medidores que los clientes evitan, en la extracción ilegal del agua de las tuberías contra incendios.

#### **2.1.13.5 Pérdidas reales o físicas.**

Se define a las pérdidas reales como el volumen de agua que se pierde en un tiempo determinado a causa de cualquier tipo de fugas en la red, los cuales



corresponden a fallos en el sistema de suministro de agua potable, se establece que en las tuberías usualmente se localizan debido a orificios, rajaduras prolongados y circulares, uniones que fugan entre otros, incluido reboses en tanques elevados de almacenamiento.

En países desarrollados, las pérdidas reales simbolizan comúnmente el componente más significativo de pérdidas de agua. Cita (Fallis, y otros, 2011) que las pérdidas reales deben ser valorizadas referente al costo que demanda producir agua potable o al precio de compra esta de adquiere mediante importación.

Formulación 8 para determinar el caudal de pérdida real o física.

*Es expresada como:*

$$q = c h^{\alpha} \quad [8]$$

Dónde:

q= Caudal de fuga

c= Coeficiente de fuga

h= Presión

$\alpha$ = Exponente de fuga

Según expresa (Farley & Trow, Losses in Water Distribution Networks, 2003) el exponente de fuga  $\alpha$ , es el factor que más dominio establece en el caudal desde una fuga debido a su enfoque como exponente en la Formulación (2), las cifras estadísticas obtenidas en el estudios de fugas por presión establecen el valor de  $\alpha$  está en un rango entre 0,5 y 2,79, teniendo una media aritmética de 1.0 (Thornton & Lambert A. O., 2005)

Citando a (Fallis, y otros, 2011) los cuales establecen que *“La pérdida de agua en la red de distribución de agua potable es perceptivo a la presión de lo que se instituye en términos generales”* Donde se establecen una serie de factores que influyen en gran medida en la jerarquía de factores de fuga: *“La capacidad que tiene la fuga de expandirse dependiente del aumento de la presión, material de la tubería, el tipo de suelo adyacente y las condiciones de flujo”*

## **2.1.14 Ubicación de pérdidas dentro del sistema de distribución de agua potable.**

### **2.1.14.1 Fuga desde las troncales de transmisión y distribución**

Habitualmente son localizadas en las tuberías que conforman la red de distribución debido a estallidos por un excedente de presión, mala calidad de las tuberías, corrosión, o al desgaste propio de los años, a desconexión de accesorios; como uniones, manguitos, tee entre otros, a causa de fallas operativas o de mantenimiento de los diversos tipos de válvulas.

### **2.1.14.2 Fuga desde conexiones de servicio**

Pueden encontrarse presentes a partir de las conexiones hasta el punto de medición del usuario, consideradas como el sitio endeble de la red de suministro, debido a que las uniones y accesorios presentan altos niveles de déficit. Debido a que el diferencial de pérdidas es relativamente bajo, se dificulta la localización y control, haciendo así el periodo de pérdida más extenso.

### **2.1.14.3 Fuga y reboses de tanques de almacenamiento**

Catalogadas dentro de las pérdidas físicas, las cuales se deben por un déficit en los sistemas automáticos de control de llenado de los tanques y reservorios de agua potable, por fisuras, infiltración o desprogramación en el controlador de llenado, suelen ser de fácil detección.

## **2.1.15 Tamaño y tiempo de la pérdida**

### **2.1.15.1 Pérdidas visibles**

Resultan a partir de estallidos imprevistos en las tuberías de la red de distribución, o debido a rompimientos de uniones en las líneas de abastecimiento, obedeciendo de la presión con la que se maneje el sector hidráulico, tamaño de la fuga y el tipo de suelo, el cual puede ser terreno natural, asfalto, hormigón armado entre otros, la pérdida de agua emergerá a superficie y será de fácil localización.

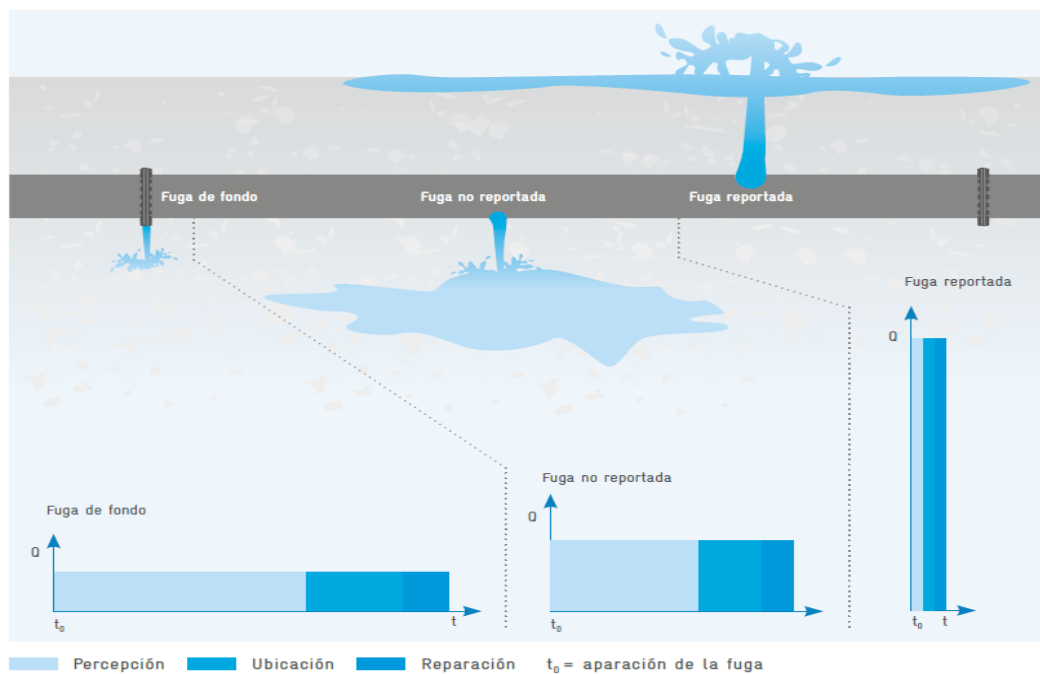
### **2.1.15.2 Pérdidas ocultas**

Ordinariamente en este tipo de pérdidas suelen tener caudales mayores a 250 l/h a 50 m de presión, según lo citado por (Fallis, y otros, 2011) quienes mencionan que debido a situaciones adversas no suelen salir a la superficie, donde la identificación

se realiza debido al comportamiento en las tendencias de caudal, es decir el consumo de agua que existe en un determinado sector hidráulico.

### 2.1.1.5.3 Pérdidas de fondo

Catalogadas como de cuantías ínfimas debido a sus dimensiones, las cuales se deben principalmente a filtración o goteo de uniones, válvulas o accesorios que no han sido colocados herméticamente, estas suelen tener caudales menores a 250 l/h a 50 m de presión. Son de difícil detección, motivo por cual no se suelen localizar ni reparar, donde la pérdida por fuga puede ser prolongada y generar un fuerte indicador perdidas reales. (Fallis, y otros, 2011)



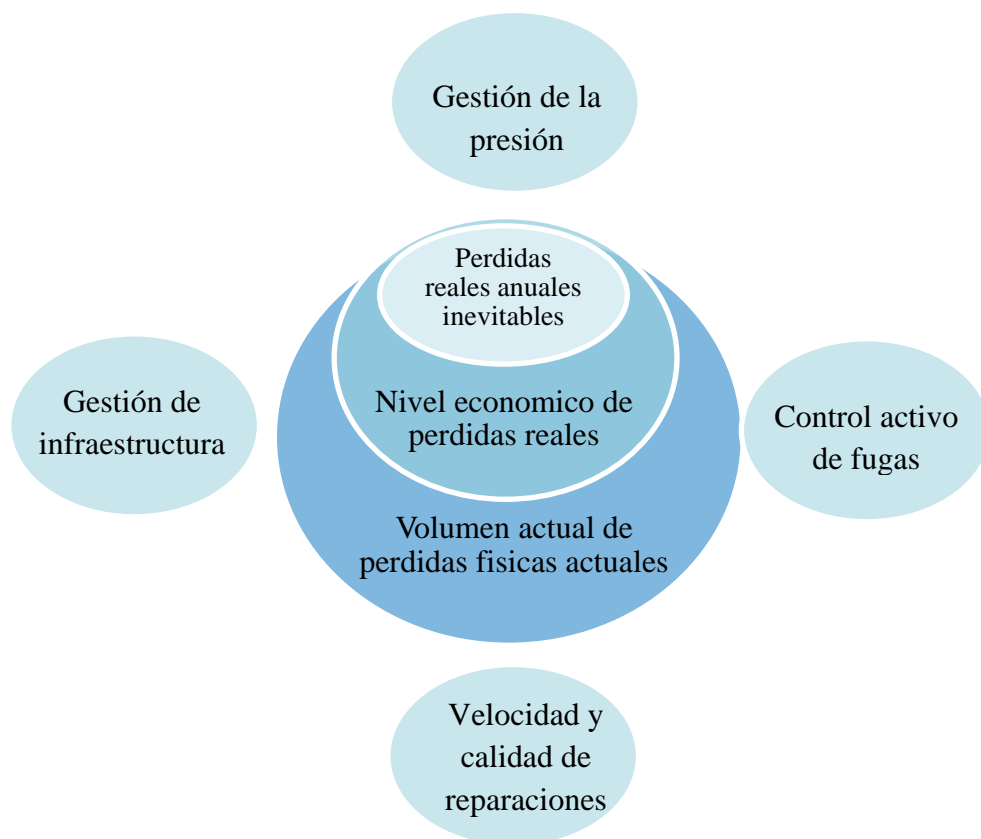
**Imagen 3.** Relación entre la tasa de fuga ( $Q$ ) y Tiempo de Fuga ( $t$ )

**Fuente:** (Thornton, Sturm, & Kunkel, Water Loss Control., 2008)

### 2.1.16 Métodos de intervención ante pérdidas reales de agua.

Mediante el artículo *Water Loss Task Force* presentado por International Water Association (IWA), donde el especialista en pérdidas de agua (Lambert A. , 2003) propone una serie de técnicas de intervención para combatir las pérdidas de agua reales, donde se propone el uso de uno varios métodos, o determinadas combinaciones de las mismas para reducir los indicadores en cuanto a pérdidas de agua.

Los métodos propuestos según (Lambert A. , 2003); “*Control activo de fugas, velocidad y calidad de las reparaciones, así como gestión de la infraestructura*”. Constituyen un instrumento eficiente y económico para la reducción de las pérdidas de agua para establecer una herramienta eficaz y financiera viable en la disminución de las pérdidas de agua, en base a los factores propios dependiendo de los factores locales, de infraestructura, del entorno y de la sociedad para ser aplicados.



**Imagen 4.** Metodología de intervención para combatir pérdidas reales de agua

**Fuente:** Pilcher, R., Leak detection practices and techniques: a practical approach.

#### **2.1.16.1 Gestión de la presión.**

Se define como la práctica de manejar presiones del sistema a niveles óptimos de servicio a la vez que se asegura un suministro suficiente y eficiente para usos legítimos. Según lo expuesto por (Thornton & Lambert A. O., 2005) citando que; la adecuada gestión de la presión es un instrumento óptimo para minimizar las pérdidas reales de agua reduciendo las presiones excesivas, y evitando la fluctuación de presiones transitorias, los cuales son factores primordiales de roturas y estallidos de tuberías en las redes de distribución del agua.

Según la investigación realizada por (Morrison, Tooms, & Rogers, 2007) para obtener la eficiencia en la red de suministro de agua potable, se puede implementar una formulación para determinar el caudal de pérdida, en base a la gestión de la presión y demás coeficientes.

Formulación 9 para determinar el caudal de pérdida en función a la gestión de la presión.

*Es expresada como:*

$$L_2 = L_1 \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^\alpha \quad [9]$$

Dónde:

L0= Caudal de fuga inicial a presión P0

L1= Coeficiente de fuga a presión ajustada P1

P0= Presión promedio inicial en la zona

P1= Presión promedio ajustada en la zona

$\alpha$ = Exponente de fuga.

#### **2.1.16.1.1 Presión alta**

Un creciente en la presión de la red de distribución supone un mayor caudal de fuga, en caso de existir déficit en infraestructura, así mismo hace propensa a la red de subir nuevos estallidos de tuberías.

#### **2.1.16.1.2 Presión baja**

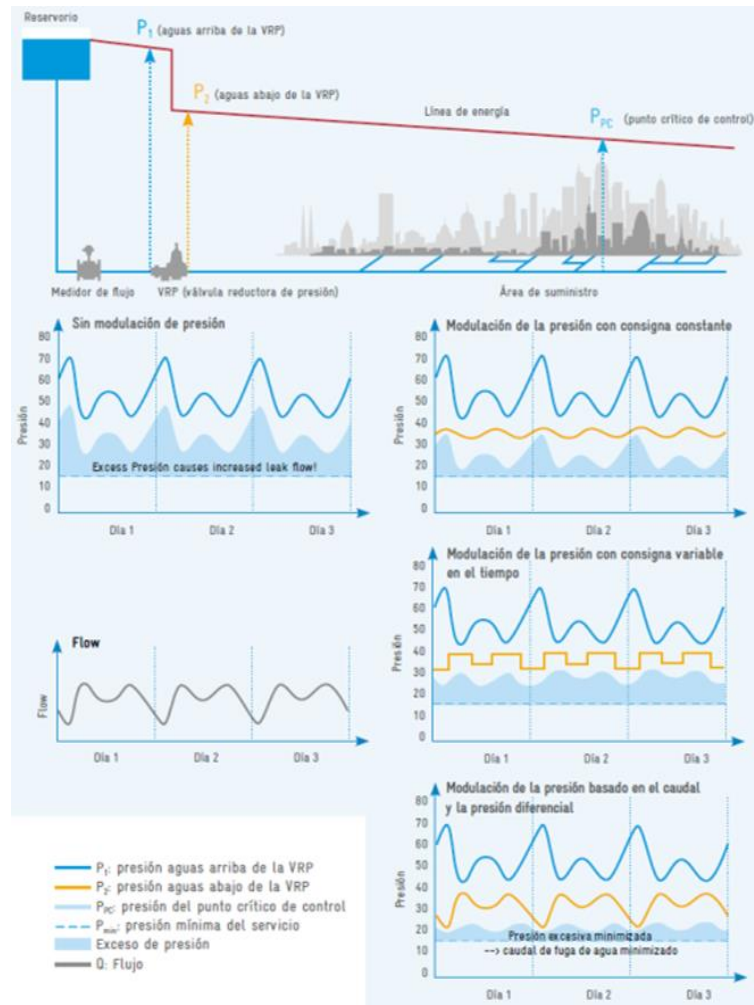
Una disminución en la presión genera complicaciones en la detección de fugas, debido a que las fugas tienen a ser imperceptibles a simple vista. Además los menores niveles de ruido provenientes de la fuga impiden que los métodos acústicos de ubicación de fugas funcionen y pueden causar tiempos de fuga más largos.

#### **2.1.16.1.3 Variaciones de presión**

Las marcadas variaciones de presión dentro del sistema pueden llevar a la fatiga de materiales y así a la fuga, principalmente en tuberías de PVC.

### 2.1.16.1.4 Modulación de la presión basada en el flujo:

Se pueden establecer diversas presiones de salida para distintas tasas de flujo con la condicional de mantener la presión mínima demandada en la zona durante máximo consumo.



**Imagen 5.** Efectos de distintos conceptos de modulación en presión excesiva en el punto crítico.

**Fuente:** Introducción a la reducción de pérdidas de agua, 2011 Página 41

### 2.1.17 Evaluación y cuantificación de pérdidas reales de agua

Tomando como referencia a (Fallis, y otros, 2011) quienes destacan que; “*Es indispensable establecer dónde y cuánta agua se pierde, mediante modelos hidráulicos o el registro de la red antes de que se pueda comenzar este proceso*”. En general pérdidas de agua reales pueden estar presentes en: Tanques de almacenamiento, Troncales de transmisión y La red de distribución.

Se establece que en gran medida las pérdidas de agua suelen estar presentes en las redes de distribución, mediante estrategias técnicas para la disminución de pérdidas de agua potable en los indicadores de desempeño que cubren la demanda del abastecimiento de agua, los cuales pueden subdividirse en: *Indicadores de desempeño financieros e Indicadores de desempeño técnicos*.

#### **2.1.18 Indicadores de desempeño financieros**

Se debe identificar cual es el volumen de ingreso al sistema y que se han determinado las partes respectivas de agua facturada y agua que no facturada, se debe calcular el indicador de desempeño (ID) financiero para cada componente de los tres constituyentes mayores del agua no facturada:

Formulación 10 para determinar las pérdidas anuales.

*Es expresada como:*

$$PA = (Q_{AuNF} + Q_{PA}) \times CPV + Q_{PR} \times CP \quad [10]$$

Dónde:

PA = Pérdidas anuales (USD)

$Q_{AuNF}$  = Volumen de consumo autorizado no facturado ( $m^3$ )

$Q_{PA}$  = Pérdidas aparentes ( $m^3$ )

$Q_{PR}$  = Pérdidas reales ( $m^3$ )

CPV = Precio de ventas (USD / $m^3$ )

CP = Costo de producción (USD / $m^3$ )

#### **2.1.19 Aspectos financieros**

Citando a (Fallis, y otros, 2011) los costos fijos pueden representar alrededor de 80% de los costos de suministro del agua, mientras que los costos variables a menudo representan alrededor del 20%. Esto implica efectos en la motivación de distintos actores ya que los ahorros de costos pueden considerarse a menudo como marginales. Sin embargo, la capacidad que tiene la RPA de mejorar el desempeño de las empresas y reducir los costos operativos debe comprenderse de manera inmediata.

Formulación 11 para determinar los costos de producción.

*Es expresada como:*

$$Q_P = \frac{(CAPEX + OPEX)}{Q_1} \quad [11]$$

Dónde:

CP = Costo de producción (USD/m<sup>3</sup>)

Q1 = Volumen que ingresa al sistema (m<sup>3</sup>/a)

CAPEX = Gastos de capital por año (USD/a)

OPEX = Gastos operativos por año (USD/a)

Según (Fallis, y otros, 2011) quienes destacan que vez que el costo promedio de producir un m<sup>3</sup> de agua potable se ha determinado, se puede determinar en general los ahorros potenciales gracias a la reducción de las pérdidas reales de agua:

Formulación 12 para determinar el potencial de ahorro anual.

*Es expresada como:*

$$PA_A = (QAuNF + QPA) \times CPV + (QPR - PRAIY) \times (CP - CCAF) \quad [12]$$

*Potencial de reducción  
de pérdidas aparentes*

*Potencial de reducción  
de pérdidas reales*

Dónde:

PAA = Potencial de ahorro anual (USD)

QauNF = Volumen de consumo autorizado y no facturado (m<sup>3</sup>/a)

QPA = Pérdidas aparentes (m<sup>3</sup>/a)

CPV = Precio de venta (USD/m<sup>3</sup>)

QPR = Pérdidas reales (m<sup>3</sup>/a)

PRAIy = Pérdidas reales anuales inevitables (= UARL x 365 / 1.000) (m<sup>3</sup>/a)

CP = Costo de producción (USD/m<sup>3</sup>)

CCAF = Costos para medidas de control activo de fugas (USD/m<sup>3</sup>)



### 2.1.20 Indicadores de desempeño técnicos

Según (Fallis, y otros, 2011) las cifras obtenidas a nivel mundial, establecen que la mayor cantidad de pérdidas sucede en conexiones de servicio, siendo superiores que, en troncales, excepto en áreas con menor cantidad de conexión, pudiendo así calcular las pérdidas de agua dependiendo el número de conexiones de servicio.

Formulación 13 para determinar pérdidas de agua específicas en proporción a la longitud de la red.

*Es expresada como:*

$$Q_{PE} = \frac{Q_{PR}}{L_R \times 365} \quad [13]$$

Formulación 14 para determinar pérdidas en referencia al número de conexiones de servicio.

*Es expresada como:*

$$Q_{PCD} = \frac{Q_{PR}}{L_R \times 365} \quad [14]$$

Dónde:

$Q_{PE}$  = Pérdidas de agua específicas ( $m^3/km/d$ )

$Q_{PR}$  = Pérdidas de agua reales anuales ( $m^3/a$ )

$L_R$  = Longitud de la red (sin conexiones del servicio) (km)

$Q_{PCD}$  = Pérdidas de agua por conexión y día ( $m^3/conexión/d$ )

$N_C$  = Número de conexiones de servicio (-)

### 2.1.21 Costos venta de agua potable.

Expuesto en el portal de transparencia de (Interagua C. Ltda, s.f.), los rangos de consumo en  $m^3$  y costo en venta de agua potable para la ciudad de Guayaquil, son en base la resolución según Reglamento Tarifario vigente para el primer quinquenio de la concesión, formalidad suscripto con (ECAPAG, 2001). Según rango de consumo en  $m^3$ , y valor por  $m^3$  en US\$.

**Tabla 3.***Costo venta Agua, International Water Services - Interagua C. Ltda.*

Agua potable		Cargo fijo		Cem
Rango de consumo m3	Valor por m3 US\$	Diámetro de la guía	Valor US\$	Valor US\$
0- 15	\$ 0,323	1/2 "	\$ 1,27	\$ 0,27
16- 30	\$ 0,479	3/4"	\$ 8,44	\$ 0,62
31 – 60	\$ 0,678	1 "	\$ 21,71	\$ 1,65
61 – 100	\$ 0,882	1 1/2"	\$ 42,95	\$ 2,61
101 – 300	\$ 0,987	2 "	\$ 24,95	\$ 8,92
301 – 2500	\$ 1,547	3 "	\$ 71,59	\$ 16,47
2501 – 5000	\$ 1,993	4 "	\$ 214,74	\$ 54,20
5001 o más	\$ 3,294	6 " o más	\$ 286,33	\$ 219,54

*Fuente:* Portal Interagua C. Ltda. <https://www.interagua.com.ec/preguntas-frecuentes>

Según el reglamento Tarifario vigente para el primer quinquenio de la concesión. El Agua Potable se calcula por rangos de consumo, de tal manera que el cliente pagará por cada uno de los primeros 0 a 15 m<sup>3</sup> de agua potable (Rango de 1-15), el valor mencionado en la tabla, por cada uno de los siguientes 15 m<sup>3</sup> (Rango de 16-30), el valor mencionado en la tabla, el valor total a facturarse por Agua Potable será la sumatoria de los valores generados en cada rango de consumo. *Si se consume 30 m<sup>3</sup>, los primeros 15 m<sup>3</sup> están ubicados en el primer rango y los siguientes 15 m<sup>3</sup> corresponden al segundo rango.*

**Tabla 4.***Desglose del valor de agua potable según Reglamento Tarifario ECAPAG*

m3	Tarifa Aplicable	Valor en US\$ por Agua Potable
15	x 0.323	= \$ 4,85
<u>15</u>	x 0.479	<u>= \$ 7,19</u>
<b>30</b>		<b>\$ 12,04</b>

*Fuente:* Portal Interagua C. Ltda. <https://www.interagua.com.ec/preguntas-frecuentes>

El valor del Alcantarillado corresponde al 80% del valor facturado por concepto de Agua Potable, mientras que el valor de Cargo Fijo es un valor mensual que cubre los costos de comercialización y que se aplican en función del diámetro de la guía de abastecimiento del inmueble del cliente. La sumatoria de estos 3 rubros constituye el Consumo del mes. *“En caso de que el cliente sea beneficiario de la Tarifa Social y cumpla con los requisitos exigidos para el efecto, sus consumos de hasta 30 m<sup>3</sup> serán facturados con una tarifa de US\$ 0,10 por cada metro cúbico más un Cargo Fijo de US\$ 0,60”*

## 2.2 Marco Conceptual.

### 2.2.1 Tipos de Fluidos

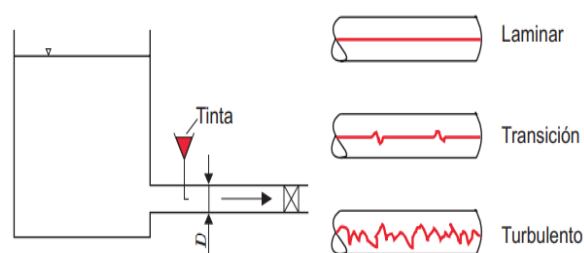
Reitera (Giles, Evett, & Liu, 2003.) en su compendio Mecánica de fluidos e hidráulica la clasificación del flujo en función a las variables y dice que “*El flujo de los fluidos pueden ser; uniforme o no uniforme; laminar o turbulento...*”; clasificación determinada mediante metodología experimental con anterioridad por Osborne Reynolds, 1887

A diferencia de un fluido ideal, el flujo de un fluido real varía respecto a este por propiedades intrínsecas que poseen los fluidos reales, como la viscosidad, y que el transcurso de desplazamiento actúa fuerzas cortantes entre las partículas en movimiento, fricción de las paredes del perímetro y entre las diversas capas de un fluido. (Giles, Evett, & Liu, 2003.)

### 2.2.2 Número de Reynolds

Puntualiza (Jaramillo Díaz & Cárdenas Bañol, 2015) en referencia al número de Reynolds “*como un número adimensional, el cual se emplea en la mecánica de fluidos y caracteriza el movimiento de un fluido*”. La relevancia en cuanto a este tipo de concepto permanece en que se puede delimitar el tipo de régimen en el que un fluido, en este caso un líquido fluye.

Mediante invención experimental Reynolds O, vertió una delgada línea de tinta en un recipiente y reguló la sección de la válvula a la salida para controlar el caudal volumétrico, es decir la velocidad del flujo a la salida, realizando el análisis de los resultados ante el comportamiento de la misma y posterior la determinación de los regímenes a diferentes velocidades.



**Imagen 6.** Experiencia de Reynolds; Tipos de flujo

**Fuente:** (Gherardelli) Introducción a la Mecánica de Fluidos Capítulo 9

En 1840, G.H.L. Hagen instituyó los principios y diferenciales entre los tipos de flujos, que se diversificaban en su comportamiento en cuanto a pérdidas de energía, es Osborne Reynolds, 1887 Inglaterra de la Universidad de Cambridge, quien propone una correcta representación y formulación de la misma, el cual admite determinar y poder clasificar la naturaleza del flujo.

Formulación 15 para determinar del Número de Reynolds.

*Es expresada como:*

$$Re = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} = = \frac{\rho VD}{\mu} \quad [15]$$

Dónde:

Re = Numero de Reynolds

$\rho$  = Densidad del fluido

V = Velocidad característica del flujo

D = Diámetro interno de la tubería a través de la cual circula el fluido

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

Formulación 16 para determinar el Número de Reynolds en flujo a tubería llena.

*Es expresada como:*

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} \quad o \quad \frac{Vd}{\nu} = \frac{V(2 r_0)}{\nu} \quad [16]$$

Dónde:

V = Velocidad media en m/s

d = Diámetro de la tubería en m,  $r_0$ (Radio de la tubería en m)

$\nu$  = Viscosidad cinética del fluido en  $m^2/s$

$\rho$  = Densidad del fluido en UTM/ $m^3$  o  $kps^2/m^3$  o  $kg/m^3$  o  $Ns^2/m^4$

$\mu$  = Viscosidad absoluta en  $kg s/m^2$  o  $Ns^2/m^4$

### **2.2.2.1 Flujo ideal**

En referencia a (Pedroza González, 2018) quien lo define como imaginario, es decir el flujo ideal es un paradigma que no sucede en contexto, el cual es utilizado en la ecuación de continuidad, donde se plantea el supuesto de que el agua fluye en un cauce infinito, sin vértices, ni adjuntos, y que no está presente rugosidad alguna con igualdad de sección en el perímetro; donde el agua no interactúa con el cuerpo que lo contiene.

Comprendiéndolo así se supone que no existe diferenciación entre las partículas de agua, en este planteamiento no existe el concepto de flujos que posean viscosidad, o que esté presente el régimen turbulento, lo cual es inexistente. La relevancia en cuanto este concepto prevalece debido al conocimiento para aplicación en pérdida o gasto y de continuidad.

### **2.2.2.2 Flujo permanente**

También denominado flujo estacionario, está presente cuando en un sitio determinado, la velocidad de las partículas que lo preceden a situarse en ese espacio en el más próximo intervalo es igual, es decir la velocidad es invariable respecto del tiempo, pero al estar en continuo movimiento estas pueden variar dependiendo el espacio, conservando las propiedades físicas en cuanto a densidad y presión. (Giles, Evett, & Liu, 2003.)

Destacando las palabras del compendio expuesto por (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.) Quienes expresan que *“En cuanto a tipologías de flujo permanente, en referencia a flujos reales, se debe considerar los conceptos de flujo laminar y flujo turbulento, los cuales son regidos por leyes distintas, con diferenciales en cuanto a comportamiento de las mismas”* describiendo para su comprensión y análisis su formulación y contenido.

#### **2.2.2.2.1 Flujo Laminar**

En este tipo de flujo las partículas interactúan y se desplazan en direcciones paralelas constituyendo capas o láminas, el fluido o líquido tiende a ser uniforme y regular. La viscosidad domina el movimiento del fluido, el cual está presidido por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de deformación angular, es decir,

la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido por el gradiente de las velocidades.

Formulación 17 para determinar el Flujo laminar.

*Es expresada como:*

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad [17]$$

Dónde:

$\tau$  = Es el cortante (=F / A)

$\mu$  = Es la viscosidad dinámica (Pa s)

Se considera que un flujo interno en tuberías circulares es laminar si los valores estarán establecidos en  $Re \leq 2100$ , estos valores estarán presentes si el flujo se conserva estacionario y se comporta como si estuviera formado por láminas delgadas, que interactúan sólo en función de los esfuerzos tangenciales existentes.

#### **2.2.2.2.2 Flujo Turbulento**

En este tipo de flujo las partículas interactúan y se desplazan de forma caótica; siendo imposible conocer el recorrido propio de cada partícula.

Para efectos de movimiento se deben considerar parámetros como viscosidad, ( $\mu$ ) turbulencia ( $\eta$ ). Donde;

Formulación 18 para determinar el Flujo turbulento.

*Es expresada como:*

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{dv}{dy} \quad [18]$$

Dónde:

$\tau$  = Es el cortante (=F / A)

$\mu$  = Es la viscosidad dinámica (Pa s)

$\eta$  = Es la Turbulencia y depende de  $\rho$  y del movimiento.

$$0 \leq \eta \leq 10.000\mu$$

Se considera que un flujo interno en tuberías circulares es transicional si los valores estarán establecidos en  $Re \geq 400$ , después de un pequeño tramo inicial con oscilaciones variables, es decir caracterizado por un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

### 2.2.2.3 Flujo permanente uniforme

Podemos considerar a un flujo permanente, el cual está presente en tuberías, debido a que sus características físicas en cuanto a presión y velocidad se mantienen invariables en el espacio y en el tiempo, para flujo uniforme son predominantes tres tipos de fuerzas que actúan o influyen sobre la misma, en el primer grupo encontramos a la fuerza de presión y fuerza gravitacional, las cuales buscan acelerar el flujo y mientras que la fuerza de fricción asiste en frenarlo.

### 2.2.2.4 Caudal

Según define (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtgui Escartín, 2018) “La velocidad de un cuerpo en movimiento se calcula expeditamente respecto el espacio que este ha recorrido, en relación al tiempo” Cuando fluido sea este gas o líquido se desplaza, no se encuentra un punto de referencia para medir el espacio, motivo por el cual se emplea el termino de caudal, expresado de otra manera, el volumen que atraviesa una superficie transversal de conducción en la unidad de tiempo:

Formulación 19 para determinar caudal.

*Es expresada como:*

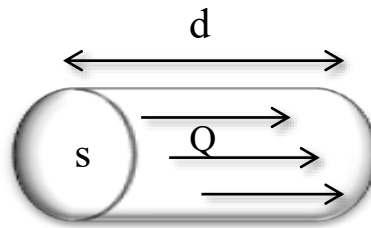
$$Q = \frac{V}{t}; \quad Q = \frac{V \text{ litros}(L)}{t \text{ Segundos}(s)} \quad [19]$$

Dónde:

Q= Caudal.

V= Velocidad.

T= Tiempo.



**Imagen 7.** Caudal que circula por el interior de una tubería.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Como referencia a (Pedroza González, 2018) quien se describe a el gasto, o caudal, como la cantidad de agua que pasa por una determinada sección de un conducto en un cierto tiempo, propone que para deducir consumo en un conducto se debe de multiplicar el área de la sección transversal del conducto, por la velocidad con que escurre el agua en la misma sección.

Formulación 20 para determinar Caudal en relación a (v).

*Es expresada como:*

$$V = S \cdot d \quad [20]$$

Formulación 21 para cálculo del Caudal desarrollada en conjunto con la fórmula 14.

*Es expresada como:*

$$Q = \frac{V}{t}; \quad Q = \frac{S \cdot d}{t}; \quad Q = S \frac{d}{t} \quad [21]$$

En la ecuación 15 se tiene datos de la distancia que recorre el agua en un determinado tiempo; equivalente a la velocidad que fluye el agua; pudiendo así despejar y ser;

Formulación 22 para cálculo del Caudal con datos de (S) y (v).

*Es expresada como:*

$$Q = S \frac{d}{t}; \quad Q = S \cdot v \quad [22]$$

Dónde:



S= Sección del tubo

$v$  = Velocidad de circulación del agua

Q= Caudal.

*Obteniendo que el caudal que circula por el interior de una tubería dependerá del ancho de la tubería o sección y de su velocidad, cuanto más sección más caudal; a mayor velocidad mayor caudal.*

#### **2.2.2.5 Relación de la presión y el consumo de pérdidas de agua potable.**

En referencia a lo expuesto por ( Garzón Contreras & Thornton, 2006) la gestión de presiones en una red de abasteciendo para agua potable se verá afectada en mayor o menor escala debido a las descargas derivadas del sistema de suministro condicionada a determinada presión de servicio. En cuanto a la evaluación de opciones particulares de control de presiones, se debe prever el efecto sobre la demanda y consumo.

La teoría FAVAD es primordial de aplicación debido a que la ecuación exponencial puede ser aplicada para caudales de fuga, así mismo como para los elementos de consumo final. Estableciéndose dos escenarios; donde el primero es un terminal de abastecimiento suministra un volumen fijo independiente de la presión, y el segundo en el que la descarga varía con respecto a la presión.

#### **2.2.2.6 Pérdida de carga**

Se define a la pérdida de carga en una tubería como al desgaste de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de accesorios en la red, tales como válvulas.

Citando a (Rocha Felices, Hidráulica de tuberías y canales, 2007) quien describe a la pérdida de carga o energía como proceso que tiene incidencia en los conductos o causas debido a la fricción, la cual se produce por la viscosidad del fluido,

originando una subcapa laminar en un contorno liso, lo cual se determina como un gasto o consumo, en otras palabras, una disipación de energía.

Formulación 23 para determinar la pérdida de carga estándar.

*Es expresada como:*

$$h_{f_i} = B_i \cdot L_i \cdot (Q_i)^n \quad [23]$$

Dónde:

$h_{f_i}$  = Pérdida de carga o de energía en una tubería

$B_i$  = Coeficiente en función del diámetro de tubería y de un factor de pérdida adimensional, se emplea el Número de Reynolds en ciertos casos

$L_i$  = longitud de la tubería (m)

$Q_i$  = Caudal que circula por la tubería

$n$  = Exponente que afecta al caudal.

Formulación 24 para determinar la pérdida de carga localizada.

*Es expresada como:*

$$h_i = K \frac{v^2}{2g} \quad [24]$$

Dónde:

$h_i$  = Pérdida de carga localizada;

$K$  = Coeficiente adimensional dependiente del tipo de singularidad y velocidad media al interior de la tubería.

$g$  = Gravedad

Formulación 25 para determinar la pérdida de carga en conducciones circulares.

*Es expresada como:*

$$h_s = m' k Q^2 \quad [25]$$

$$\text{Siendo } m' = \frac{1}{2g} \left( \frac{4}{\pi D^2} \right)^2$$

**Tabla 5.**

*Coefficiente de pérdida de carga localizada en accesorios en la red de distribución de agua potable.*

<b>Tipo de singularidad</b>	<b>K</b>
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Curva de 90°	1,0
Curva de 45°	0,4
Válvula de pie	2,5
Emboque (entrada en una tubería)	0,5
Salida de una tubería	1,0
Ensanchamiento brusco	$(1-(D_1/D_2)^2)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D_1/D_2)^2)^2$

*Fuente:* Hidráulica de tuberías, Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos. (2016)

**Tabla 6.**

*Coefficiente  $m'$  para distintos diámetros comerciales de la red de distribución de agua potable.*

<b>D (metros)</b>	<b><math>m'</math></b>	<b>D (metros)</b>	<b><math>m'</math></b>
0.05	13222	0.25	21155
0.06	6376.4	0.30	10202
0.07	3441.8	0.35	5506.7
0.08	2017.5	0.40	3228.1
0.09	1259.5	0.45	2015.3
0.10	826.38	0.50	1322.2
0.15	163.24	0.60	637.64
0.20	51.649	0.70	344.18

*Fuente:* Pérdidas de carga localizada o accidental, Edgar LP, 2012

### 2.2.2.7 Ley de conservación de la energía

También denominado como el principio de Bernoulli, en referencia a (GUNT Gerätebau GmbH, 2015) quien puntualiza la relación entre la velocidad de flujo de un fluido y su presión, por lo tanto en el caso de existir un aumento de velocidad en un flujo de fluidos induce a un desplome de presión inversamente, donde la presión total del fluido se mantiene invariable.

Describe el comportamiento de un líquido moviéndose a lo largo de una línea de corriente, expuesto por Bernoulli Daniel (1738), en su obra Hidrodinámica donde expresa: *“Que, en un fluido ideal sin viscosidad ni rozamiento en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido”*

Formulación 26 de conservación de la energía del flujo.

*Es expresada como:*

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante} \quad [26]$$

Donde:

V = velocidad del fluido en la sección considerada.

$\rho$  = densidad del fluido.

P = presión a lo largo de la línea de corriente.

g = aceleración gravitatoria.

z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

### 2.2.2.8 Ecuación de Darcy & Weisbach

Propuesta por Darcy Henry & Weisbach Julius 1845, a partir de la ecuación de Prony, es la base fundamental para determinar pérdidas de carga hidráulica debido a la fricción dentro una tubería, la cual establece la relación de la pérdida de presión causada por la fricción a través de un ducto o conducto a presión, en base a la velocidad media del flujo.

Tomando como referencia a (Sotelo Avila, 1997) quien expresa que “*para un flujo permanente, en una tubería que mantenga el diámetro de igual sección, el perfil de cargas piezométricas debe ser paralela a la línea de energía e inclinada en la trayectoria del movimiento.*”

Destaca (Rocha Felices, Hidráulica de tuberías y canales, 2007) referente a la resistencia de superficie en el movimiento uniforme de un fluido que, las fuerzas que actúan sobre un fluido, son el diferencial de presiones, la fricción y el peso específico, mismas que se deben encontrarse en equilibrio, la sumatoria de estas fuerzas es correspondida a la contraste de presiones y el peso es igual a la resistencia que presenta el perímetro.

Esta fórmula permite la evaluación apropiada del efecto de cada uno de los factores que inciden en la pérdida de energía en una tubería. Es una de las pocas expresiones que agrupan estos factores. La ventaja de esta fórmula es que puede aplicarse a todos los tipos de flujo hidráulico tanto laminar, transicional y turbulento, debiendo el coeficiente de fricción tomar los valores adecuados, según corresponda.

Formulación 27 principio de Darcy & Weisbach.

*Es expresada como:*

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad [27]$$

Dónde:

$h_f$  = pérdida de carga

$f$  = factor de fricción de Darcy

$L$  = longitud de la tubería (m)

$D$  = diámetro de la tubería (m)

$v$  = velocidad media de flujo (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>).

Formulación 28 expuesta por Darcy & Weisbach en función del caudal.

*Es expresada como:*

$$h_f = f \cdot \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 D^5} \quad [28]$$

Formulación 29 expuesta por Darcy & Weisbach manera estándar con respecto de pérdida de carga.

*Es expresada como:*

$$h_f = \left( f \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 D^5} \right) \cdot L \cdot Q^2 \quad [29]$$

Formulación 30 expuesta por Darcy & Weisbach estándar para el S.I de unidades en base a la simplificación del valor estándar de gravedad (g) con respecto de pérdida de carga.

*Es expresada como:*

$$B = \left( f \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 D^5} \right) \cdot L \cdot Q^2 \quad [30]$$

Formulación 31 para pérdida de carga por fricción para flujo laminar.

*Es expresada como:*

$$f = \frac{64}{Re} \quad H_f = f \cdot \frac{32 \mu L v}{\gamma D^2} \text{ (m)} \quad [31]$$

### **2.2.2.9 Formulaciones aplicables a tuberías hidráulicamente lisas**

Blasius, Nikuradse y Konakov mediante metodología experimental determinaron el coeficiente f en función de la fórmula de Darcy, el comportamiento de las tuberías lisas formulando una serie de propuestas matemáticas aplicables en redes de distribución de agua potable, entre las más relevantes se destacan:

Formulación 32 expuesta por Blasius para pérdida de carga por fricción en tuberías lisas en función de f.

*Es expresada como:*

$$f = \frac{0.316}{Re^{\frac{1}{4}}} \quad [32]$$

Formulación 33 expuesta por Nikuradse para pérdida de carga por fricción para flujo turbulento en función de f.

Es expresada como:

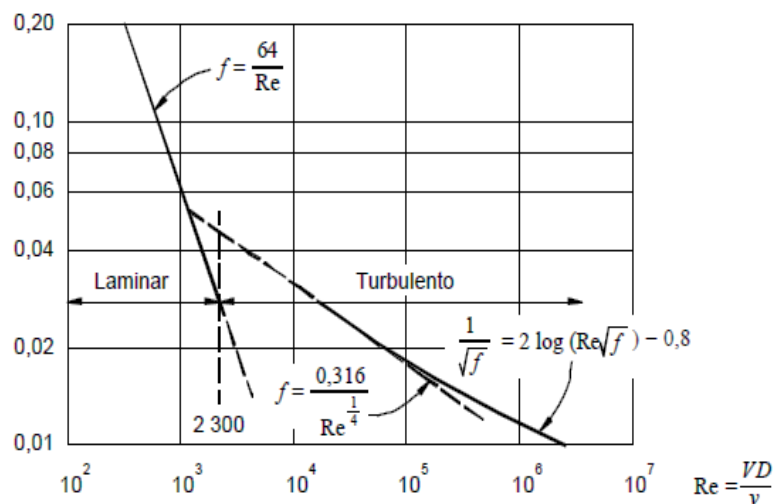
$$f = 0.0032 + \frac{0.0221}{Re^{0.237}} \quad [33]$$

Formulación 34 para pérdida de carga por fricción para flujo turbulento expuesta por Konakov en función de f.

Es expresada como:

$$f = \frac{1}{(1.81 \log Re - 1.5)^2} \quad [34]$$

Relación entre el coeficiente f de Darcy & Weisbach, numero de Reynolds para tuberías lisas en flujo laminar y turbulento, incluyendo a Blasius y Nikuradse y la transición entre ambos.



**Imagen 8.** Coeficiente f de Darcy & Weisbach

**Fuente:** Rocha Felices, Hidráulica de tuberías y canales, 2007

### 2.2.2.10 Formulación de Colebrook & White - Transición entre contornos lisos y rugosos.

La fórmula de Colebrook-White, también denominado como el coeficiente de rozamiento es aplicada en hidráulica para determinar el valor de fricción, es decir el factor  $f$  presente en la ecuación de Darcy-Weisbach. Destaca (Rocha Felices, Hidráulica de tuberías y canales, 2007) “*Un contorno puede comportarse como liso ante un flujo determinado, y a su vez como rugoso con otro, obedeciendo a la relación entre la dimensión de la rugosidad y el volumen de la subcapa*”

Los valores de  $f$  en la zona de transición entre las tuberías lisas y rugosas se obtienen a través de la formulación establecida por Colebrook-White.

Formulación 35 expuesta por Colebrook-White para tuberías rugosas.

*Es expresada como:*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3.71D}{k} \quad [35]$$

Formulación 36 expuesta por Colebrook-White para tuberías lisas.

*Es expresada como:*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2.51} \quad [36]$$

Formulación 37 expuesta por Colebrook-White en combinación con las fórmulas 30 & 31.

*Es expresada como:*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\frac{k}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad [37]$$

### 2.2.2.11 Formulación de Manning; Hazen & Williams

Citando a (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.) Quienes exponen que “las fórmulas de Hazen & Williams y de Manning pueden ser utilizadas para el análisis de flujos en conductos cerrados”, estableciéndose la formulación de Hazen & Williams como la primordial en los Estados Unidos de Norteamérica para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable.



### 2.2.2.11.1 Formulación de Manning.

Formulación 38 expuesta por Manning en el Sistema de Unidades (ft, lb, s).

*Es expresada como:*

$$V = \frac{1.0}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [38]$$

Dónde:

V = velocidad de flujo (m/s)

R = radio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

S = pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto). n =

Formulación 39 expuesta por Manning en el Sistema de Unidades (ft, lb, s).

*Es expresada como:*

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad [39]$$

### 2.2.2.11.2 Formulación de Hazen & Williams

Según expresa (Giles, Evett, & Liu, 2003.) Quienes expresan que es una de las ecuaciones experimentales utilizadas en el análisis y obtención de resultados del comportamiento del flujo en conductos cerrados, reiterándola como una fórmula tradicional para el diseño y análisis de sistemas de agua. Su aplicación se basa en que admite el cálculo directo de la velocidad del flujo para un tipo y tamaño dado de conducto.

Formulación 40 expuesta por Hazen & Williams para el Sistema de Unidades (m, kp, s y SI).

*Es expresada como:*

$$V = 0,8492 C R^{0.63} S^{0.54} \quad [40]$$

Dónde:

V = velocidad de flujo (m/s)

R = radio hidráulico (m)

C = coeficiente de Rugosidad de Hazen & Williams

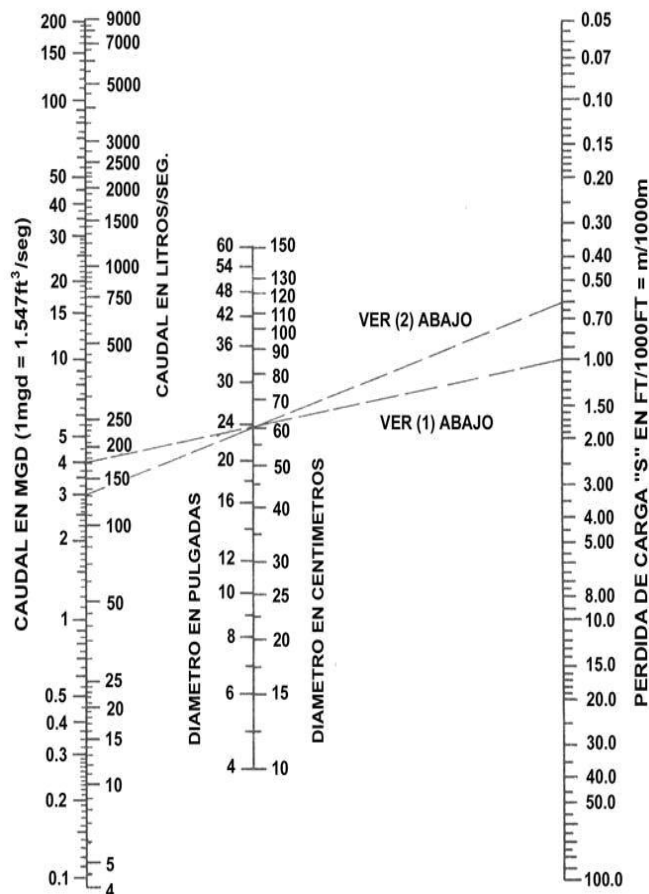
S = pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (perdida de carga por unidad de longitud por el perímetro mojado)

Formulación 41 expuesta por Hazen & Williams para el Sistema de Unidades (ft, lb, s)

Es expresada como:

[41]

$$V = 1.318 C R^{0.63} S^{0.54}$$



**Imagen 9.** Monograma de caudales formula de Hazen-Williams, c = 100

**Fuente:** (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.) Pag.395

**Tabla 7.**  
***Coefficientes de fricción  $f$  para agua según diámetro y tipo de tubería.***

<b>Diámetro y tipo de tubería</b>		<b>Coefficientes de fricción <math>f</math> para agua</b>										
		<b>Velocidad (m/s)</b>										
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3	4,5	6	9
10 cm	Comercial vieja	435	415	410	405	400	395	395	390	385	375	370
	Comercial usada	355	320	310	300	290	285	280	270	260	250	250
	Tubería nueva	300	265	250	240	230	225	220	210	200	190	185
	Muy lisa	240	205	190	180	170	165	155	150	140	130	120
15 cm	Comercial vieja	425	410	405	400	395	395	390	385	380	375	365
	Comercial usada	335	310	300	285	280	275	265	260	250	240	235
	Tubería nueva	275	250	240	225	220	210	205	200	190	180	175
	Muy lisa	220	190	175	165	160	150	145	140	130	120	115
20 cm	Comercial vieja	420	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	320	300	285	280	270	265	260	250	240	235	225
	Tubería nueva	265	240	225	220	210	205	200	190	185	175	170
	Muy lisa	205	180	165	155	150	240	135	130	120	115	110
25 cm	Comercial vieja	415	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	315	295	280	270	265	260	255	245	240	230	225
	Tubería nueva	260	230	220	210	205	200	190	185	180	170	165
	Muy lisa	200	170	160	150	145	135	130	125	115	110	105
30 cm	Comercial vieja	415	400	395	395	390	385	380	375	365	360	355
	Comercial usada	310	285	275	265	260	255	250	240	235	225	220
	Tubería nueva	250	225	210	205	200	195	190	180	175	165	160
	Muy lisa	190	165	150	140	140	135	125	120	115	110	105
40 cm	Comercial vieja	405	395	390	385	380	365	370	365	360	350	350
	Comercial usada	300	280	265	260	255	250	240	235	225	215	210
	Tubería nueva	240	220	205	200	195	190	180	175	170	160	155
	Muy lisa	180	155	140	135	130	125	120	115	110	105	100
50 cm	Comercial vieja	400	395	390	385	380	375	370	365	360	350	350
	Comercial usada	290	275	265	255	250	245	235	230	220	215	205
	Tubería nueva	230	210	200	195	190	180	175	170	165	160	150

	Muy lisa	170	150	135	130	125	120	115	110	105	100	95
	Comercial vieja	400	395	385	380	375	370	365	360	355	350	345
60	Comercial usada	285	265	255	250	245	240	230	225	220	210	200
cm	Tubería nueva	225	200	195	190	185	180	175	170	165	155	150
	Muy lisa	165	140	135	125	120	120	115	110	105	100	95
	Comercial vieja	400	385	380	375	370	365	360	355	350	350	345
75	Comercial usada	280	255	250	245	240	230	225	220	210	205	200
cm	Tubería nueva	220	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150
	Muy lisa	160	135	130	120	115	115	110	110	105	100	95
	Comercial vieja	395	385	375	370	365	360	355	355	350	345	340
90	Comercial usada	275	255	245	240	235	230	225	220	210	200	195
cm	Tubería nueva	215	195	185	180	175	170	165	160	155	150	145
	Muy lisa	150	135	125	120	115	110	110	105	100	95	90
	Comercial vieja	395	385	370	365	360	355	350	350	345	340	335
120	Comercial usada	265	250	240	230	225	220	215	210	200	195	190
cm	Tubería nueva	205	190	180	175	170	165	160	155	150	145	140
	Muy lisa	140	125	120	115	110	110	105	100	95	90	90

**Fuente:** (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.) Páginas 394-395

### **Tabla 8.**

*Valores del coeficiente C de Hazen & Williams*

<b>Tipo de Tubería y condición</b>	<b>Coficiente</b>
Tuberías rectas y muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición usadas y de acero roblonado nuevas	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
Tuberías de fundición en malas condiciones	80

**Fuente:** (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.) Página 397

**Tabla 9.**  
***Perdidas de carga en accesorios.***

Accesorio	Pérdida de carga media
De depósito a tubería (pérdida a la entrada)	
Conexión a ras de la pared	$0.50 \frac{V_2^2}{2g}$
Tubería entrante $V_2$	$1.00 \frac{V_2^2}{2g}$
Conexión abocinada	$0.05 \frac{V_2^2}{2g}$
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	$1.0 \frac{V_1^2}{2g}$
Ensanchamiento brusco	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
Ensanchamiento gradual (véase Tabla 5)	$K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$
Venturímetros, boquillas y orificios	$\left(\frac{1}{c_v^2} - 1\right) \frac{V_2^2}{2g}$
Contracción brusca (véase Tabla 5)	$K_c \frac{V_2^2}{2g}$
Codos, accesorios, válvulas* $V_2$	
Algunos valores corrientes de $K$ son:	
45°, codo .....	0,35 a 0,45
90°, codo .....	0,50 a 0,75
Tes .....	1,50 a 2,00
Válvulas de compuerta (abierta) ... aprox.0,25	$K \frac{V^2}{2g}$
Válvulas de control (abierta) ..... aprox.3,0	

**Fuente:** (Giles, Evett, & Liu, Mecánica de fluidos e hidráulica., 2003.)Página 396

### 2.2.2.12 Correlación

Se establece la correlación como el argumento estadístico que permite formular cuantitativa, el grado de relación entre dos variables numéricas, mismas que tienden a variar conjuntamente. El grado o nivel de esa relación puede establecerse a través del coeficiente de correlación, o coeficiente de correlación de Pearson (R) del producto-momento (P-M), asume valores de rangos a partir de  $-1$  y  $1$ , incluidos estos, la formula

Formulación 42 de correlación expuesta por Pearson (R) del producto-momento.

*Es expresada como:*

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad [42]$$

Donde

$r$  = coeficiente de regresión

$x$  = variable independiente

$y$ , = variable dependiente

$\sum$  = símbolo de sumatoria

$\bar{x}$  = media de la variable independiente

$\bar{y}$  = media de la variable dependiente

Determinando que coeficiente de correlación de Pearson es una medida de asociación lineal. Mediante las correlaciones se establece la afinidad de las variables o los órdenes de los rangos, se exhorta al investigador previo al cálculo del coeficiente de correlación, realizar una revisión en búsqueda valores que se pudieran catalogar como muy variables respecto al orden o secuencia que estos deberían seguir.

*El coeficiente  $r$  de puede variar de  $-1$  a  $1$ , donde el signo indica la dirección de la correlación y el valor numérico, la magnitud de la correlación. En este contexto se resumen algunos criterios de interpretación:*

- $-1,00$  = Correlación negativa perfecta
- $-0,90$  = Correlación negativa muy fuerte

- $-0,75 =$  *Correlación negativa considerable*
- $-0,50 =$  *Correlación negativa media*
- $-0,10 =$  *Correlación negativa débil*
- $0,00 =$  *No existe correlación lineal alguna entre las variables*
- $0,10 =$  *Correlación positiva débil*
- $0,50 =$  *Correlación positiva media*
- $0,75 =$  *Correlación positiva considerable*
- $0,90 =$  *Correlación positiva muy fuerte*
- $1,00 =$  *Correlación positiva perfecta*

### 2.2.2.13 Coeficiente de determinación

Denominado como  $R^2$ , el cual es razón de la varianza general de la variable expuesta por la regresión, o el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, es un modelo estadístico utilizado para pronosticar resultados o comprobar alguna hipótesis propuesta, la misma se emplea en cuanto a la calidad del modelo para replicar los resultados, y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse.

Formulación 43. para determinar el coeficiente de determinación  $R^2$

*Es expresada como:*

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad [43]$$

$$R^2 = \frac{\text{Variación explicada}}{\text{Variación total}}$$

### 2.2.2.14 Tipos de Regresión

Se establece a la regresión lineal un modelo matemático que se establece con la finalidad de obtener la influencia de una variable  $X$  en el eje de las abscisas sobre otra variable,  $Y$  en el eje de las ordenadas, mediante el cual se obtendrán estimaciones referentes de  $Y$ , para los valores de  $X$  a partir de una muestra de  $n$  pares de valores, expresados como;  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ .

#### 2.2.2.14.1 Regresión lineal simple

Formulación 44 para el modelo de regresión lineal simple.

*Es expresada como:*

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad [44]$$

Donde

$\alpha$  = ordenada en el origen (el valor que toma Y cuando X vale 0),

$\beta$  = pendiente de la recta (e indica cómo cambia Y al incrementar X en una unidad)

$\varepsilon$  = variable que incluye un conjunto grande de factores, cada uno de los cuales influye en la respuesta sólo en pequeña magnitud. - Error.

*X e Y son variables aleatorias, por lo que no se puede establecer una relación lineal exacta entre ellas.*

#### 2.2.2.14.2 Regresión potencial

Formulación 45 para el modelo de regresión potencial.

*Es expresada como:*

$$y = a \cdot x^b \quad [45]$$

#### 2.2.2.14.3 Regresión no lineal

##### 2.2.2.14.3.1 Regresión exponencial

Formulación 46 para el modelo de regresión exponencial.

*Es expresada como:*

$$Y = \alpha \cdot e^{bx} \quad [46]$$

##### 2.2.2.14.3.2 Regresión logarítmica

Formulación 47 para el modelo de regresión exponencial.

*Es expresada como:*

$$Y = a \ln x + b \quad [47]$$



### 2.2.2.15 Método de mínimos cuadrados

Planteado en 1794 por el alemán Carl Friedrich Gauss, y expuesta por el mismo en 1809 a quien se le asumen, y propuesta en 1805 por el francés Andrien-Marie Legendre, se establece como una metodológica de análisis que busca obtener una aproximación matemática que mejor se ajuste a los resultados dependientes del discernimiento de *mínimo error cuadrático*. El método consiste en minimizar la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los datos y las estimaciones.

Formulación 48 para el método mínimos cuadrados.

Es expresada como:

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i \quad [48]$$

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i))^2$$

El resultado que se obtiene es

$$\hat{\beta}_1 = \frac{cov(x, y)}{s_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

### 2.2.2.16 Análisis Adimensional – Teorema $\pi$ de Vaschy-Buckingham

El análisis de los datos previamente obtenidos se realizará en base a la fundamentación expuesta en el Teorema  $\pi$  de Vaschy-Buckingham, donde se establece; “*Existe un número de parámetros adimensionales independientes fijo para un problema dado, y es igual a la diferencia entre número total de variables menos el número de dimensiones fundamentales*” (Vaschy-Buckingham, 1892)

En el análisis de datos para obtención de los factores hidráulicos en la investigación se procederá a trabajar el grupo de variables, *diferenciales de (Q) (P)*, estableciendo su dimensión igual a 1, presentando una propuesta adimensional, que evitara limitar el alcance del estudio., los cuales se emplean cuando no existen ecuaciones que modelen directamente en el fenómeno o área que se quieren estudiar o investigar.

### **2.2.3 Modelo físico hidráulico.**

Según (Rocha Felices, 2003), en su publicación sobre “Los modelos como herramienta valiosa para el diseño hidráulico” destaca que: Un modelo físico o prototipo, es una representación simplificada de un aspecto de la Naturaleza y, en muchos casos, de las obras construidas en ella. La construcción de modelos no sólo es un método admitido, sino que es el que ha permitido el progreso de la ciencia. *“Hacer ciencia es construir modelos”*.

Donde nos indica que la manera más óptima para comprender y analizar el comportamiento del agua en el entorno y en interacción con las obras hidráulicas es a través del desarrollo de modelos físicos y matemáticos donde ambos se perfeccionan. (Rocha Felices, 2003)

### **2.2.3 Criterios de diseño y construcción.**

#### **2.2.3.1 Instrumentos de medición aplicables a prototipos hidráulicos.**

#### **2.2.3.2 Medidores de Caudal**

Citando a (Pazmiño Mayorga & Pazmiño González, 2019) quienes describen al caudalímetro como mecanismos que permiten establecer el volumen de agua que transita por una sección determinada de la tubería, destacando al Tubo de Venturi, como el primer caudalímetro desarrollado, el cual expuesto por su creador Giovanni Battista Venturi a finales del siglo XXVII.

Los medidores de caudal elementales se basan en la medición directa de la cuantía de fluido que cruza la conducción en la unidad de tiempo, los cuales emplean la metodología de reducción del área de flujo, para posteriormente determinar mediante el estrechamiento la energía de velocidad, perdiendo energía de presión, consecutivamente con las cifras obtenidas se establece el caudal, donde es aplicable la ecuación de Bernoulli.

#### **2.2.3.2.1 Tipos de Caudalímetros elementales**

El **contador de paletas** Es utilizado cotidianamente como contador de agua domiciliario, el cual mide el volumen de líquido que lo ha atravesado.

El **medidor de burbuja** denominado como medidor de burbujas de jabón, es utilizado para medir el caudal de un gas, el caudal mide el tiempo que demora en recorrer esta burbuja entre dos marcas establecidas en el tubo.

### **2.2.3.3 Incorporación de caudalímetros electrónicos a prácticas de laboratorio hidráulico**

Citando a (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtegui Escartín, 2018) quienes mencionan que en últimas décadas se han diseñado e implementado una serie de metodologías e instrumentación para medir el caudal de un fluido, desde el uso laboratorios, hasta la cotidianidad actual donde es impensable que una red de suministro de agua potable no cuente con ellos.

#### **2.2.3.3.1 Medidor de caudal de diafragmas**

Citando a (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtegui Escartín, 2018) quienes lo describen como placas con orificio intercaladas en la línea de conducción, los cuales inducen un desplome de presión el cual se relaciona estrictamente con el caudal paseante. La caída de presión que se presenta puede calcularse mediante dos ramas manométricas y como la elaboración de la gráfica de calibrado es empírico.

#### **2.2.3.3.2 Medidor de caudal de rotámetros**

Establecidos en una alta escala de valores, los cuales son ampliamente aplicados en el uso de laboratorios, hasta industrial, su metodología consiste en un flotador interno de una escala graduada que muestra la línea del fluido y suministran una lectura del caudal que lo transita con un rango elevado de exactitud, su uso en laboratorios es óptimo debido a que disponen de instalaciones para instruirse en el flujo de fluidos.

#### **2.2.3.3.3 Caudalímetro de líquidos**

Consta de una hélice o turbina que gira cuando un fluido lo transita, donde un imán ubicado en la turbina genera un campo magnético el cual produce pulsos eléctricos por el denominado efecto Hall, es decir la medición del voltaje transversal cuando es situado en un campo magnético, los cuales son identificados por un sensor que remite como una onda cuadrada a través de un circuito eléctrico como señal digital.

Según expresa (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtegui Escartín, 2018) en el artículo sobre Incorporación de caudalímetros electrónicos de bajo coste a prácticas de laboratorio de fluidos, *“Cuanto mayor es el flujo del fluido, la turbina tendera girar con una mayor rapidez, induciendo una ampliación de la frecuencia de la onda, la cual es proporcional al caudal”*

Formulación 49 para determinar la frecuencia en función de (K) y (Q).

Es expresada como:

$$f = K \cdot Q \quad [49]$$

Donde:

f = frecuencia

K = factor de conversión correspondiente

Q = caudal

*“Como la relación entre la frecuencia (f) y el caudal (Q) depende de los parámetros constructivos del dispositivo, será necesario calibrarlo para obtener el factor de conversión correspondiente (K). El calibrado puede obtenerse midiendo la frecuencia de los pulsos mediante un microcontrolador y el caudal con un caudalímetro clásico”* (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtegui Escartín, 2018)

#### **2.2.3.4 Plataforma Arduino**

Conocida como una plataforma de desarrollo computacional de una aplica versatilidad, la cual se encuentra establecida en una placa electrónica, así mismo como en un medio de programación encargado de implantar el programa de computador para la placa, para posteriormente compilarlo, es decir obtener los datos y almacenarlo en el microcontrolador que incluye.

El software o programa de computador de Arduino consiste en dos partes elementales; la primera es un entorno de desarrollo, el cual tiene el fundamentado de lenguaje C modificado, la segunda es el cargador de arranque el cual se ejecuta de forma automática dentro del microcontrolador cada vez que éste se enciende. (Jarabo Friedrich, García Álvarez, & Elórtegui Escartín, 2018)

Formulación 50 para determinar la frecuencia en función de (K) y (Q).

Es expresada como:

$$FR = \left( \frac{l}{min} \right) = \frac{Pulsos [-]}{t \text{ muestreo [s]}} \times \frac{1}{K} \left( \frac{1}{\left( \frac{-}{s} \right)} \right) \quad [50]$$

Dónde:

K = factor de calibrado, proporcionado por el fabricante o determinado experimentalmente mediante otro medidor de caudal.

Pulsos = pulsos medidos

FR= Flow Rate

El sistema muestrea los pulsos digitales generados por el sensor de efecto Hall y asigna su número a una variable, *Pulsos*, obtenida a través de la función *PulseCounter* de la interrupción de lectura, durante un tiempo definido por la función *delay*, función de espera, en milisegundos, que se suministra a través de la variable *tMuestreo*, en segundos, multiplicada por 1.000. Así pues, el “caudal medido” sería la relación entre *Pulsos* y *t Muestreo*, y el caudal volumétrico, definido por la variable *FlowRate*.

## 2.3 Marco Legal

### 2.3.1 Constitución de la República Del Ecuador Leyes y derechos sobre el agua.

La Constitución de la República Del Ecuador, con Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008.

Establece en los Art. 12, 313 y 318, el derecho del agua como “*Patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia*” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador , 2008)

*Título I; sobre Elementos Constitutivos Del Estado en el Capítulo Primero, Principios Fundamentales.*

*Según el Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:*

*Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.*

En este artículo se establece como derecho fundamental, entre otros al acceso de agua de los pueblos y nacionalidades del Ecuador, sin exclusión de ninguna índole, donde se prohíbe la privatización de la misma.

## *Capítulo segundo Derechos del buen vivir*

### *Sección primera Agua y alimentación.*

*Según el Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.*

Se destaca en este artículo el derecho a tener accesibilidad al agua como una base primordial y necesaria a la que nadie puede renunciar, siendo heredad de los ecuatorianos debido a su importancia para el desarrollo de la vida.

*Sección segunda Ambiente sano; Según el Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.*

*Según el Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.*

En la sección segunda, sobre Ambiente sano, se establecen dos artículos primordiales en cuanto compete a derechos sobre el agua, en el primero; Art. 14.- establece en este artículo el compromiso que tiene el estado en garantizar el buen vivir de los pueblos y nacionalidades, lo cual puede ser posible siempre y cuando se tenga acceso al agua para consumo.

En el segundo artículo Art. 15.- se menciona el incentivo del estado a los sectores tanto públicos como privados, para varios sectores estratégicos donde ninguno ponga el riesgo el derecho al agua, o esta se vea afectada por contaminación.

*Sección séptima Salud; Según el Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.*

Se establece en este artículo Art. 32 la estricta relación que tiene que el acceso al agua con el sector salud, siendo el derecho al agua primordial para que se garantice la continuidad y el goce de buena salud en la población.

*En referencia al Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:*

*2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.*

En este artículo además de describirse una serie de derechos, se establece el reconocimiento, así mismo como se asegura el derecho a la accesibilidad de agua potable a los ecuatorianos.

*Capítulo cuarto Régimen de competencias; Según el Art. 264.- 4. Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Sección 4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.*

En la sección 4 del **Art. 264** se puntualiza la obligatoriedad de los gobiernos municipales ante el estado y la nación en proporcionar el servicio público de dotación de agua potable, de manera competente.

*Capítulo quinto; Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas: Citando al Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento... y los demás que determine la ley. Y el Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable*

*e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.*

*... El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua.*

*El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.*

En los artículos Art. 314 y Art. 318 se menciona el agua como un patrimonio nacional el cual es de potestad exclusivo y propio del estado ecuatoriano, así mismo como la gestión del agua será exclusivamente público o comunitario. Para realizar la proyección y servicio de gestión de los recursos hídricos para consumo humano y demás serán responsables en conjunto el estado y la autoridad única del agua.

*Sección sexta Agua; En referencia al Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.*

*La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.*

*Y Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.*

La sección sexta es exclusiva a el agua, en ella se describen los derechos fundamentales al acceso de agua potable, así mismo como de detalla que será



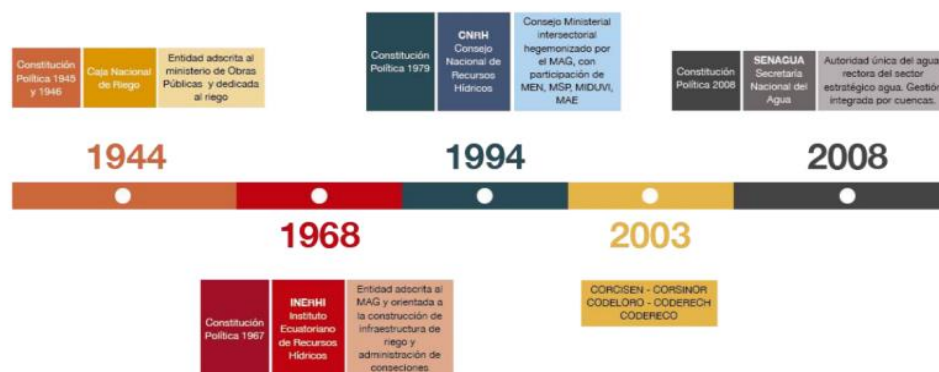
obligatoriedad del estado en reglamentar las actividades relacionadas a los estándares de calidad que puedan afectar la calidad y cantidad de agua

*Capítulo segundo Tratados e instrumentos internacionales; Comprometan el patrimonio natural y en especial el agua, la biodiversidad y su patrimonio genético.* Es para el estado ecuatoriano de interés s comprometerse a sí mismo como al patrimonio natural, haciendo énfasis en el agua en incluirlos a tratados e instrumentos internacionales.

### 2.3.2 Antecedentes sobre la Institucionalidad del Agua en el Ecuador

En referencia a (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2017) quienes se refieren a el agua como “*Patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria*” se enfatiza la preeminencia de la accesibilidad de agua para la perseverancia y desarrollo de la vida, flora, fauna así mismo como de los pueblos y nacionalidades.

Se han creado al pasar de año, varios organismos y entidades encargadas de salvaguardar, gestionar y garantizar el buen uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, con el fin de precautelar el correcto desarrollo de la vida, en su entorno natural, y a través de estructuras e infraestructuras para ´producción de energía y la dotación de agua en riego y consumo.



**Imagen 10.** Visiones cambiantes de la institucionalidad del agua.

**Fuente:** (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2017)

En la nación desde varias décadas previas, se han establecidos diversas metodologías en cuanto a aprovechamiento y gestión del agua y el agua potable, sin embargo, es a partir de 2008 donde se establece a los recursos hídricos como un recurso estratégico, definiendo un esquema participativo e incluyente desde el Estado.

Mediante Decreto Ejecutivo N.º 1088 con Registro oficial N.º 346 de 27 de mayo de 2008, se crea la Secretaría Nacional del Agua, “...con la finalidad de conducir los procesos de los recursos hídricos de una manera integrada y sustentable..., de acuerdo a la Ley de Aguas, su Reglamento y demás normas conexas vigentes, relacionadas con los recursos hídricos superficiales y los acuíferos en el Ecuador”

Con Decreto Ejecutivo N.º. 5 del 30 de mayo 2013 en los Artículos 1 y 2, se transfiere a la Secretaría del Agua todas las competencias, atribuciones, responsabilidades, funciones, delegaciones, representaciones, proyectos y programas en materia de riego, drenaje, agua potable y saneamiento que estuvieron a cargo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) respectivamente.

### 2.3.3 Institucionalidad actual del Agua en el Ecuador

El manejo del recurso hídrico está en manos del Estado se recupera su rectoría planificación y regulación, contribuyendo al desarrollo equitativo y democratizador del agua, y, por consiguiente, generando un cambio positivo en la calidad de vida de la población, así, se cumple al mismo tiempo la consecución del derecho humano al agua.



**Imagen 11.** Institucionalidad normativa y política autoridad única del agua

**Fuente:** (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2017)

La Secretaría del Agua a fin de cumplir de manera eficiente las competencias designadas para su gestión a nivel nacional y conforme lo establecido en la LORHUyA, fortaleció la institucionalidad de la “Autoridad Única del Agua” mediante Decreto Ejecutivo N.º 310 del 17 de abril 2014, el cual menciona en su Art. 1, “Reorganizase a la Secretaría del Agua y créase la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) y la Empresa Pública del Agua (EPA) que pasarán a asumir parte de las competencias asignadas a la Secretaría antedicha...”.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, la ARCA, según el Art. 3, tiene como competencia “... la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la gestión de la calidad y cantidad del agua en sus fuentes y zonas de recarga, de la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y de todos los destinos, usos y aprovechamientos económicos del agua”



**Imagen 12.** Planificación Hídrica Nacional Estrategias Nacionales

**Fuente:** (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2017)

En referencia a la EPA, conforme el Art. 9, se establece como objetivo de la empresa “...contratar, administrar y supervisar los proyectos de infraestructura hídrica de competencia del Gobierno Central en sus fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento; asesorar y asistir técnica y comercialmente a los prestadores de los servicios públicos y comunitarios del agua; y, realizar la gestión comercial de los usos y aprovechamientos del agua”.



**Imagen 13.** Institucionalidad para Servicios de A&S - Mapeo de Actores

**Fuente:** (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), 2017)

## 2.3.4 Convenios y Tratados Internacionales

### 2.3.4.1 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

La Asamblea General (Organización de las Naciones Unidas, ONU ;, 2015) adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, donde los estados miembros de la Naciones Unidas a la cual Ecuador está suscrita, aprobaron la resolución para cumplir con los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) La Agenda plantea 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental.

#### 2.3.4.1.1 Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento

Según (Organización de las Naciones Unidas, ONU ;, 2015) hay suficiente agua dulce en el planeta, donde nos accesible para todos, se prevé que para 2050 un 25% de la población mundial viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce, donde la sequía afectara a algunos de los países más pobres del mundo aumentando el hambre y la desnutrición.

La escasez de recursos hídricos, junto con la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado repercuten en la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia. Para mejorar el acceso a agua apta para el consumo y al saneamiento, y la gestión racional de los ecosistemas de agua dulce entre las comunidades locales en varios países en desarrollo. En el ODS 6 del plan estratégico se busca proporcionar agua libre de impurezas y accesible para todos; donde se tiene como

fecha límite de cumplimiento el año 2030, donde se plantea lograr los siguientes parámetros.

6.1 Acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos....

6.4 Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

6.5 Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.

6.6 Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

6. a Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos...

6. b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

### **2.3.5 Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN**

#### **2.3.5.1 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1373.**

Según a la (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1373, Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2017) para tubería plástica tubos y accesorios de poli cloruro de vinilo (PVC) no plastificado para presión establece los requisitos que deben cumplir los tubos y accesorios de PVC rígido, de pared sólida, utilizados para transporte de agua a presión hasta 45 °C.

Esta norma se aplica a tubos poli cloruro de vinilo (PVC) no plastificados fabricados mediante el proceso de extrusión y accesorios de PVC no plastificado fabricados íntegramente mediante el proceso de inyección en una sola pieza, ensamblados y termo formados, que se utilizan en los siguientes sistemas de transporte de agua:

- Líneas de abastecimiento de agua enterradas en el suelo.
- Conducción de agua potable por encima del suelo, al interior y exterior de las edificaciones.
- Conducción de aguas lluvias y aguas servidas a presión en sistemas enterrados y expuestos por encima del suelo.
- Sistemas de riego de presión nominal 0,5 MPa. (Serie S25 denominados para baja presión) o superiores. Esta norma no se aplica a tubos de PVC rígido para unión por rosca cédula 80, para la conducción de agua potable a presión.

### 2.3.6 Referencias Normativas

- **ISO 497:**

Guide to the choice of series of preferred numbers and of series containing more rounded values of preferred numbers.

- **ISO/TR 4191:**

Plastics piping systems for water supply – Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U) and oriented PVC-U (PVC-O) – Guidance for installation.

- **ISO 18373-1:**

Rigid PVC pipes – Differential scanning calorimetry (DSC) method – Part 1: Measurement of the processing temperature.

- **NTE INEN-ISO 1167-1:**

Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos – Determinación de la resistencia a la presión interna – Método general NTE.

- **NTE INEN-ISO 1452-1:**

Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión – Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).

- **NTE INEN-ISO 1452-3:**

Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión – Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).

- **NTE INEN-ISO 3126:**

Sistemas de canalización en materiales plásticos – Componentes de materiales plásticos – Determinación de las dimensiones.

- **NTE INEN-ISO 7686:**

Tubos y accesorios de materiales plásticos – Determinación de la opacidad.

- **NTE INEN 328:**

Números preferidos NTE INEN 499, Tubería plástica. Determinación de las dimensiones.

- **NTE INEN 503:**

Tubería plástica. Determinación de la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida.

- **NTE INEN 504:**

Tubería plástica. Determinación de la resistencia al impacto. Método del giro del reloj.

- **NTE INEN 1333:**

Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo. Terminología.

- **NTE INEN 1372**

Tubos y accesorios plásticos para conducir agua potable. Requisitos de migración al agua de elementos y sustancias.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

*“Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida”.*

*Marco Aurelio.*

#### **3.1 Metodología.**

La investigación propuesta se establece en base a la metodología científica, experimental y analítica, iniciando con un proceso sustentado en dos bases elementales para hacer ciencia, en primera instancia la reproducibilidad, es decir cualquier investigador, en igual o distinta condición puede repetir el experimento planteado, y la refutabilidad que consiste en el supuesto que al realizarse el experimento y se obtengan resultados diversos a los previstos se pone a prueba la hipótesis planteada o se desmiente.

Mediante la metodología experimental se implanta la modelización física de un sistema hidráulico, donde se procederá a la obtención de datos o indicadores, siendo las diferencias de presión y caudal las variables dependientes, mediante los resultados se obtendrán una relación de los mismos, en este caso será el comportamiento de la red ante la variación de pérdidas de agua, para obtener los factores hidráulicos y económicos.

Continuado por la metodología científica y experimental, se procederá a instituir la metodología analítica, donde la base fundamental es el análisis de los datos o indicadores obtenidos, indagando en la causa que los produce y la naturaleza de los mismos, así mismo estudiando la consecuencia en este caso, el comportamiento de la red ante la pérdida de agua debido a las variaciones de presión y caudal, para ver las afectaciones hidráulicas y económicas.

Se plantea la construcción de un prototipo que modela una red de tuberías compuestas por varios elementos, como equipos de variación, medición, bombeo y programación, con la finalidad de evaluar el comportamiento del sistema hidráulico construido, ante las pérdidas de agua potable denominadas subsistema, en relación a la variaciones de caudal y presión, durante el recorrido entre las modelaciones



planteadas, con el propósito de obtener una base de datos para realizar el análisis de los factores hidráulicos y económico del costo por m<sup>3</sup> de AAPP.

### **3.2 Tipo de investigación.**

Según expresa (Arias, 2012, pág. 119), tomando como referencia a Ary, Jacobs y Razavieh 1989, el principio de una investigación se produce debido a un problema o interrogante que requiere una respuesta como solución. El autor expresa que, para efectos del nacimiento de una investigación, debe ser en base a una interrogante y el investigador debe inquirir en la tipología de investigación adecuada para lograr el o los objetivos planteados.

Dentro del alcance se procederá a realizar una investigación científica cuantitativa, de tipo experimental, de tipo experimento puro, debido a la manipulación intencional de variables independientes, es decir la modelización física y analítica, y la medición de variables dependientes que son las pérdidas de agua en redes para agua potable, estableciendo un rango de control y validez de los datos, en este caso los identificadores hidráulicos y económicos debido a la cantidad de ensayos y simulaciones realizados.

Mediante la base de datos obtenidos se procede a realizar el análisis del comportamiento en variación de caudales y por energías; dado como resultado *Identificadores hidráulicos* categorizándolos como; *Pérdida de agua*. Las pérdidas por *Caudal o presiones* dentro del flujo suponen una pérdida económica, para efectos del presente estudio categorizados como; *Identificadores económicos*.

### **3.3 Enfoque**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, según la clasificación expuesta destacando a (Hernández Sampieri 2012) quien menciona que esta directriz es la más apropiada para investigar y generar conocimientos. Mediante el enfoque empleado se procede a medir los fenómenos que se presenten en el comportamiento de flujo durante el recorrido en las redes durante las simulaciones en la modelización de la red hidráulica modular, con la finalidad de probar la hipótesis propuesta al inicio de la investigación, así mismo indagar en la disertación de la causa y el efecto de los resultados que se obtienen.

Debido a la metódica del diseño, construcción y experimentación del proyecto propuesto, se sigue un proceso secuencial, y mediante las simulaciones se procederá a generalizar resultados, y así poder realizar un registro de los fenómenos y datos que se presenten, precautelando la precisión más próxima a la realidad, y aplicando un análisis de la realidad objetiva.

### **3.4 Población**

Citando a (Tamayo & Tamayo , 1997, pág. 114) quienes describen a la población como *“El todo del fenómeno o problemática a investigar, las cuales deben poseer una o varias características en común, para efectos de estudio, dando un umbral a las identificaciones de la investigación”*. Descritos en otras palabras la población es conjunto de sucesos, objetos, unidades, sujetos, representaciones establecidas características semejantes, las cuales permiten al investigador sentar bases en instrumentos de disertación

En referencia a (Arias, 2012, pág. 81) quien describe a la población como *“un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación...”* pudiendo ser estos un número determinado o indefinido, según la investigación propuesta la población se representa mediante el posible conjunto de redes de distribución de agua potable. Las mismas que pueden ser de diversos diámetros, longitudes y materiales, las cuales puedan presentar en sí, una cantidad definida o indefinida de pérdidas de agua potable en la infraestructura y la cantidad infinita de datos que se pueden obtener de cada una de ellas con diversos manejos de caudales y presiones.

### **3.5 Muestra**

Definida como un subconjunto definido de manera representativa y determinado el cual se obtiene a partir de la población seleccionada a efectos de estudio. Se establece el fundamento de muestra representativa; expuesta por (Arias, 2012, pág. 83) quien la conceptúan por sus tipologías y equivalentes del conjunto, las cuales establecen las inferencias o sistematizar los resultados al resto de la población con un rango de error determinado y conocido.

La muestra está constituida como una parte de las redes de distribución representativa, en el tema de investigación, con la cantidad de parámetros de diseño que se ha construido; que se caracterizan por diferentes diámetros, longitudes y materiales de las tuberías.

**Tabla 10.**

***Muestra del proyecto de investigación.***

---

**Muestra del proyecto de investigación.**

---

<b>Material de la tubería:</b>	<i>Policloruro de vinilo (PVC) PVC Tipo: Presión UZ, Marca: Plastigama</i>
<b>Longitud total del sistema:</b>	<i>10.60 m</i>
<b>Tubería matriz (Entrada)</b>	<i>Ø 1" (25mm)</i>
<b>Tubería Perdida A</b>	<i>Ø 1" (25mm)</i>
<b>Tubería Perdida B</b>	<i>Ø 3/4" (19.05mm)</i>
<b>Tubería Perdida C</b>	<i>Ø 1/2" (12.7mm)</i>

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

### **3.6 Técnica e instrumentos**

En referencia a (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) quienes citan *“El instrumento es aquel que registra datos perceptibles y que constituyen efectivamente a los conceptos o variables que el investigador ha previsto”* Se deduce así, que este es utilizado para aproximar al investigador a la realidad o acercamiento más próximo de los datos, cifras índices o indicadores a obtener de las variables de la investigación.

Para efectos del presente proyecto de investigación, “Modelización física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable” el instrumento a emplear será el Experimento; según la descripción mencionada con anterioridad por (Campbell & Stanley 1966) se realizará un experimento puro.

#### **3.6.1 Experimento**

Se procederá a realizar un experimento de laboratorio, debido al control necesario y la exactitud de los datos a obtener mediante la manipulación de las variables como instrumento para la investigación.

**Tabla 11.**

**Contexto general del experimento.**

<b>Experimento de laboratorio:</b>	Modelización física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable.
<b>Institución:</b>	Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
<b>Facultad:</b>	Ingeniería, Industria y Construcción.
<b>Edificio:</b>	Prof. Jaime Fabre Jansen.
<b>Laboratorio:</b>	Hidráulica.
<b>Tutor:</b>	PHD. Calero Amores Marcial Sebastián.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**3.6.1.1 Diseño del plan experimental.**

Según (Wentz, 2014; McLaren, 2014; Creswell, 2013a, Hernández Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008). Citan el término de diseño experimental como el plan o estrategia ideada para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema. Para efectos del presente estudio se procederá a presentar a continuación el diseño del plan experimental. Se realizarán ensayos y obtención de cifras y análisis de los resultados con la finalidad de comprar la hipótesis propuesta y lograr el objetivo planteado, la curva de base experimental en base a los indicadores hidráulicos y económicos ante pérdidas de agua en las redes para agua potable.



**Imagen 14.** Metodología de implementación de ecuaciones experimentales.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

### 3.7 Implementación física del prototipo.

Para evaluar el comportamiento del flujo en las redes de tuberías, se procederá a simular mediante un variador eléctrico en diferenciales de frecuencia, donde el fenómeno producido es de 1 segundo, el cual pone en funcionamiento la Bomba trifásica de 1 hp, a partir de una frecuencia de 30Hz, teniendo un rendimiento del 50%, hasta el máximo de su potencial a una frecuencia de 60 Hz donde trabaja al 100%, en base a las especificaciones propuestas por el fabricante.

Se emplearán equipos electrónicos para realizar la medición de la variación del comportamiento del flujo, según especificación del fabricante poseen un rango de error aproximadamente del  $\pm 2\%$  los cuales se instalarán en las tuberías de la red en los puntos estratégicos conectados mediante un cableado a una base o tarjeta donde mediante programación con el Software *Arduino* se procederá la recolectar los datos requeridos.

Los equipos instalados son sensibles al volumen y la fuerza de agua que los transita, los cuales indicaran los diferenciales de caudal y de presión, dependiendo de las simulaciones, en base a los parámetros de diseño establecidos en el medio y del esquema planteado, en entrada, salida y subsistemas. Para determinar el Caudal, se implementará los caudalímetros, denominados medidores volumétricos, en L/min.

Mediante la implementación de los traductores de presión, mismos que emiten una señal de frecuencia debido a el agua que fluye a través de la tubería y por donde se encuentran instalados en el sistema, se procederá a obtener los valores de presión en PSI mismos que serán evaluados durante la Entrada, Salida, y subsistemas, durante todo el recorrido que tiene al flujo en las líneas de conducción.

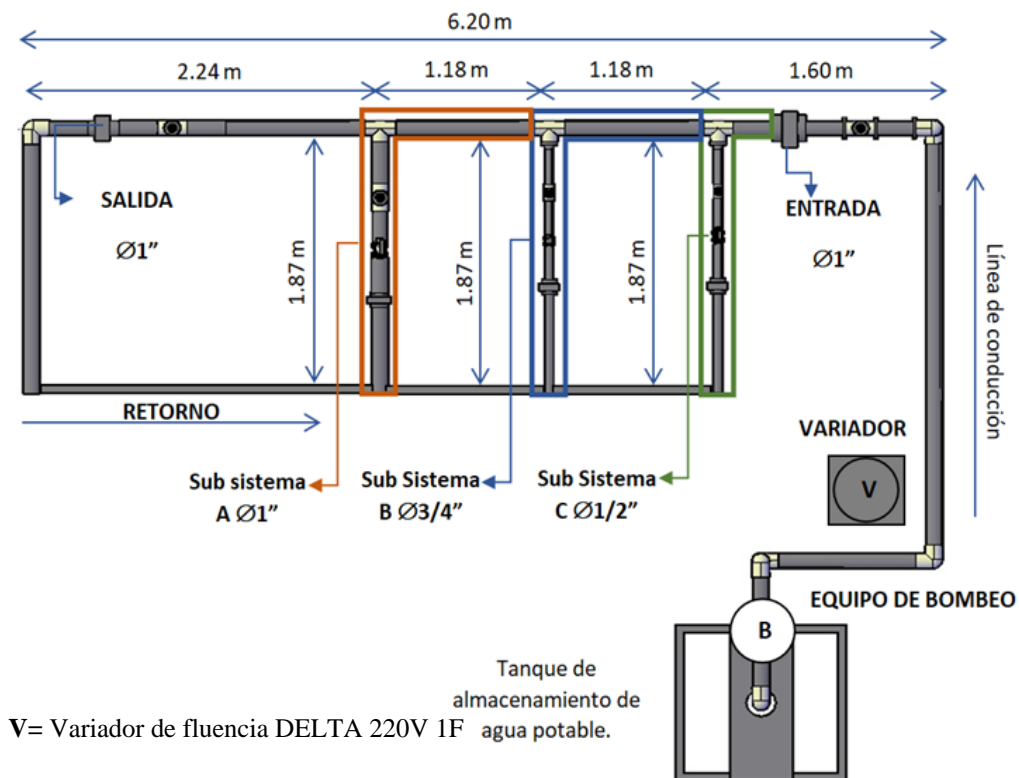
Con la construcción del prototipo se obtendrán variaciones en caudales y presiones, la obtención de los datos y el posterior análisis permitirá obtener resultados en la cual se expondrán con parámetros adimensionales independientes, que describa el comportamiento hidráulico y a su vez económico en un sistema de conducción de agua potable. Se realiza una metodológica de modelaciones de tal forma que se pueda analizar el comportamiento del flujo a lo largo de un conducto o línea de conducción

en específico por pérdida de agua debido a fugas, robo de agua, entre otros, desestimando las pérdidas propias del sistema debido a pérdida de carga.

### 3.8 Diseño del prototipo

Para evaluar el comportamiento del flujo en la modelización de la red hidráulica modular, se procederá a instalar y calibrar un conjunto de instrumentos de medición, equipos de variación y bombeo mismos que trabajando en conjunto servirá para la puesta en funcionamiento, medición, recolección y almacenamiento de datos.

El sistema está constituido de varios componentes en la cual se conforman por; equipos de bombeo, variador de caudal, sensores de flujo, en caudal y presión y tramos de tuberías con diferentes diámetros en la cual denominaremos Subsistemas, con la finalidad de analizar el comportamiento del flujo, donde el sistema descarga continuamente hacia un conducto de retorno en el embalse principal de almacenamiento.



V= Variador de frecuencia DELTA 220V 1F agua potable.

B= Bomba THEBE trifásicas 1 HP 3500RPM

S= Sensor de flujo DIGITEN G.

T= Transductor de presión FASTROHY.

**Imagen 15.** Diseño del sistema Hidráulico Tipo Prototipo.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



**Imagen 16.** Construcción de Prototipo por los autores.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)



**Imagen 17.** Prototipo Completo.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

### 3.8.1 Implementación física del prototipo.

#### 3.8.1.1 Equipos e instrumentos


##### 3.8.1.1.1 Variador de Frecuencia.

Para lograr los diferenciales de velocidad del agua que ingresa al sistema se emplea un variador de frecuencia, marca DELTA, modelo VFD007E21A, de 1HP 220V 1F, con pantalla convertidor de frecuencia VFD-E (KPE-LE02), el cual regula el arranque y funcionamiento del equipo de bombeo del sistema hidráulico a partir de 30 Hz donde la bomba funcionara al 50% de su potencial, hasta un máximo de 60Hz, donde se genera el máximo aprovechamiento del 100%.

Al regular la frecuencia en el variador, generaran cambios en la eficiencia y rendimiento de la bomba (RPM), se generarán cambios en el volumen y presión de agua, directamente relacionados al caudal que ingresa a la red de tuberías, los escenarios para recolección y posterior evaluación de los datos, se generaran con las frecuencias de 30 Hz, hasta 60Hz.

**Tabla 12.**

***Descripción de equipo de variación - Variador de Frecuencia***

VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA		
		<ul style="list-style-type: none"><li>A Digital keypad</li><li>B NPN/PNP</li><li>C ACI/AVI</li><li>D External terminals</li><li>E RS485 port (RJ-45)</li></ul>
<b>Básico</b>	Modelo	GK3000-2S0007
	Capacidad	1 hp (0,75 kW)
	Corriente nominal	4.7 A
	Voltaje de entrada	1 fase 220 ~ 240V AC $\pm$ 15%
	Frecuencia de entrada	50Hz / 60Hz
<b>Característica de E / S</b>	Tensión de salida	V. de entrada AC 0 ~ trifásico
	Frecuencia de salida	0.00 ~ 400.00Hz
	Sobre capacidad de carga	150% de corriente nominal durante 1 minuto, 180% de corriente nominal durante 3 segundos.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

*Fuente:* Delta Electronics, INC. [www.delta.com.tw/industrialautomation](http://www.delta.com.tw/industrialautomation)



### 3.8.1.1.2 Equipo de bombeo.

Se encuentra conformado por una bomba centrífuga mono-estagio, de 3500 RPM, marca THEBE serie 16<sup>AL</sup> NR con capacitor trifásico, de potencia de 1 CV o caballo de vapor (HP), con boquillas de succión roscadas 1.1 / 2 "x apartado 1", mismo que proporciona un caudal máximo hasta 16,5m<sup>3</sup>/ h, y una presión máxima 47mca (4.7 bar).

**Tabla 13.**

*Descripción del Equipo de bombeo – Bomba.*

#### BOMBA THEBE TH-16 NR



<b>Descripción:</b>	Bomba de una etapa TH-16 NR.4V. NTP.EXPORT																																
<b>Rotor</b>	Noryl (termoplástico)																																
<b>Caudal máximo:</b>	3.2 m <sup>3</sup> /h - 0.88 ltrs/s - 63l/min																																
<b>Dimensiones del rotor:</b>	128mm X 3mm																																
<b>Tensión:</b>	220V – Trifásico																																
<b>Motorización:</b>	WEG - IP21																																
<b>Poder:</b>	1 hp - 3500rpm																																
<b>Entrada de succión:</b>	1.1 / 2 "Ø (Aspiración)																																
<b>Salida de represión:</b>	1 "Ø (Descarga)																																
<b>Presión mínima:</b>	6 mca																																
<b>Presión máxima:</b>	30 mca																																
<b>MCA m<sup>3</sup>/h:</b>	<table border="1"> <tr> <td>6.0</td><td>8.0</td><td>10,0</td><td>12,0</td><td>15,0</td><td>17,0</td><td>18,0</td><td>19,0</td> </tr> <tr> <td>15,0</td><td>14,8</td><td>14.0</td><td>13,3</td><td>12,0</td><td>11,2</td><td>10,7</td><td>10,3</td> </tr> <tr> <td>20,0</td><td>22,0</td><td>23,0</td><td>24,0</td><td>25,0</td><td>26,0</td><td>28,0</td><td>30,0</td> </tr> <tr> <td>9,7</td><td>8.6</td><td>8.0</td><td>7.4</td><td>6.6</td><td>6.0</td><td>4.1</td><td>0</td> </tr> </table>	6.0	8.0	10,0	12,0	15,0	17,0	18,0	19,0	15,0	14,8	14.0	13,3	12,0	11,2	10,7	10,3	20,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	28,0	30,0	9,7	8.6	8.0	7.4	6.6	6.0	4.1	0
6.0	8.0	10,0	12,0	15,0	17,0	18,0	19,0																										
15,0	14,8	14.0	13,3	12,0	11,2	10,7	10,3																										
20,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	28,0	30,0																										
9,7	8.6	8.0	7.4	6.6	6.0	4.1	0																										

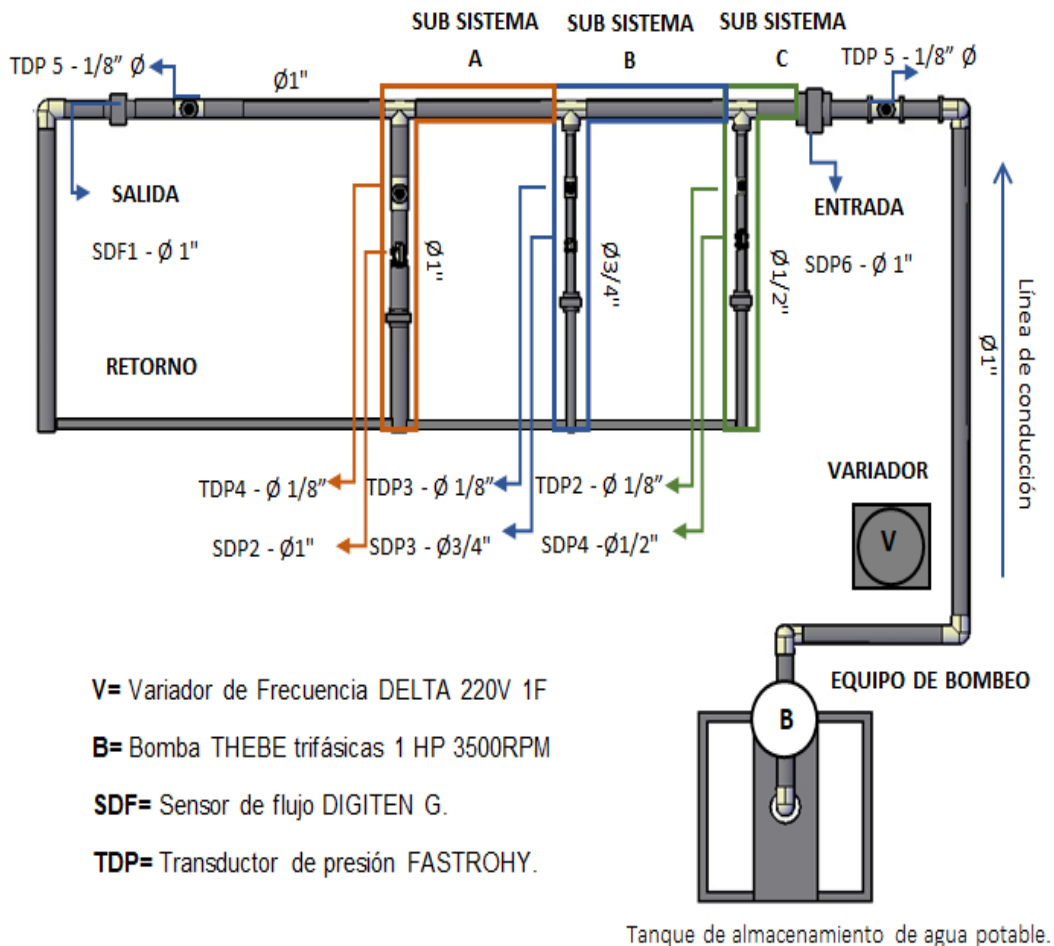
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

*Fuente:* THEBE Ebara Corporation <http://m.thebe.com.br/>

### 3.8.1.1.3 Equipos de medición.

Los equipos instalados; sensores de flujo y transductores de presión, son sensibles al volumen y la fuerza de agua que los transita, los cuales indicaran los diferenciales de caudal y de presión, respectivamente dependiendo de las simulaciones; en base a los parámetros de diseño establecidos en el medio y del esquema planteado.

Mismos que se instalarán en las tuberías, y accesorios de la red en los puntos determinados estratégicos, conectados mediante un cableado a una placa base o tarjeta de determinado como el Hardware del sistema y mediante el Software *de Arduino*, se realizara la obtención de datos, los cuales serán mostrados en un procesador o computadora en formato de Excel, para el posterior análisis de resultados.



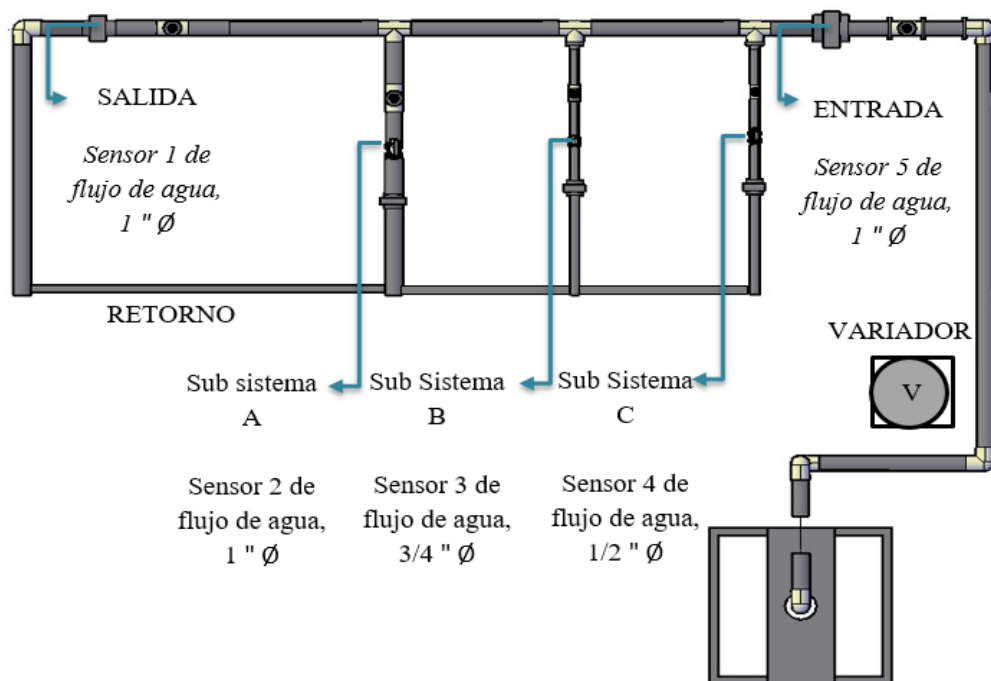
**Imagen 18.** Ubicación del Equipo de medición.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

### 3.8.1.1.3.1 Sensores de flujo de agua. – Caudalímetros.

Se componen de un cuerpo plástico conformado internamente por una válvula, un rotor de agua y un sensor de efecto hall, es decir por el campo eléctrico que se produce en las cargas internas en un conductor en la que transita la corriente en presencia de un campo magnético iniciando su funcionamiento a partir del flujo de agua a través del rotor, los cambios de velocidad generan una señal de pulso para las diferentes velocidades de flujo.

- Caudal de entrada: Sensor 5 de flujo de agua, 1 " Ø
- Caudal de Salida: Sensor 1 de flujo de agua, 1 " Ø
- Caudal Subsistema A; Sensor 2 de flujo de agua, 1 " Ø
- Caudal por Subsistema B; Sensor 3 de flujo de agua, 3/4" Ø
- Caudal por Sub- sistema C; Sensor 3 de flujo de agua, 1/2"



**Imagen 19.** Descripción de la ubicación de los sensores de flujo.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

**Tabla 14.**

***Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 1” Ø***

---

**Sensor de flujo de agua, 1 pulgada Ø, con efecto Hall.**

---

<b>Marca:</b>	DIGITEN G
<b>Modelo:</b>	FL-808

---



---

<b>Rango de medición:</b>	1 – 60 litros por minuto. (L/min) - 0.1 a 1 (L/s)
<b>Rango de presión:</b>	≤ 1.75 MPa.
<b>Frecuencia:</b>	F=4.8 * Q (L / Min), error: ± 2%
<b>Voltaje:</b>	5 – 18 VDC
<b>Capacidad de Carga:</b>	≤ 10 mA (DC 5V)
<b>Pulsos:</b>	450 pulsos / litro.
<b>F de Faraday=</b>	Constante * unidades de flujo (L / min) * tiempo (segundos).
<b>Rango de voltaje de trabajo:</b>	DC 5 – 24 V
<b>Forma de onda de salida:</b>	Onda cuadrada, salida de señal de pulso.
<b>Cumple con la especificación</b>	Rohs
<b>Características:</b>	Temperatura de funcionamiento: ≤80 °C Humedad de funcionamiento: 35 % - 90% RH Resistencia de aislamiento:> 100 m OHM Temperatura de almacenamiento: -25 °C ~ 80 °C Humedad de almacenamiento: 25% ~ 95% RH Forma de onda de salida: onda cuadrada, pulso de salida singular.

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

*Fuente:* DIGITEN Flow Controller <https://www.digiten.shop/>

**Tabla 15.**

***Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 3/4” Ø***

**Sensor de flujo de agua, 3/4 pulgada Ø, con efecto Hall.**

---

<b>Marca:</b>	DIGITEN G
<b>Modelo:</b>	FL-608ZJ

---



---

<b>Rango de medición:</b>	1 – 30 litros por minuto. (L/min) - 0.1 a 0.5 (L/s)
<b>Rango de presión:</b>	$\leq 1.75$ MPa.
<b>Frecuencia:</b>	$F=5.5 * Q$ (L / Min), error: $\pm 2\%$
<b>Voltaje:</b>	5 – 18 VDC
<b>Capacidad de Carga:</b>	$\leq 10$ mA (DC 5V)
<b>Pulsos:</b>	330 pulsos / litro.
<b>F de Faraday=</b>	Constante * unidades de flujo (L / min) * tiempo (segundos).
<b>Rango de voltaje de trabajo:</b>	DC 5 – 18 V
<b>Forma de onda de salida:</b>	Onda cuadrada, salida de señal de pulso.
<b>Cumple con la especificación</b>	Rohs
<b>Características:</b>	Temperatura de funcionamiento: $\leq 80$ °C Humedad de funcionamiento: 35 % - 90% RH Resistencia de aislamiento: $> 100\text{M OHM}$ Temperatura de almacenamiento: $-25$ °C ~ $80$ °C Humedad de almacenamiento: 25% ~ 95% RH Forma de onda de salida: onda cuadrada, pulso de salida singular.

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

*Fuente:* DIGITEN Flow Controller <https://www.digiten.shop/>

**Tabla 16.**

**Descripción del Equipo de medición – sensor de flujo 1/2” Ø**

---

**Sensor de flujo de agua, 1/2 pulgada Ø, con efecto Hall.**

---

<b>Marca:</b>	DIGITEN G
<b>Modelo:</b>	FL-408

---



---

<b>Rango de medición:</b>	1 – 30 litros por minuto. (L/min) 0.1 a 0.5 (L/s)
<b>Rango de presión:</b>	$\leq 1.75$ MPa.
<b>Frecuencia:</b>	$F=7.5 * Q$ (L / Min), error: $\pm 2\%$
<b>Voltaje:</b>	3.5 – 24 VDC
<b>Capacidad de Carga:</b>	$\leq 15$ mA (DC 5V)
<b>Pulsos:</b>	450 pulsos / litro.
<b>F de Faraday=</b>	Constante * unidades de flujo (L / min) * tiempo (segundos).
<b>Rango de voltaje de trabajo:</b>	DC 5 – 24 V
<b>Forma de onda de salida:</b>	Onda cuadrada, salida de señal de pulso.
<b>Cumple con la especificación</b>	Rohs
<b>Características:</b>	Temperatura de funcionamiento: $\leq 80$ °C Humedad de funcionamiento: 35 % - 90% RH Resistencia de aislamiento: $> 100M$ OHM Temperatura de almacenamiento: $-25$ °C $\sim 80$ °C Humedad de almacenamiento: 25% $\sim 95$ % RH Forma de onda de salida: onda cuadrada, pulso de salida singular.

---

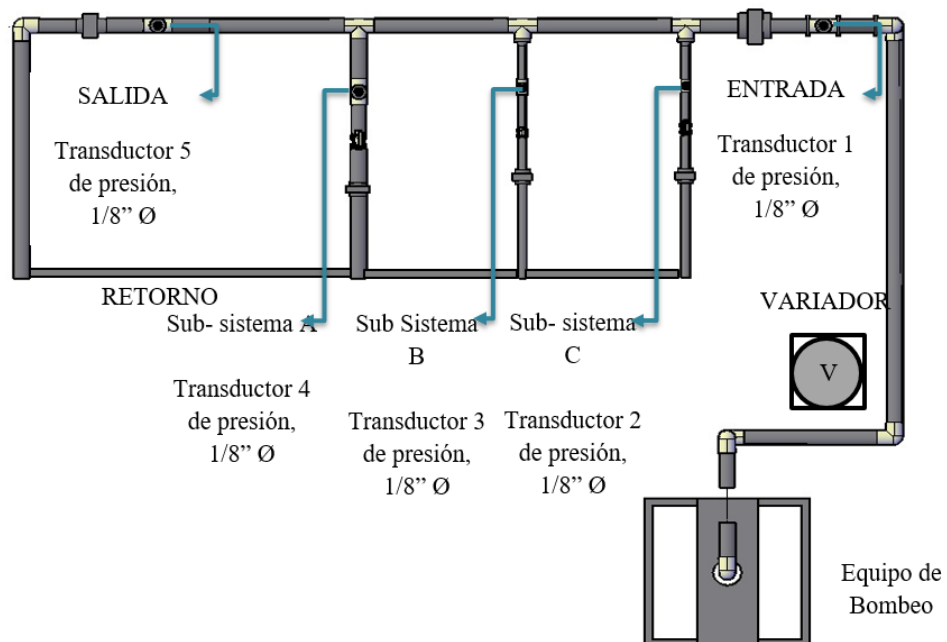
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

**Fuente:** DIGITEN Flow Controller <https://www.digiten.shop/>

### 3.8.1.1.3.2 Transductor de presión

Para la medición de la presión del flujo en el sistema hidráulico a presión se implementará el uso de Transductor de presión universal, sensor Solenoide para Agua, de marca FASTROHY 0.5-4.5V con un rango de medición de hasta 60 Psi, denominado como Manómetro Presión,  $\varnothing$  1/8 "Rosca NPT Acero inoxidable. Los transductores de presión utilizados están sujetos a las vibraciones e interferencias electromagnéticas producidas durante el flujo del agua que las transita en un tiempo determinado los cuales medirán a la Entrada, Salida, y pérdidas durante todo el recorrido en las líneas de conducción la presión del agua a través de ella.

- Presión de Entrada; Transductor 1 de presión, 1/8"  $\varnothing$
- Presión de Salida; Transductor 5 de presión, 1/8"  $\varnothing$
- Presión por pérdida de agua A; Transductor 4 de presión, 1/8"  $\varnothing$
- Presión por pérdida de agua B; Transductor 3 de presión, 1/8"  $\varnothing$
- Presión por pérdida de agua C; Transductor 2 de presión, 1/8"  $\varnothing$



**Imagen 20.** Descripción de la ubicación de los transductores de presión en el sistema.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Tabla 17.

*Descripción del Equipo de medición – Transductor de presión 1/8 NPT*

**Transductor de presión universal**



<b>Marca:</b>	FASTROHY
<b>Modelo:</b>	ATLLLA3858
<b>Diámetro:</b>	1/8 NPT
<b>Entrada:</b>	0 – 60 psi (presión de calibrado)
<b>Salida:</b>	Salida de tensión lineal de 0,5-4,5 V.
<b>Material:</b>	Cuerpo y rosca de acero inoxidable.
<b>Precisión:</b>	+/-0,5% FS;
<b>Rosca:</b>	0.2 in NPT.
<b>Capacidad de sobrecarga:</b>	2 a 4 veces.
<b>Resistencia de carga:</b>	$\leq$ (alimentación de 6,5 V/0,02 A) $\Omega$ ;
<b>Estabilidad a largo plazo:</b>	$\leq$ 0,1 % de FS/año;
<b>Resistencia a los golpes:</b>	35.27 oz.
<b>Antigolpes:</b>	$\leq$ +/-0,01% FS (X, Y, Z axes, 200Hz/g);
<b>Tiempo de respuesta:</b>	$\leq$ 3.3 ft.
<b>Resistencia de aislamiento:</b>	$>$ 100 m $\Omega$ 500 VDC.
<b>Conectores:</b>	Unidad de enchufe Packard incluida. Resistencia de aislamiento: $>$ 100 m $\Omega$ 500 VDC.



<b>Resistencia de carga:</b>	$\leq$ (alimentación de 6,5 V/0,02 A) $\Omega$ ;
<b>Cableado:</b>	Rojo: +5V; Negro: suelo; Verde: Salida de señal;



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



### 3.8.1.1.4 Software para recolección de datos.

Se empleará en combinación el uso e instalación de dos placas de desarrollo compatible con Arduino, placas HiLetgo 2pcs ATmega328P, y Raspberry Pi 3 Modelo B, el microcontrolador se conectara mediante puertos de entrada y salida que configuran la funcionalidad del modelo agregando diversos módulos a la placa original, mismos que alimentan la placa por un puerto USB tipo B, programada a través del puerto serie que incorpora, haciendo uso del cargador de arranque (bootloader) que trae programada por defecto.

Tabla 18. Descripción del Hardware - Placas de desarrollo compatible con UNO R3 Arduino.

Placa - HiLetgo 2pcs UNO R3 ATmega328P ATMEGA16U2	Placa Raspberry Pi 3 Modelo B
	
<b>Nombre de marca:</b> HiLetgo	<b>Características:</b>
<b>Fuente de alimentación externa</b>	Raspberry pi 3 modelo b agrega LAN
Tensión de entrada de 7 V a 12 V CC	inalámbrica y conectividad Bluetooth,
<b>Voltaje de salida:</b>	con procesador Chipest Boardcom
Salida de voltaje de CC de 3,3 V y 5 V	BCM 2837 64 bits ARMv7 Quad.
Salida de voltaje de CC	
<b>Características:</b> Desarrollo compatible con UNO R3 Arduino	
<i>Elaborado por:</i> Aranea & Segovia (2020)	

### 3.8.1.1.5 Hardware para almacenamiento de datos

Tabla 19.

Descripción del Software - Arduino.1.8.10


Software ARDUINO 1.8.10	
<b>Página Web:</b>	<a href="https://www.arduino.cc/en/Main/Software">https://www.arduino.cc/en/Main/Software</a>
<b>Versión:</b>	1.8.10
	<b>Características:</b> Compatible con sistemas operativos de Windows, Mac OS X y Linux, y para todas las placas de Arduino.
<i>Elaborado por:</i> Aranea & Segovia (2020)	

Tabla 20. Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema A

<b>DATOS OBTENIDOS Y VALIDEZ DE DATOS EN EL SUBSISTEMA A</b>												
Frecuencia	PRESION INGRESO AL PROTOTIPO PSI			PRESION SALIDA DEL SUBSISTEMA PSI			CAUDAL INGRESO AL SUBSISTEMA (l/min)			CAUDAL SALIDA DEL SUBSISTEMA (l/min)		
	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación %	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación %	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación %	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación %
30HZ	12.565	0.364	2.953	12.165	0.009	4.040	11.53	0.69	5.97	9.77	0.688	7.049
31 HZ	12.565	0.364	2.953	12.165	0.009	4.040	11.53	0.69	5.97	9.77	0.688	7.049
32 HZ	12.822	0.425	3.375	12.422	0.011	4.934	11.61	0.61	5.24	9.85	0.608	6.174
33 HZ	13.833	0.348	2.551	13.433	0.010	4.781	12.26	0.57	4.68	10.44	0.573	5.493
34 HZ	13.383	0.353	2.683	12.983	0.010	4.486	12.29	0.70	5.73	10.47	0.704	6.731
35 HZ	14.229	0.482	3.459	13.729	0.013	4.578	12.65	0.62	4.89	10.45	0.618	5.916
36 HZ	15.458	0.390	2.567	14.958	0.011	4.379	14.41	0.63	4.35	11.81	0.628	5.313
37 HZ	16.074	0.392	2.476	15.574	0.011	4.816	15.26	0.81	5.33	12.46	0.814	6.532
38 HZ	16.917	0.372	2.227	16.417	0.011	5.238	16.42	0.76	4.64	13.02	0.762	5.854
39 HZ	17.811	0.460	2.610	17.311	0.014	7.656	17.28	0.83	4.82	13.68	0.833	6.088
40 HZ	19.898	0.527	2.750	18.798	0.017	2.265	18.50	0.73	3.95	14.40	0.731	5.078
41 HZ	20.550	0.430	2.167	19.450	0.014	1.932	19.57	0.91	4.65	15.37	0.909	5.917
42 HZ	21.041	0.496	2.439	19.941	0.016	2.297	21.14	1.00	4.74	16.44	1.002	5.840
43 HZ	21.953	0.466	2.188	20.853	0.015	2.299	22.36	0.80	3.56	17.36	0.796	4.587
44 HZ	22.672	0.576	2.615	21.572	0.019	2.988	23.14	1.06	4.56	16.94	1.056	4.780
45 HZ	24.109	0.495	2.144	22.609	0.017	1.669	23.94	0.75	3.15	16.34	0.754	4.613
46 HZ	25.232	0.561	2.312	23.732	0.019	2.007	24.91	1.12	4.50	16.93	1.120	4.651
47 HZ	26.215	0.382	1.510	24.715	0.013	1.441	25.89	0.79	3.04	17.59	0.788	4.480

48 HZ	27.390	0.426	1.609	25.890	0.015	1.712	26.93	0.98	3.63	18.23	0.977	5.359
49 HZ	28.438	0.447	1.620	26.938	0.016	1.901	27.68	0.97	3.49	18.78	0.965	5.141
50 HZ	30.203	0.350	1.211	28.203	0.013	0.988	28.52	1.03	3.60	19.12	1.027	5.373
51 HZ	31.555	0.340	1.121	29.555	0.013	1.015	29.73	0.78	2.62	19.78	0.778	3.933
52 HZ	33.880	0.250	0.765	31.880	0.010	0.828	31.43	1.38	4.40	21.12	1.381	6.541
53 HZ	35.202	0.189	0.555	33.202	0.007	0.666	32.63	1.29	3.96	21.83	1.292	5.920
54 HZ	36.459	0.203	0.572	34.459	0.008	0.754	33.41	0.97	2.89	22.46	0.966	4.303
55 HZ	38.590	0.133	0.364	35.590	0.005	0.263	33.84	1.00	2.96	22.54	1.001	4.441
56 HZ	39.832	0.143	0.378	36.832	0.006	0.293	34.82	1.25	3.58	23.32	1.248	5.351
57 HZ	41.027	0.197	0.505	38.027	0.008	0.420	35.31	1.10	3.11	23.62	1.097	4.645
58 HZ	41.803	0.221	0.554	38.803	0.009	0.481	35.21	1.42	4.04	23.52	1.424	6.055
59 HZ	42.900	0.164	0.400	39.900	0.007	0.370	36.31	0.99	2.73	24.51	0.990	4.040
60 HZ	44.345	0.232	0.551	40.845	0.010	0.420	37.36	1.01	2.71	24.91	1.0122	4.0634

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Tabla 21. *Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema B*

<b>DATOS OBTENIDOS Y VALIDEZ DE DATOS EN EL SUBSISTEMA B</b>												
Frecuencia	PRESION INGRESO AL PROTOTIPO PSI			PRESION SALIDA DEL SUBSISTEMA PSI			CAUDAL INGRESO AL SUBSISTEMA (l/min)			CAUDAL SALIDA DEL SUBSISTEMA (l/min)		
	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%
30HZ	11.736	0.269	2.388	11.136	0.007	1.456	17.07	0.76	4.46	15.31	0.761	4.974
31 HZ	11.415	0.224	2.051	10.815	0.006	1.173	17.60	0.79	4.46	15.84	0.785	4.957
32 HZ	11.057	0.163	1.543	10.457	0.004	0.825	17.60	0.79	4.46	15.84	0.785	4.957
33 HZ	11.697	0.194	1.726	11.097	0.005	1.046	18.14	0.81	4.46	16.32	0.809	4.958
34 HZ	12.422	0.209	1.747	11.822	0.005	1.211	18.70	0.83	4.46	16.88	0.834	4.942
35 HZ	12.990	0.273	2.173	12.390	0.007	1.672	18.70	0.83	4.46	16.50	0.834	5.056
36 HZ	12.990	0.273	2.173	12.390	0.007	1.672	19.28	0.86	4.46	16.68	0.860	5.156
37 HZ	13.926	0.341	2.520	13.326	0.009	2.313	19.30	0.86	4.46	16.50	0.861	5.218
38 HZ	15.502	0.317	2.094	14.902	0.009	2.545	19.32	0.86	4.46	15.92	0.862	5.414
39 HZ	16.225	0.330	2.079	15.625	0.010	2.877	19.30	0.86	4.46	15.70	0.861	5.484
40 HZ	17.400	0.358	2.147	16.400	0.011	1.506	20.49	0.91	4.46	16.39	0.914	5.577
41 HZ	18.341	0.451	2.555	17.341	0.014	2.019	22.09	1.31	5.92	17.89	1.308	7.311
42 HZ	19.082	0.384	2.082	18.082	0.012	1.808	23.06	0.83	3.59	18.36	0.829	4.512
43 HZ	20.144	0.348	1.783	19.144	0.011	1.778	23.94	0.92	3.86	18.94	0.924	4.879
44 HZ	21.210	0.294	1.428	20.210	0.010	1.626	25.49	1.10	4.31	19.29	1.099	5.700
45 HZ	22.636	0.308	1.429	21.136	0.010	0.966	25.88	1.01	3.90	18.28	1.009	5.517
46 HZ	23.615	0.256	1.134	22.115	0.009	0.843	26.66	1.01	3.77	18.68	1.006	5.384
47 HZ	25.193	0.235	0.971	23.693	0.008	0.839	28.49	1.02	3.59	20.19	1.024	5.070

48 HZ	26.808	0.189	0.729	25.308	0.007	0.735	29.84	1.03	3.44	21.14	1.027	4.857
49 HZ	28.323	0.141	0.515	26.823	0.005	0.599	30.56	0.97	3.17	21.66	0.970	4.476
50 HZ	29.824	0.178	0.625	27.824	0.007	0.495	31.57	0.89	2.81	22.17	0.888	4.005
51 HZ	30.805	0.161	0.544	28.805	0.006	0.465	32.15	1.07	3.32	22.20	1.068	4.812
52 HZ	31.720	0.169	0.555	29.720	0.006	0.509	33.29	1.20	3.60	23.19	1.197	5.162
53 HZ	32.939	0.214	0.673	30.939	0.008	0.678	33.86	1.16	3.43	24.06	1.162	4.828
54 HZ	33.861	0.184	0.562	31.861	0.007	0.607	34.79	1.15	3.31	24.29	1.150	4.734
55 HZ	36.519	0.190	0.562	33.019	0.007	0.282	36.17	1.03	2.86	24.87	1.034	4.157
56 HZ	37.648	0.201	0.572	34.148	0.008	0.306	36.63	1.30	3.56	25.13	1.304	5.187
57 HZ	39.908	0.213	0.570	36.408	0.009	0.345	38.40	1.21	3.15	26.71	1.210	4.528
58 HZ	40.339	0.181	0.478	36.839	0.007	0.296	38.50	1.10	2.84	26.81	1.095	4.084
59 HZ	40.899	0.252	0.654	37.399	0.010	0.417	38.12	1.28	3.35	26.32	1.276	4.848
60 HZ	42.428	0.236	0.596	38.428	0.010	0.332	38.95	1.13	2.91	26.50	1.1332	4.2767

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Tabla 22. Datos obtenidos y validación de datos en el Subsistema C.

<b>DATOS OBTENIDOS Y VALIDEZ DE DATOS EN EL SUBSISTEMA C</b>												
Frecuencia	PRESION INGRESO AL PROTOTIPO PSI			PRESION SALIDA DEL SUBSISTEMA PSI			CAUDAL INGRESO AL SUBSISTEMA (l/min)			CAUDAL SALIDA DEL SUBSISTEMA (l/min)		
	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación %	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%	Dato Obtenido	Desv. Estándar	Coficiente de variación%
30HZ	10.216	0.286	2.916	9.716	0.007	1.677	15.69	0.78	4.94	13.93	0.775	5.564
31 HZ	10.134	0.292	3.000	9.634	0.007	1.694	15.27	0.89	5.82	13.51	0.889	6.581
32 HZ	10.812	0.298	2.858	10.312	0.007	1.862	16.34	0.80	4.91	14.58	0.802	5.497
33 HZ	11.415	0.349	3.163	10.915	0.009	2.350	17.36	0.84	4.83	15.54	0.838	5.393
34 HZ	12.008	0.312	2.680	11.508	0.008	2.265	17.75	0.69	3.91	15.93	0.694	4.357
35 HZ	12.949	0.274	2.225	12.149	0.007	1.125	19.08	0.95	4.97	16.88	0.948	5.615
36 HZ	13.739	0.316	2.411	12.939	0.009	1.386	19.68	0.95	4.82	17.08	0.949	5.553
37 HZ	14.487	0.290	2.087	13.687	0.008	1.350	20.80	0.83	4.01	18.00	0.834	4.633
38 HZ	15.456	0.274	1.841	14.656	0.008	1.383	22.02	0.92	4.16	18.62	0.916	4.917
39 HZ	16.197	0.309	1.975	15.397	0.009	1.659	24.04	3.93	4.18	20.44	3.929	4.870
40 HZ	17.510	0.258	1.556	16.310	0.008	0.842	23.55	1.06	4.51	19.45	1.062	5.458
41 HZ	18.265	0.349	2.011	17.065	0.011	1.193	24.10	0.95	3.94	19.90	0.949	4.770
42 HZ	19.193	0.375	2.042	18.006	0.546	1.500	25.16	1.15	4.59	20.46	1.155	5.643
43 HZ	20.191	0.302	1.561	19.004	0.407	1.480	26.62	0.76	2.86	21.62	0.761	3.519
44 HZ	21.045	0.277	1.367	19.832	0.475	1.504	27.33	0.87	3.18	21.13	0.868	4.108
45 HZ	22.974	0.234	1.092	20.978	0.359	1.624	28.29	0.92	3.25	20.69	0.920	4.449
46 HZ	23.809	0.262	1.174	21.824	0.357	1.784	29.11	0.97	3.32	21.13	0.965	4.567

47 HZ	25.173	0.248	1.047	23.174	0.351	2.245	30.57	0.89	2.91	22.27	0.890	3.998
48 HZ	27.128	0.240	0.934	25.128	0.253	2.564	31.93	0.80	2.49	23.23	0.796	3.426
49 HZ	28.387	0.112	0.415	26.385	0.129	2.312	32.78	1.23	3.76	23.88	1.233	5.166
50 HZ	29.899	0.135	0.480	27.392	0.184	2.456	33.71	1.36	4.05	24.31	1.365	5.613
51 HZ	30.931	0.145	0.496	28.438	0.191	2.123	34.61	1.08	3.11	24.66	1.076	4.365
52 HZ	31.944	0.098	0.324	29.441	0.119	1.897	34.67	1.09	3.13	24.36	1.086	4.457
53 HZ	33.156	0.186	0.591	30.649	0.281	1.784	35.49	1.23	3.48	24.69	1.235	5.002
54 HZ	34.277	0.193	0.592	31.771	0.306	1.745	36.40	1.08	2.97	25.45	1.081	4.249
55 HZ	36.247	0.161	0.478	32.743	0.194	1.458	37.86	1.24	3.28	26.56	1.243	4.680
56 HZ	37.358	0.136	0.392	33.857	0.168	1.478	38.45	1.37	3.57	26.95	1.373	5.095
57 HZ	38.533	0.149	0.415	35.036	0.223	1.452	38.91	1.21	3.10	27.22	1.207	4.436
58 HZ	39.615	0.179	0.481	36.121	0.251	1.412	40.20	1.25	3.12	28.51	1.255	4.401
59 HZ	40.619	0.203	0.532	37.110	0.291	1.564	40.42	1.25	3.10	28.62	1.254	4.383
60 HZ	43.073	0.241	0.616	38.070	0.341	0.784	41.24	1.52	3.69	28.79	1.5211	5.2832

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

### 3.10 Modelo para estimar $\Delta Q$ , $Q$ ; $\Delta C$ , $C$ ; $\Delta P$ , $P$ - Estimación de los modelos.

#### 3.10.1 Factores hidráulicos

##### 3.10.1.1 Análisis por pérdida de carga y accesorios.

En el análisis del comportamiento del flujo que se realiza en el prototipo, se procederá a obtener una base de datos, la cual se empleará para el análisis correspondiente, en el cual se determinará la pérdida de carga local y por fricción en el sistema, con la finalidad de encontrar o descontar a los valores de ingreso, en cuanto a presión, mismos que son necesarios para determinar la pérdida real de agua potable en el prototipo.

El experimento se inicia manteniendo todos los conductos cerrados para los subsistemas A, B y C, obteniendo los valores al ingreso y salida del prototipo, con los sensores instalados y calibrados en las tuberías de conducción, determinando así la pérdida existente debido a carga local, por accesorios, y rugosidad, descontando la presión de ingreso respecto a la presión de salida.

La evaluación se inicia mediante el análisis de la base de datos, donde se procede a graficar y obtener la ecuación correspondiente que lo representa, se destaca que este valor es importante para encontrar la presión neta.

Se obtendrá los datos a la entrada del sistema y a la salida del sistema teniendo los subsistemas A-B-C cerrados y se procederá a evaluar la red matriz con la que se obtendrá ecuaciones de pérdida de carga por fricción y locales. En la tabla 23 la cual se muestra los datos de presiones por diferentes caudales simulados en el prototipo.

**Tabla 23.**

***Resumen de datos obtenidos por pérdida de carga del prototipo.***

<b>RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS POR PERDIDA LOCAL DEL PROTOTIPO</b>			
Frecuencia	Presión de Entrada PSI	Presión de salida PSI	Caudal del sistema L / min
30 HZ	8.83	8.63	12.26
31 HZ	10.55	10.35	12.80
32 HZ	11.75	11.55	13.50
33 HZ	12.27	12.07	14.80
34 HZ	12.99	12.79	15.20



35 HZ	13.47	13.27	16.00
36 HZ	14.41	14.21	16.81
37 HZ	15.00	14.80	17.40
38 HZ	15.82	15.62	17.98
39 HZ	16.83	16.63	18.60
40 HZ	17.71	17.51	19.52
41 HZ	18.69	18.49	16.69
42 HZ	19.78	19.58	17.08
43 HZ	20.91	20.71	18.02
44 HZ	21.99	21.79	18.98
45 HZ	22.95	22.45	23.87
46 HZ	23.84	23.34	24.05
47 HZ	24.96	24.46	24.90
48 HZ	27.15	26.65	25.14
49 HZ	28.43	27.93	25.94
50 HZ	29.14	28.14	26.50
51 HZ	29.63	28.63	27.02
52 HZ	31.07	30.07	27.89
53 HZ	32.57	31.57	28.53
54 HZ	34.10	33.10	29.30
55 HZ	36.08	35.06	30.87
56 HZ	38.52	37.50	31.58
57 HZ	39.25	38.23	32.65
58 HZ	40.57	39.55	33.58
59 HZ	41.37	40.35	34.89
60 HZ	42.44	40.44	33.50

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

En la tabla 23. Se puede observar los datos obtenidos de la presión de entrada y salida, mediante los ensayos realizados, los rangos se establecen para sistemas de manuales de diseño y normativa vigente aplicada a redes de distribución para agua potable, a la entrada desde 8.83 PSI para la frecuencia de 30Hertz, y hasta 42.44 PSI para los 60 Hertz, se determinó que no existe variación de caudal a la entrada y salida para las diversas simulaciones por frecuencias dentro del prototipo.

En el análisis de datos, se aplicará el modelo de regresión, donde obtiene la relación presente entre la variable dependiente, denominada como variable respuesta en el eje de las ordenadas, en comparación a un conjunto de variables explicativas en las abscisas, para el análisis correspondiente es la presión de salida, (Y) y la presión de entrada (X) respectivamente.

El comportamiento será medido por una línea de tendencia, conseguido un factor de correlación y coeficiente de determinación, donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados. Para determinar la correlación o R y el coeficiente de determinación o  $R^2$ , se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamente, en el Capítulo II.

Los valores obtenidos muestran como resultado una correlación de:

$$R = 0.999$$

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión potencial, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido a los intervalos de los valores, aplicando la Formulación 40, expuesta en el Capítulo II para el modelo de regresión potencial.

Formulación 51. Para determinar pérdida de carga del sistema debido a rugosidad de tuberías y accesorios propuesta por los autores.

*Es expresada como:*

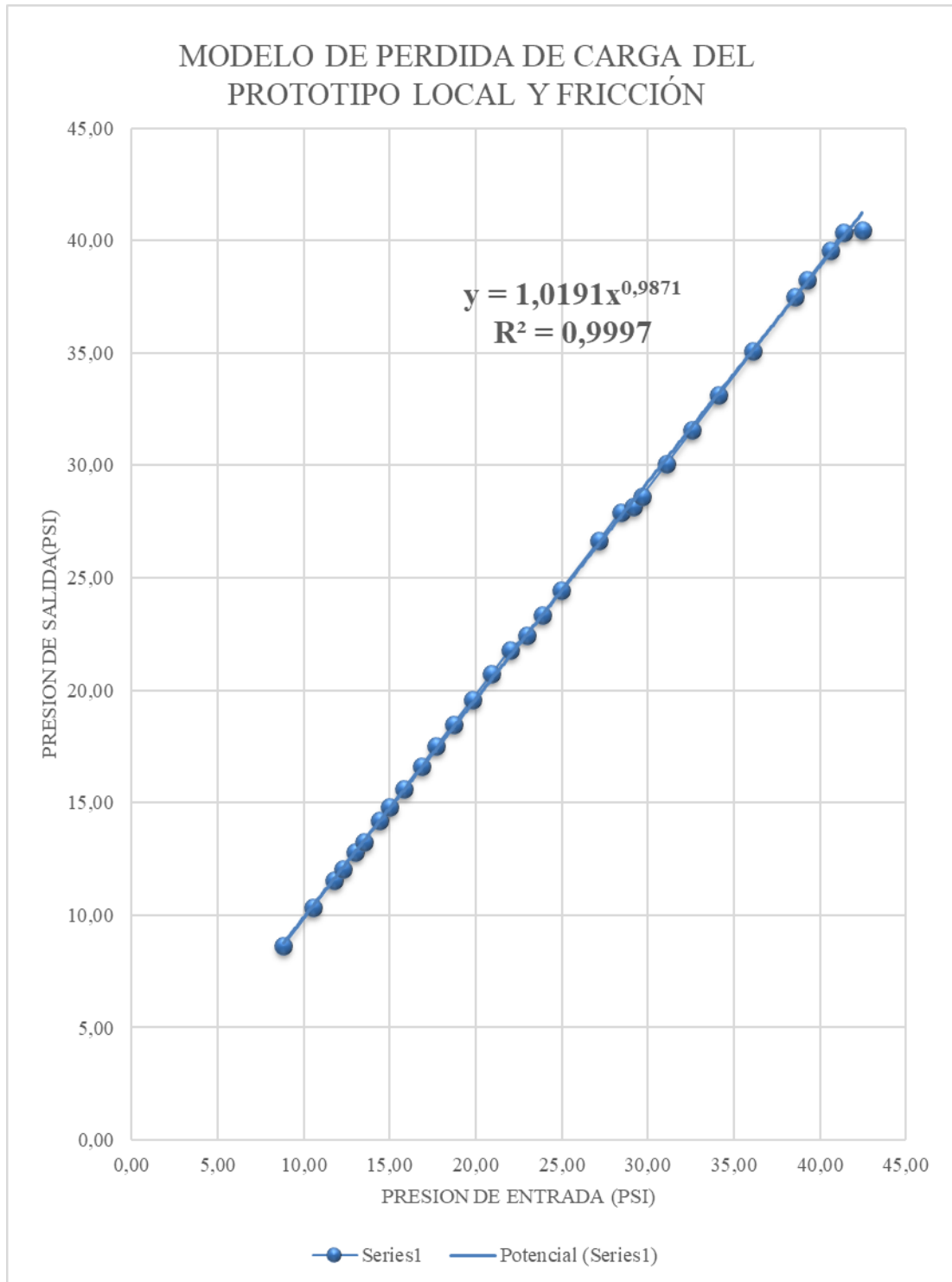
$$Y = 1.0191x^{0.9871} \quad [51]$$

Donde:

Y= Presión de salida afectada por pérdida de carga en psi.

X= Presión de entrada al sistema en psi.

Los coeficientes facilitarán a la investigación a encontrar una gráfica que represente el comportamiento de presión de entrada y de presión de salida afectada por pérdida de agua. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 1.



**Gráfica 1.** Curva modelo de pérdida de carga local y de fricción.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Se presenta en la gráfica 1. la línea de tendencia y la ecuación del modelo a partir de la base de datos en los ensayos correspondientes y su posterior análisis, donde; *la formulación propuesta es aplicable para determinar la pérdida de carga del sistema debido a rugosidad de tuberías y accesorios.*

**Tabla 24.**

*Tabla del modelo de pérdidas de carga local del prototipo.*

---

<b>TABLA DEL MODELO DE PERDIDAS DE CARGA LOCAL DEL PROTOTIPO</b>	
Presión de entrada PSI	Presión de salida PSI
30.00	29.26
31.00	30.22
32.00	31.19
33.00	32.15
34.00	33.11
35.00	34.07
36.00	35.03
37.00	35.99
38.00	36.95
39.00	37.91
40.00	38.87
41.00	39.83
42.00	40.79
43.00	41.75
44.00	42.70
45.00	43.66
46.00	44.62
47.00	45.58
48.00	46.53
49.00	47.49
50.00	48.45
51.00	49.40
52.00	50.36
53.00	51.32
54.00	52.27
55.00	53.23
56.00	54.18
57.00	55.14
58.00	56.09
59.00	57.05
60.00	58.00

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Aplicando la formulación obtenida en la gráfica 1, propuesta por los autores para determinar la pérdida de carga del sistema, se establecen los rangos expuestos en

la tabla 24 que puedan estimar el modelo por pérdida de carga debido a rugosidad de tuberías y accesorios.

### 3.10.1.2 Análisis por pérdida de energía.

Siguiendo el proceso metodológico para estimar los indicadores técnicos por pérdidas debido a factores externos, descontando las pérdidas locales y por fricción dentro del prototipo antes de llegar a los subsistemas A-B-C se analiza las pérdidas de agua en función de la variación de caudales que se obtienen con el equipo, mediante variación de frecuencia en el prototipo propuesto.

Para conocer y obtener los datos que son afectados por pérdidas debido a factores externos, se deberá obtener la presión que ingresa a los subsistemas A-B-C. que propone la investigación, donde se requiere descontar las pérdidas locales o por fricción dentro del prototipo con la ecuación 51 propuesta en el presente capítulo con la finalidad de encontrar y obtener presiones que se vean afectadas por carga local, por accesorios, y rugosidad.

Formulación 52. Para determinar presiones afectada netamente por pérdidas de agua, o factores externos.

*Es expresada como:*

$$P_n = P_i - H_f \quad [52]$$

$P_n$ = Presión netamente afectado por pérdidas de agua, o factores externos.  
(Presión ingreso al subsistema)

$P_i$  =Presión Inicial del prototipo.

$H_f$  =Pérdida local y por fricción del prototipo.

Formulación 53. Para determinar el factor de variación de caudal.

*Es expresada como:*

$$Q_F = \frac{Q_S}{Q_E} \quad [53]$$

$Q_F$ = Factor de variación de caudal.

$Q_S$ = Caudal de salida del subsistema.

$Q_E$ = Caudal de entrada del subsistema.

Formulación 54. Para determinar el factor de variación de presión.

Es expresada como:

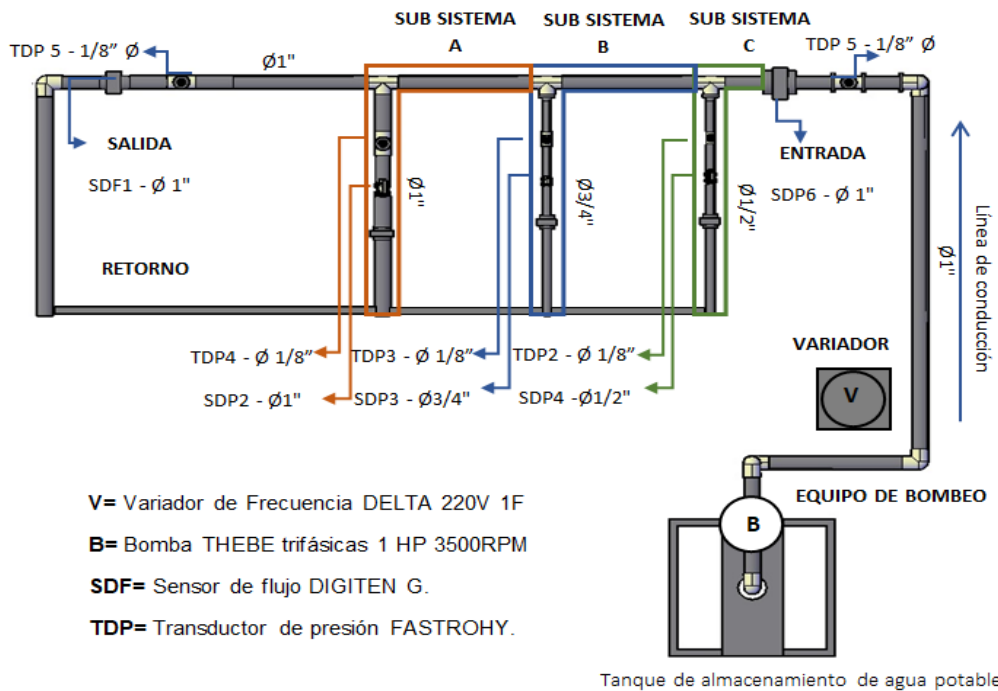
$$PF = \frac{PS}{PE} \quad [54]$$

PF= Factor de variación Presión.

PS=Presión salida del subsistema.

PE = Presión de entrada del subsistema.

Este análisis es efectuado para los subsistemas A-B-C que se propone en la investigación que inicia en la red matriz analizando otras pérdidas que suponen sean pedidas de agua, locales, etc.



**Imagen 21.** Implantación de los Subsistemas A-B-C.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Subsistema A.- Ingreso 1" – Salida 1Ø" (Color Naranja)

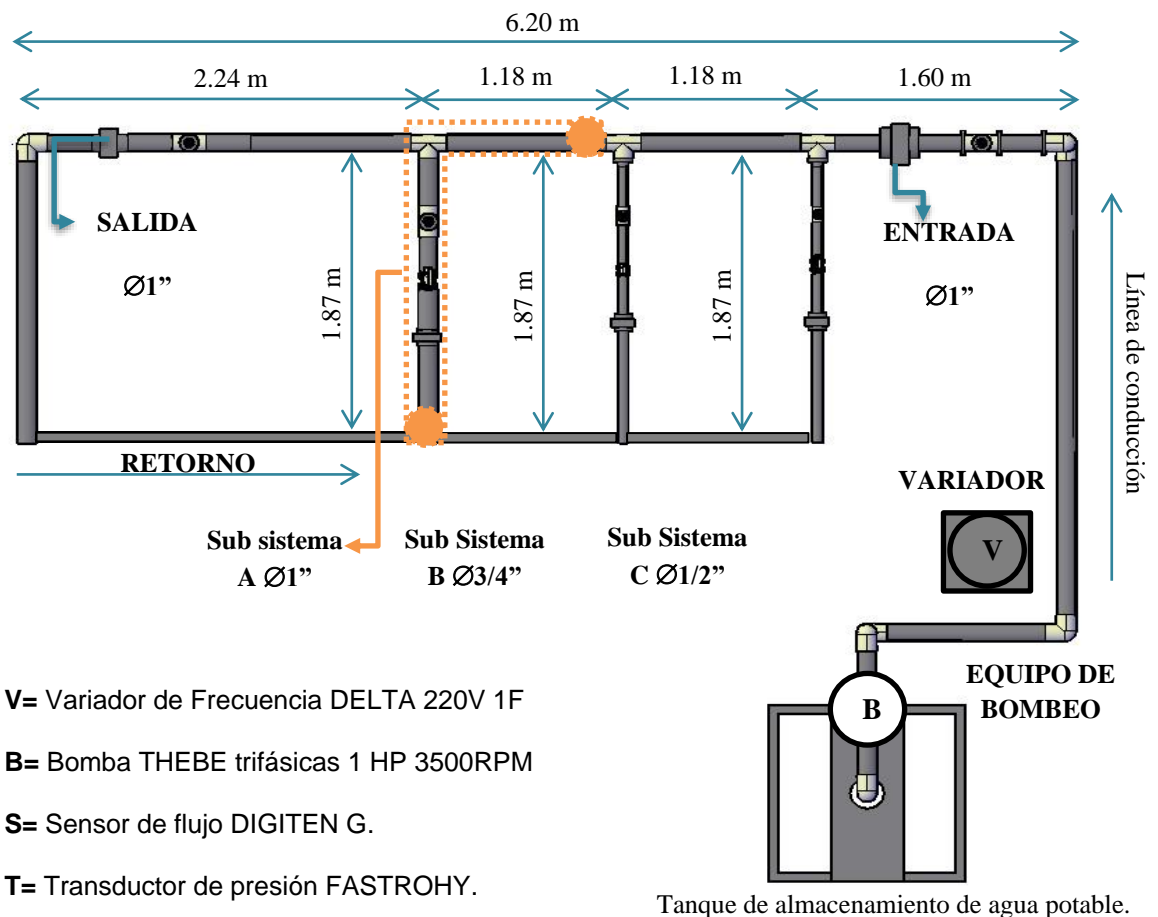
Subsistema B.- Ingreso 1" – Salida ¾Ø" (Color Azul)

Subsistema C.- Ingreso 1" – Salida ½Ø" (Color Verde)

Este análisis es efectuado con la finalidad de visualizar el comportamiento de pérdidas por diferentes diámetros de salida y observa cuál sería su tendencia en una gráfica planteada y cuál sería su diferencia entre ellas.

### 3.10.1.2.1 Pérdida de energía en el Subsistema A – Ø1”

Una vez explicado el proceso para la obtención de datos dentro de los subsistemas se procede a explicar las características reflejadas dentro del subsistema A. El subsistema A está conformado por una salida con un diámetro de Ø1” con la finalidad de analizar pérdidas de agua en una red matriz y el subsistema representa el las perdidas por otros factores externos que afecten al mismo.



*Imagen 22.* Implantación Subsistema A.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

En la imagen 22 se muestra el tramo establecido para el subsistema A, como se puede observar en la gráfica propuesta se conecta en la red matriz y tiene una salida

con un diámetro de Ø1”, El subsistema fue elaborado de tal forma que se evalúe las pérdidas y el comportamiento del flujo ante alguna derivación o desviación de caudal.

Una vez obtenidos los datos y procesados de tal forma que se pueda obtener las variaciones de caudal y presión afectadas por pérdidas por factores externos. Se determina que el prototipo fue simulado para diferentes caudales entre rangos de frecuencias que representan la eficiencia del equipo de bombeo. Estos valores reflejan el resumen por cada una de las frecuencias simuladas, donde para cada una se realizaron 30 ensayos que validan el resultado obtenido.

Se puede observar que la tabla 25 las frecuencias de modelación entre 30 a 60HZ por lo que esto propone analizar 30 datos por cada frecuencia, que conforma una variación del flujo, teniendo que analizar dando como resultado 900 datos obtenidos y procesados de tal forma que se obtenga una confiabilidad más acercado a lo requerido en la investigación.

Las variaciones de caudal se establecen entre 0.85 a 0.67 y las variaciones de presión entre 0.99 a 0.97. Los factores o coeficientes hidráulicos facilitarán que el análisis sea adimensional, de tal forma que no limita a la investigación al tipo de conducto, de sistema, sea macro o de menor escala, debido a que los rangos de caudales y presiones están conforme a los manuales de diseño y normativa vigente para entidades reguladoras de este servicio. Los rangos mencionados con anterioridad se muestran en los anexos, 4.6 base de datos de tablas de Subsistema A.



**Tabla 25. Datos procesados de modelo por pérdida de energía en relación con el Subsistema A.**

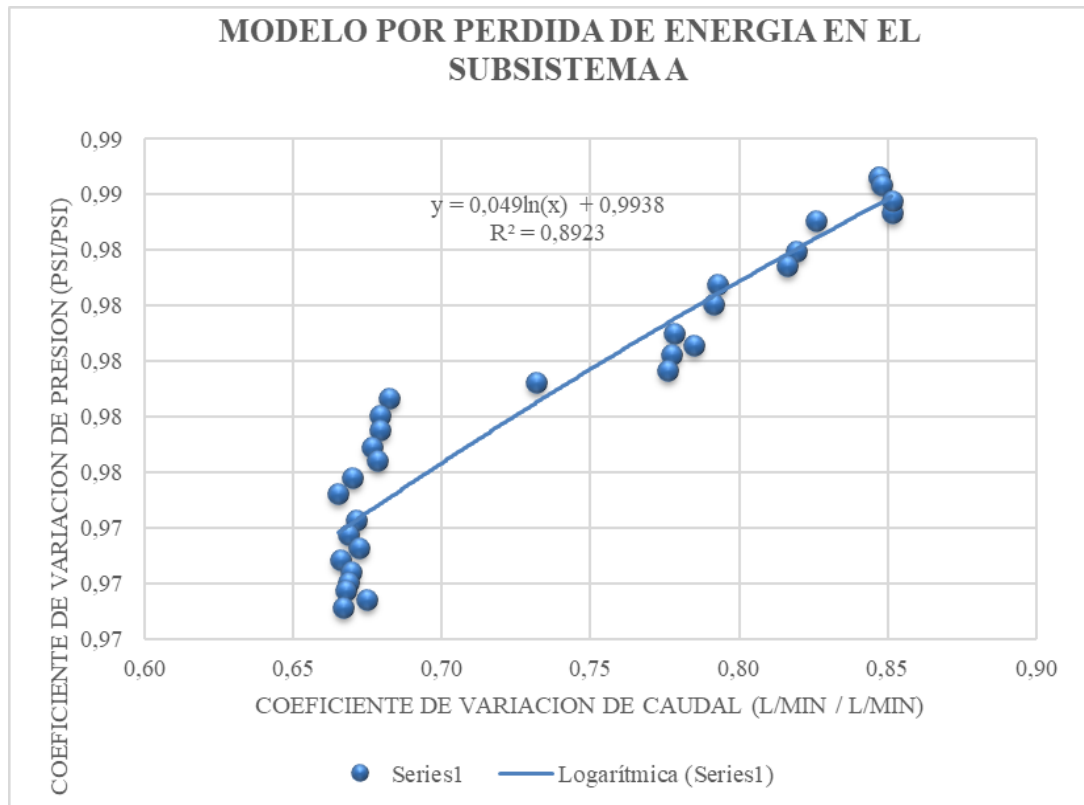
**DATOS PROCESADOS DE MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA CON EL SUBSISTEMA A**

Frecuencia	Presión ingreso al prototipo PSI	Diferencia de presión fugas PSI	Presión ingreso al subsistema PSI	Presión salida del subsistema PSI	Caudal ingreso al subsistema (l/min)	Caudal salida del subsistema (l/min)	Coefficiente variación de caudal (Q2/Q1)	Coefficiente variación de presión (P2/P1)
30HZ	12.565	0.235	12.330	12.165	11.53	9.77	0.847	0.987
31 HZ	12.565	0.235	12.330	12.165	11.53	9.77	0.847	0.987
32 HZ	12.822	0.228	12.594	12.422	11.61	9.85	0.848	0.986
33 HZ	13.833	0.200	13.633	13.433	12.26	10.44	0.851	0.985
34 HZ	13.383	0.212	13.171	12.983	12.29	10.47	0.851	0.986
35 HZ	14.229	0.291	13.938	13.729	12.65	10.45	0.826	0.985
36 HZ	15.458	0.256	15.202	14.958	14.41	11.81	0.819	0.984
37 HZ	16.074	0.237	15.836	15.574	15.26	12.46	0.816	0.983
38 HZ	16.917	0.212	16.706	16.417	16.42	13.02	0.793	0.983
39 HZ	17.811	0.184	17.627	17.311	17.28	13.68	0.791	0.982
40 HZ	19.898	0.736	19.162	18.798	18.50	14.40	0.778	0.981
41 HZ	20.550	0.715	19.836	19.450	19.57	15.37	0.785	0.981
42 HZ	21.041	0.698	20.342	19.941	21.14	16.44	0.777	0.980
43 HZ	21.953	0.667	21.286	20.853	22.36	17.36	0.776	0.980
44 HZ	22.672	0.643	22.030	21.572	23.14	16.94	0.732	0.979
45 HZ	24.109	1.007	23.102	22.609	23.94	16.34	0.682	0.979
46 HZ	25.232	0.967	24.266	23.732	24.91	16.93	0.679	0.978
47 HZ	26.215	0.931	25.284	24.715	25.89	17.59	0.679	0.978
48 HZ	27.390	0.888	26.502	25.890	26.93	18.23	0.676	0.977
49 HZ	28.438	0.849	27.589	26.938	27.68	18.78	0.678	0.976

50 HZ	30.203	1.301	28.901	28.203	28.52	19.12	0.670	0.976
51 HZ	31.555	1.249	30.306	29.555	29.73	19.78	0.665	0.975
52 HZ	33.880	1.158	32.722	31.880	31.43	21.12	0.671	0.974
53 HZ	35.202	1.105	34.098	33.202	32.63	21.83	0.669	0.974
54 HZ	36.459	1.054	35.406	34.459	33.41	22.46	0.672	0.973
55 HZ	38.590	2.007	36.583	35.590	33.84	22.54	0.666	0.973
56 HZ	39.832	1.956	37.877	36.832	34.82	23.32	0.669	0.972
57 HZ	41.027	1.905	39.122	38.027	35.31	23.62	0.669	0.972
58 HZ	41.803	1.872	39.930	38.803	35.21	23.52	0.667	0.972
59 HZ	42.900	1.826	41.074	39.900	36.31	24.51	0.675	0.971
60 HZ	44.345	2.285	42.060	40.845	37.36	24.91	0.6665	0.9711

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Se puede observar los valores obtenidos en coeficiente de variación de caudal y de presión, con la finalidad de medir el comportamiento que se proyecta la curva que represente el comportamiento del flujo afectado por la pérdida que se desea encontrar, siendo está afectada por factores externos que afecten al comportamiento del mismo. El análisis permitirá a la investigación encontrar el modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 2.



**Gráfica 2.** Curva de modelo por pérdida de energía en el Subsistema A.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

En el análisis de datos, se aplicará el modelo de regresión donde se evalúa el comportamiento del flujo de tal forma que la gráfica que representa el coeficiente de variación de presión, (Y) y el coeficiente de variación de caudal (X) respectivamente, muestre una línea de tendencia con una correlación determinada.

El comportamiento será medido por una línea de tendencia, obtenido un factor de correlación y coeficiente de determinación, donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados. Para determinar la correlación R, y el coeficiente de determinación

o  $R^2$ , se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamente, en el Capítulo II.

El coeficiente de Correlación del sistema hidráulico de la Subsistema A es

$$R= 0.95$$

Los cuales determinan una ecuación logarítmica entre dos variables que son X *Variación de caudal*, y Y *Variación de presión*, obteniendo como resultado una ecuación que nos muestre la pérdida de presión o de energía efectuada por la variación de caudal; mostrando así una correlación cercana a 1 y con un comportamiento en pendiente positiva.

En la gráfica 2, se presenta la línea de tendencia y se expone la ecuación del modelo a partir de la base de datos en los ensayos correspondientes y su posterior análisis. La formulación propuesta es aplicable para determinar la pérdida en el sistema debido pérdidas de agua ajenas a pérdidas locales o de fricción.

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión potencial, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido a los intervalos de los valores, aplicando la Formulación 45, expuesta en el Capítulo II para el modelo de regresión potencial.

Formulación 55. Función real de la Subsistema A del sistema hidráulico.

$$y = 0.049\ln(x) + 0.9938 \quad [55]$$

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Donde

y= Coeficiente por pérdida de Subsistema A  $1\emptyset$

x= Coeficiente de variación de caudal de Subsistema A.

En la tabla 26. Aplicando la formulación 55, propuesta por los autores para determinar pérdida del subsistema A, se establecen los rangos que puedan estudiar o analizar el modelo que se muestra a continuación.

**Tabla 26.**

**Resumen del modelo por pérdida de energía aplicando formulación.**

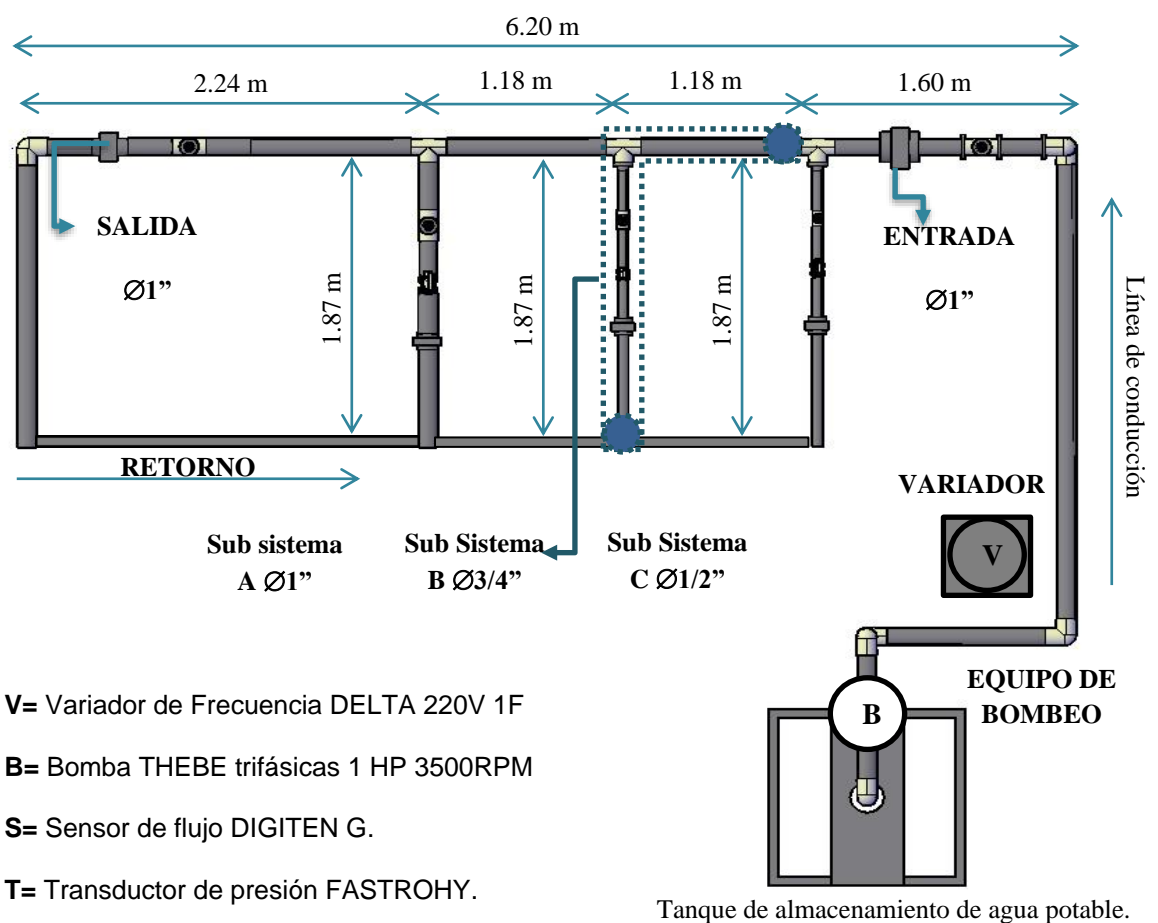
<b>RESUMEN DEL MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA EN RELACIÓN AL SUBSISTEMA A APLICANDO FORMULACIÓN.</b>	
<b>Coefficiente de variación de caudal neto por perdida</b>	<b>Coefficiente de variación de presión neto por perdida</b>
1.0000	0.9938
0.9800	0.9928
0.9000	0.9886
0.8500	0.9858
0.8000	0.9829
0.7500	0.9797
0.7000	0.9763
0.6500	0.9727
0.6000	0.9688
0.5500	0.9645
0.5000	0.9598
0.4500	0.9547
0.4000	0.9489
0.3500	0.9424
0.3000	0.9348
0.2500	0.9259
0.2000	0.9149
0.1500	0.9008
0.1000	0.8810
0.0500	0.8470

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Los valores obtenidos facilitarán a la investigación a encontrar una gráfica que represente el comportamiento de los coeficientes de variación de presión vs coeficiente de variación de caudales afectada por pérdida de agua para analizar. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 2.

### 3.10.1.2.2 Pérdida de energía en el Subsistema B – Ø3/4”

El subsistema B está conformado por una salida con un diámetro de Ø 3/4” con la finalidad de analizar pérdidas de agua en una red matriz y el subsistema representa el agua o por otros factores externos que afecten al mismo. En la Imagen 23 se muestra el tramo establecido para el subsistema B, como se puede observar en la gráfica propuesta se conecta en la red matriz y con la tubería de 3/4”. El subsistema fue elaborado para evaluar las pérdidas y el comportamiento del flujo ante alguna derivación o desviación de caudal.



**Imagen 23.** Implantación Subsistema B.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

En la imagen 23 se muestra el tramo establecido para el subsistema A, como se puede observar en la gráfica propuesta se conecta en la red matriz y tiene una salida con un diámetro de Ø3/4”, El subsistema fue elaborado de tal forma que se evalúe las pérdidas y el comportamiento del flujo ante alguna derivación o desviación de caudal.

Una vez obtenidos los datos y procesados de tal forma que se pueda obtener las variaciones de caudal y presión afectadas por pérdidas por factores externos. Se determina que el prototipo fue simulado para diferentes caudales entre rangos de frecuencias que representan la eficiencia del equipo de bombeo. Estos valores reflejan el resumen por cada una de las frecuencias simuladas, donde para cada una se realizaron 30 ensayos que validan el resultado obtenido.

Se puede observar que la tabla 27 las frecuencias de modelación entre 30 a 60HZ por lo que esto propone analizar 30 datos por cada frecuencia, que conforma una variación del flujo, teniendo que analizar dando como resultado 900 datos obtenidos y procesados de tal forma que se obtenga una confiabilidad más acercado a lo requerido en la investigación.

Se muestran Variaciones de caudal entre 0.90 a 0.68 y variaciones de presión entre 0.99 a 0.97. Los factores o coeficientes hidráulicos facilitarán que el análisis sea adimensional, de tal forma que no limita a la investigación al tipo de conducto, de sistema, sea macro o de menor escala, debido a que los rangos de caudales y presiones están moderados en los manuales de diseño y normativa vigente para entidades reguladoras de este servicio. Los rangos mencionados con anterioridad se muestran en los anexos, 4.6 base de datos de tablas de Subsistema B.

**Tabla 27. Datos procesados de modelo por pérdida de energía en relación al Subsistema B**

<b>DATOS PROCESADOS DE MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA CON EL SUBSISTEMA B</b>								
Frecuencia	Presión ingreso al prototipo PSI	Diferencia de presión fugas PSI	Presión ingreso al subsistema PSI	Presión salida del subsistema PSI	Caudal ingreso al subsistema (l/min)	Caudal salida del subsistema (l/min)	Coficiente variación de caudal (Q2/Q1)	Coficiente variación de presión (P2/P1)
30HZ	11.736	0.462	11.274	11.136	17.07	15.31	0.899	0.988
31 HZ	11.415	0.470	10.945	10.815	17.60	15.84	0.902	0.988
32 HZ	11.057	0.479	10.578	10.457	17.60	15.84	0.902	0.989
33 HZ	11.697	0.463	11.234	11.097	18.14	16.32	0.902	0.987
34 HZ	12.422	0.444	11.978	11.822	18.70	16.88	0.904	0.987
35 HZ	12.990	0.429	12.562	12.390	18.70	16.50	0.885	0.986
36 HZ	12.990	0.429	12.562	12.390	19.28	16.68	0.868	0.986
37 HZ	13.926	0.403	13.523	13.326	19.30	16.50	0.858	0.985
38 HZ	15.502	0.358	15.144	14.902	19.32	15.92	0.827	0.984
39 HZ	16.225	0.336	15.889	15.625	19.30	15.70	0.817	0.983
40 HZ	17.400	0.712	16.688	16.400	20.49	16.39	0.804	0.982
41 HZ	18.341	0.683	17.659	17.341	22.09	17.89	0.804	0.982
42 HZ	19.082	0.659	18.422	18.082	23.06	18.36	0.797	0.982
43 HZ	20.144	0.625	19.519	19.144	23.94	18.94	0.796	0.981
44 HZ	21.210	0.589	20.620	20.210	25.49	19.29	0.756	0.980
45 HZ	22.636	1.058	21.578	21.136	25.88	18.28	0.711	0.979
46 HZ	23.615	1.024	22.591	22.115	26.66	18.68	0.712	0.979
47 HZ	25.193	0.968	24.225	23.693	28.49	20.19	0.712	0.978
48 HZ	26.808	0.910	25.898	25.308	29.84	21.14	0.715	0.977
49 HZ	28.323	0.853	27.469	26.823	30.56	21.66	0.706	0.976

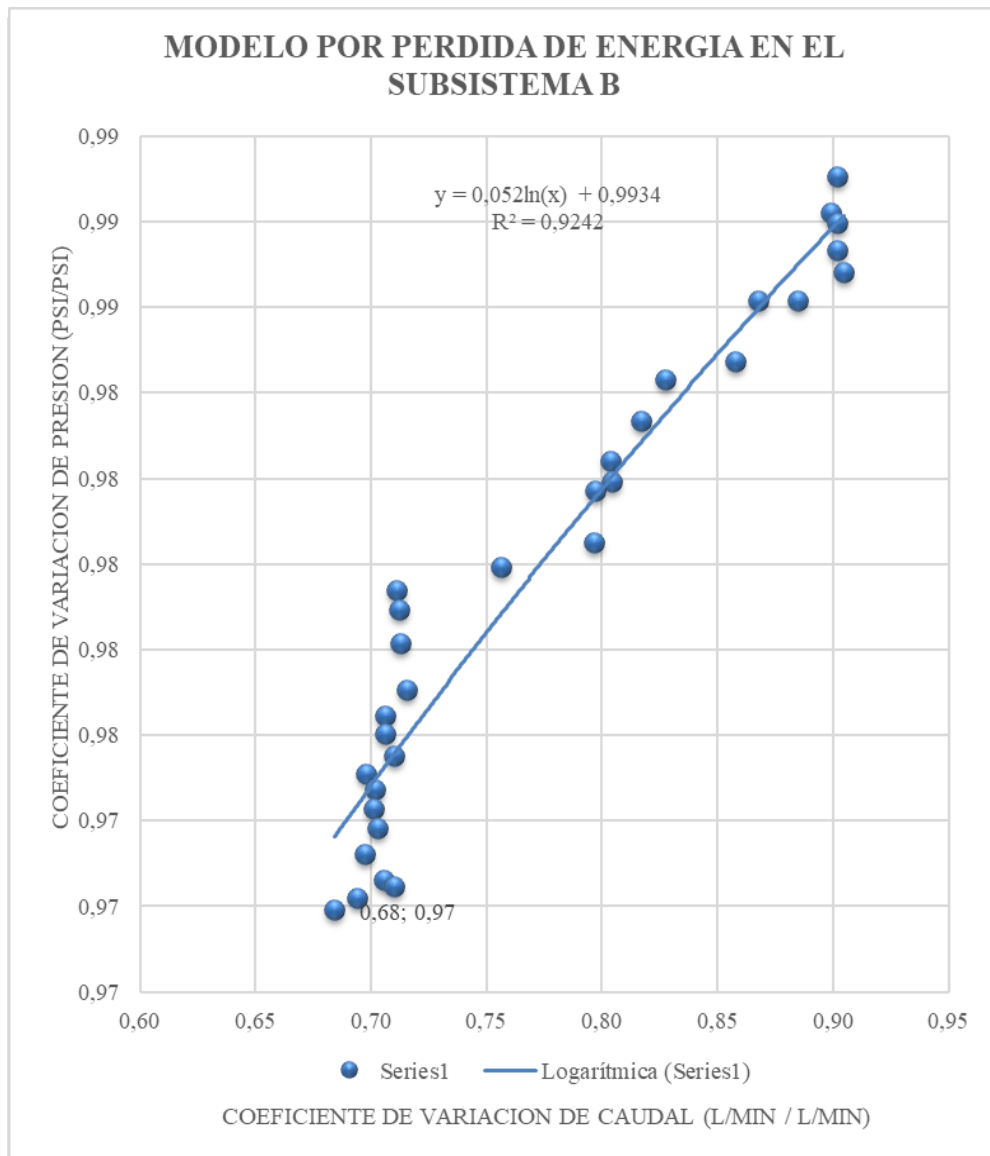


50 HZ	29.824	1.316	28.509	27.824	31.57	22.17	0.706	0.976
51 HZ	30.805	1.278	29.527	28.805	32.15	22.20	0.710	0.976
52 HZ	31.720	1.243	30.478	29.720	33.29	23.19	0.698	0.975
53 HZ	32.939	1.195	31.744	30.939	33.86	24.06	0.702	0.975
54 HZ	33.861	1.159	32.703	31.861	34.79	24.29	0.701	0.974
55 HZ	36.519	2.612	33.907	33.019	36.17	24.87	0.703	0.974
56 HZ	37.648	2.566	35.082	34.148	36.63	25.13	0.697	0.973
57 HZ	39.908	2.473	37.435	36.408	38.40	26.71	0.706	0.973
58 HZ	40.339	2.455	37.884	36.839	38.50	26.81	0.710	0.972
59 HZ	40.899	2.432	38.468	37.399	38.12	26.32	0.694	0.972
60 HZ	42.428	2.888	39.539	38.428	38.95	26.50	0.6843	0.9719

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Se muestra en la tabla 27 los valores obtenidos en coeficiente de variación de caudal y de presión; con la finalidad de medir el comportamiento que se proyecta una curva que represente el comportamiento del flujo afectado por la pérdida de agua. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 3.



**Gráfica 3.** Curva de modelo por pérdida de energía en el subsistema B.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

En el análisis de datos, se aplicará el modelo de regresión donde se evalúa el comportamiento del flujo de tal forma que la gráfica que representa el coeficiente de variación de presión, (Y) y el coeficiente de variación de caudal (X) respectivamente, muestre una línea de tendencia con una correlación determinada.

El comportamiento será medido por una línea de tendencia, obtenido un factor de correlación y coeficiente de determinación, donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados. Para determinar la correlación R, y el coeficiente de determinación o R<sup>2</sup>, se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamente, en el Capítulo II.

El coeficiente de Correlación del sistema hidráulico de la Subsistema B es

$$R= 0.96$$

Los cuales determinan una ecuación logarítmica entre dos variables que son X *Variación de caudal*, y Y *Variación de presión*, obteniendo como resultado una ecuación que nos muestre la pérdida de presión o de energía efectuada por la variación de caudal; mostrando así una correlación cercana a 1 y con un comportamiento en pendiente positiva.

En la gráfica 3, se presenta la línea de tendencia y se expone la ecuación del modelo a partir de la base de datos en los ensayos correspondientes y su posterior análisis. La formulación propuesta es aplicable para determinar la pérdida en el sistema debido pérdidas de agua.

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión potencial, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido a los intervalos de los valores, aplicando la Formulación 45, expuesta en el Capítulo II para el modelo de regresión potencial.

Formulación 56. Función real del subsistema B del sistema hidráulico.

$$y = 0,052\ln(x) + 0,9934 \quad [56]$$

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Donde

y= Coeficiente por pérdida de Subsistema B Ø¾”

x= Coeficiente de variación de caudal de Subsistema B.

En la tabla 28. Aplicando la formulación 56, propuesta por los autores para determinar pérdida de agua, se establecen los rangos que puedan estudiar o analizar el modelo que se muestra a continuación.

**Tabla 28. Resumen del modelo por pérdida de energía aplicando formulación.**

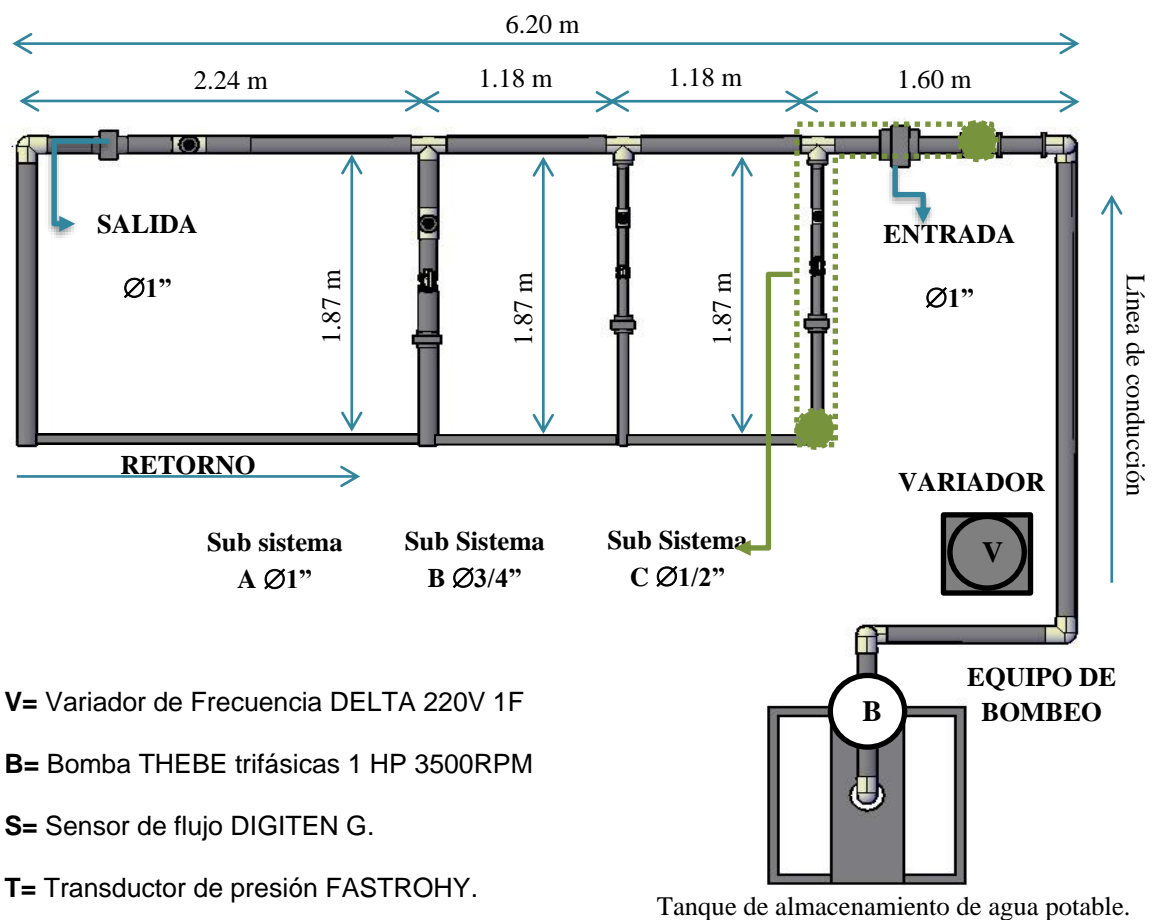
<b>RESUMEN DEL MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA EN RELACIÓN AL SUBSISTEMA B APLICANDO FORMULACIÓN.</b>	
Coeficiente de variación de caudal neto por pérdida	Coeficiente de variación de presión neto por pérdida
1.0000	0.9934
0.9500	0.9907
0.9000	0.9879
0.8500	0.9849
0.8000	0.9818
0.7500	0.9784
0.7000	0.9749
0.6500	0.9710
0.6000	0.9668
0.5500	0.9623
0.5000	0.9574
0.4500	0.9519
0.4000	0.9458
0.3500	0.9388
0.3000	0.9308
0.2500	0.9213
0.2000	0.9097
0.1500	0.8947
0.1000	0.8737
0.0500	0.8376

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Los valores obtenidos facilitarán a la investigación a encontrar una gráfica que represente el comportamiento de los coeficientes de variación de presión vs coeficiente de variación de afectada por pérdida de agua para analizarlas. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 3.

### 3.10.1.2.3 Pérdida de energía en el Subsistema C - Ø1/2"

El subsistema C está conformado por una salida con un diámetro de 1/2" con la finalidad de analizar pérdidas de agua en una red matriz y el subsistema representa el agua perdida, por robo o por otros factores externos que afecten al mismo. En la imagen 24 se muestra el tramo establecido para el subsistema C, como se puede observar en la gráfica propuesta se conecta en la red matriz y tiene una salida con un diámetro de 1/2", Este subsistema fue elaborado de tal forma que se evaluó las pérdidas y el comportamiento del flujo ante alguna derivación o desviación de caudal.



**Imagen 24.** Implantación Subsistema C.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Una vez obtenidos los datos y procesados de tal forma que se pueda obtener las variaciones de caudal y presión afectadas por pérdidas por factores externos. Se determina que el prototipo fue simulado para diferentes caudales entre rangos de frecuencias que representan la eficiencia del equipo de bombeo. Estos valores reflejan el resumen por cada una de las frecuencias simuladas, donde para cada una se realizaron 30 ensayos que validan el resultado obtenido.

Se puede observar que la tabla 28 las frecuencias de modelación entre 30 a 60HZ por lo que esto propone analizar 30 datos por cada frecuencia, que conforma una variación del flujo, teniendo que analizar dando como resultado 900 datos obtenidos y procesados de tal forma que se obtenga una confiabilidad más acercado a lo requerido en la investigación.

Se muestran Variaciones de caudal entre 0.89 a 0.70 y variaciones de presión entre 0.99 a 0.97. Los factores o coeficientes hidráulicos facilitarán que el análisis sea adimensional, de tal forma que no limita a la investigación al tipo de conducto, de sistema, sea macro o de menor escala, debido a que los rangos de caudales y presiones están moderados en los manuales de diseño y normativa vigente para entidades reguladoras de este servicio. Los rangos mencionados con anterioridad se muestran en los anexos, 4.6 base de datos de tablas de Subsistema C.

**Tabla 29. Datos procesados de modelo por pérdida de energía en relación con el Subsistema C**

<b>DATOS PROCESADOS DE MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA CON EL SUBSISTEMA C</b>								
Frecuencia	Presión ingreso al prototipo PSI	Diferencia de presión fugas PSI	Presión ingreso al subsistema PSI	Presión salida del subsistema PSI	Caudal ingreso al subsistema (l/min)	Caudal salida del subsistema (l/min)	Coefficiente variación de caudal (Q2/Q1)	Coefficiente variación de presión (P2/P1)
30HZ	10.216	0.397	9.819	9.716	15.69	13.93	0.8876	0.9895
31 HZ	10.134	0.399	9.735	9.634	15.27	13.51	0.8844	0.9896
32 HZ	10.812	0.382	10.430	10.312	16.34	14.58	0.8921	0.9887
33 HZ	11.415	0.367	11.048	10.915	17.36	15.54	0.8949	0.9880
34 HZ	12.008	0.352	11.656	11.508	17.75	15.93	0.8973	0.9873
35 HZ	12.949	0.635	12.313	12.149	19.08	16.88	0.8844	0.9866
36 HZ	13.739	0.614	13.125	12.939	19.68	17.08	0.8676	0.9858
37 HZ	14.487	0.593	13.894	13.687	20.80	18.00	0.8652	0.9851
38 HZ	15.456	0.565	14.891	14.656	22.02	18.62	0.8453	0.9842
39 HZ	16.197	0.543	15.654	15.397	24.04	20.44	0.8480	0.9836
40 HZ	17.510	0.915	16.594	16.310	23.55	19.45	0.8255	0.9828
41 HZ	18.265	0.892	17.374	17.065	24.10	19.90	0.8255	0.9823
42 HZ	19.193	0.849	18.344	18.006	25.16	20.46	0.8132	0.9816
43 HZ	20.191	0.817	19.374	19.004	26.62	21.62	0.8143	0.9809
44 HZ	21.045	0.815	20.230	19.832	27.33	21.13	0.7741	0.9803
45 HZ	22.974	1.560	21.414	20.978	28.29	20.69	0.7319	0.9796
46 HZ	23.809	1.519	22.290	21.824	29.11	21.13	0.7281	0.9791
47 HZ	25.173	1.486	23.687	23.174	30.57	22.27	0.7298	0.9783
48 HZ	27.128	1.415	25.712	25.128	31.93	23.23	0.7286	0.9773
49 HZ	28.387	1.372	27.015	26.385	32.78	23.88	0.7285	0.9767
50 HZ	29.899	1.839	28.060	27.392	33.71	24.31	0.7248	0.9762
51 HZ	30.931	1.785	29.146	28.438	34.61	24.66	0.7112	0.9757

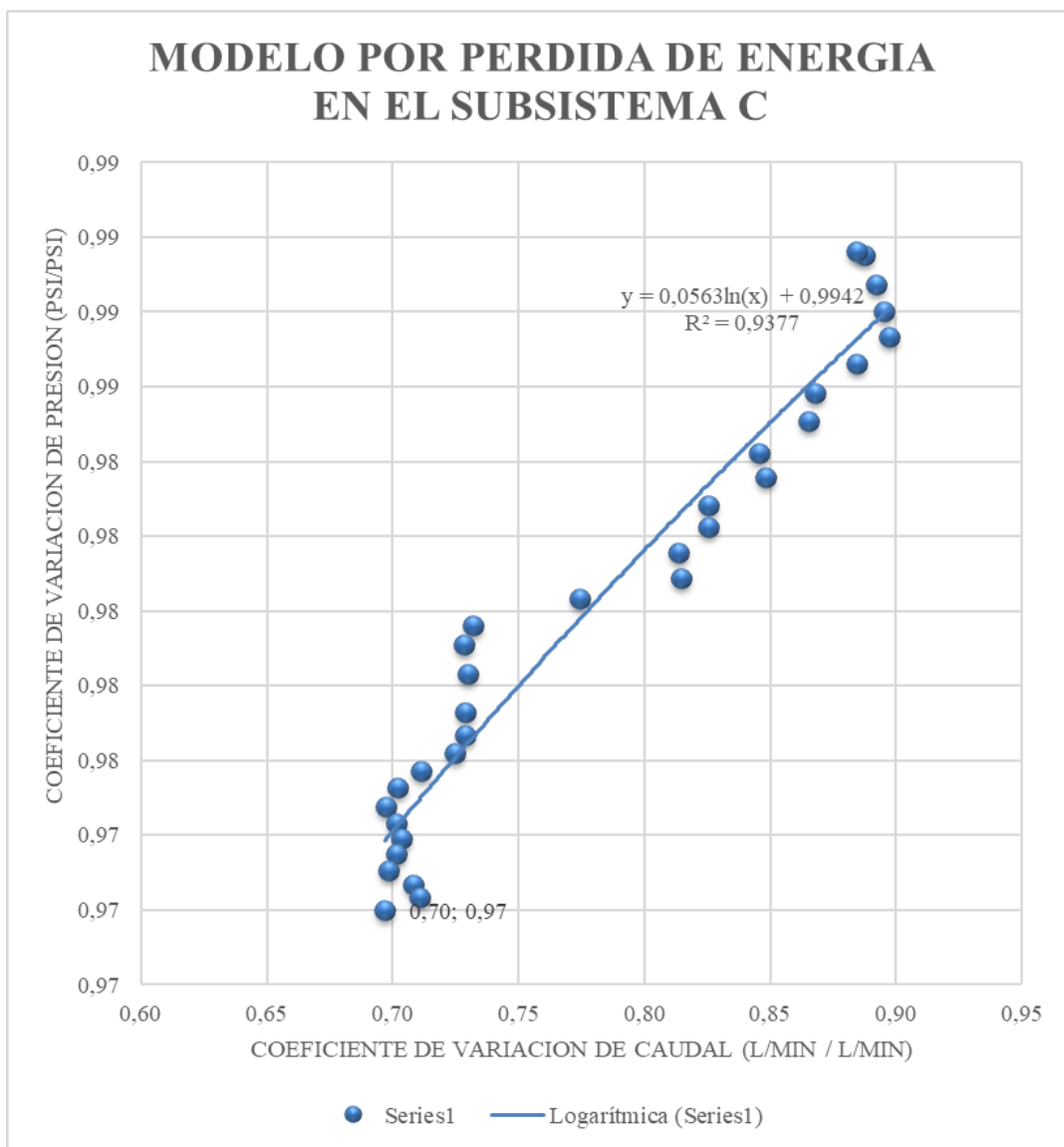
52 HZ	31.944	1.757	30.188	29.441	34.67	24.36	0.7018	0.9753
53 HZ	33.156	1.714	31.442	30.649	35.49	24.69	0.6970	0.9748
54 HZ	34.277	1.668	32.609	31.771	36.40	25.45	0.7013	0.9743
55 HZ	36.247	2.628	33.620	32.743	37.86	26.56	0.7032	0.9739
56 HZ	37.358	2.579	34.779	33.857	38.45	26.95	0.7011	0.9735
57 HZ	38.533	2.527	36.006	35.036	38.91	27.22	0.6982	0.9731
58 HZ	39.615	2.479	37.136	36.121	40.20	28.51	0.7083	0.9727
59 HZ	40.619	2.452	38.166	37.110	40.42	28.62	0.7104	0.9723
60 HZ	43.073	3.906	39.167	38.070	41.24	28.79	0.6968	0.9720

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



Se muestra en la tabla 29 los valores obtenidos en coeficiente de variación de caudal y de presión; con la finalidad de medir el comportamiento que se proyecta una curva que represente el comportamiento del flujo afectado por la pérdida de agua. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 4.



**Gráfica 4.** Curva de modelo por pérdida de energía en el Subsistema C.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

En el análisis de datos, se aplicará el modelo de regresión donde se evalúa el comportamiento del flujo de tal forma que la gráfica que representa el coeficiente de variación de presión, (Y) y el coeficiente de variación de caudal (X) respectivamente, muestre una línea de tendencia con una correlación determinada.

El comportamiento será medido por una línea de tendencia, obtenido un factor de correlación y coeficiente de determinación, donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados. Para determinar la correlación R, y el coeficiente de determinación o R<sup>2</sup>, se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamente, en el Capítulo II.

Coeficiente de correlación del sistema hidráulico para el Subsistema C.

$$R= 0.97$$

Los cuales determinan una ecuación logarítmica entre dos variables que son X *Variación de caudal*, y Y *Variación de presión*, obteniendo como resultado una ecuación que nos muestre la pérdida de presión o de energía efectuada por la variación de caudal; mostrando así una correlación cercana a 1 y con un comportamiento en pendiente positiva.

En la gráfica 4, se presenta la línea de tendencia y se expone la ecuación del modelo a partir de la base de datos en los ensayos correspondientes y su posterior análisis. La formulación propuesta es aplicable para determinar la pérdida en el sistema debido pérdidas de agua.

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión potencial, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido a los intervalos de los valores, aplicando la Formulación 45, expuesta en el Capítulo II para el modelo de regresión potencial.

Formulación 57. Función real de la Subsistema C del sistema hidráulico.

$$y = 0,0563\ln(x) + 0,9942 \quad [57]$$

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Donde

y= Coeficiente por pérdida de Subsistema C Ø1/2”

x= Coeficiente de variación de caudal de Subsistema C.

En la tabla 30. Aplicando la formulación 57, propuesta por los autores para determinar pérdida de agua, se establecen los rangos que puedan estudiar o analizar el modelo que se muestra a continuación.

**Tabla 30. Resumen del modelo por pérdida de energía aplicando formulación.**

<b>RESUMEN DEL MODELO POR PERDIDA DE ENERGIA EN RELACIÓN AL SUBSISTEMA C APLICANDO FORMULACIÓN.</b>	
<b>Coefficiente de variación de caudal neto por pérdida</b>	<b>Coefficiente de variación de presión neto por pérdida</b>
1.0000	0.9944
0.9500	0.9915
0.9000	0.9885
0.8500	0.9853
0.8000	0.9819
0.7500	0.9782
0.7000	0.9743
0.6500	0.9702
0.6000	0.9657
0.5500	0.9608
0.5000	0.9554
0.4500	0.9495
0.4000	0.9428
0.3500	0.9353
0.3000	0.9266
0.2500	0.9164
0.2000	0.9038
0.1500	0.8876
0.1000	0.8648
0.0500	0.8258

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

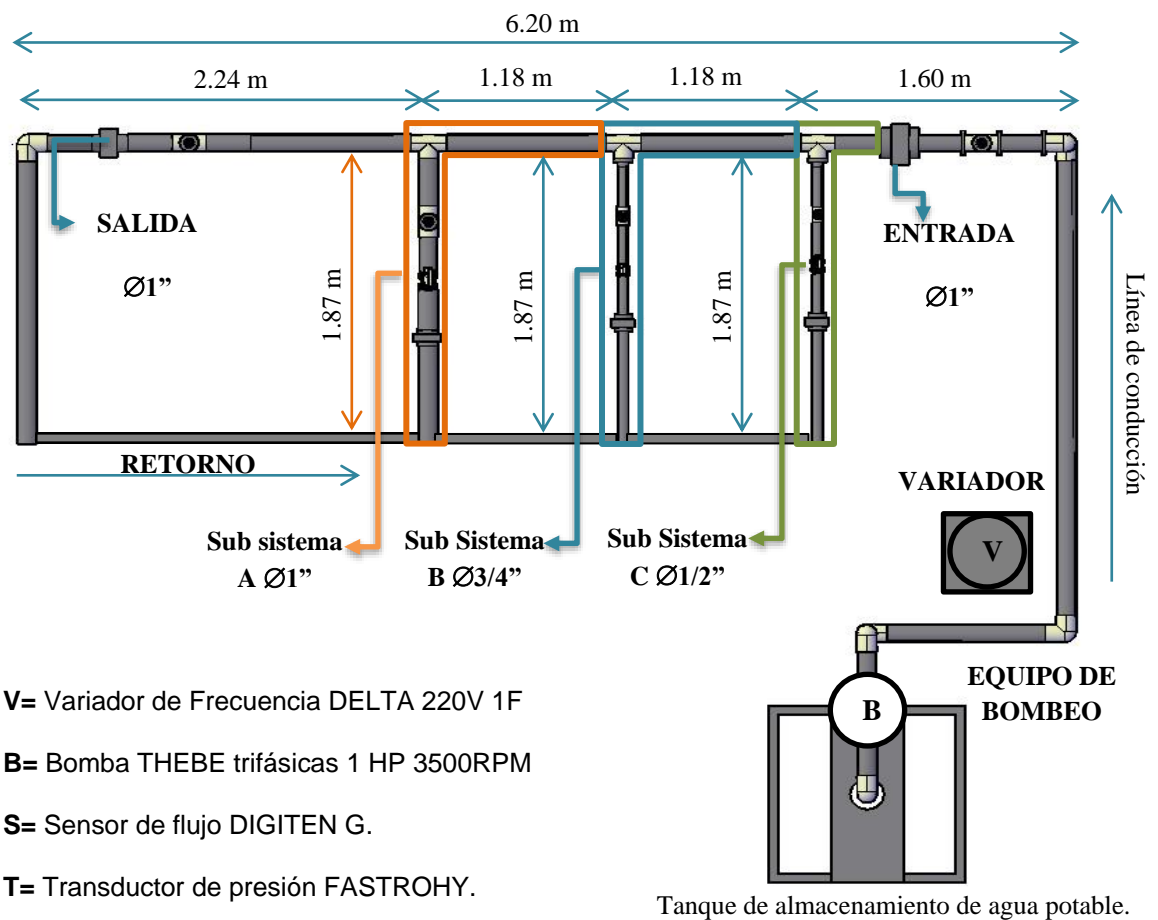
Los valores obtenidos facilitarán a la investigación a encontrar una gráfica que represente el comportamiento de los coeficientes de variación de presión vs coeficiente de variación de afectada por pérdida de agua. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos que se representa en la gráfica 4.

### **3.11 Análisis y Discusión.**

El trazado del prototipo fue elaborado en función de la construcción de una línea de agua potable con un diámetro de 1" y derivar 3 Subsistemas que a su vez tendría diámetros diferentes (A1"-B3/4"-C1/2") con la finalidad de evaluar a su vez el comportamiento por diferentes salidas de cada una.

Mediante la modelización hidráulica y económica, se busca obtener una curva o línea de tendencia como base experimental, el análisis inicia mediante la obtención del valor de las pérdidas de carga o de energía en el flujo de agua en la red del sistema o también denominada pérdidas de agua local y de fricción; una vez concluido el mismo se descuenta el valor antes de ingresar a cada subsistema y poder medir la variación netamente afectada por pérdidas de agua. Esta evaluación implementará unas ecuaciones que representan el comportamiento entre la variación del caudal y la presión dentro de un flujo para finalmente observa el impacto económico que este fenómeno produce y muestra posibles soluciones dando un aporte a la investigación en el campo de la Ingeniería Civil.

Mencionado aquello se procede a explicar los resultados obtenidos y procesados con la finalidad de plantear la investigación propuesta.



**Imagen 25.** Descripción de la ubicación de los subsistemas.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

### 3.11.1 Análisis del comportamiento por los Subsistemas A 1Ø – B 3/4 Ø – C 1/2 Ø

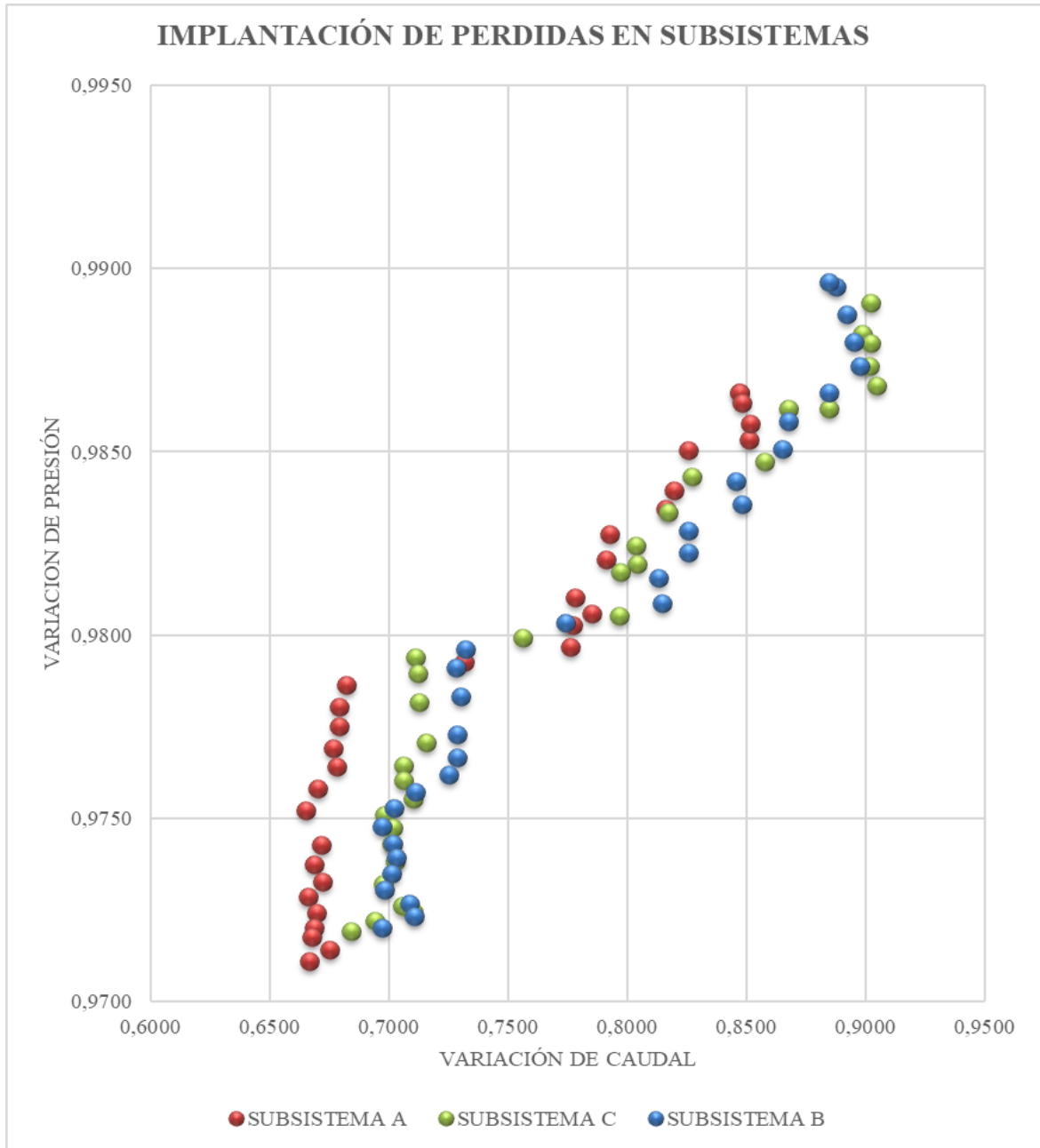
**Tabla 31. Resumen de Modelos por pérdidas de energía en los Subsistemas A B C**

RESUMEN DE MODELOS POR PERDIDA DE ENERGÍA EN LOS SUBSISTEMAS A-B-C												
Frecuencia	SUBSISTEMA A				SUBSISTEMA B				SUBSISTEMA C			
	Coefficiente de variación de caudal	Coefficiente de variación de presión	Coefficiente de variación de caudal neto por pérdida	Coefficiente de variación de presión neto por pérdida	Coefficiente de variación de caudal	Coefficiente de variación de presión	Coefficiente de variación de caudal neto por pérdida	Coefficiente de variación de presión neto por pérdida	Coefficiente de variación de caudal	Coefficiente de variación de presión	Coefficiente de variación de caudal neto por pérdida	Coefficiente de variación de presión neto por pérdida
30HZ	0.8468	0.9675	0.8468	0.9866	0.8988	0.9449	0.8988	0.9882	0.89	0.95	0.8876	0.9895
31 HZ	0.8468	0.9675	0.8468	0.9866	0.9018	0.9459	0.9018	0.9880	0.8844	0.9486	0.8844	0.9896
32 HZ	0.8479	0.9682	0.8479	0.9863	0.9018	0.9411	0.9018	0.9890	0.8921	0.9520	0.8921	0.9887
33 HZ	0.8512	0.9706	0.8512	0.9853	0.9015	0.9485	0.9015	0.9873	0.8949	0.9547	0.8949	0.9880
34 HZ	0.8514	0.9696	0.8514	0.9858	0.9045	0.9505	0.9045	0.9868	0.8973	0.9571	0.8973	0.9873
35 HZ	0.8257	0.9641	0.8257	0.9851	0.8845	0.9530	0.8845	0.9862	0.8844	0.9350	0.8844	0.9866
36 HZ	0.8193	0.9671	0.8193	0.9839	0.8676	0.9530	0.8676	0.9862	0.8676	0.9390	0.8676	0.9858
37 HZ	0.8160	0.9684	0.8160	0.9834	0.8576	0.9580	0.8576	0.9847	0.8652	0.9424	0.8652	0.9851
38 HZ	0.7926	0.9701	0.7926	0.9828	0.8272	0.9594	0.8272	0.9843	0.8453	0.9463	0.8453	0.9842
39 HZ	0.7912	0.9716	0.7912	0.9821	0.8169	0.9624	0.8169	0.9833	0.8480	0.9489	0.8480	0.9836
40 HZ	0.7781	0.9426	0.7781	0.9810	0.8036	0.9417	0.8036	0.9824	0.8255	0.9277	0.8255	0.9828
41 HZ	0.7849	0.9445	0.7849	0.9806	0.8040	0.9439	0.8040	0.9819	0.8255	0.9309	0.8255	0.9823
42 HZ	0.7772	0.9459	0.7772	0.9803	0.7969	0.9448	0.7969	0.9817	0.8132	0.9357	0.8132	0.9816
43 HZ	0.7761	0.9483	0.7761	0.9797	0.7965	0.9498	0.7965	0.9805	0.8143	0.9389	0.8143	0.9809

44 HZ	0.7315	0.9500	0.7315	0.9793	0.7562	0.9521	0.7562	0.9799	0.7741	0.9403	0.7741	0.9803
45 HZ	0.6822	0.9350	0.6822	0.9786	0.7109	0.9312	0.7109	0.9794	0.7319	0.9069	0.7319	0.9796
46 HZ	0.6790	0.9382	0.6790	0.9780	0.7120	0.9335	0.7120	0.9789	0.7281	0.9111	0.7281	0.9791
47 HZ	0.6791	0.9407	0.6791	0.9775	0.7124	0.9376	0.7124	0.9782	0.7298	0.9157	0.7298	0.9783
48 HZ	0.6765	0.9434	0.6765	0.9769	0.7154	0.9427	0.7154	0.9771	0.7286	0.9223	0.7286	0.9773
49 HZ	0.6780	0.9456	0.6780	0.9764	0.7062	0.9454	0.7062	0.9765	0.7285	0.9259	0.7285	0.9767
50 HZ	0.6700	0.9308	0.6700	0.9758	0.7060	0.9296	0.7060	0.9760	0.7248	0.9107	0.7248	0.9762
51 HZ	0.6651	0.9340	0.6651	0.9752	0.7098	0.9324	0.7098	0.9755	0.7112	0.9145	0.7112	0.9757
52 HZ	0.6713	0.9389	0.6713	0.9743	0.6979	0.9347	0.6979	0.9751	0.7018	0.9171	0.7018	0.9753
53 HZ	0.6685	0.9413	0.6685	0.9737	0.7018	0.9366	0.7018	0.9747	0.6970	0.9203	0.6970	0.9748
54 HZ	0.6720	0.9435	0.6720	0.9733	0.7012	0.9387	0.7012	0.9743	0.7013	0.9232	0.7013	0.9743
55 HZ	0.6658	0.9180	0.6658	0.9729	0.7026	0.8967	0.7026	0.9738	0.7032	0.8958	0.7032	0.9739
56 HZ	0.6693	0.9208	0.6693	0.9724	0.6974	0.9016	0.6974	0.9732	0.7011	0.8994	0.7011	0.9735
57 HZ	0.6686	0.9233	0.6686	0.9720	0.7056	0.9062	0.7056	0.9726	0.6982	0.9029	0.6982	0.9731
58 HZ	0.6675	0.9249	0.6675	0.9718	0.7099	0.9074	0.7099	0.9725	0.7083	0.9059	0.7083	0.9727
59 HZ	0.6748	0.9270	0.6748	0.9714	0.6941	0.9092	0.6941	0.9722	0.7104	0.9081	0.7104	0.9723
60 HZ	0.6665	0.9168	0.6665	0.9711	0.6843	0.8986	0.6843	0.9719	0.6968	0.8723	0.6968	0.9720

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Se muestra en la tabla 31 los valores obtenidos en coeficiente de variación de caudal y de presión; en los subsistemas A, B, C, con la finalidad de medir el comportamiento que se proyecta una curva del flujo afectado por la pérdida de agua. El análisis permitirá a la investigación encontrar un modelo acorde a la curva originada por la obtención de datos.



**Gráfica 5.** Implantación de pérdidas en los subsistemas A-B-C.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Se puede visualizar que las tres curvas que representan a diferentes subsistemas siguen una secuencia de puntos a lo largo de diferentes caudales y presiones.

Una vez efectuado el análisis por cada uno de los subsistemas dentro del prototipo propuesto en la investigación, se procede a analizar el comportamiento de todas las pérdidas dentro de una curva; de tal forma que se pueda visualizar su comportamiento a través de diferentes tipos de diámetros como se describe en cada uno de los subsistemas. El análisis ayudará a la investigación a ver secuencias y a estimar una curva que represente el comportamiento del flujo por diferente tipo de diámetros; al cual se denominará Curva de pérdidas del prototipo.

Se representa en la gráfica 5 que una vez que se implanta los resultados y el comportamiento de cada uno de los subsistemas A-B-C. se puede determinar que, aunque la investigación proponga diferentes diámetros, caudales y presiones seguirán una misma tendencia, con sus respectivos diferenciales. Debido a los factores obtenidos son adimensionales el aporte a la investigación científica es amplio. El uso de las ecuaciones propuestas es aplicable a para sistemas diversos, en cuanto a diámetros, y longitudes

Una vez efectuado este análisis se muestra la gráfica 6 con la implantación de los datos obtenidos efectuado por los subsistemas A. B y C. Y con una línea de tendencia mostrar el mejor comportamiento que se efectúa para el mismo con una correlación lo más cercana a 1, esto muestra una confiabilidad y severidad de datos que aporta a la investigación una ecuación útil.

En el análisis de datos, se aplicará el modelo de regresión donde se evalúa el comportamiento del flujo de tal forma que la gráfica que representa el coeficiente de variación de presión, (Y) y el coeficiente de variación de caudal (X) respectivamente, muestre una línea de tendencia con una correlación determinada.

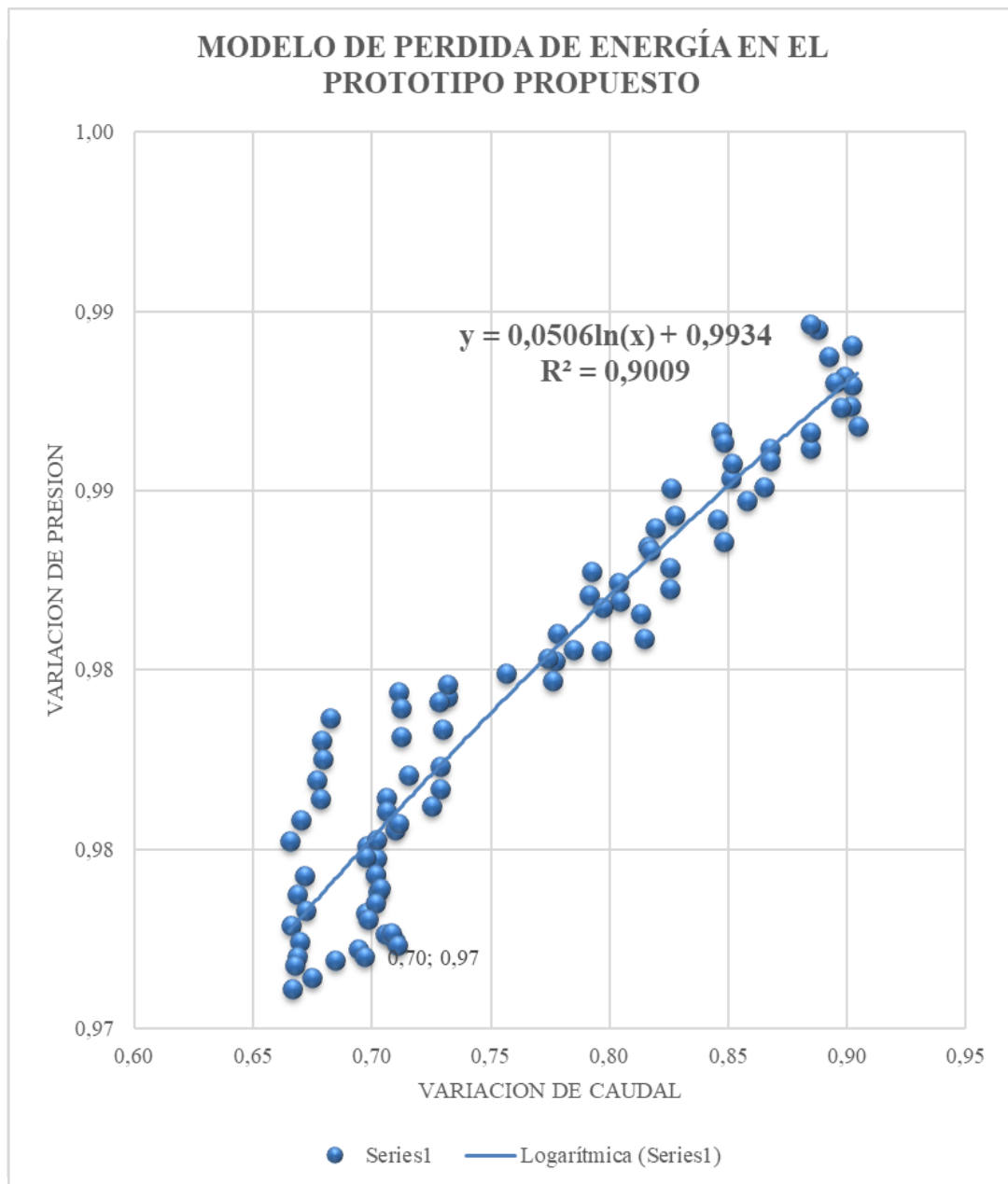
El comportamiento será medido por una línea de tendencia, obtenido un factor de correlación y coeficiente de determinación, donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados. Para determinar la correlación R, y el coeficiente de determinación o  $R^2$ , se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamente, en el Capítulo II.



El coeficiente de Correlación del sistema hidráulico de las pérdidas del prototipo es:

$$R = 0.95$$

Los cuales determinan una ecuación logarítmica entre dos variables que son X *Variación de caudal*, y Y *Variación de presión*, obteniendo como resultado una ecuación que nos muestre la pérdida de presión o de energía efectuada por la variación de caudal; mostrando así una correlación cercana a 1 y con un comportamiento en pendiente positiva.



**Gráfica 6.** Modelo por pérdida de energía en el prototipo propuesto.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

En la gráfica 6 se presenta la línea de tendencia y se expone la ecuación del modelo a partir de la base de datos en los ensayos correspondientes y su posterior análisis. La formulación propuesta es aplicable para determinar la pérdida de agua dentro del prototipo y para cualquier sistema.

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión potencial, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido a los intervalos de los valores, aplicando la Formulación 45, expuesta en el Capítulo II para el modelo de regresión potencial.

Formulación 58. Ecuación por pérdida de agua dentro del prototipo.

$$y = 0.0506 \ln(x) + 0.9934 \quad [58]$$

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

Donde

y= Coeficiente por pérdidas de agua (Fugas, Robo de agua, etc.) del prototipo.

x= Coeficiente de variación de caudal dentro del prototipo.

**Tabla 32. Resumen del modelo por pérdida de energía en el prototipo aplicando formulación.**

**RESUMEN DEL MODELO POR PERDIDA DE ENERGÍA EN EL  
PROTOTIPO - APLICANDO FORMULACIÓN.**

Coeficiente de variación de caudal neto por pérdida	Coeficiente por pérdida de agua
1.0000	0.9944
0.9500	0.9915
0.9000	0.9885
0.8500	0.9853
0.8000	0.9819
0.7500	0.9782
0.7000	0.9743
0.6500	0.9702

0.6000	0.9657
0.5500	0.9608
0.5000	0.9554
0.4500	0.9495
0.4000	0.9428
0.3500	0.9353
0.3000	0.9266
0.2500	0.9164
0.2000	0.9038
0.1500	0.8876
0.1000	0.8648
0.0500	0.8258

---

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

En la tabla 32. Aplicando la formulación 58, propuesta por los autores para determinar pérdidas por factores externos, se establecen los rangos que puedan analizar el modelo que se muestra a continuación

Mediante el análisis, por diferentes diámetros se observa el mismo comportamiento y rangos similares que permiten generar una línea de tendencia con una confiabilidad de correlación en 0.95. Esto considera que el uso de coeficientes adimensionales aporta a la investigación técnica ecuaciones confiables y útiles para encontrar pérdidas que no se originen por fricción o uso de accesorios.

Se determina mediante el análisis propuesto en el prototipo al ser simulado con caudales y presiones bajas muestra una distorsión interesante que representaría el comportamiento del flujo por tipo de régimen, estableciéndose a menor régimen el flujo tiende a efectuar una transición que generara pérdidas por turbulencia, sin embargo una vez que el flujo se encuentra a presiones y caudales altos las pérdidas se efectúan por tipo de material de conducción ya sean estas por fricción y su distorsión es casi imperceptible.

### 3.11.2 Análisis factores económicos

### 3.11.3 Modelo para estimar pérdidas económicas efectuadas por las pérdidas de energía en los subsistemas.

En el análisis económico se evalúa las posibles pérdidas financieras debido a las pérdidas de agua mencionadas en la formulación 55, donde se establece la secuencia de variaciones entre las pérdidas de caudal y presión; por lo que ahora se desea conocer cuál sería su costo en dólares y por m<sup>3</sup> de agua perdida.

Esto propone encontrar el costo que estaría relacionado al costo por m<sup>3</sup> de agua tratada para el mercado local donde se origina esta investigación. Sin embargo, este análisis estará en función de la variación de caudal por lo que no será una limitación dentro de la investigación.

Asumiendo que el costo por m<sup>3</sup> en el mercado local es de \$0.323, se consideró multiplicar el porcentaje de pérdida de agua por el costo m<sup>3</sup> a fines de conocer el costo por m<sup>3</sup>/día, que al final será multiplicado por el m<sup>3</sup> día que tenga cualquier red a evaluar encontrando el costo final o por pérdida en dólares. Finalmente, la ecuación planteada estará en función de la variación de caudal y como resultado obtendremos el costo/m<sup>3</sup>/día como antes señalado.

Formulación 54. Para determinar el valor de la variación de costos

$$VQ = \frac{Qf}{Qi} \quad [59]$$

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

Donde

VC=Variación de caudal

Qi= Caudal inicial en el prototipo (Cualquier red a evaluar)

Qf= Caudal final en el prototipo (Cualquier red a evaluar)

Una vez determinado el coeficiente de la variación de costos se planteará una gráfica que represente el comportamiento entre la variación de caudal y el costo. Donde se establece una secuencia de variaciones entre el caudal de entrada y salida mediante  $Qf/Qi$  y los costos en \$/m<sup>3</sup>/día; y se realiza una secuencia de puntos los cuales estarán representados por una línea de tendencia.

Con la base de datos denominados identificadores se determinará el coeficiente de correlación de los datos, en las coordenadas de las ordenadas (Y) se utilizarán los valores del Variación de costos, mientras que para las abscisas (X) la variación de caudal, y durante su recorrido en varios ensayos para frecuencias a partir de 30Hertz, hasta los 60 Hertz, mismos que están en función de los valores establecidos por las entidades reguladores y prestadoras del servicio.

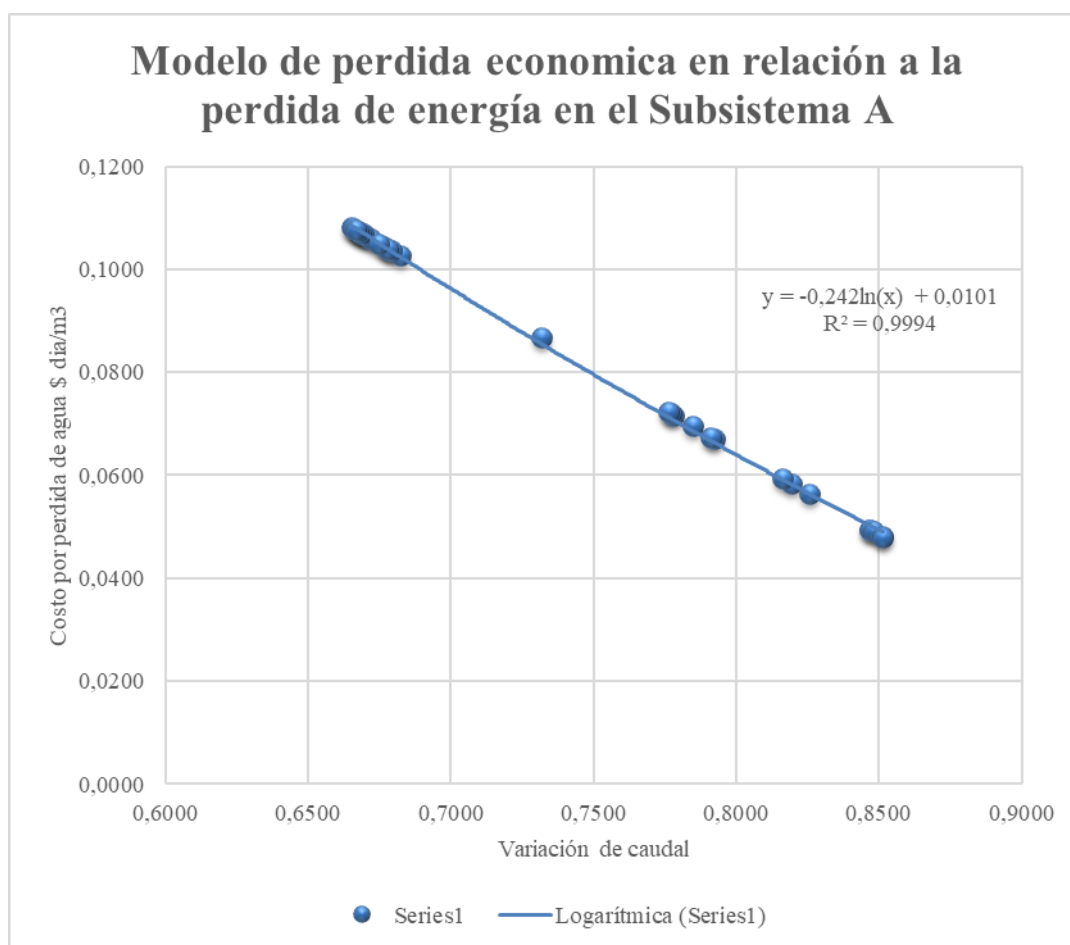
El diferencial de caudal y costos a lo largo del tiempo establece la representación de una curva o línea de tendencia dando como resultado una ecuación que representa el comportamiento influenciado por la variación de caudal, se propone una ecuación, en la cual represente el costo por pérdida económica por la variación de caudal.

**Tabla 33. Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema A. Factor Económico.**

DATOS PROCESADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL MODELO POR PERDIDA ECONOMICA EN PERDIDAS DE ENERGÍA DENTRO DEL SUBSISTEMA A						
A						
Frecuencia	a	b	c	d	e	f
	Variación de caudal	Caudal de ingreso L/min	Caudal de ingreso m3/s	% Perdida de agua	Costo por m3 de agua tratada	Costo por perdida de agua día/m3 (d*e)
30HZ	0.8468	11.5272	0.0002	0.1532	0.3230	0.0495
31 HZ	0.8468	11.5272	0.0002	0.1532	0.3230	0.0495
32 HZ	0.8479	11.6059	0.0002	0.1521	0.3230	0.0491
33 HZ	0.8512	12.2566	0.0002	0.1488	0.3230	0.0481
34 HZ	0.8514	12.2852	0.0002	0.1486	0.3230	0.0480
35 HZ	0.8257	12.6510	0.0002	0.1743	0.3230	0.0563
36 HZ	0.8193	14.4148	0.0002	0.1807	0.3230	0.0584
37 HZ	0.8160	15.2607	0.0003	0.1840	0.3230	0.0594
38 HZ	0.7926	16.4241	0.0003	0.2074	0.3230	0.0670
39 HZ	0.7912	17.2807	0.0003	0.2088	0.3230	0.0674
40 HZ	0.7781	18.5021	0.0003	0.2219	0.3230	0.0717
41 HZ	0.7849	19.5669	0.0003	0.2151	0.3230	0.0695
42 HZ	0.7772	21.1431	0.0004	0.2228	0.3230	0.0720
43 HZ	0.7761	22.3555	0.0004	0.2239	0.3230	0.0723
44 HZ	0.7315	23.1424	0.0004	0.2685	0.3230	0.0867
45 HZ	0.6822	23.9403	0.0004	0.3178	0.3230	0.1026
46 HZ	0.6790	24.9059	0.0004	0.3210	0.3230	0.1037
47 HZ	0.6791	25.8921	0.0004	0.3209	0.3230	0.1036

48 HZ	0.6765	26.9252	0.0004	0.3235	0.3230	0.1045
49 HZ	0.6780	27.6755	0.0005	0.3220	0.3230	0.1040
50 HZ	0.6700	28.5214	0.0005	0.3300	0.3230	0.1066
51 HZ	0.6651	29.7331	0.0005	0.3349	0.3230	0.1082
52 HZ	0.6713	31.4286	0.0005	0.3287	0.3230	0.1062
53 HZ	0.6685	32.6300	0.0005	0.3315	0.3230	0.1071
54 HZ	0.6720	33.4086	0.0006	0.3280	0.3230	0.1060
55 HZ	0.6658	33.8431	0.0006	0.3342	0.3230	0.1079
56 HZ	0.6693	34.8176	0.0006	0.3307	0.3230	0.1068
57 HZ	0.6686	35.3107	0.0006	0.3314	0.3230	0.1070
58 HZ	0.6675	35.2117	0.0006	0.3325	0.3230	0.1074
59 HZ	0.6748	36.3141	0.0006	0.3252	0.3230	0.1050
60 HZ	0.6665	37.3593	0.0006	0.3335	0.3230	0.1077

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

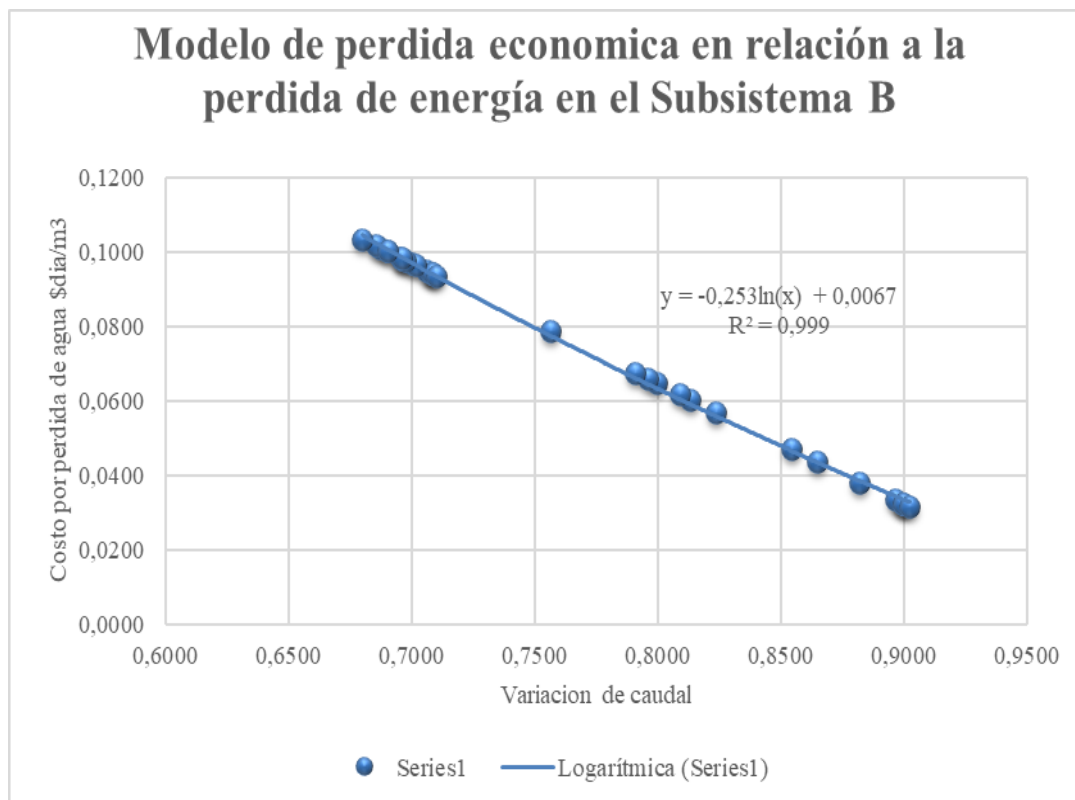


**Gráfica 7.** Modelo de pérdida económica en relación con la pérdida de energía en el Subsistema A  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Tabla 34. Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema B. Factor Económico**

<b>DATOS PROCESADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL MODELO POR PERDIDA ECONOMICA EN PERDIDAS DE ENERGÍA DENTRO DEL SUBSISTEMA B</b>						
	a	b	c	d	e	f
Frecuencia	Variación de caudal	Caudal de ingreso L/min	Caudal de ingreso m3/s	% Perdida de agua	Costo por m3 de agua tratada	Costo por perdida de agua día/m3 (d*e)
30HZ	0.8967	17.0694	0.0003	0.1033	0.3230	0.0334
31 HZ	0.8998	17.5974	0.0003	0.1002	0.3230	0.0324
32 HZ	0.8998	17.5974	0.0003	0.1002	0.3230	0.0324
33 HZ	0.8995	18.1416	0.0003	0.1005	0.3230	0.0325
34 HZ	0.9025	18.7027	0.0003	0.0975	0.3230	0.0315
35 HZ	0.8821	18.7027	0.0003	0.1179	0.3230	0.0381
36 HZ	0.8649	19.2811	0.0003	0.1351	0.3230	0.0436
37 HZ	0.8546	19.2985	0.0003	0.1454	0.3230	0.0470
38 HZ	0.8236	19.3159	0.0003	0.1764	0.3230	0.0570
39 HZ	0.8131	19.2985	0.0003	0.1869	0.3230	0.0604
40 HZ	0.7995	20.4922	0.0003	0.2005	0.3230	0.0647
41 HZ	0.8092	22.0883	0.0004	0.1908	0.3230	0.0616
42 HZ	0.7960	23.0641	0.0004	0.2040	0.3230	0.0659
43 HZ	0.7909	23.9414	0.0004	0.2091	0.3230	0.0676
44 HZ	0.7563	25.4876	0.0004	0.2437	0.3230	0.0787
45 HZ	0.7059	25.8824	0.0004	0.2941	0.3230	0.0950
46 HZ	0.7003	26.6600	0.0004	0.2997	0.3230	0.0968
47 HZ	0.7083	28.4921	0.0005	0.2917	0.3230	0.0942
48 HZ	0.7081	29.8431	0.0005	0.2919	0.3230	0.0943
49 HZ	0.7085	30.5621	0.0005	0.2915	0.3230	0.0942
50 HZ	0.7020	31.5678	0.0005	0.2980	0.3230	0.0963
51 HZ	0.6902	32.1472	0.0005	0.3098	0.3230	0.1001
52 HZ	0.6962	33.2914	0.0006	0.3038	0.3230	0.0981
53 HZ	0.7103	33.8628	0.0006	0.2897	0.3230	0.0936
54 HZ	0.6979	34.7890	0.0006	0.3021	0.3230	0.0976
55 HZ	0.6873	36.1676	0.0006	0.3127	0.3230	0.1010
56 HZ	0.6857	36.6307	0.0006	0.3143	0.3230	0.1015
57 HZ	0.6953	38.4038	0.0006	0.3047	0.3230	0.0984
58 HZ	0.6961	38.5028	0.0006	0.3039	0.3230	0.0981
59 HZ	0.6901	38.1186	0.0006	0.3099	0.3230	0.1001
60 HZ	0.6801	38.9469	0.0006	0.3199	0.3230	0.1033

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



**Gráfica 8.** Modelo de pérdida económica en relación a la pérdida de energía en el Subsistema B  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

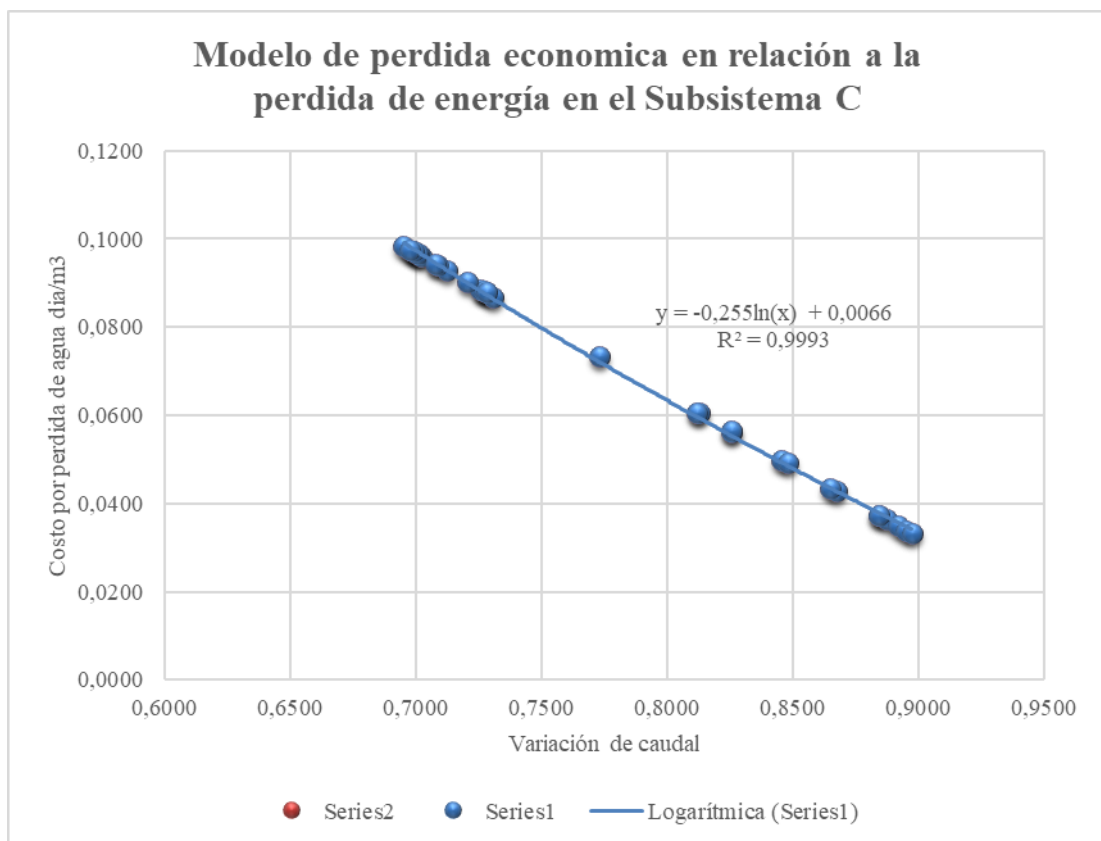
**Tabla 35.** Datos obtenidos del modelo por pérdidas económicas efectuada por la pérdida de energía en el subsistema C. Factor Económico.

<b>DATOS PROCESADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL MODELO POR PERDIDA ECONOMICA EN PERDIDAS DE ENERGÍA DENTRO DEL SUBSISTEMA C</b>						
	a	b	c	d	e	f
Frecuencia	Variación de caudal	Caudal de ingreso L/min	Caudal de ingreso m3/s	% Perdida de agua	Costo por m3 de agua tratada	Costo por pérdida de agua día/m3 (d*e)
30HZ	0.8876	15.6941	0.0003	0.1124	0.3230	0.0363
31 HZ	0.8844	15.2717	0.0003	0.1156	0.3230	0.0374
32 HZ	0.8921	16.3448	0.0003	0.1079	0.3230	0.0349
33 HZ	0.8949	17.3600	0.0003	0.1051	0.3230	0.0339
34 HZ	0.8973	17.7534	0.0003	0.1027	0.3230	0.0332
35 HZ	0.8844	19.0834	0.0003	0.1156	0.3230	0.0373
36 HZ	0.8676	19.6841	0.0003	0.1324	0.3230	0.0428
37 HZ	0.8652	20.7972	0.0003	0.1348	0.3230	0.0436
38 HZ	0.8453	22.0197	0.0004	0.1547	0.3230	0.0500
39 HZ	0.8480	24.0386	0.0004	0.1520	0.3230	0.0491
40 HZ	0.8255	23.5472	0.0004	0.1745	0.3230	0.0564



41 HZ	0.8255	24.0986	0.0004	0.1745	0.3230	0.0564
42 HZ	0.8128	25.1628	0.0004	0.1872	0.3230	0.0605
43 HZ	0.8120	26.6214	0.0004	0.1880	0.3230	0.0607
44 HZ	0.7729	27.3303	0.0005	0.2271	0.3230	0.0733
45 HZ	0.7310	28.2866	0.0005	0.2690	0.3230	0.0869
46 HZ	0.7256	29.1128	0.0005	0.2744	0.3230	0.0886
47 HZ	0.7283	30.5714	0.0005	0.2717	0.3230	0.0878
48 HZ	0.7274	31.9314	0.0005	0.2726	0.3230	0.0881
49 HZ	0.7281	32.7772	0.0005	0.2719	0.3230	0.0878
50 HZ	0.7208	33.7148	0.0006	0.2792	0.3230	0.0902
51 HZ	0.7122	34.6103	0.0006	0.2878	0.3230	0.0929
52 HZ	0.7023	34.6693	0.0006	0.2977	0.3230	0.0961
53 HZ	0.6953	35.4879	0.0006	0.3047	0.3230	0.0984
54 HZ	0.6989	36.4038	0.0006	0.3011	0.3230	0.0972
55 HZ	0.7012	37.8621	0.0006	0.2988	0.3230	0.0965
56 HZ	0.7006	38.4534	0.0006	0.2994	0.3230	0.0967
57 HZ	0.6993	38.9072	0.0006	0.3007	0.3230	0.0971
58 HZ	0.7089	40.1969	0.0007	0.2911	0.3230	0.0940
59 HZ	0.7078	40.4238	0.0007	0.2922	0.3230	0.0944
60 HZ	0.6977	41.2417	0.0007	0.3023	0.3230	0.0976

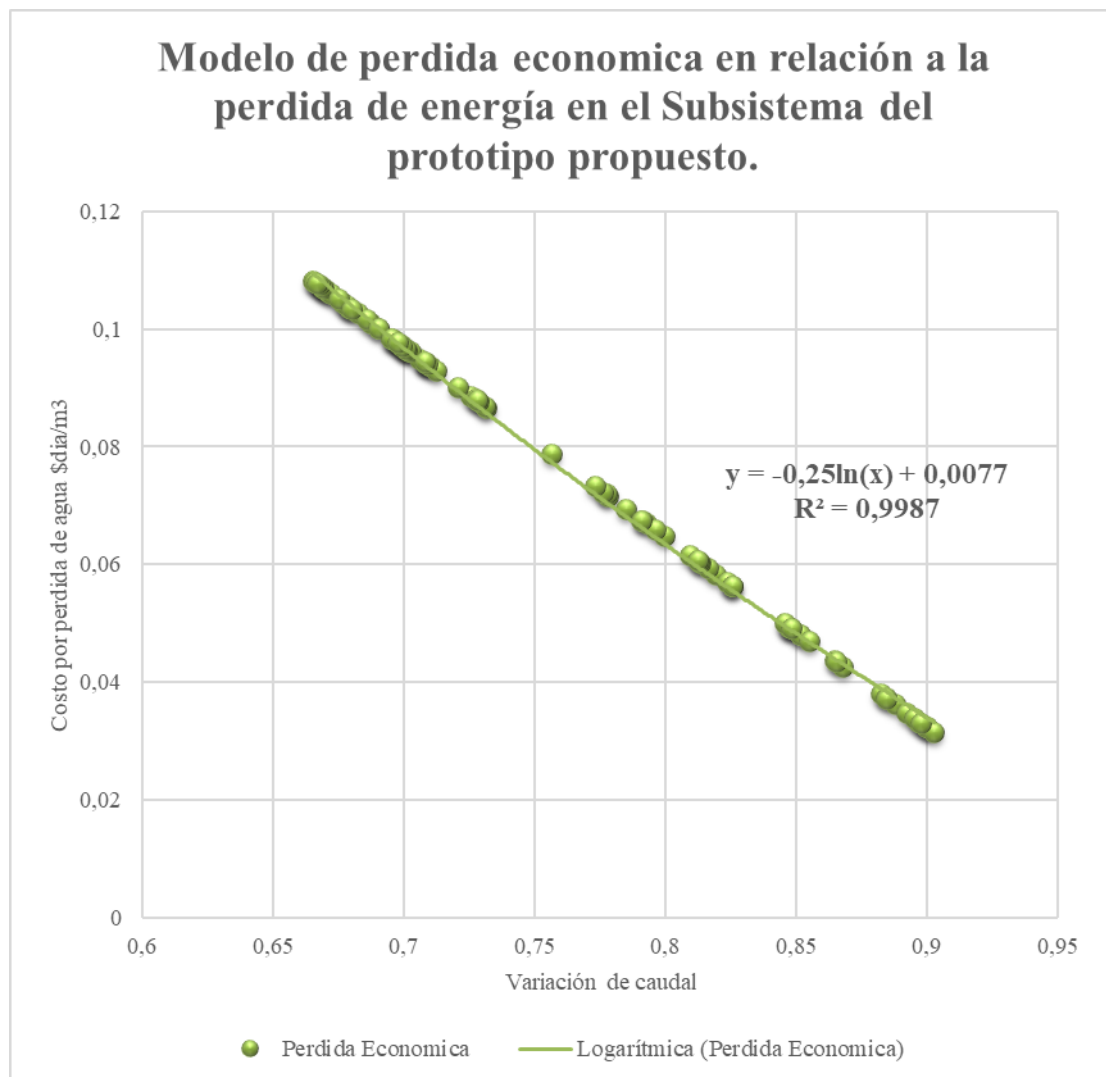
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



**Gráfica 9.** Modelo de pérdida económica en relación a la pérdida de energía en el Subsistema C  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Una vez planteada las tablas en pérdida de costos por cada uno de los subsistemas se muestra una gráfica que representa el comportamiento por cada una de ellas. En las tablas mostradas se encuentra la variación de caudal y como afecta por cada una de los caudales. El caudal que se muestra como pérdida se lo calcula de tal forma que encuentre el m<sup>3</sup> de agua por día y esto multiplicarlo por el costo por m<sup>3</sup> de agua tratada, de tal forma que encontraremos la pérdida económica y su comportamiento por la variación de caudal que se produzca en el prototipo.

A continuación, se muestra la gráfica 10 que muestra el comportamiento de la pérdida económica por el prototipo planteado incluido todos los subsistemas con la finalidad de encontrar una ecuación que represente la pérdida económica del sistema



**Gráfica 10.** Curva de modelo por pérdida económica en relación a la pérdida de energía en el prototipo.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Como se puede observar muestra un comportamiento de tal forma que cuando el coeficiente o la diferencia de caudal son mayor mostrará un mayor gasto a lo que se entiende que es afectado por la pérdida de agua debido a factores externos. Se plantea marcar una tendencia a la sucesión de puntos de datos obtenidos con la finalidad de encontrar una curva acorde al mismo. El comportamiento será medido por una línea de tendencia, obtenido un factor de correlación donde se obtenga una aproximación a 1, es decir entre más cercano sea este valor a la unidad existirá una mayor fiabilidad de los resultados.

Para determinar el coeficiente de correlación en el análisis por perdida de agua se procederá a utilizar la ecuación propuesta en el Capítulo II. Formulación 42 expuesta por Pearson (R) del producto-momento. Donde X esta dado en función del coeficiente de variación de Caudal y Y en costos \$-M3

Para determinar la correlación o R, y el coeficiente de determinación o R<sup>2</sup>, se procederá a aplicar las fórmulas respectivas los cuales están descritos en la Formulación 42 y 43 respectivamante, en el Capítulo II.

El coeficiente de Correlación del sistema hidráulico por factores económicos para pérdidas totales de Subsistema A, B, C.

$$R = 0.99$$

Para terminar el Y, el cual va a estar en función de un modelo de regresión se utilizó para el análisis un modelo de regresión lineal, debido a que es la curva que mejor se ajusta debido los intervalos de los valores, utilizando la Formulación 45, expuesta en el Capitulo II para el modelo de regresión lineal.

Formulación 55. Ecuación para las pérdidas totales por factores económicos del prototipo.

$$y = -0.25\ln(x) + 0.0077 \quad [60]$$

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

Donde

Y= Costo por m<sup>3</sup>/día de agua perdida por variación de caudal

X= Coeficiente de variación de caudal

**Tabla 36. Modelo por pérdida económica en relación a las pérdidas de energía dentro del prototipo.**

<b>MODELO DE PERDIDA ECONOMICA EN RELACION A LAS PERDIDAS DE ENERGÍA DENTRO DEL PROTOTIPO</b>	
Coeficiente de variación de caudal	Costo día \$/m <sup>3</sup>
1.00	21.542
0.95	22.375
0.90	23.253
0.85	24.182
0.80	25.166
0.75	26.214
0.70	27.335
0.65	28.538
0.60	29.838
0.55	31.251
0.50	32.799
0.45	34.510
0.40	36.423
0.35	38.591
0.30	41.095
0.25	44.056
0.20	47.680
0.15	52.352
0.10	58.936
0.05	70.193

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

En la tabla 36. Aplicando la formulación 55, propuesta por los autores para determinar pérdidas económicas en el prototipo, se establecen los rangos que puedan estudiar o analizar el modelo que se muestra a continuación.

Se muestra un costo por día \$/m<sup>3</sup>, ese costo representa el costo por cada m<sup>3</sup> otorgado por la diferencia de caudal. Sin embargo, los valores mostrados representan el costo por día en pérdida de agua dentro del prototipo que si es analizado para redes macro representaría la pérdida de agua por factores externos. El análisis corresponde a un costo por m<sup>3</sup> otorgado por las entidades reguladoras o administradoras del servicio de dotación de agua potable, donde el aporte hacia la ingeniería civil sería analizar con valores correspondientes a cada región o tipo de moneda. correspondiente a un mismo comportamiento, de tal forma que se tiene una ecuación útil para ser aplicable.

### 3.12 Validez de los registros

Mediante la cantidad de ensayos realizados, un estimado de 3.900, se procedió a realizar el cálculo de la desviación estándar, con la finalidad de encontrar la diferencia de los resultados con el promedio efectuado por cada uno de los datos adquiridos para las respectivas frecuencias, por subsistemas A-B-C. sea esta presión o caudal, para encontrar el coeficiente o porcentaje de variación se corrobora mediante el coeficiente de variación es inferior a rangos del 10% asintiendo la confiabilidad del proyecto respecto a los resultados.

Obtenido los datos se analizó el comportamiento del flujo de agua a la entrada y a la salida, el análisis reflejo una pérdida debido al desgaste a los materiales del conducto o tuberías propias por rugosidad y fricción, accesorios, mismo que no representarían el resultado final de la investigación, debido a que la finalidad es encontrar el valor debido a pérdida efectuada por agua. El valor obtenido a la salida del modelo se prescindió el valor calculado por pérdida local y de fricción del prototipo, obteniendo la pérdida de carga que desea encontrar la investigación.

En las pérdidas por carga del sistema se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de la presión de salida y la diferencia de la presión de entrada al sistema, sean estos datos representados en la gráfica 1 en la cual se consideró una correlación con una línea de tendencia potencial, puesto que es la que mejor se ajusta para el caso de estudio, se obtuvo una correlación de 0.999, estando considerada como una correlación positiva perfecta.

En el subsistema A, se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de caudal y la diferencia de presión, sean estos datos representados en la gráfica en la cual se consideró una correlación con una línea de tendencia logarítmica, puesto que es la que mejor se ajusta para el caso de estudio, se obtuvo una correlación de 0.8923, catalogada como correlación positiva muy fuerte.

En el subsistema B, se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de caudal y la diferencia de presión, sean estos datos representados en la gráfica en la cual se consideró una correlación con una línea de tendencia logarítmica, puesto que

es la que mejor se ajusta para el caso de estudio. Se obtuvo una correlación de 0.9242, catalogada como correlación positiva considerable

En subsistema C, se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de caudal y la diferencia de presión, sean estos datos representados en la gráfica en la cual se consideró una correlación con una línea de tendencia logarítmica, puesto que es la que mejor se ajusta para el caso de estudio. Se obtuvo una correlación de 0.9377, catalogada como correlación positiva considerable

En resumen, por perdidas dentro del prototipo, se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de caudal y la diferencia de presión, sean estos datos representados en su grafica en la cual se consideró una correlación con una línea de tendencia logarítmica, puesto que es la que mejor se ajusta para el caso de estudio. Se obtuvo una correlación de 0.95, catalogada como correlación positiva muy fuerte.

En resumen, por pérdida económica del prototipo, se evidencio el comportamiento del flujo entre la diferencia de caudal y la diferencia de presión, sean estos datos representados en la gráfica propuesta de tal forma que se consideró una correlación con una línea de tendencia lineal, puesto que es la que mejor se ajusta para el caso de estudio. Se obtuvo una correlación de 0.9, catalogada como correlación muy fuerte y confiable.

### **3.13 Alcance y limitaciones del sistema respecto a pérdidas**

La investigación tiene como alcance analizar el comportamiento del flujo en un sistema hidráulico a presión construido con la finalidad de realizar simulaciones que representen pérdidas de agua potable, a diversos diámetros de tuberías y donde exista la variación de caudal  $Q$  y presión  $P$ . El análisis comprende los circuitos macro en los que se establece las variaciones de  $\Delta Q$  y  $\Delta P$  neta encontrando y descontando perdidas por resistencia al flujo y locales que conforman el sistema hidráulico macro.

Mediante el análisis, se determinará factores hidráulicos los cuales se relacionan para determinar factores económicos, fundamentado en que las pérdidas en producen en relación a la diferencia de  $Q$  o disminución de la presión que se conduce en el sistema, y el volumen de agua que se pierde representan pérdidas económicas dentro de una red de distribución de agua potable.

Se estableció la directriz en analizar el comportamiento del flujo exclusivo por pérdidas, obteniendo durante el estudio datos o identificaciones que orientan al investigador a establecer los fenómenos que se producen, y determinar coeficientes de pérdidas, carga por fricción, rugosidades de material, los cuales pueden ser aplicadas para diversas investigaciones en los sistemas hidráulicos a presión para conducción de agua potable.

Se destaca el análisis del prototipo diseñado, debido a que genera parámetros adimensionales, los cuales pueden ser aplicables a un sistema real práctico, permitiéndole a las empresas prestadoras del servicio de dotación y suministro de agua potable analizar los diversos sistemas y su comportamiento ante pérdidas bajo parámetros del medio. Como una limitación de la investigación se presenta los altos costes de los equipos e instrumentos utilizados para la investigación realizada.

## CAPÍTULO IV INFORME FINAL

Informe final de la modelación física y analítica de identificadores hidráulicos y económicos para evaluar pérdidas de agua en redes para agua potable, mediante la creación de un modelo hidráulico tipo prototipo en un sistema hidráulico a presión para obtener una curva de base experimental.



*Imagen 26.* Vista superior del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

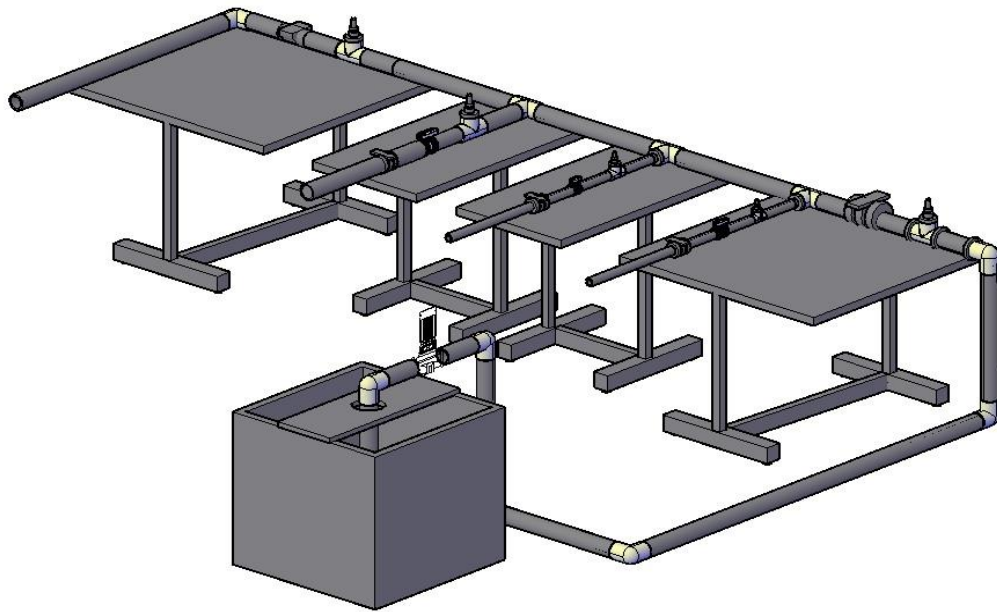
### 4.1.1 Fundamentación del experimento.

#### Normas de diseño y Construcción.

Aplicadas dentro de los parámetros de diseño y construcción para sistemas de conducción de agua potable.

- Norma ecuatoriana de la construcción NEC 2011 16
- Manual de diseño de acueductos y buenas prácticas – Interagua. Código MA-OED-004
- Manual de buenas prácticas en instalaciones hidrosanitarias y de gas Rafael Pérez Carbona Capítulo I,
- Normas de Materiales.
- Norma ASTM 2665-INEC-374
- Norma técnica ecuatoriana INEC 1379

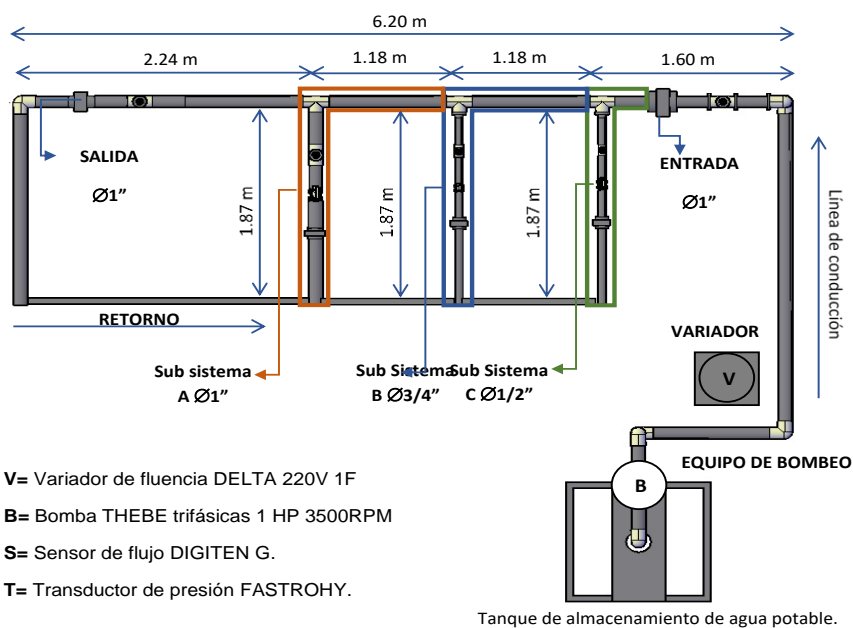




**Imagen 27.** Vista lateral en 3D del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

Se aplicarán un conjunto de técnicas y procedimientos, durante el desarrollo del plan experimental el cual consiste en la construcción del prototipo a presión con parámetros técnicos del medio, en cuanto a los materiales predominantes de PVC, aplicados a conductos de distribución reales, con velocidades y presiones indicadas dentro del rango de diseño de entidades reguladores.



**Imagen 28.** Vista lateral en 3D del Modelo Hidráulico Tipo Prototipo.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

#### 4. 1.2 Descripción del experimento.

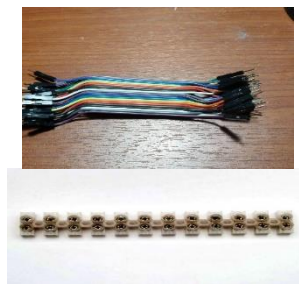
##### *Fase I de construcción del prototipo.*

Compra de suministros, tuberías, accesorios en tuberías, Equipo de bombeo y accesorios, Equipo de variación de frecuencia, Equipos de Medición.

**Tabla 37.**

##### ***Descripción del Equipamiento de Modelo Hidráulico.***

Tuberías de Modelo Hidráulico:	Descrito en la tabla 38.
Accesorios de Modelo Hidráulico:	Descrito en las tablas 39, 40,41,42.
Equipos de Medición para Modelo Hidráulico:	Descrito en la tabla 43.
Equipo de bombeo y accesorios:	Descrito en la tabla 44.
Equipo de variación de frecuencia:	Descrito en la tabla 45.
Ubicación de equipos de medición:	Descrito en la tabla 46.
Hardware:	Descrito en la tabla 47.
Software:	Descrito en la tabla 48.



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

### *Fase II de construcción del prototipo.*

Dimensionamiento de la longitud de la red de tuberías para construcción del sistema para modelación hidráulica, determinado según diseño los espacios del mismo y su operación, la elaboración de hilos en las tuberías de los diversos diámetros.

**Tabla 38. Descripción de tuberías de Modelo Hidráulico**

<b>Material de la tubería:</b>		<b>Poli cloruro de vinilo (PVC)</b>	
<b>Marca Comercial:</b>		<b>Plastigama.</b>	
<b>Tipo de Tubería</b>	<b>Tipo</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>
Tubería matriz	Presión UZ	Ø 1"	10.60 m
Tubería Subsistema A	Presión UZ	Ø 1"	1.25 m
Tubería Subsistema B	Presión UZ	Ø 1/2"	1.25 m
Tubería Subsistema C	Presión UZ	Ø 3/4"	1.25 m
Tubería de salida	Presión UZ	Ø 1"	1.25 m
Tubería de retorno	Plástica (Manguera)	Ø 3/4"	10.60m



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

### *Fase III de construcción del prototipo.*

Instalación de accesorios, red de tuberías para construcción del sistema para modelación hidráulica, sobre tubería matriz Ø 1" y las tuberías consignadas para perdidas A Ø 1", B Ø 3/4", C Ø 1/2", determinado según diseño.

**Tabla 39. Descripción de accesorios de Modelo Hidráulico Tubería Matriz: Ø 1"**

<b>Tubería Matriz: Ø 1" - 10.60 m - Tipo: Presión UZ</b>		
<b>Cant</b>	<b>Descripción del accesorio</b>	<b>Marca Comercial</b>
6	Codos plásticos de Ø 1"	Plastigama

1	Codo plástico de 90° de Ø 1" a Ø1/2"	Plastigama
1	Tee plástica de Ø 1"	Plastigama
1	Tee plástica de Ø 1" a Ø3/4"	Plastigama
3	Tee plástica de Ø 1" a Ø1/2"	Plastigama
4	Nodos plásticos de Ø 1"	Plastigama
4	Bouches de Cobre de Ø1/2" a Ø1/8"	Ferro bronce



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Tabla 40.**

**Descripción de accesorios del sistema Hidráulico Tubería Perdida A: Ø 1"**

**Tubería Perdida A: Ø 1" - 1.25 m - Tipo: Presión UZ**

Cant	Descripción del accesorio	Marca comercial
1	Tee plástica de Ø 1" a Ø1/2"	Plastigama
1	Válvula elastométrica de Ø 1"	Plastigama
2	Nodos plásticos de Ø 1"	Plastigama
1	Codo plástico de 90° de Ø 1" a Ø1/2"	Plastigama
2	Bouche de Cobre de Ø1/2" a Ø1/8"	Plastigama
1	Adaptador de manguera de Ø1/2"	Plastigama

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Tabla 41.**

**Descripción de accesorios del sistema - Tubería Perdida B: Ø 3/4"**

**Tubería Perdida B: Ø 3/4" - 1.25 m - Tipo: Presión UZ**

Cant.	Descripción del accesorio	Marca comercial
1	Tee plástica de Ø 3/4" a Ø1/2"	Plastigama
1	Válvula elastométrica de Ø 3/4"	Plastigama
2	Nodos plásticos de Ø 3/4"	Plastigama
1	Codo plástico de 90° de 3/4" a Ø1/2"	Plastigama
2	Bouche de Cobre de Ø 1/2" a Ø1/8"	Plastigama
1	Adaptador de manguera de Ø1/2"	Plastigama

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Tabla 42.****Descripción de accesorios del sistema Tubería Perdida C: Ø1/2"**

<b>Tubería Perdida C: Ø1/2" - 1.25 m</b>		
<b>Cant.</b>	<b>Descripción del accesorio</b>	<b>Marca comercial</b>
1	Tee plástica de Ø1/2"	Plastigama
1	Válvula elastométrica de Ø 1/2"	Plastigama
2	Nodos plásticos de Ø 1/2"	Plastigama
1	Codo plástico de 90° de Ø1/2"	Plastigama
2	Bouche de Cobre de Ø1/2" a Ø1/8"	Plastigama
1	Adaptador de manguera de Ø1/2"	Plastigama

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)**Fase IV de construcción del prototipo.**

Calibración de equipos y sensores de medición en caudal y presión; y su recolección efectiva de datos determinados según diseño.

**Tabla 43.****Equipos de Medición para Sistema Hidráulico.**

<b>Cant</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
1	Variador de caudal y presión	Delta	BFD-E
3	Medidores volumétricos, Ø 1"	Digiten G	R315
1	Medidores volumétricos, Ø 3/4"	Digiten G	R315
1	Medidores volumétricos, Ø1/2"	Digiten G	R315
5	Transductores de presión 0.5 - 4.5V 60 Psi Universal Ø 1/8"NPT	Digiten G	Fastrohy

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



***Fase V de construcción del prototipo.***

Instalación del equipo de bombeo con sus respectivos accesorios y tubería de conducción, desde el depósito de almacenamiento determinado según diseño.

***Tabla 44.***  
***Equipo de bombeo y accesorios de instalación para sistema Hidráulico.***

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>
1	Bomba Centrífuga TH-16NR 1 HP 3 Frecuencias	THEBE
1	Válvula Check de Ø 1 1/2"	Plastigama
10 m	Tubería PVC Ø 1 1/2" para riego.	Plastigama



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

***Fase VI de construcción del prototipo.***

Instalación del equipo de variación de frecuencia, el cual pondrá en funcionamiento a la bomba a partir de 30 Hertz hasta los 60 Hertz, determinado según diseño.

***Tabla 45.***  
***Equipo de variación de frecuencia para sistema Hidráulico.***

<b>Cant</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
1	Variador de caudal y presión	Delta	BFD-E
1	Caja eléctrica	Delta	
1	Breaker 220v 10 Amperio.	General Electric	
2	Conectores eléctricos 220v	Electric	
6	Terminales de cable concéntrico #8	Electric	



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Fase VII de construcción del prototipo.**

Instalación y ubicación del equipo de medición, en la red de tubería, según diseño.

**Tabla 46.**  
**Ubicación de equipos de medición para sistema Hidráulico.**

Descripción	Ubicación	Ø de tubería.
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería matriz (Entrada)	Ø 1"
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería matriz (Salida)	Ø 1"
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería Perdida A	Ø 1"
Medidor volumétrico Ø 3/4"	Tubería Perdida B	Ø 3/4"
Medidor volumétrico Ø1/2"	Tubería Perdida C	Ø1/2"
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería matriz (Entrada)	Ø 1"
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería matriz (Salida)	Ø 1"
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida A	Ø 1"
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida B	Ø 3/4"
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida C	Ø1/2"

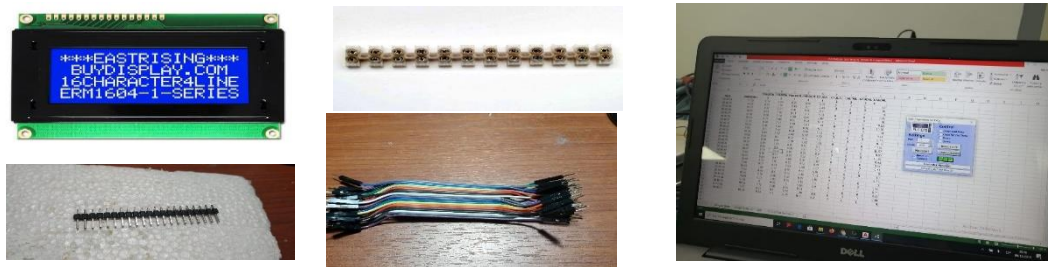
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

**Fase VIII de construcción del prototipo.**

Instalación del hardware y cableado del modelo hidráulico.

**Tabla 47.**  
**Descripción del Hardware para sistema Hidráulico.**

Cant.	Descripción	Marca	Modelo
1	Placa ATmega328P	Arduino	ATMEGA16U2
1	Pantalla LCD 16x14cm		
2	Espadines macho de 40 conectores		
1	Protoboard		
1	Adpatador de voltaje de 110V a 12V		
4	Terminales de 12 pares para cable N°18		
200	Amarras Plásticas		
50m	Cable concentrico trifasico TNh		



*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

***Fase XI de construcción del prototipo.***

Instalación del Software y programación determinado según diseño.

**Tabla 48.**

***Descripción del Software para sistema Hidráulico***

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Versión</b>
1	Arduino IDE for Windons 64bits.	1.8.10

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

***Fase X de construcción del prototipo.***

Asignación de equipos de medición mediante programación determinado según diseño.

**Tabla 49.**

***Ubicación y asignación de equipos de medición para sistema Hidráulico.***

<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Asignación</b>
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería matriz (Entrada)	Medidor 5
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería matriz (Salida)	Medidor 1
Medidor volumétrico Ø 1"	Tubería Perdida A	Medidor 2
Medidor volumétrico Ø 3/4"	Tubería Perdida B	Medidor 3
Medidor volumétrico, Ø1/2"	Tubería Perdida C	Medidor 4
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería matriz (Entrada)	Transductor 1
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería matriz (Salida)	Transductor 5
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida A	Transductor 4
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida B	Transductor 3
Transductor de 60 Psi Ø 1/8"	Tubería Perdida C	Transductor 2

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



#### 4.1.3 Costo de equipos y materiales utilizados en la construcción de prototipo

Para la construcción de este prototipo se detalla la descripción y costos de los ítems anteriormente mencionados, a su vez se anexa cotizaciones de equipos de bombeo y de medición que representan la mayor influencia dentro del mismo.

**Tabla 50.**

**Costo total del prototipo - sistema hidráulico a presión**

<b>Equipos de medición</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
3	Digiten g1" water Flow	\$ 24.20	\$ 72.60
1	Digiten g3/4" water Flow	\$ 26.40	\$ 26.40
1	Digiten g1/2" water Flow	\$ 19.80	\$ 19.80
5	Fastrohy 0.5- 4.5v 60 psi	\$ 34.65	\$ 173.25
1	Elegoo mega 2560 r3 board	\$ 55.00	\$ 55.00
1	Lcd1604 16x4 character lcd	\$ 22.00	\$ 22.00
1	Espadín macho - hembra 40	\$ 0.63	\$ 0.63
40	Cable arduino macho -	\$ 0.13	\$ 5.20
1	Proto board para lcd (5cm)	\$ 3.13	\$ 3.13
		Sub. Total	\$ 378.01
		Iva	\$ 45.36
		Total	\$ 423.37
<b>Equipo de bombeo</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Bomba centrifuga thebe th16nr 1hp 3f	\$ 254.57	\$ 254.57
1	Válvula check	\$ 80.00	\$ 80.00
1	Tuberías y accesorios de 1"ø	\$20.00	\$20.00
		Sub. Total	\$354.57
		IVA	\$42.55
		Total	\$397.12
<b>Tuberías y accesorios</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Tuberías plastigama diámetros 1"ø, 3/4"ø, 1/2"ø	\$ 84.00	\$84.00
40	Accesorios roscables pp	\$1.20	\$48.00
		Sub. Total	\$ 85.00
		IVA	\$10.20
		Total	\$ 95.20
<b>Equipo de variación - eléctrico</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Convertidor De frecuencia	\$ 283.00	\$283.00
1	Caja para variador de frecuencia	\$50.00	\$50.00
50	Cable concéntrico trifásico TNH	\$ 3.18	\$159.00
		Sub. Total	\$492.00

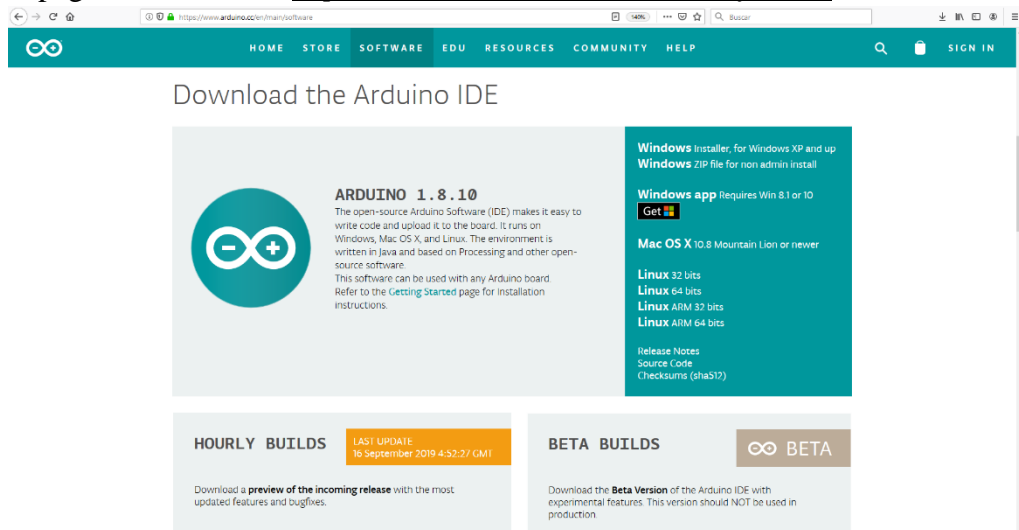
		IVA	\$59.04
		Total	\$551.04
<b>Bases</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
4	Mesas de acero inoxidable	\$40.00	\$160.00
		Sub. Total	\$160.00
		IVA	\$19.20
		Total	\$179.20
<b>Mano de obra</b>			
Cant.	Descripción Contrato por obra.	Precio unitario	Precio total
1	Técnico encargado de calibración de equipos de medición	\$1.00	\$110.00
1	Técnico encargado de programación del equipo de variación	\$1.00	\$70.00
		Total	\$180.00
<b>Letrero</b>			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Letrero vinil sobre cintra	\$22.50	\$22.50
		Total	\$22.50
	Costo total del proyecto.		\$ 1,848.43

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

#### 4.1.4. Proceso de obtención de datos en sensores; medidor de caudal y transductor en las variaciones de caudal y presión mediante el software Arduino.

##### *Fase I: Instalación de software.*

- A. Instalar software Arduino IDE versión 1.8.10 de acorde a las características y sistema operativo del procesador designado para recolección de datos en la página web oficial; <https://www.arduino.cc/en/main/software>.



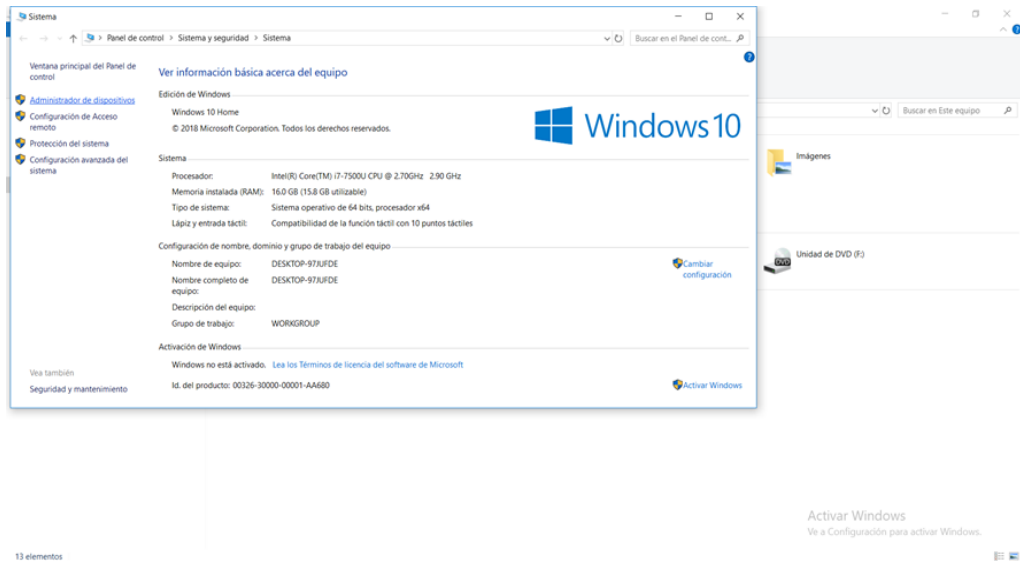
**Imagen 29.** Fase I Instalación de software Arduino – A.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)



**Imagen 30.** Fase I Instalación de software Arduino – A.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

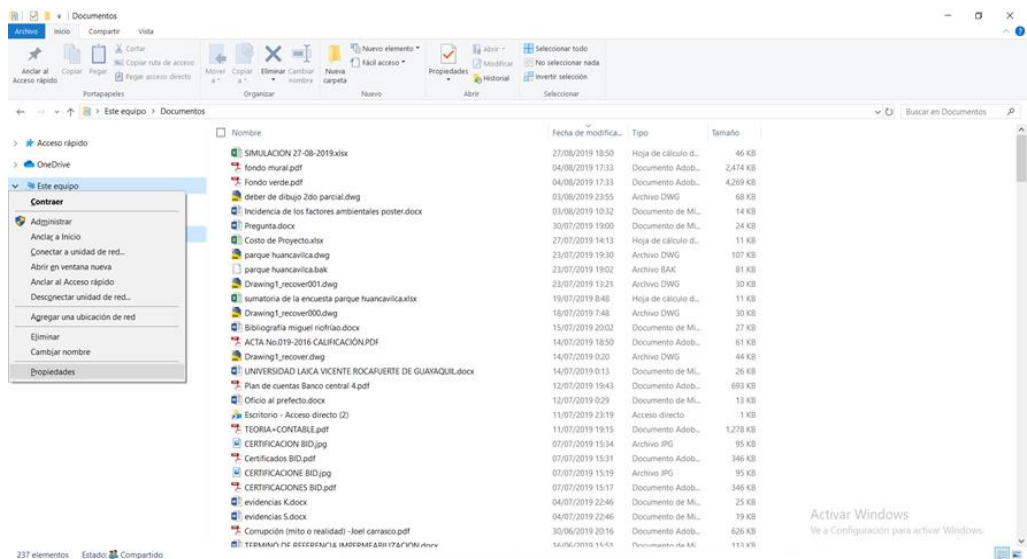
## Fase II: Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware.

A. Ingresar a explorador de Windows; propiedades de Equipo.



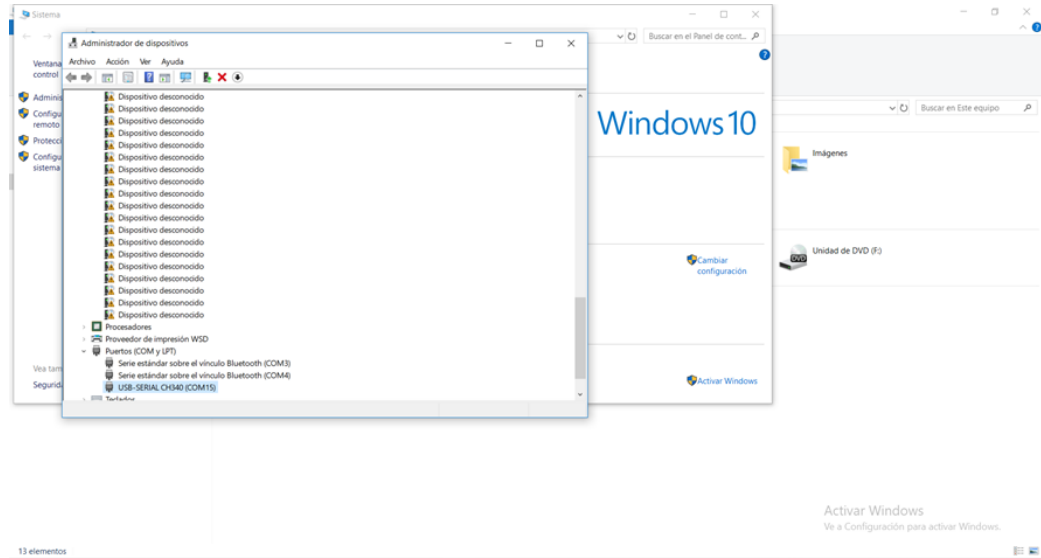
**Imagen 31.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – A.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

B. Ingresar a administrador de dispositivos; observar el hardware Arduino y verificar en que puerto COM se encuentra.



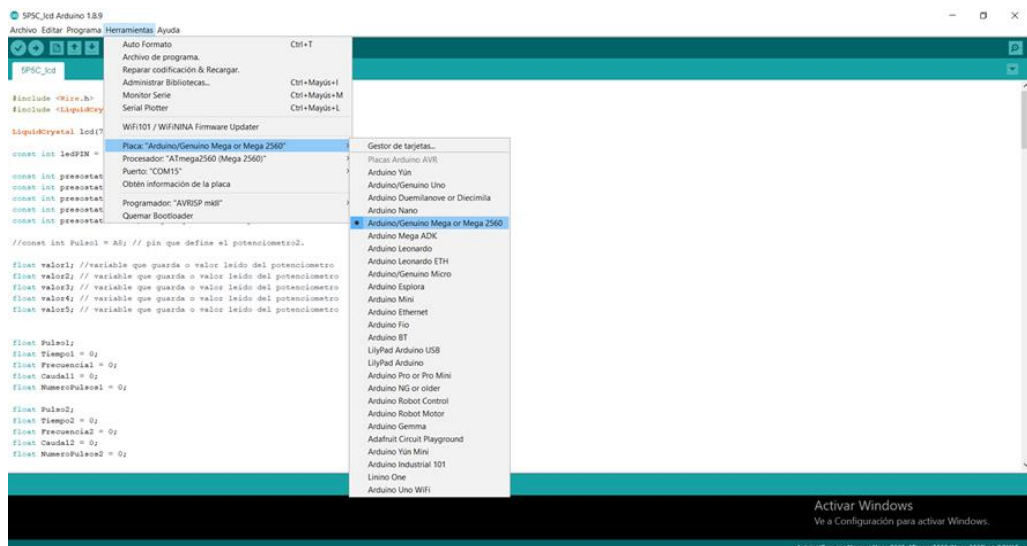
**Imagen 32.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – B.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

- C. Ubicar en el Puerto COM, y verificar en el puerto el procesador lo reconoce. Se puede observar que para efectos del presente se encuentra situado en el COM N°15.



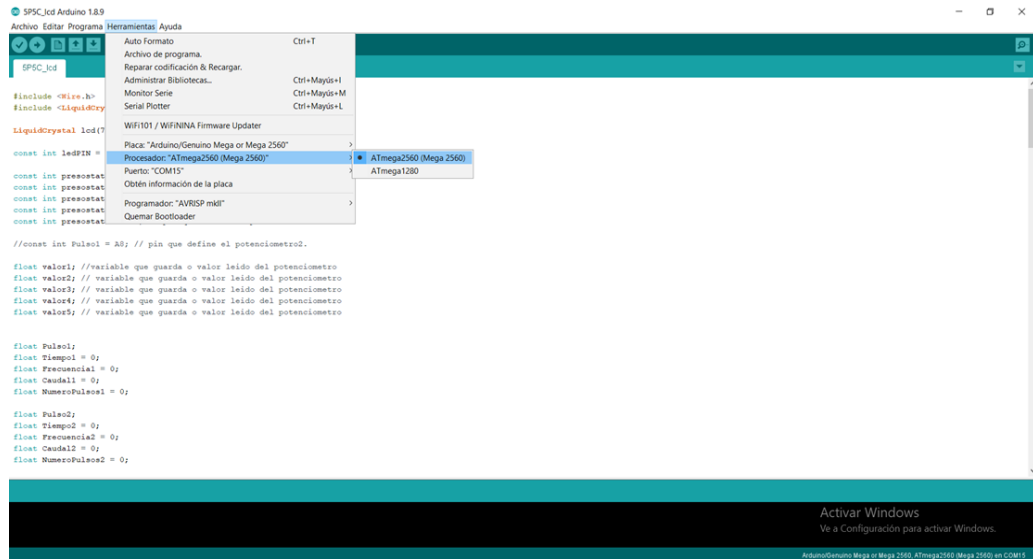
**Imagen 33.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – C.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

- D. Ingresar al software Arduino IDE versión 1.8.10; observar los comandos que ingresan a la tarjeta; seleccionar barra de menú Herramientas. Ingresar comando: Placa Arduino.



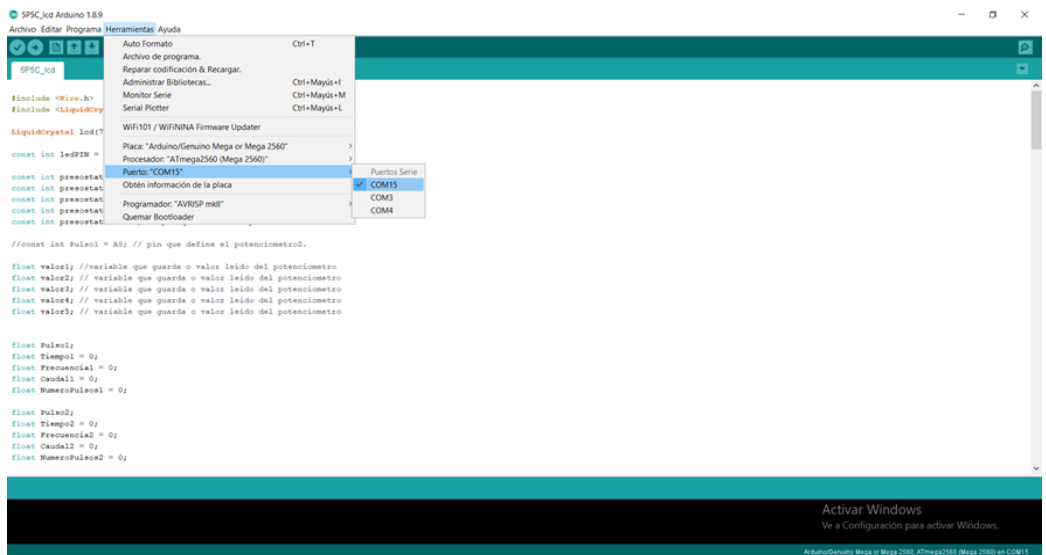
**Imagen 34.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – D.  
**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

E. Escoger el tipo de procesador y seleccionar el hardware o tarjeta: ATmega2560.



**Imagen 35.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – E.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

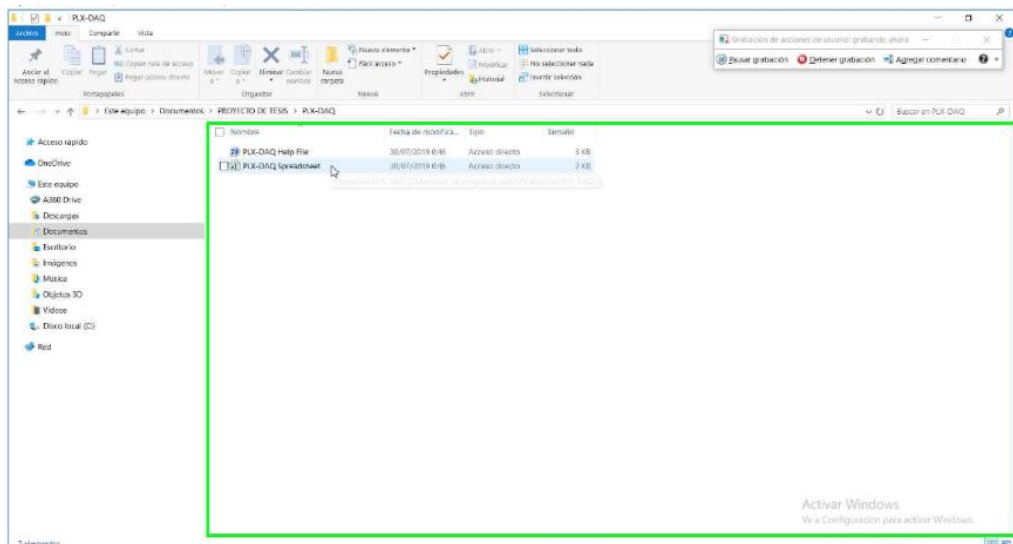
F. Seleccionar el COM en la cual el procesador asigno, configurar como predeterminado. Seleccionar la opción; Correr para generar y guardar los cambios modificados.



**Imagen 36.** Fase II Ingreso al sistema del procesador para instalación de hardware – F.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

***Fase III: Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos.***

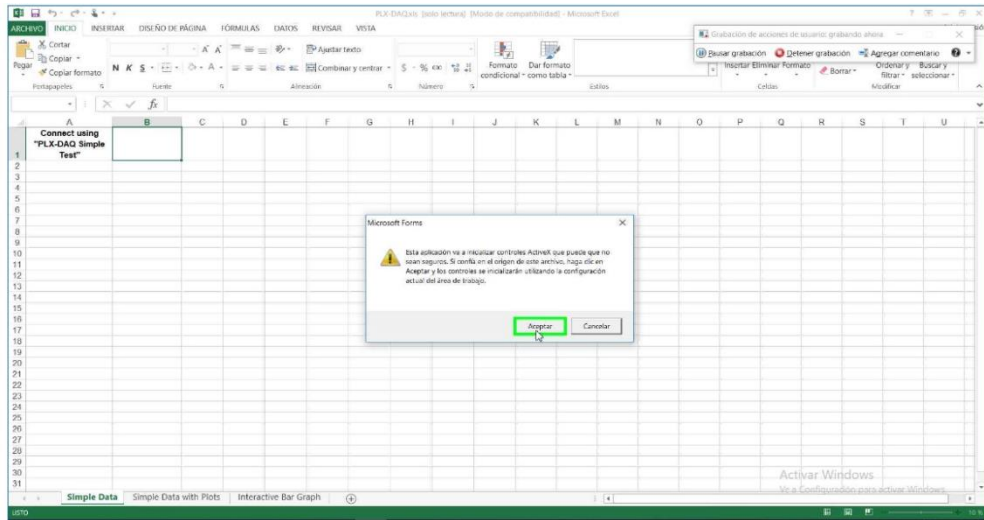
- A. Encender el sistema eléctrico del modelo hidráulico, mediante el Variador de frecuencia y proceder a simular para diferentes caudales o presiones.
- B. Configurar la frecuencia en base a especificaciones de la Bomba descrita en la tabla 00 a partir de 30 Hertz hasta 60 Hertz.
- C. Seleccionar el botón RUM; para dar inicio al funcionamiento de la bomba, en base a la frecuencia configurada y en base al diseño propuesto y programación.
- D. Incorporar el archivo programado, Excel de Microsoft para la visualización, recolección y almacenamiento de datos del hardware Arduino.



**Imagen 37.** Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. A – B – C – D.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

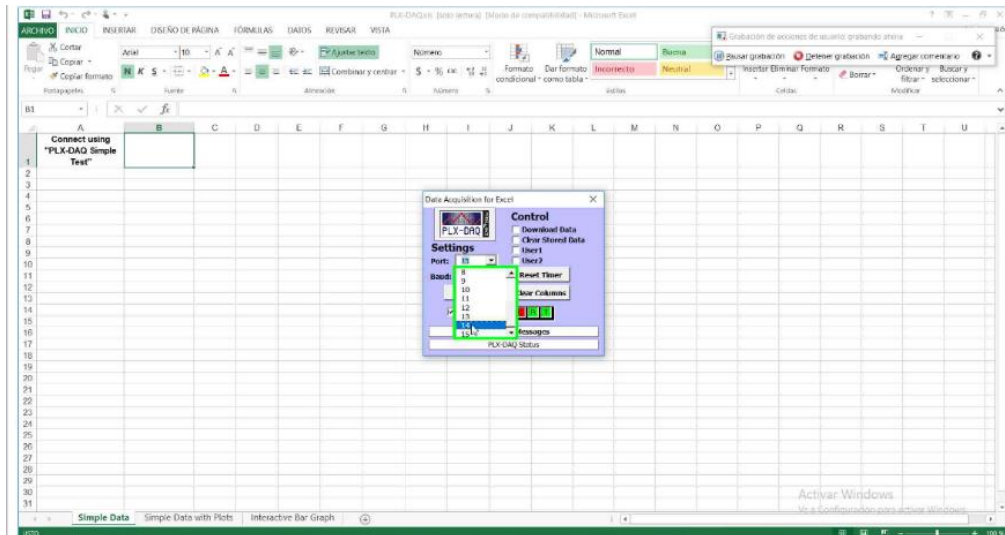
E. Ingresar la tabla de datos y seleccionar la opción: Aceptar.



**Imagen 38.** Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. E.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

F. Verificar el cuadro de cuadro de opciones que aparece a continuación, en la cual seleccionar la opción: PORT; puerto COM seleccionado en procesos anteriores; para verificar los datos obtenidos por el Arduino IDE versión 1.8.10.

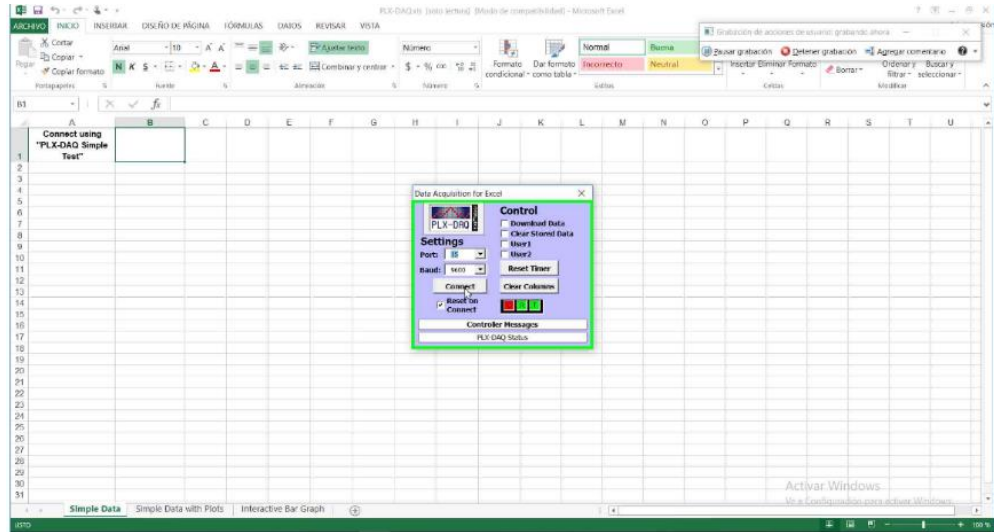


**Imagen 39.** Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. F.

**Elaborado por:** Aranea & Segovia (2020)

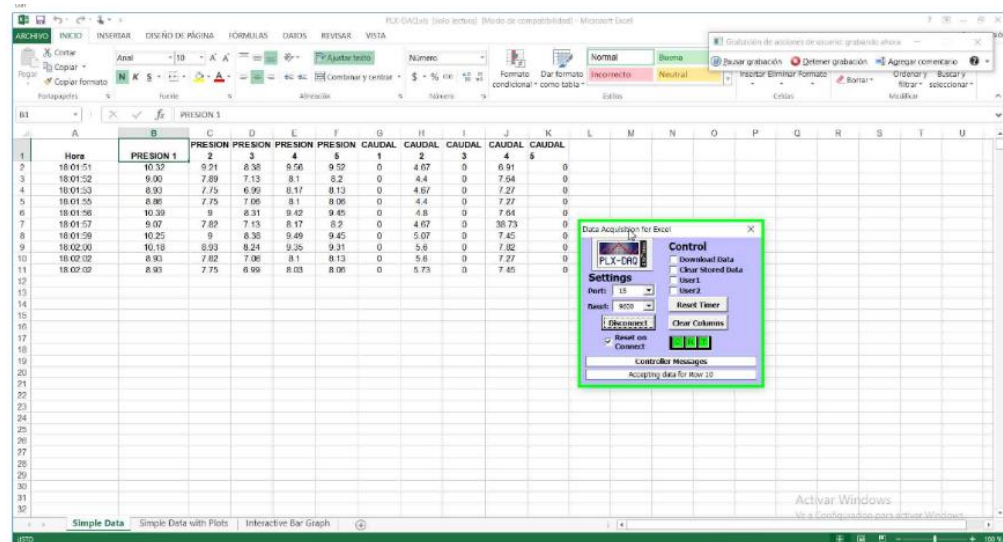


G. Seleccionar la opción: *Conectar* para correr la lectura obtenida del Arduino.



**Imagen 40.** Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. G.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

H. Iniciar la obtención los resultados del modelo hidráulico mediante *Arduino IDE versión 1.8.10* por cada simulación.



**Imagen 41.** Fase III Puesta en funcionamiento del modelo hidráulico para realizar la Modelización física y obtención de los datos. H.  
*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

Realizar los ensayos y generar las simulaciones de pérdidas de agua potable con diferentes frecuencias que generando diferencias de caudales y de presiones.

### 4.3 CONCLUSIONES

- Se elaboró un prototipo que consta de tres Subsistemas A-B-C, de tuberías de PVC en diámetros de 1"Ø, 3/4"Ø 1/2"Ø, con el fin de realizar pruebas de laboratorios, evaluar el comportamiento hidráulico y comparar los coeficientes de variación de caudal y presión en los ensayos realizados.
- El sistema compuesto por sensores, software, hardware Arduino y equipo de bombeo y variación de frecuencia, al momento de automatizar la red de abastecimiento de agua potable para realizar el análisis hidráulico y económico, se obtuvo una base de datos amplia de 3600 ensayos y de alta precisión, mostrando una confiabilidad de resultados.
- Las curvas representadas demuestran que a pesar de diferentes tipos de diámetros en análisis y con la ayuda de factores adimensionales se puede observar un mismo patrón cuyo resultado propone ecuaciones que pueden ser aplicables en cualquier sistema y en diversas condiciones.
- Se propone la ecuación  $y = 0.0506\ln(x) + 0.9934$ , en el análisis hidráulico, para estimar pérdidas de energía por pérdidas de agua, en función de la variación de caudal que se tenga y como resultado mostrará el coeficiente en pérdida de energía requerida.
- Realizado el análisis hidráulico se muestra mediante la ecuación  $y = -0.25\ln(x) + 0.0077$ , en función de la variación de caudal, dando como resultado una pérdida económica en \$/m<sup>3</sup>/día, con la finalidad de mostrar un impacto económico diario y realizar una evaluación por mes o por año ante estas pérdidas en sistemas de abastecimiento para agua potable.

#### 4.4 RECOMENDACIONES

- Las instituciones públicas y privadas pueden hacer uso de las ecuaciones propuestas para estudios y evaluaciones en las redes existentes de conducción de agua potable.
- Conforme al alcance de la investigación, los resultados obtenidos de acorde a la validación experimental, se propone a demás investigadores a seguir la línea de estudio.
- Empresas prestadoras o administradoras del servicio, pueden hacer uso de las ecuaciones propuestas en el análisis en los sistemas de abastecimiento de agua potable.
- El proyecto puede ser aplicado para efectos de investigación, para verificación de la información en tiempo real, así mismo como se puede hacer uso de la base de datos obtenida mediante los ensayos.
- Verificar que no existan fugas en el prototipo, en la red, accesorios y entre equipos instalados. (sistema hermético).
- Los equipos utilizados deben estar respectivamente calibrados previo a los ensayos.
- Esperar un tiempo prudente en los ensayos, entre cambio de variación de la presión para obtener los datos para esperar que se estabilice.
- Corroborar la información obtenida mediante estrategias básicas, como toma de tiempo con probetas o manómetro.
- Se sugiere en base al impacto hidráulico y económico que generan estas pérdidas en estudio aplicar posibles soluciones para precautelar el buen uso de los recursos hídricos, permitiendo encontrar nuevos resultados aportando en el campo de la hidráulica y de la ingeniería civil.

## 4.5 GLOSARIO

### C

**Calibración.** -Consiste en adecuar las condiciones y características físicas e hidráulicas, como la rugosidad del lecho, la descarga y los niveles de agua, con las del prototipo.

**Caudal.** - Es el volumen de fluido que transita a través de una sección de ducto, ya sean tuberías, cañerías, oleoductos, ríos, canales sobre la unidad de tiempo.

**Caudalímetro.** - Es el instrumento utilizado para la medición del caudal o del gasto volumétrico de un fluido. El caudalímetro se coloca en línea con la tubería que traslada el líquido.

**Coefficiente de descarga.** - Factor adimensional característico que permite calcular el caudal (Q) en función del nivel del fluido en el embalse o reserva ( $\Delta h$ ).

### E

**Escurrimiento.** - Se refiere al volumen de agua proveniente de las montañas a causa de las precipitaciones, las cuales caen sobre una cuenca, menos la infiltración y la retención superficial.

### F

**Fluido.** - Es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases.

### I

**Infraestructura hidráulica.-** Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la

recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

## T

**Transductor de presión.** - Son instrumentos utilizados en la medida de la presión, los cuales tienen una relación proporcional y lineal entre la presión de entrada y la señal eléctrica proporcionada. Mediante esta linealización se puede obtener la presión medida. Son instrumentos integrados en equipos de medición con dispositivos digitales de lectura ya que la señal no está normalizada.

## M

**Modelización.** -Es el proceso mediante el cual se crea una representación o modelo para investigar la realidad.

**Modelización física hidráulica.** - Es la simulación física de un fenómeno hidráulico, que ocurre en relación con una obra de ingeniería, en un sistema semejante simplificado que permite observarlo y controlarlo con facilidad, además confirmar la validez del diseño de la obra, optimizarla o tomar nota de los efectos colaterales, que deberán ser considerados durante la operación de la misma.

## 4.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garzón Contreras, F., & Thornton, J. (2006). *INFLUENCIA DE LA PRESIÓN EN LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN*.
- Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). (2017). *BOLETÍN DE LA ESTADÍSTICA SECTORIAL DEL AGUA*. Dirección de Investigación y Gestión de la Información, DIGI. ., Secretaría del Agua, SENAGUA. Quito: Comunicación Social SENAGUA / ARCA.
- American Water Works Association (AWWA). (2017).
- American Water Works Association (AwwaRF). (1997). *Perdidas de agua e ingresos: agua no facturada*.
- Apolo Marchán, J. (2004). Proyecto de evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua. *UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS*. Lima, Perú.
- ARCA, A. d. (2016). Quito.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (Sexta edición: Julio de 2012 ed.). EPISTEME, C.A.
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador . (2008). *Constitución de Ecuador de 2008*. Montecristi, Ciudad Alfaro, Montecristi, Ecuador.
- Banco Mundial. (1987). *Guía de trabajo para la reducción y control del agua no facturada*.
- Banco Mundial. (2017). *Agua No contabilizada*. Lima.
- Bravo Quezada, A. (11 de Septiembre de 2017). Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, cantón Machala, provincia El Oro. *Tesis*. (U. A. CIVIL, Ed.) Machala, Ecuador: CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.
- Carrasco Díaz, S. (2013). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Perú.
- Delgado Galván, X. (2011). Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento. (T. DOCTORAL, Recopilador) Valencia: UNIVERSITAT POLIÉCNICA DE VALÈNCIA.
- Deucher Verein des Gas-und Wasserfaches (DVGW). (1986). *Pérdidas de agua en los sistemas de distribución*.
- ECAPAG. (29 de Marzo de 2001). *Interagua*. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de Reglamento Tarifario vigente para el primer quinquenio de la concesión.: [https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/anexo\\_9.pdf](https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/anexo_9.pdf)

- El profesorado de E.F. y las competencias básicas . (s.f.). Capitulo III: Metodología de la investigación.
- Fallis, P., Hübschen, K., Oertlé, E., Klingel, P., Knobloch, A., Baader , J., & Oertlé , E. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. (D. Z. (GIZ), Ed.) Alemania: Rohland&more, Offenbach/Alemania.
- Farley, M. (2003). *Leakage Management and Control*. WHO.
- Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in Water Distribution Networks*. IWA.
- Ferrer, J. (2010). *MÉTODOS DE LA INVENTIGACION*. Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>
- Galie, G. (1612 ).
- Garcia, J. (16 de Agosto de 2017). *Fondo para la comunicación y la educación ambiental*. Recuperado el 15 de Julio de 2020, de Panamá América: <https://agua.org.mx/agua-contabilizada-problema-primario-resolver/>
- Gherardelli, C. (s.f.). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. Chile.
- Giles , R. V. (2013). *Mecánica de fluidos e hidráulica*.
- Giles, R. V., Evett, J. B., & Liu, C. (2003.). *Mecánica de fluidos e hidráulica*. (Tercera Edición ed.). (M. J. Norte , Ed., & J. Moneva Moneva, Trad.) España.
- GUNT Gerätebau GmbH. (2015). *HIDRÁULICA PARA INGENIEROS*. Alemania.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición ed.). México D.F., México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huratado de Barrera, J. (2010). *Metologia de la Investigacion* (Cuarta ed.). (Ciea-Sypal, Ed.) Bogotá.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metologia de la Investigacion* (Cuarta ed.). (Ciea-Sypal, Ed.) Bogotá.
- INEC; UNICEF. (2018). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Agua,Saneamiento e Higiene - Medición de los ODS en Ecuador.: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,\\_SANEAMIENTO\\_e\\_HIGIENE.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf)
- INEN NTE. (s.f.). Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.1373.2010/page/n11>
- Interagua C. Ltda. (s.f.). *FACTURACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de <https://www.interagua.com.ec/preguntas-frecuentes>
- International Water Association IWA. (2003). *Water Loss Task*.

- Jarabo Friedrich, F. E., García Álvarez, F. J., & Elórtegui Escartín, N. (15 - 16 de Noviembre de 2018). Incorporación de caudalímetros (electrónicos) de bajo coste a prácticas de laboratorio de fluidos. v *Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC*, 1-7.
- Jaramillo Díaz, J. D., & Cárdenas Bañol, H. A. (2015). NUMERO DE REYNOLDS. 17. GIRARDOT.
- La Organización Mundial para la Salud (OMS) . (2001). *Manejo y control de fugas” Un manual de capacitación para adoptar mejores prácticas.*
- Lambert. (2001).
- Lambert, A. (Junio de 2003). Leak detection practices and techniques: a practical approach. Water 21. IWA.
- Lambert, A., & Hirner, W. (2000). *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures.* . International Water Association.
- Maldonado, J. A. (2015). *Metodología de la Investigación FUNDAMENTOS*. Recuperado el Agosto de 2020, de Academia:  
[https://www.academia.edu/15487793/METODOLOG%C3%8DA\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACI%C3%93N\\_Fundamentos\\_](https://www.academia.edu/15487793/METODOLOG%C3%8DA_DE_LA_INVESTIGACI%C3%93N_Fundamentos_)
- Mecanica de los Fluidos* . (4 de Octubre de 2014). Obtenido de CLASIFICACION DE FLUJOS DE FLUIDOS:  
<http://mecanicadefluidosuniguajira2014.blogspot.com/2014/10/clasificacion-de-flujos-de-fluidos.html>
- Metodología Científica*. (25 de Julio de 2020). Recuperado el 02 de Septiembre de 2020, de Conceptodefinicion.de, Redacción : <https://conceptodefinicion.de/metodologia-cientifica/>
- Moliá, R. (s.f.). Abastecimiento y saneamiento. (E. E. Negocios, Ed.) Madrid, España. Recuperado el Enero de 2020, de  
<file:///C:/Users/USER/Downloads/componente45475.pdf>
- Moreno Florez, P. A. (15 de Diciembre de 2005). *Tesis Doctoral*, 176.  
(<https://www.tdx.cat/handle/10803/8917#page=4>, Recopilador)
- Morrison, J., Tooms, S., & Rogers, D. (2007). *District Metered Areas Guidance Notes*. International Water Association IWA, Londres, Reino Unido.
- National Water Council . (1980). *Políticas y prácticas del control de fugas*. Alemania.
- Navarrete Nagua, J. N. (16 de Marzo de 2018). Propuesta metodológica para la adaptación de métodos internacionales de estimación de pérdidas reales de agua en sistemas urbanos de abastecimiento de agua potable de Ecuador. *FACULTAD DE INGENIERÍA*. Guayaquil, Ecuador.



- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1373. (Septiembre de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN:  
[https://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_1373.pdf](https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1373.pdf)
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1373. (Septiembre de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN:  
[https://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_1373.pdf](https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1373.pdf)
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1373. (Septiembre de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN:  
[https://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_1373.pdf](https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1373.pdf)
- Ojeda Ramirez, M. (Mayo de 2012). METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN REDES DE AGUA POTABLE Y SU PUESTA EN PRÁCTICA EN LA RED DE CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNAM. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*. (F. D. INGENIERÍA, Ed.) México.
- OMS, & UNICEF . (2017). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Un Water - Agua: <https://www.unwater.org/unwater-publications/#>
- ONU. (25 de Septiembre de 2015). Agenda 30.
- ONU. (15 de Agosto de 2018). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD)*. Obtenido de OBJETIVO 6 DE DESARROLLO SOSTENIBLE: AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO:  
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). *Agua y Ciudades, Hechos y Cifras*. Obtenido de Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio:  
[file:///C:/Users/Personal/Downloads/facts\\_and\\_figures\\_long\\_final\\_spa.pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/facts_and_figures_long_final_spa.pdf)
- Organizacion de las Naciones Unidas, ONU ;. (25 de Septiembre de 2015). Agenda 30. *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Parot Françoise, & Doron Roland. (12 de Noviembre de 2008 ). *Diccionario Akal de Psicología*. Obtenido de : <https://bloglosariopsa.wordpress.com/2008/11/12/metodo-experimental/>
- Parot Françoise, & Doron Roland. (1998, 2007). *Diccionario Akal de Psicología*. Mostoles, Madrid.
- Pazmiño Mayorga, J., & Pazmiño González, J. (Julio de 2020). CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EXPERIMENTAL DE TUBO DE VENTURI. (U. C. ECUADOR, Ed.)
- Pedroza González, E. (2018). *Hidráulica Básica Historia*. México.

- Pedroza González, E. (2018). *HIDRÁULICA BÁSICA Historia, conceptos previos y ecuaciones*. México, México.
- Pedroza González, E. (2018). *HIDRÁULICA BÁSICA Historia, conceptos previos y ecuaciones*. México, México.
- Pilcher, R. (2003). *Leak detection practices and techniques: a practical approach*.
- Quiron , P. (s.f). *Fluidos, Fundamentos de Hidráulica*. Canadá.
- Ress, E., & Roberson, J. A. (2016). The Financial and Policy Implications of Water Loss. *Journal of the American Water Works Associations*.
- Rocha Felices, A. (Febrero de 2003). Los modelos como herramienta valiosa para el diseño hidráulico. *Ciclo de conferencias Investigación en modelos físicos y matemáticos de obras hidráulicas*.
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales* (Primera edición ed.). Perú.
- Saldarriaga V., J. G. (2016). *Hidráulica de tuberías* (3 ed.). Bogotá, Cundinamarca , Colombia: Alfaomega.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, S. (11 de Octubre de 2017).
- Secretaría Nacional para la Planificación del Desa. (2017).
- Sotelo Avila, G. (1997). *Hidráulica Genereal* (Vol. 1). México: Limusa S.A de C.V.
- Tamayo , & Tamayo , M. (1997). *El Proceso de la Investigación científica*. México, México: Limusa S.A.
- Thornton , J. (2008). *Water Losses*. American Water Works Association (AWWA).
- Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008). McGraw-Hill Professional.
- Thornton, J., & Lambert A. O. (2005). Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure. *Proceedings of the IWA Specialised*. Halifax, Nueva Escocia, Canadá.
- Thornton, J., Sturm, R., & Kunkel, G. (2008). *Water Loss Control*. McGraw-Hill.
- Vaschy-Buckingham. (1892). Sur les lois de similitude en physique.
- Zemansky Young, & Freedman. (s.f.). *University Physics* (10th Ed.Section 11-6. ed.).
- Zyl, J., & Clayton, C. (11 de Diciembre de 2006). THE EFFECT OF PRESSURE ON LEAKAGE IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS.

## 4.7 ANEXOS

**Anexo 1.** Base de datos de las Tablas desde la frecuencia de 30 HZ hasta 60 HZ por pérdida de energía local y de fricción en el sistema

<b>FRECUENCIA: 30 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
	<b>PSI</b>	<b>PSI</b>	<b>l / min</b>
Simulación 1	8.93	8.73	11.43
Simulación 2	8.93	8.73	11.43
Simulación 3	9.00	8.80	12.00
Simulación 4	8.93	8.73	13.43
Simulación 5	8.86	8.66	13.14
Simulación 6	8.79	8.59	12.57
Simulación 7	9.07	8.87	12.57
Simulación 8	8.79	8.59	12.29
Simulación 9	9.00	8.80	12.57
Simulación 10	8.93	8.73	12.86
Simulación 11	8.79	8.59	12.57
Simulación 12	8.86	8.66	12.86
Simulación 13	8.86	8.66	11.71
Simulación 14	8.93	8.73	12.00
Simulación 15	8.93	8.73	11.71
Simulación 16	8.86	8.66	12.00
Simulación 17	8.79	8.59	11.71
Simulación 18	8.79	8.59	12.57
Simulación 19	8.86	8.66	12.29
Simulación 20	8.86	8.66	12.29
Simulación 21	8.66	8.46	12.57
Simulación 22	8.93	8.73	12.57
Simulación 23	8.86	8.66	12.29
Simulación 24	8.66	8.46	12.86
Simulación 25	8.66	8.46	11.71
Simulación 26	8.72	8.52	12.00
Simulación 27	8.66	8.46	12.00
Simulación 28	8.59	8.39	11.43
Simulación 29	8.52	8.32	12.29
Simulación 30	8.79	8.59	12.00
Simulación 31	8.79	8.59	12.29
Simulación 32	8.93	8.73	12.29
Simulación 33	8.79	8.59	12.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.83</b>	<b>8.63</b>	<b>12.26</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.49</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.41</b>	<b>1.44</b>	<b>3.97</b>

<b>FRECUENCIA: 31 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	11.02	10.82	12.00
Simulación 2	10.32	10.12	10.00
Simulación 3	10.11	9.91	10.00
Simulación 4	10.05	9.85	9.71
Simulación 5	10.39	10.19	10.00
Simulación 6	10.53	10.33	10.29
Simulación 7	10.39	10.19	10.86
Simulación 8	10.25	10.05	10.00
Simulación 9	9.98	9.78	9.14
Simulación 10	10.74	10.54	9.71
Simulación 11	10.88	10.68	9.14
Simulación 12	10.46	10.26	10.86
Simulación 13	10.53	10.33	10.57
Simulación 14	10.60	10.40	10.86
Simulación 15	10.67	10.47	10.29
Simulación 16	10.67	10.47	9.43
Simulación 17	10.67	10.47	10.57
Simulación 18	10.39	10.19	9.71
Simulación 19	11.02	10.82	10.00
Simulación 20	10.74	10.54	10.00
Simulación 21	10.53	10.33	9.71
Simulación 22	10.46	10.26	10.00
Simulación 23	10.60	10.40	9.43
Simulación 24	10.81	10.61	9.71
Simulación 25	10.53	10.33	9.71
Simulación 26	10.53	10.33	9.14
Simulación 27	10.53	10.33	10.00
Simulación 28	10.74	10.54	9.71
Simulación 29	10.67	10.47	9.43
Simulación 30	10.67	10.47	10.00
Simulación 31	10.53	10.33	10.29
Simulación 32	10.74	10.54	10.57
Simulación 33	10.39	10.19	9.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.55</b>	<b>10.35</b>	<b>10.02</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.24</b>	<b>0.24</b>	<b>0.59</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.29</b>	<b>2.34</b>	<b>5.93</b>

*Elaborado por:* Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 32 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	14.36	14.16	11.14
Simulación 2	11.92	11.72	9.71
Simulación 3	12.20	12.00	10.86
Simulación 4	11.85	11.65	10.00
Simulación 5	12.06	11.86	10.86
Simulación 6	11.44	11.24	9.71
Simulación 7	11.64	11.44	10.57
Simulación 8	11.71	11.51	10.00
Simulación 9	11.71	11.51	10.57
Simulación 10	11.57	11.37	10.29
Simulación 11	11.71	11.51	9.43
Simulación 12	11.51	11.31	10.00
Simulación 13	11.71	11.51	9.71
Simulación 14	11.44	11.24	10.00
Simulación 15	11.92	11.72	11.14
Simulación 16	11.30	11.10	11.14
Simulación 17	11.78	11.58	10.86
Simulación 18	11.92	11.72	11.14
Simulación 19	12.13	11.93	10.57
Simulación 20	11.64	11.44	10.00
Simulación 21	11.78	11.58	10.57
Simulación 22	11.51	11.31	10.57
Simulación 23	11.23	11.03	9.43
Simulación 24	11.23	11.03	10.86
Simulación 25	11.44	11.24	10.57
Simulación 26	11.51	11.31	10.57
Simulación 27	11.44	11.24	10.57
Simulación 28	11.30	11.10	10.57
Simulación 29	11.78	11.58	11.14
Simulación 30	11.71	11.51	10.57
Simulación 31	11.64	11.44	10.29
Simulación 32	11.51	11.31	10.00
Simulación 33	12.27	12.07	10.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.75</b>	<b>11.55</b>	<b>10.42</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	<b>0.51</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>4.58</b>	<b>4.66</b>	<b>4.85</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 33 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	13.80	13.60	11.14
Simulación 2	12.20	12.00	10.00
Simulación 3	12.27	12.07	11.43
Simulación 4	12.48	12.28	11.43
Simulación 5	12.20	12.00	10.86
Simulación 6	12.62	12.42	10.29
Simulación 7	12.48	12.28	11.43
Simulación 8	12.62	12.42	12.29
Simulación 9	11.92	11.72	9.43
Simulación 10	12.41	12.21	10.29
Simulación 11	12.48	12.28	10.29
Simulación 12	12.34	12.14	11.14
Simulación 13	12.34	12.14	11.71
Simulación 14	12.34	12.14	11.43
Simulación 15	11.51	11.31	10.00
Simulación 16	11.99	11.79	11.14
Simulación 17	12.06	11.86	10.86
Simulación 18	12.20	12.00	10.57
Simulación 19	12.13	11.93	10.57
Simulación 20	12.41	12.21	10.29
Simulación 21	11.78	11.58	9.71
Simulación 22	12.20	12.00	10.86
Simulación 23	12.48	12.28	11.14
Simulación 24	12.27	12.07	10.86
Simulación 25	12.34	12.14	11.43
Simulación 26	12.41	12.21	11.43
Simulación 27	11.85	11.65	10.29
Simulación 28	11.85	11.65	8.86
Simulación 29	12.20	12.00	10.29
Simulación 30	12.13	11.93	10.57
Simulación 31	12.55	12.35	10.86
Simulación 32	12.27	12.07	11.43
Simulación 33	11.71	11.51	9.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.27</b>	<b>12.07</b>	<b>10.73</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>0.73</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.13</b>	<b>3.18</b>	<b>6.82</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 34 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	14.42	14.22	12.00
Simulación 2	12.62	12.42	11.43
Simulación 3	12.97	12.77	10.00
Simulación 4	12.76	12.56	11.43
Simulación 5	13.73	13.53	12.57
Simulación 6	12.41	12.21	10.86
Simulación 7	12.69	12.49	11.71
Simulación 8	12.83	12.63	11.71
Simulación 9	12.97	12.77	11.14
Simulación 10	13.38	13.18	11.71
Simulación 11	12.27	12.07	10.57
Simulación 12	13.03	12.83	12.29
Simulación 13	13.03	12.83	11.43
Simulación 14	12.83	12.63	11.14
Simulación 15	13.03	12.83	12.57
Simulación 16	13.17	12.97	12.00
Simulación 17	12.90	12.70	10.86
Simulación 18	12.69	12.49	11.43
Simulación 19	13.17	12.97	12.57
Simulación 20	12.90	12.70	12.00
Simulación 21	13.31	13.11	11.43
Simulación 22	12.97	12.77	12.29
Simulación 23	12.97	12.77	11.43
Simulación 24	12.90	12.70	11.71
Simulación 25	12.20	12.00	10.57
Simulación 26	13.03	12.83	10.86
Simulación 27	12.76	12.56	10.57
Simulación 28	13.17	12.97	11.14
Simulación 29	12.97	12.77	11.14
Simulación 30	13.24	13.04	12.57
Simulación 31	13.24	13.04	11.71
Simulación 32	13.17	12.97	11.43
Simulación 33	12.83	12.63	11.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.99</b>	<b>12.79</b>	<b>11.51</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	<b>0.65</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.08</b>	<b>3.13</b>	<b>5.63</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 35 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	15.26	15.06	12.57
Simulación 2	12.76	12.56	9.71
Simulación 3	13.38	13.18	11.43
Simulación 4	13.24	13.04	11.14
Simulación 5	13.87	13.67	11.14
Simulación 6	13.94	13.74	11.43
Simulación 7	13.03	12.83	11.14
Simulación 8	13.52	13.32	11.71
Simulación 9	13.17	12.97	10.57
Simulación 10	12.83	12.63	10.86
Simulación 11	13.66	13.46	11.71
Simulación 12	13.52	13.32	11.43
Simulación 13	12.90	12.70	10.86
Simulación 14	13.66	13.46	11.43
Simulación 15	13.52	13.32	12.86
Simulación 16	13.17	12.97	11.43
Simulación 17	13.17	12.97	10.86
Simulación 18	13.38	13.18	11.14
Simulación 19	13.87	13.67	12.86
Simulación 20	13.31	13.11	12.29
Simulación 21	13.94	13.74	13.14
Simulación 22	13.52	13.32	11.71
Simulación 23	13.03	12.83	11.71
Simulación 24	13.24	13.04	11.14
Simulación 25	13.24	13.04	11.43
Simulación 26	13.66	13.46	11.43
Simulación 27	13.73	13.53	12.86
Simulación 28	13.87	13.67	12.57
Simulación 29	13.31	13.11	11.71
Simulación 30	13.45	13.25	11.71
Simulación 31	14.15	13.95	13.71
Simulación 32	13.24	13.04	11.43
Simulación 33	13.10	12.90	12.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.47</b>	<b>13.27</b>	<b>11.68</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.47</b>	<b>0.47</b>	<b>0.83</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.49</b>	<b>3.55</b>	<b>7.08</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)



<b>FRECUENCIA: 36 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	15.54	15.34	12.57
Simulación 2	14.01	13.81	13.14
Simulación 3	14.01	13.81	12.86
Simulación 4	14.08	13.88	11.71
Simulación 5	14.70	14.50	12.00
Simulación 6	14.08	13.88	12.29
Simulación 7	13.94	13.74	12.00
Simulación 8	14.08	13.88	12.00
Simulación 9	13.87	13.67	11.43
Simulación 10	14.56	14.36	13.43
Simulación 11	14.29	14.09	12.00
Simulación 12	14.29	14.09	13.14
Simulación 13	14.98	14.78	12.86
Simulación 14	13.73	13.53	12.29
Simulación 15	14.56	14.36	12.86
Simulación 16	15.05	14.85	14.29
Simulación 17	13.87	13.67	12.57
Simulación 18	14.70	14.50	14.29
Simulación 19	14.42	14.22	13.43
Simulación 20	14.63	14.43	13.71
Simulación 21	14.36	14.16	12.86
Simulación 22	13.94	13.74	11.14
Simulación 23	14.70	14.50	14.86
Simulación 24	14.36	14.16	13.43
Simulación 25	14.29	14.09	13.43
Simulación 26	14.70	14.50	13.14
Simulación 27	14.84	14.64	12.29
Simulación 28	14.49	14.29	12.29
Simulación 29	14.70	14.50	13.71
Simulación 30	13.73	13.53	10.86
Simulación 31	14.77	14.57	13.14
Simulación 32	14.56	14.36	13.43
Simulación 33	14.63	14.43	13.43
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.41</b>	<b>14.21</b>	<b>12.81</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>	<b>0.91</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.89</b>	<b>2.93</b>	<b>7.10</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 37 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	16.79	16.59	12.00
Simulación 2	14.98	14.78	13.43
Simulación 3	14.22	14.02	12.29
Simulación 4	15.19	14.99	12.00
Simulación 5	14.91	14.71	13.43
Simulación 6	14.70	14.50	12.86
Simulación 7	14.98	14.78	13.43
Simulación 8	15.26	15.06	13.71
Simulación 9	14.98	14.78	15.14
Simulación 10	14.84	14.64	13.14
Simulación 11	13.66	13.46	11.71
Simulación 12	14.77	14.57	13.43
Simulación 13	14.98	14.78	12.00
Simulación 14	14.77	14.57	12.29
Simulación 15	15.33	15.13	12.86
Simulación 16	14.77	14.57	13.14
Simulación 17	15.05	14.85	13.43
Simulación 18	15.26	15.06	13.71
Simulación 19	15.33	15.13	13.14
Simulación 20	15.47	15.27	14.00
Simulación 21	14.84	14.64	14.57
Simulación 22	15.68	15.48	15.43
Simulación 23	14.84	14.64	13.43
Simulación 24	15.40	15.20	13.14
Simulación 25	15.47	15.27	14.00
Simulación 26	14.49	14.29	12.29
Simulación 27	14.98	14.78	14.00
Simulación 28	15.05	14.85	13.14
Simulación 29	14.49	14.29	12.29
Simulación 30	15.40	15.20	13.71
Simulación 31	14.91	14.71	13.43
Simulación 32	14.84	14.64	12.00
Simulación 33	14.49	14.29	11.43
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.00</b>	<b>14.80</b>	<b>13.15</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>	<b>0.94</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.41</b>	<b>3.46</b>	<b>7.15</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 38 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	17.62	17.42	15.14
Simulación 2	15.88	15.68	14.00
Simulación 3	16.51	16.31	15.14
Simulación 4	14.84	14.64	12.00
Simulación 5	15.95	15.75	14.57
Simulación 6	15.82	15.62	13.71
Simulación 7	15.82	15.62	14.00
Simulación 8	15.47	15.27	12.29
Simulación 9	15.68	15.48	13.43
Simulación 10	16.44	16.24	14.86
Simulación 11	14.84	14.64	12.00
Simulación 12	16.16	15.96	14.29
Simulación 13	16.37	16.17	14.00
Simulación 14	15.19	14.99	12.29
Simulación 15	15.05	14.85	13.71
Simulación 16	16.51	16.31	14.86
Simulación 17	16.09	15.89	14.86
Simulación 18	15.33	15.13	12.86
Simulación 19	15.95	15.75	14.29
Simulación 20	16.02	15.82	14.00
Simulación 21	16.09	15.89	14.29
Simulación 22	15.88	15.68	13.43
Simulación 23	15.75	15.55	13.14
Simulación 24	15.88	15.68	16.29
Simulación 25	15.61	15.41	15.14
Simulación 26	14.98	14.78	13.71
Simulación 27	15.40	15.20	13.14
Simulación 28	15.68	15.48	13.71
Simulación 29	16.30	16.10	14.00
Simulación 30	15.88	15.68	13.43
Simulación 31	15.40	15.20	13.43
Simulación 32	16.02	15.82	14.57
Simulación 33	15.75	15.55	14.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.82</b>	<b>15.62</b>	<b>13.91</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.56</b>	<b>0.56</b>	<b>0.97</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.52</b>	<b>3.56</b>	<b>7.00</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 39 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	18.46	18.26	14.86
Simulación 2	16.86	16.66	16.00
Simulación 3	16.86	16.66	14.86
Simulación 4	16.37	16.17	12.57
Simulación 5	16.65	16.45	14.57
Simulación 6	16.72	16.52	14.86
Simulación 7	16.65	16.45	15.71
Simulación 8	16.86	16.66	14.86
Simulación 9	16.51	16.31	14.57
Simulación 10	17.21	17.01	16.57
Simulación 11	17.28	17.08	17.14
Simulación 12	16.16	15.96	13.14
Simulación 13	16.23	16.03	14.29
Simulación 14	16.44	16.24	13.71
Simulación 15	16.86	16.66	16.00
Simulación 16	16.93	16.73	15.71
Simulación 17	17.69	17.49	16.29
Simulación 18	16.44	16.24	15.43
Simulación 19	17.34	17.14	14.86
Simulación 20	16.93	16.73	16.00
Simulación 21	16.86	16.66	14.00
Simulación 22	16.30	16.10	13.43
Simulación 23	16.30	16.10	14.29
Simulación 24	16.16	15.96	13.71
Simulación 25	17.34	17.14	15.71
Simulación 26	16.72	16.52	15.71
Simulación 27	16.09	15.89	14.29
Simulación 28	17.41	17.21	16.00
Simulación 29	16.58	16.38	15.14
Simulación 30	16.86	16.66	14.57
Simulación 31	17.21	17.01	14.29
Simulación 32	16.86	16.66	15.71
Simulación 33	17.41	17.21	14.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.83</b>	<b>16.63</b>	<b>14.94</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>	<b>1.04</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.01</b>	<b>3.05</b>	<b>6.96</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 40 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	20.96	20.76	15.71
Simulación 2	17.62	17.42	16.29
Simulación 3	18.11	17.91	16.29
Simulación 4	17.00	16.80	13.14
Simulación 5	18.11	17.91	15.43
Simulación 6	17.69	17.49	16.57
Simulación 7	17.90	17.70	15.14
Simulación 8	16.44	16.24	14.57
Simulación 9	17.00	16.80	14.57
Simulación 10	17.97	17.77	16.86
Simulación 11	17.28	17.08	14.29
Simulación 12	17.97	17.77	15.43
Simulación 13	16.93	16.73	15.43
Simulación 14	17.90	17.70	15.71
Simulación 15	17.69	17.49	15.43
Simulación 16	17.97	17.77	15.71
Simulación 17	17.55	17.35	15.71
Simulación 18	17.07	16.87	15.43
Simulación 19	16.86	16.66	14.29
Simulación 20	17.00	16.80	14.29
Simulación 21	17.83	17.63	16.29
Simulación 22	17.55	17.35	16.29
Simulación 23	17.62	17.42	16.00
Simulación 24	17.41	17.21	16.00
Simulación 25	18.53	18.33	16.29
Simulación 26	17.97	17.77	15.43
Simulación 27	17.69	17.49	15.14
Simulación 28	17.69	17.49	14.57
Simulación 29	17.48	17.28	14.86
Simulación 30	18.18	17.98	16.86
Simulación 31	17.62	17.42	16.29
Simulación 32	18.11	17.91	16.00
Simulación 33	17.76	17.56	15.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.71</b>	<b>17.51</b>	<b>15.52</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>0.84</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>4.18</b>	<b>4.23</b>	<b>5.44</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 41 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	19.08	18.88	15.43
Simulación 2	17.83	17.63	15.71
Simulación 3	18.74	18.54	16.29
Simulación 4	18.39	18.19	15.43
Simulación 5	18.18	17.98	16.00
Simulación 6	18.60	18.40	15.14
Simulación 7	19.50	19.30	18.00
Simulación 8	18.74	18.54	16.57
Simulación 9	18.67	18.47	16.29
Simulación 10	18.60	18.40	18.00
Simulación 11	18.25	18.05	15.71
Simulación 12	19.15	18.95	17.71
Simulación 13	18.67	18.47	16.86
Simulación 14	18.67	18.47	16.57
Simulación 15	18.67	18.47	15.71
Simulación 16	18.32	18.12	16.00
Simulación 17	19.08	18.88	16.57
Simulación 18	18.80	18.60	17.43
Simulación 19	18.46	18.26	17.43
Simulación 20	18.32	18.12	16.00
Simulación 21	19.15	18.95	18.86
Simulación 22	19.15	18.95	17.71
Simulación 23	18.80	18.60	16.57
Simulación 24	17.62	17.42	15.14
Simulación 25	19.43	19.23	18.29
Simulación 26	19.01	18.81	18.00
Simulación 27	18.94	18.74	16.57
Simulación 28	18.74	18.54	17.71
Simulación 29	18.74	18.54	15.71
Simulación 30	18.39	18.19	16.29
Simulación 31	18.11	17.91	16.00
Simulación 32	18.74	18.54	17.43
Simulación 33	19.22	19.02	17.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.69</b>	<b>18.49</b>	<b>16.69</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	<b>1.01</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.28</b>	<b>2.31</b>	<b>6.04</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 42 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	20.13	19.93	16.00
Simulación 2	20.54	20.34	17.43
Simulación 3	19.36	19.16	16.00
Simulación 4	19.92	19.72	16.86
Simulación 5	19.01	18.81	15.71
Simulación 6	20.26	20.06	18.00
Simulación 7	19.71	19.51	17.71
Simulación 8	19.29	19.09	17.43
Simulación 9	20.13	19.93	17.43
Simulación 10	20.68	20.48	19.14
Simulación 11	19.08	18.88	15.14
Simulación 12	19.71	19.51	16.29
Simulación 13	19.78	19.58	17.14
Simulación 14	19.64	19.44	17.71
Simulación 15	20.19	19.99	16.29
Simulación 16	20.54	20.34	17.71
Simulación 17	19.78	19.58	16.86
Simulación 18	19.99	19.79	17.14
Simulación 19	19.36	19.16	17.14
Simulación 20	19.43	19.23	17.14
Simulación 21	19.22	19.02	16.29
Simulación 22	18.87	18.67	16.57
Simulación 23	19.29	19.09	15.43
Simulación 24	20.06	19.86	16.86
Simulación 25	19.64	19.44	17.14
Simulación 26	19.92	19.72	16.86
Simulación 27	19.57	19.37	17.14
Simulación 28	20.13	19.93	16.86
Simulación 29	19.92	19.72	18.86
Simulación 30	20.13	19.93	17.43
Simulación 31	19.43	19.23	17.14
Simulación 32	20.26	20.06	18.86
Simulación 33	19.78	19.58	18.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.78</b>	<b>19.58</b>	<b>17.08</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	<b>0.92</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.31</b>	<b>2.33</b>	<b>5.38</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 43 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	21.10	20.90	18.29
Simulación 2	20.75	20.55	17.71
Simulación 3	20.33	20.13	17.14
Simulación 4	20.75	20.55	16.86
Simulación 5	20.96	20.76	18.29
Simulación 6	20.19	19.99	18.57
Simulación 7	21.24	21.04	18.29
Simulación 8	21.52	21.32	18.00
Simulación 9	21.31	21.11	19.14
Simulación 10	20.82	20.62	16.57
Simulación 11	21.10	20.90	19.71
Simulación 12	20.96	20.76	18.00
Simulación 13	20.26	20.06	14.86
Simulación 14	20.47	20.27	17.71
Simulación 15	20.19	19.99	17.43
Simulación 16	21.38	21.18	18.29
Simulación 17	20.75	20.55	18.00
Simulación 18	21.45	21.25	19.14
Simulación 19	20.61	20.41	16.29
Simulación 20	19.85	19.65	16.00
Simulación 21	20.96	20.76	17.43
Simulación 22	21.24	21.04	18.57
Simulación 23	20.96	20.76	18.29
Simulación 24	21.45	21.25	19.43
Simulación 25	20.61	20.41	16.29
Simulación 26	20.75	20.55	18.29
Simulación 27	20.96	20.76	17.71
Simulación 28	20.96	20.76	19.43
Simulación 29	22.00	21.80	19.43
Simulación 30	21.31	21.11	18.86
Simulación 31	19.99	19.79	17.14
Simulación 32	21.52	21.32	18.86
Simulación 33	21.38	21.18	20.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.91</b>	<b>20.71</b>	<b>18.02</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.49</b>	<b>0.49</b>	<b>1.20</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.37</b>	<b>2.39</b>	<b>6.68</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)



<b>FRECUENCIA: 44 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	22.28	22.08	19.14
Simulación 2	22.56	22.36	19.43
Simulación 3	22.63	22.43	19.14
Simulación 4	22.07	21.87	19.71
Simulación 5	22.35	22.15	18.57
Simulación 6	22.14	21.94	20.00
Simulación 7	21.79	21.59	19.71
Simulación 8	20.75	20.55	17.43
Simulación 9	21.59	21.39	19.43
Simulación 10	22.42	22.22	19.43
Simulación 11	20.61	20.41	17.71
Simulación 12	22.21	22.01	19.14
Simulación 13	21.38	21.18	18.57
Simulación 14	22.49	22.29	19.71
Simulación 15	22.00	21.80	20.00
Simulación 16	21.65	21.45	18.86
Simulación 17	22.14	21.94	20.57
Simulación 18	22.42	22.22	19.43
Simulación 19	21.72	21.52	18.29
Simulación 20	22.35	22.15	19.14
Simulación 21	21.86	21.66	18.00
Simulación 22	22.00	21.80	18.86
Simulación 23	21.86	21.66	18.86
Simulación 24	21.79	21.59	20.00
Simulación 25	21.86	21.66	17.71
Simulación 26	21.86	21.66	17.43
Simulación 27	22.77	22.57	19.14
Simulación 28	21.79	21.59	18.29
Simulación 29	21.72	21.52	19.14
Simulación 30	22.77	22.57	19.71
Simulación 31	21.86	21.66	18.00
Simulación 32	21.52	21.32	17.43
Simulación 33	22.35	22.15	20.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>21.99</b>	<b>21.79</b>	<b>18.98</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.49</b>	<b>0.49</b>	<b>0.87</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.25</b>	<b>2.27</b>	<b>4.58</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 45 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	23.32	22.82	18.57
Simulación 2	23.11	22.61	19.14
Simulación 3	22.91	22.41	19.71
Simulación 4	22.84	22.34	19.14
Simulación 5	23.05	22.55	20.29
Simulación 6	21.72	21.22	19.14
Simulación 7	22.91	22.41	20.00
Simulación 8	22.91	22.41	20.29
Simulación 9	23.39	22.89	21.14
Simulación 10	22.56	22.06	18.57
Simulación 11	22.98	22.48	20.29
Simulación 12	22.70	22.20	20.86
Simulación 13	23.11	22.61	20.29
Simulación 14	23.18	22.68	20.29
Simulación 15	23.25	22.75	18.86
Simulación 16	23.88	23.38	19.43
Simulación 17	22.07	21.57	17.14
Simulación 18	22.77	22.27	20.57
Simulación 19	23.25	22.75	21.43
Simulación 20	23.53	23.03	21.14
Simulación 21	23.60	23.10	21.43
Simulación 22	21.45	20.95	17.14
Simulación 23	22.42	21.92	21.14
Simulación 24	23.39	22.89	19.43
Simulación 25	23.88	23.38	22.00
Simulación 26	21.79	21.29	20.29
Simulación 27	23.53	23.03	20.57
Simulación 28	22.84	22.34	21.14
Simulación 29	22.77	22.27	18.86
Simulación 30	22.77	22.27	20.00
Simulación 31	23.53	23.03	20.57
Simulación 32	22.49	21.99	18.29
Simulación 33	23.39	22.89	18.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.95</b>	<b>22.45</b>	<b>19.87</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.58</b>	<b>0.58</b>	<b>1.20</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.54</b>	<b>2.60</b>	<b>6.03</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 46 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	23.95	23.45	21.14
Simulación 2	24.09	23.59	20.86
Simulación 3	23.25	22.75	18.86
Simulación 4	23.46	22.96	19.43
Simulación 5	23.74	23.24	21.43
Simulación 6	24.09	23.59	19.14
Simulación 7	23.46	22.96	20.00
Simulación 8	23.67	23.17	20.29
Simulación 9	24.30	23.80	20.86
Simulación 10	23.60	23.10	20.29
Simulación 11	23.95	23.45	20.57
Simulación 12	24.23	23.73	21.43
Simulación 13	23.39	22.89	19.71
Simulación 14	24.09	23.59	20.29
Simulación 15	24.09	23.59	20.29
Simulación 16	24.92	24.42	22.29
Simulación 17	24.02	23.52	20.29
Simulación 18	24.16	23.66	20.00
Simulación 19	24.16	23.66	20.86
Simulación 20	24.51	24.01	21.14
Simulación 21	24.02	23.52	22.00
Simulación 22	22.56	22.06	18.57
Simulación 23	23.18	22.68	19.14
Simulación 24	23.53	23.03	20.57
Simulación 25	24.71	24.21	20.57
Simulación 26	23.53	23.03	19.71
Simulación 27	24.16	23.66	20.29
Simulación 28	22.84	22.34	19.71
Simulación 29	23.74	23.24	21.14
Simulación 30	23.67	23.17	19.14
Simulación 31	24.37	23.87	20.57
Simulación 32	23.95	23.45	20.00
Simulación 33	23.32	22.82	20.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.84</b>	<b>23.34</b>	<b>20.33</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>	<b>0.86</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.12</b>	<b>2.17</b>	<b>4.25</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 47 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	25.06	24.56	20.29
Simulación 2	25.13	24.63	20.57
Simulación 3	25.06	24.56	21.43
Simulación 4	24.71	24.21	21.14
Simulación 5	25.48	24.98	22.00
Simulación 6	25.06	24.56	22.00
Simulación 7	24.30	23.80	20.57
Simulación 8	23.88	23.38	18.57
Simulación 9	24.30	23.80	21.14
Simulación 10	25.06	24.56	23.14
Simulación 11	24.99	24.49	21.71
Simulación 12	24.30	23.80	20.29
Simulación 13	24.37	23.87	20.57
Simulación 14	24.92	24.42	22.29
Simulación 15	24.09	23.59	20.86
Simulación 16	25.90	25.40	21.43
Simulación 17	24.57	24.07	20.29
Simulación 18	24.92	24.42	21.43
Simulación 19	25.62	25.12	22.29
Simulación 20	24.57	24.07	20.86
Simulación 21	25.27	24.77	22.00
Simulación 22	24.44	23.94	21.14
Simulación 23	24.57	24.07	21.14
Simulación 24	24.37	23.87	21.14
Simulación 25	25.69	25.19	22.57
Simulación 26	25.48	24.98	21.14
Simulación 27	24.71	24.21	23.14
Simulación 28	25.55	25.05	21.71
Simulación 29	25.96	25.46	19.71
Simulación 30	24.85	24.35	20.57
Simulación 31	25.76	25.26	21.71
Simulación 32	25.20	24.70	21.14
Simulación 33	25.48	24.98	21.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.96</b>	<b>24.46</b>	<b>21.26</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.55</b>	<b>0.55</b>	<b>0.94</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.20</b>	<b>2.25</b>	<b>4.42</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 48 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	26.45	25.95	20.86
Simulación 2	27.56	27.06	22.29
Simulación 3	26.80	26.30	21.43
Simulación 4	26.38	25.88	19.14
Simulación 5	27.70	27.20	22.57
Simulación 6	26.80	26.30	22.86
Simulación 7	26.66	26.16	21.71
Simulación 8	26.80	26.30	23.14
Simulación 9	25.96	25.46	20.29
Simulación 10	27.36	26.86	22.57
Simulación 11	27.36	26.86	22.00
Simulación 12	27.91	27.41	23.71
Simulación 13	27.22	26.72	22.29
Simulación 14	27.56	27.06	22.57
Simulación 15	26.73	26.23	21.71
Simulación 16	26.17	25.67	20.29
Simulación 17	26.38	25.88	21.71
Simulación 18	28.12	27.62	22.00
Simulación 19	26.45	25.95	22.00
Simulación 20	27.15	26.65	22.29
Simulación 21	27.42	26.92	21.43
Simulación 22	26.94	26.44	22.29
Simulación 23	27.91	27.41	22.86
Simulación 24	27.15	26.65	22.00
Simulación 25	27.56	27.06	21.71
Simulación 26	27.56	27.06	21.71
Simulación 27	26.45	25.95	21.71
Simulación 28	27.49	26.99	21.14
Simulación 29	27.29	26.79	20.86
Simulación 30	27.63	27.13	21.71
Simulación 31	27.98	27.48	21.14
Simulación 32	27.08	26.58	20.57
Simulación 33	27.91	27.41	22.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.15</b>	<b>26.65</b>	<b>21.77</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.58</b>	<b>0.58</b>	<b>0.91</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.13</b>	<b>2.17</b>	<b>4.20</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 49 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	29.23	28.73	22.86
Simulación 2	29.09	28.59	21.43
Simulación 3	29.23	28.73	23.43
Simulación 4	28.12	27.62	22.86
Simulación 5	28.61	28.11	23.71
Simulación 6	29.65	29.15	22.29
Simulación 7	28.26	27.76	21.14
Simulación 8	28.26	27.76	23.43
Simulación 9	28.95	28.45	22.86
Simulación 10	29.23	28.73	24.00
Simulación 11	28.75	28.25	21.71
Simulación 12	27.36	26.86	20.57
Simulación 13	28.26	27.76	22.86
Simulación 14	28.12	27.62	22.57
Simulación 15	29.30	28.80	24.57
Simulación 16	29.16	28.66	23.14
Simulación 17	29.09	28.59	24.00
Simulación 18	28.54	28.04	23.14
Simulación 19	27.56	27.06	22.00
Simulación 20	28.82	28.32	22.29
Simulación 21	28.68	28.18	21.71
Simulación 22	28.12	27.62	22.29
Simulación 23	28.88	28.38	24.29
Simulación 24	28.05	27.55	21.71
Simulación 25	28.05	27.55	22.00
Simulación 26	29.09	28.59	22.86
Simulación 27	27.63	27.13	20.57
Simulación 28	27.29	26.79	21.14
Simulación 29	27.70	27.20	21.43
Simulación 30	27.63	27.13	22.57
Simulación 31	27.36	26.86	22.29
Simulación 32	27.77	27.27	21.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.43</b>	<b>27.93</b>	<b>22.48</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.67</b>	<b>0.67</b>	<b>1.04</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.37</b>	<b>2.41</b>	<b>4.61</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 50 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	28.26	27.26	23.71
Simulación 2	30.21	29.21	24.00
Simulación 3	28.19	27.19	22.57
Simulación 4	30.00	29.00	22.86
Simulación 5	30.62	29.62	21.43
Simulación 6	30.28	29.28	22.57
Simulación 7	30.00	29.00	22.29
Simulación 8	28.40	27.40	22.57
Simulación 9	32.01	31.01	24.57
Simulación 10	31.11	30.11	22.86
Simulación 11	31.18	30.18	24.00
Simulación 12	29.09	28.09	23.14
Simulación 13	28.82	27.82	23.14
Simulación 14	29.02	28.02	23.14
Simulación 15	29.58	28.58	24.00
Simulación 16	28.05	27.05	23.43
Simulación 17	29.23	28.23	23.71
Simulación 18	27.77	26.77	24.29
Simulación 19	28.75	27.75	23.14
Simulación 20	28.75	27.75	22.29
Simulación 21	28.61	27.61	24.86
Simulación 22	29.23	28.23	24.29
Simulación 23	27.49	26.49	21.14
Simulación 24	28.95	27.95	22.57
Simulación 25	28.12	27.12	23.43
Simulación 26	29.58	28.58	24.29
Simulación 27	29.37	28.37	24.86
Simulación 28	28.33	27.33	21.71
Simulación 29	28.61	27.61	23.43
Simulación 30	28.05	27.05	22.57
Simulación 31	28.12	27.12	24.00
Simulación 32	28.82	27.82	22.86
Simulación 33	29.09	28.09	22.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>29.14</b>	<b>28.14</b>	<b>23.22</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>	<b>0.94</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.64</b>	<b>3.76</b>	<b>4.04</b>

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

<b>FRECUENCIA: 51 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	29.79	28.79	23.71
Simulación 2	30.14	29.14	24.57
Simulación 3	27.84	26.84	23.14
Simulación 4	28.88	27.88	24.29
Simulación 5	28.95	27.95	24.00
Simulación 6	29.16	28.16	23.14
Simulación 7	29.72	28.72	24.57
Simulación 8	29.79	28.79	23.14
Simulación 9	29.09	28.09	24.86
Simulación 10	29.79	28.79	23.71
Simulación 11	29.30	28.30	24.86
Simulación 12	29.30	28.30	24.29
Simulación 13	28.82	27.82	25.43
Simulación 14	29.79	28.79	23.14
Simulación 15	28.82	27.82	22.86
Simulación 16	29.79	28.79	24.57
Simulación 17	29.86	28.86	24.86
Simulación 18	28.95	27.95	23.14
Simulación 19	30.34	29.34	24.29
Simulación 20	29.58	28.58	26.00
Simulación 21	30.21	29.21	24.00
Simulación 22	29.58	28.58	22.29
Simulación 23	30.28	29.28	24.86
Simulación 24	29.65	28.65	24.29
Simulación 25	28.95	27.95	23.71
Simulación 26	29.72	28.72	22.57
Simulación 27	29.09	28.09	25.14
Simulación 28	29.51	28.51	25.43
Simulación 29	29.79	28.79	23.71
Simulación 30	30.69	29.69	23.43
Simulación 31	31.25	30.25	24.57
Simulación 32	31.18	30.18	24.86
Simulación 33	30.34	29.34	24.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>29.63</b>	<b>28.63</b>	<b>24.10</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.71</b>	<b>0.71</b>	<b>0.88</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.38</b>	<b>2.46</b>	<b>3.67</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)



<b>FRECUENCIA: 52 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	32.57	31.57	23.71
Simulación 2	30.90	29.90	25.14
Simulación 3	30.76	29.76	24.86
Simulación 4	30.21	29.21	23.14
Simulación 5	31.25	30.25	26.00
Simulación 6	31.18	30.18	24.00
Simulación 7	29.86	28.86	24.86
Simulación 8	30.62	29.62	25.14
Simulación 9	31.39	30.39	26.00
Simulación 10	30.76	29.76	25.43
Simulación 11	30.83	29.83	24.57
Simulación 12	31.18	30.18	25.14
Simulación 13	30.41	29.41	24.86
Simulación 14	32.50	31.50	24.86
Simulación 15	31.11	30.11	21.71
Simulación 16	31.67	30.67	25.14
Simulación 17	30.48	29.48	24.57
Simulación 18	31.80	30.80	25.14
Simulación 19	30.62	29.62	23.14
Simulación 20	30.14	29.14	23.71
Simulación 21	30.90	29.90	24.86
Simulación 22	30.90	29.90	23.71
Simulación 23	31.04	30.04	24.29
Simulación 24	30.21	29.21	24.57
Simulación 25	31.11	30.11	24.86
Simulación 26	31.80	30.80	23.71
Simulación 27	32.57	31.57	24.00
Simulación 28	31.04	30.04	25.14
Simulación 29	30.00	29.00	24.57
Simulación 30	30.69	29.69	24.57
Simulación 31	29.65	28.65	23.43
Simulación 32	33.40	32.40	23.43
Simulación 33	31.73	30.73	24.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>31.07</b>	<b>30.07</b>	<b>24.43</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.84</b>	<b>0.84</b>	<b>0.89</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.71</b>	<b>2.80</b>	<b>3.66</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 53 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	32.85	31.85	27.14
Simulación 2	32.08	31.08	26.29
Simulación 3	32.15	31.15	24.57
Simulación 4	31.46	30.46	25.71
Simulación 5	31.94	30.94	23.43
Simulación 6	34.10	33.10	24.57
Simulación 7	33.61	32.61	24.29
Simulación 8	32.71	31.71	25.43
Simulación 9	32.01	31.01	23.71
Simulación 10	32.50	31.50	25.71
Simulación 11	32.15	31.15	24.29
Simulación 12	32.36	31.36	26.57
Simulación 13	31.73	30.73	24.00
Simulación 14	32.71	31.71	26.00
Simulación 15	31.73	30.73	25.43
Simulación 16	32.22	31.22	26.00
Simulación 17	31.87	30.87	26.29
Simulación 18	31.94	30.94	25.71
Simulación 19	32.36	31.36	27.43
Simulación 20	32.15	31.15	25.43
Simulación 21	33.47	32.47	25.71
Simulación 22	33.26	32.26	24.57
Simulación 23	34.31	33.31	25.14
Simulación 24	32.43	31.43	25.43
Simulación 25	33.96	32.96	25.71
Simulación 26	33.13	32.13	24.29
Simulación 27	32.43	31.43	26.57
Simulación 28	32.99	31.99	24.57
Simulación 29	33.33	32.33	26.29
Simulación 30	31.60	30.60	24.29
Simulación 31	32.85	31.85	26.29
Simulación 32	32.22	31.22	24.29
Simulación 33	32.29	31.29	25.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.57</b>	<b>31.57</b>	<b>25.36</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.74</b>	<b>0.74</b>	<b>1.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.26</b>	<b>2.33</b>	<b>3.94</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 54 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	33.33	32.33	24.00
Simulación 2	33.96	32.96	26.29
Simulación 3	33.33	32.33	26.00
Simulación 4	33.89	32.89	25.71
Simulación 5	33.47	32.47	24.29
Simulación 6	33.13	32.13	27.14
Simulación 7	33.89	32.89	25.14
Simulación 8	32.99	31.99	25.43
Simulación 9	33.40	32.40	25.14
Simulación 10	33.19	32.19	25.43
Simulación 11	33.82	32.82	27.43
Simulación 12	33.47	32.47	25.71
Simulación 13	33.82	32.82	26.86
Simulación 14	35.98	34.98	25.14
Simulación 15	33.40	32.40	26.29
Simulación 16	33.68	32.68	28.00
Simulación 17	33.40	32.40	27.14
Simulación 18	33.68	32.68	27.43
Simulación 19	34.59	33.59	27.71
Simulación 20	35.42	34.42	25.71
Simulación 21	34.93	33.93	25.43
Simulación 22	35.56	34.56	24.57
Simulación 23	35.42	34.42	26.86
Simulación 24	35.14	34.14	25.43
Simulación 25	35.35	34.35	26.00
Simulación 26	33.47	32.47	26.57
Simulación 27	34.59	33.59	26.29
Simulación 28	33.40	32.40	25.14
Simulación 29	33.82	32.82	26.86
Simulación 30	34.72	33.72	23.71
Simulación 31	34.03	33.03	23.71
Simulación 32	34.38	33.38	25.71
Simulación 33	34.79	33.79	26.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>34.10</b>	<b>33.10</b>	<b>25.90</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>1.12</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.43</b>	<b>2.50</b>	<b>4.34</b>

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

<b>FRECUENCIA: 55 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	37.30	35.80	27.43
Simulación 2	36.53	35.53	28.00
Simulación 3	35.84	34.84	28.29
Simulación 4	35.42	34.42	25.14
Simulación 5	35.21	34.21	27.14
Simulación 6	35.21	34.21	26.86
Simulación 7	35.77	34.77	26.86
Simulación 8	35.35	34.35	28.00
Simulación 9	35.63	34.63	26.29
Simulación 10	35.56	34.56	26.29
Simulación 11	35.98	34.98	27.71
Simulación 12	35.56	34.56	27.14
Simulación 13	36.11	35.11	28.29
Simulación 14	36.05	35.05	27.43
Simulación 15	35.56	34.56	26.86
Simulación 16	36.25	35.25	25.43
Simulación 17	35.98	34.98	26.86
Simulación 18	35.49	34.49	26.57
Simulación 19	36.25	35.25	27.71
Simulación 20	37.23	36.23	25.71
Simulación 21	36.81	35.81	28.00
Simulación 22	35.91	34.91	26.29
Simulación 23	36.11	35.11	27.43
Simulación 24	37.50	36.50	27.71
Simulación 25	36.74	35.74	27.14
Simulación 26	35.63	34.63	27.14
Simulación 27	35.84	34.84	28.29
Simulación 28	35.70	34.70	28.86
Simulación 29	38.06	37.06	27.14
Simulación 30	35.84	34.84	26.29
Simulación 31	36.05	35.05	27.14
Simulación 32	35.84	34.84	27.14
Simulación 33	36.25	35.25	27.14
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.08</b>	<b>35.06</b>	<b>27.14</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>	<b>0.85</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.87</b>	<b>1.86</b>	<b>3.11</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 56 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	39.66	38.16	27.71
Simulación 2	39.52	38.52	27.71
Simulación 3	39.17	38.17	27.71
Simulación 4	39.52	38.52	28.86
Simulación 5	39.24	38.24	29.43
Simulación 6	39.38	38.38	28.86
Simulación 7	39.10	38.10	28.29
Simulación 8	37.57	36.57	28.00
Simulación 9	37.78	36.78	30.00
Simulación 10	37.78	36.78	28.57
Simulación 11	39.24	38.24	29.14
Simulación 12	37.57	36.57	27.43
Simulación 13	39.10	38.10	28.00
Simulación 14	37.92	36.92	30.29
Simulación 15	37.92	36.92	28.00
Simulación 16	37.92	36.92	29.43
Simulación 17	39.03	38.03	29.43
Simulación 18	38.69	37.69	28.29
Simulación 19	37.71	36.71	27.71
Simulación 20	39.03	38.03	27.71
Simulación 21	39.10	38.10	27.14
Simulación 22	37.57	36.57	27.71
Simulación 23	37.85	36.85	26.86
Simulación 24	38.90	37.90	28.57
Simulación 25	39.17	38.17	28.57
Simulación 26	39.17	38.17	27.43
Simulación 27	39.17	38.17	29.14
Simulación 28	37.78	36.78	29.43
Simulación 29	38.96	37.96	28.29
Simulación 30	37.50	36.50	28.29
Simulación 31	37.78	36.78	29.14
Simulación 32	37.64	36.64	30.29
Simulación 33	37.57	36.57	28.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.52</b>	<b>37.50</b>	<b>28.48</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.76</b>	<b>0.74</b>	<b>0.89</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.97</b>	<b>1.98</b>	<b>3.11</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 57 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	40.01	38.51	31.14
Simulación 2	38.96	37.96	29.43
Simulación 3	39.03	38.03	29.14
Simulación 4	38.96	37.96	30.00
Simulación 5	39.10	38.10	28.57
Simulación 6	38.96	37.96	28.00
Simulación 7	39.10	38.10	28.57
Simulación 8	38.62	37.62	30.29
Simulación 9	39.17	38.17	29.14
Simulación 10	38.90	37.90	30.86
Simulación 11	39.03	38.03	30.00
Simulación 12	39.31	38.31	29.14
Simulación 13	39.10	38.10	29.43
Simulación 14	38.69	37.69	29.14
Simulación 15	38.96	37.96	29.43
Simulación 16	38.90	37.90	29.43
Simulación 17	38.83	37.83	28.57
Simulación 18	39.24	38.24	27.43
Simulación 19	39.03	38.03	27.71
Simulación 20	38.90	37.90	27.71
Simulación 21	39.17	38.17	30.29
Simulación 22	38.96	37.96	30.00
Simulación 23	38.48	37.48	29.14
Simulación 24	38.76	37.76	27.43
Simulación 25	39.24	38.24	29.71
Simulación 26	40.22	39.22	30.86
Simulación 27	40.70	39.70	28.86
Simulación 28	40.42	39.42	29.14
Simulación 29	39.10	38.10	29.71
Simulación 30	40.36	39.36	27.71
Simulación 31	40.22	39.22	28.29
Simulación 32	38.76	37.76	27.43
Simulación 33	40.01	39.01	28.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.25</b>	<b>38.23</b>	<b>29.08</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.58</b>	<b>0.57</b>	<b>1.04</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.48</b>	<b>1.48</b>	<b>3.59</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 58 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	41.19	39.69	30.57
Simulación 2	40.91	39.91	28.86
Simulación 3	41.05	40.05	28.00
Simulación 4	39.52	38.52	30.57
Simulación 5	41.40	40.40	30.00
Simulación 6	39.80	38.80	31.14
Simulación 7	40.08	39.08	28.86
Simulación 8	41.19	40.19	29.14
Simulación 9	39.66	38.66	29.43
Simulación 10	41.19	40.19	30.57
Simulación 11	41.33	40.33	30.57
Simulación 12	41.40	40.40	30.86
Simulación 13	41.33	40.33	31.14
Simulación 14	39.38	38.38	30.29
Simulación 15	40.49	39.49	29.71
Simulación 16	41.68	40.68	29.43
Simulación 17	41.26	40.26	29.43
Simulación 18	41.40	40.40	30.29
Simulación 19	39.52	38.52	29.43
Simulación 20	41.26	40.26	28.86
Simulación 21	40.98	39.98	29.71
Simulación 22	41.19	40.19	29.71
Simulación 23	40.98	39.98	28.57
Simulación 24	40.91	39.91	29.14
Simulación 25	39.52	38.52	32.86
Simulación 26	41.33	40.33	29.14
Simulación 27	39.52	38.52	30.29
Simulación 28	39.87	38.87	30.29
Simulación 29	39.73	38.73	29.14
Simulación 30	40.15	39.15	29.14
Simulación 31	39.73	38.73	31.14
Simulación 32	40.08	39.08	31.14
Simulación 33	39.73	38.73	30.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>40.57</b>	<b>39.55</b>	<b>29.92</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.77</b>	<b>0.76</b>	<b>0.98</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.89</b>	<b>1.92</b>	<b>3.28</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

<b>FRECUENCIA: 59 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	42.79	41.29	30.57
Simulación 2	42.51	41.51	30.00
Simulación 3	41.05	40.05	29.43
Simulación 4	42.09	41.09	30.57
Simulación 5	42.72	41.72	31.43
Simulación 6	41.19	40.19	29.71
Simulación 7	41.19	40.19	29.43
Simulación 8	41.05	40.05	31.14
Simulación 9	40.98	39.98	30.86
Simulación 10	41.19	40.19	30.57
Simulación 11	41.47	40.47	30.00
Simulación 12	41.47	40.47	29.71
Simulación 13	41.33	40.33	32.29
Simulación 14	41.33	40.33	31.14
Simulación 15	41.19	40.19	31.71
Simulación 16	41.75	40.75	30.86
Simulación 17	40.91	39.91	29.43
Simulación 18	40.98	39.98	31.43
Simulación 19	40.91	39.91	30.57
Simulación 20	41.26	40.26	30.57
Simulación 21	41.12	40.12	28.29
Simulación 22	41.47	40.47	30.00
Simulación 23	40.98	39.98	32.00
Simulación 24	41.40	40.40	31.14
Simulación 25	41.47	40.47	32.57
Simulación 26	41.33	40.33	30.29
Simulación 27	40.91	39.91	31.43
Simulación 28	41.12	40.12	29.71
Simulación 29	41.26	40.26	31.43
Simulación 30	40.36	39.36	32.00
Simulación 31	41.61	40.61	29.14
Simulación 32	41.26	40.26	29.71
Simulación 33	41.40	40.40	29.71
<b>PROMEDIO</b>	<b>41.37</b>	<b>40.35</b>	<b>30.57</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.52</b>	<b>0.48</b>	<b>1.01</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.25</b>	<b>1.19</b>	<b>3.29</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)



<b>FRECUENCIA: 60 HZ</b>			
<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de entrada</b>	<b>Presión de salida</b>	<b>Caudal del sistema</b>
Simulación 1	41.95	39.95	31.71
Simulación 2	42.16	40.16	30.29
Simulación 3	42.23	40.23	31.14
Simulación 4	42.02	40.02	29.71
Simulación 5	42.72	40.72	31.71
Simulación 6	42.02	40.02	31.43
Simulación 7	42.30	40.30	30.86
Simulación 8	42.23	40.23	30.57
Simulación 9	42.44	40.44	32.00
Simulación 10	42.51	40.51	32.29
Simulación 11	42.44	40.44	30.86
Simulación 12	42.86	40.86	30.57
Simulación 13	42.79	40.79	29.71
Simulación 14	42.72	40.72	29.43
Simulación 15	42.65	40.65	30.57
Simulación 16	42.37	40.37	31.71
Simulación 17	42.65	40.65	30.29
Simulación 18	42.58	40.58	30.00
Simulación 19	42.72	40.72	29.71
Simulación 20	42.79	40.79	32.29
Simulación 21	42.30	40.30	29.43
Simulación 22	42.09	40.09	31.71
Simulación 23	42.23	40.23	30.57
Simulación 24	42.16	40.16	31.43
Simulación 25	42.30	40.30	30.86
Simulación 26	42.86	40.86	32.00
Simulación 27	42.86	40.86	30.29
Simulación 28	42.86	40.86	29.71
Simulación 29	42.44	40.44	30.29
Simulación 30	41.95	39.95	32.00
Simulación 31	42.37	40.37	32.57
Simulación 32	42.44	40.44	31.71
Simulación 33	42.58	40.58	30.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>42.44</b>	<b>40.44</b>	<b>30.91</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.92</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.68</b>	<b>0.71</b>	<b>2.97</b>

Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)

**Base de datos de las Tablas desde la frecuencia de 30 HZ hasta 60 HZ por pérdida de energía en el Subsistema A 1” ø**

**FRECUENCIA: 30 HZ**

<b>No Simulaciones</b>	<b>Presión de ingreso al subsistema A</b>	<b>Caudal de ingreso</b>	<b>Caudal de salida del subsistema</b>	<b>Presión formulando la pérdida de carga encontrada</b>	<b>Diferencia de presión de fugas</b>	<b>Presión de salida del subsistema</b>	<b>Coefficiente de variación de caudal</b>	<b>Coefficiente de variación de presión</b>	<b>Coefficiente de variación de caudal - DEFINITIVO</b>	<b>Coefficiente de variación de presión - DEFINITIVO</b>
<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	12.90	12.29	10.53	12.72	0.22	12.72	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 2	12.41	11.43	9.67	12.24	0.23	12.24	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 3	12.62	12.00	10.24	12.45	0.23	12.45	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 4	12.90	11.71	9.95	12.72	0.22	12.72	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 5	11.78	10.57	8.81	11.63	0.25	11.63	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 6	12.62	12.57	10.81	12.45	0.23	12.45	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 7	12.41	12.29	10.53	12.24	0.23	12.24	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 8	12.76	11.71	9.95	12.58	0.22	12.58	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 9	12.76	12.29	10.53	12.58	0.22	12.58	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 10	12.48	11.43	9.67	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 11	12.20	10.86	9.10	12.04	0.24	12.04	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 12	12.48	11.14	9.38	12.31	0.23	12.31	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 13	12.48	11.71	9.95	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 14	12.48	11.43	9.67	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 15	12.62	12.00	10.24	12.45	0.23	12.45	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 16	12.20	11.43	9.67	12.04	0.24	12.04	0.85	0.97	0.85	0.99

Simulación 17	12.34	11.43	9.67	12.17	0.23	12.17	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 18	12.62	12.57	10.81	12.45	0.23	12.45	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 19	12.20	10.86	9.10	12.04	0.24	12.04	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 20	12.34	12.00	10.24	12.17	0.23	12.17	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 21	12.06	10.29	8.53	11.90	0.24	11.90	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 22	12.62	10.86	9.10	12.45	0.23	12.45	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 23	11.99	10.00	8.24	11.83	0.24	11.83	0.82	0.97	0.82	0.99
Simulación 24	12.48	12.86	11.10	12.31	0.23	12.31	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 25	11.78	11.43	9.67	11.63	0.25	11.63	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 26	11.78	11.71	9.95	11.63	0.25	11.63	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 27	11.85	11.14	9.38	11.70	0.25	11.70	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 28	11.71	11.14	9.38	11.56	0.25	11.56	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 29	11.71	11.14	9.38	11.56	0.25	11.56	0.84	0.97	0.84	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.33</b>	<b>11.53</b>	<b>9.77</b>	<b>12.17</b>	<b>0.23</b>	<b>12.17</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Des Estándar</b>	<b>0.36</b>	<b>0.69</b>	<b>0.69</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.95</b>	<b>5.97</b>	<b>7.05</b>	<b>2.91</b>	<b>4.04</b>	<b>2.91</b>	<b>1.10</b>	<b>0.10</b>	<b>1.10</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 31 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	12.90	12.29	10.53	12.72	0.22	12.72	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 2	12.41	11.43	9.67	12.24	0.23	12.24	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 3	12.62	12.00	10.24	12.45	0.23	12.45	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 4	12.90	11.71	9.95	12.72	0.22	12.72	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 5	11.78	10.57	8.81	11.63	0.25	11.63	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 6	12.62	12.57	10.81	12.45	0.23	12.45	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 7	12.41	12.29	10.53	12.24	0.23	12.24	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 8	12.76	11.71	9.95	12.58	0.22	12.58	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 9	12.76	12.29	10.53	12.58	0.22	12.58	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 10	12.48	11.43	9.67	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 11	12.20	10.86	9.10	12.04	0.24	12.04	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 12	12.48	11.14	9.38	12.31	0.23	12.31	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 13	12.48	11.71	9.95	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 14	12.48	11.43	9.67	12.31	0.23	12.31	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 15	12.62	12.00	10.24	12.45	0.23	12.45	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 16	12.20	11.43	9.67	12.04	0.24	12.04	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 17	12.34	11.43	9.67	12.17	0.23	12.17	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 18	12.62	12.57	10.81	12.45	0.23	12.45	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 19	12.20	10.86	9.10	12.04	0.24	12.04	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 20	12.34	12.00	10.24	12.17	0.23	12.17	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 21	12.06	10.29	8.53	11.90	0.24	11.90	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 22	12.62	10.86	9.10	12.45	0.23	12.45	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 23	11.99	10.00	8.24	11.83	0.24	11.83	0.82	0.97	0.82	0.99

Simulación 24	12.48	12.86	11.10	12.31	0.23	12.31	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 25	11.78	11.43	9.67	11.63	0.25	11.63	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 26	11.78	11.71	9.95	11.63	0.25	11.63	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 27	11.85	11.14	9.38	11.70	0.25	11.70	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 28	11.71	11.14	9.38	11.56	0.25	11.56	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 29	11.71	11.14	9.38	11.56	0.25	11.56	0.84	0.97	0.84	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.33</b>	<b>11.53</b>	<b>9.77</b>	<b>12.17</b>	<b>0.23</b>	<b>12.17</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.36</b>	<b>0.69</b>	<b>0.69</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.95</b>	<b>5.97</b>	<b>7.05</b>	<b>2.91</b>	<b>4.04</b>	<b>2.91</b>	<b>1.10</b>	<b>0.10</b>	<b>1.10</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 32 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	12.06	11.14	9.38	11.90	0.24	11.90	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 2	12.83	12.57	10.81	12.65	0.22	12.65	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 3	12.41	12.00	10.24	12.24	0.23	12.24	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 4	11.99	10.57	8.81	11.83	0.24	11.83	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 5	12.48	12.29	10.53	12.31	0.23	12.31	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 6	12.13	11.43	9.67	11.97	0.24	11.97	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 7	12.27	11.14	9.38	12.11	0.24	12.11	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 8	12.41	12.29	10.53	12.24	0.23	12.24	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 9	12.41	11.71	9.95	12.24	0.23	12.24	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 10	12.55	11.71	9.95	12.38	0.23	12.38	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 11	13.31	12.29	10.53	13.12	0.21	13.12	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 12	12.90	12.00	10.24	12.72	0.22	12.72	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 13	12.69	10.86	9.10	12.52	0.23	12.52	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 14	11.92	10.29	8.53	11.77	0.25	11.77	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 15	13.17	12.00	10.24	12.98	0.21	12.98	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 16	12.62	11.71	9.95	12.45	0.23	12.45	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 17	11.85	10.86	9.10	11.70	0.25	11.70	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 18	12.76	11.71	9.95	12.58	0.22	12.58	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 19	12.69	11.14	9.38	12.52	0.23	12.52	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 20	13.03	11.71	9.95	12.85	0.22	12.85	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 21	12.34	12.00	10.24	12.17	0.23	12.17	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 22	12.20	11.43	9.67	12.04	0.24	12.04	0.85	0.97	0.85	0.99

Simulación 23	12.55	11.43	9.67	12.38	0.23	12.38	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 24	13.38	12.00	10.24	13.19	0.21	13.19	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 25	12.69	10.29	8.53	12.52	0.23	12.52	0.83	0.97	0.83	0.99
Simulación 26	13.52	12.29	10.53	13.32	0.20	13.32	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 27	12.69	11.71	9.95	12.52	0.23	12.52	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 28	12.69	12.00	10.24	12.52	0.23	12.52	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 29	12.69	12.00	10.24	12.52	0.23	12.52	0.85	0.97	0.85	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.59</b>	<b>11.61</b>	<b>9.85</b>	<b>12.42</b>	<b>0.23</b>	<b>12.42</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.43</b>	<b>0.61</b>	<b>0.61</b>	<b>0.41</b>	<b>0.01</b>	<b>0.41</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.38</b>	<b>5.24</b>	<b>6.17</b>	<b>3.33</b>	<b>4.93</b>	<b>3.33</b>	<b>0.98</b>	<b>0.11</b>	<b>0.98</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 33 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	13.80	12.29	10.47	13.60	0.20	13.60	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 2	13.94	12.57	10.75	13.73	0.19	13.73	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 3	13.94	12.86	11.04	13.73	0.19	13.73	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 4	13.87	12.00	10.18	13.66	0.19	13.66	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 5	13.52	12.00	10.18	13.32	0.20	13.32	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 6	14.56	13.14	11.32	14.33	0.17	14.33	0.86	0.97	0.86	0.98
Simulación 7	13.52	12.00	10.18	13.32	0.20	13.32	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 8	13.59	11.43	9.61	13.39	0.20	13.39	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 9	14.36	13.14	11.32	14.14	0.18	14.14	0.86	0.97	0.86	0.98
Simulación 10	14.15	11.43	9.61	13.94	0.19	13.94	0.84	0.97	0.84	0.98
Simulación 11	13.73	12.86	11.04	13.53	0.20	13.53	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 12	13.66	12.86	11.04	13.46	0.20	13.46	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 13	13.10	11.43	9.61	12.91	0.21	12.91	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 14	13.45	12.57	10.75	13.25	0.20	13.25	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 15	13.45	12.29	10.47	13.25	0.20	13.25	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 16	13.03	12.00	10.18	12.85	0.22	12.85	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 17	13.38	12.29	10.47	13.19	0.21	13.19	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 18	13.94	12.57	10.75	13.73	0.19	13.73	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 19	13.52	11.43	9.61	13.32	0.20	13.32	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 20	13.52	12.29	10.47	13.32	0.20	13.32	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 21	13.59	13.14	11.32	13.39	0.20	13.39	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 22	13.24	12.29	10.47	13.05	0.21	13.05	0.85	0.97	0.85	0.99



Simulación 23	13.59	11.71	9.89	13.39	0.20	13.39	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 24	13.73	13.43	11.61	13.53	0.20	13.53	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 25	13.45	11.71	9.89	13.25	0.20	13.25	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 26	13.59	12.00	10.18	13.39	0.20	13.39	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 27	13.45	12.00	10.18	13.25	0.20	13.25	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 28	13.59	12.00	10.18	13.39	0.20	13.39	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 29	13.10	11.71	9.89	12.91	0.21	12.91	0.84	0.97	0.84	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.63</b>	<b>12.26</b>	<b>10.44</b>	<b>13.43</b>	<b>0.20</b>	<b>13.43</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>0.57</b>	<b>0.57</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.55</b>	<b>4.68</b>	<b>5.49</b>	<b>2.52</b>	<b>4.78</b>	<b>2.52</b>	<b>0.81</b>	<b>0.08</b>	<b>0.81</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 34 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	13.03	12.00	10.18	12.85	0.22	12.85	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 2	13.10	12.00	10.18	12.91	0.21	12.91	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 3	12.97	12.00	10.18	12.79	0.22	12.79	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 4	12.90	12.00	10.18	12.72	0.22	12.72	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 5	13.24	12.00	10.18	13.05	0.21	13.05	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 6	13.59	12.57	10.75	13.39	0.20	13.39	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 7	13.31	12.57	10.75	13.12	0.21	13.12	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 8	13.31	12.86	11.04	13.12	0.21	13.12	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 9	13.03	11.14	9.32	12.85	0.22	12.85	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 10	12.76	11.71	9.89	12.58	0.22	12.58	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 11	12.90	12.29	10.47	12.72	0.22	12.72	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 12	12.76	11.43	9.61	12.58	0.22	12.58	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 13	13.10	12.57	10.75	12.91	0.21	12.91	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 14	12.55	11.43	9.61	12.38	0.23	12.38	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 15	12.90	11.71	9.89	12.72	0.22	12.72	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 16	13.38	13.14	11.32	13.19	0.21	13.19	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 17	13.17	12.57	10.75	12.98	0.21	12.98	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 18	13.52	13.43	11.61	13.32	0.20	13.32	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 19	13.66	13.71	11.89	13.46	0.20	13.46	0.87	0.97	0.87	0.99
Simulación 20	13.45	12.86	11.04	13.25	0.20	13.25	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 21	13.66	12.86	11.04	13.46	0.20	13.46	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 22	13.94	12.29	10.47	13.73	0.19	13.73	0.85	0.97	0.85	0.99

Simulación 23	13.38	11.71	9.89	13.19	0.21	13.19	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 24	13.31	12.29	10.47	13.12	0.21	13.12	0.85	0.97	0.85	0.99
Simulación 25	13.66	12.86	11.04	13.46	0.20	13.46	0.86	0.97	0.86	0.99
Simulación 26	13.17	13.71	11.89	12.98	0.21	12.98	0.87	0.97	0.87	0.99
Simulación 27	12.55	11.71	9.89	12.38	0.23	12.38	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 28	12.90	11.71	9.89	12.72	0.22	12.72	0.84	0.97	0.84	0.99
Simulación 29	12.76	11.14	9.32	12.58	0.22	12.58	0.84	0.97	0.84	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.17</b>	<b>12.29</b>	<b>10.47</b>	<b>12.98</b>	<b>0.21</b>	<b>12.98</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>0.70</b>	<b>0.70</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.68</b>	<b>5.73</b>	<b>6.73</b>	<b>2.65</b>	<b>4.49</b>	<b>2.65</b>	<b>0.99</b>	<b>0.08</b>	<b>0.99</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 35 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	13.31	12.00	9.80	13.12	0.31	13.12	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 2	13.52	12.00	9.80	13.32	0.30	13.32	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 3	13.52	12.86	10.66	13.32	0.30	13.32	0.83	0.96	0.83	0.99
Simulación 4	13.45	12.00	9.80	13.25	0.30	13.25	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 5	13.94	13.14	10.94	13.73	0.29	13.73	0.83	0.96	0.83	0.99
Simulación 6	13.24	12.29	10.09	13.05	0.31	13.05	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 7	13.24	12.86	10.66	13.05	0.31	13.05	0.83	0.96	0.83	0.99
Simulación 8	13.80	13.14	10.94	13.60	0.30	13.60	0.83	0.96	0.83	0.99
Simulación 9	14.56	13.71	11.51	14.33	0.27	14.33	0.84	0.97	0.84	0.98
Simulación 10	14.29	13.43	11.23	14.07	0.28	14.07	0.84	0.97	0.84	0.98
Simulación 11	14.15	13.14	10.94	13.94	0.29	13.94	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación 12	13.80	12.29	10.09	13.60	0.30	13.60	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 13	14.36	13.43	11.23	14.14	0.28	14.14	0.84	0.97	0.84	0.98
Simulación 14	13.73	13.43	11.23	13.53	0.30	13.53	0.84	0.96	0.84	0.99
Simulación 15	14.36	13.14	10.94	14.14	0.28	14.14	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 16	13.73	12.29	10.09	13.53	0.30	13.53	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 17	13.66	12.29	10.09	13.46	0.30	13.46	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 18	13.66	12.29	10.09	13.46	0.30	13.46	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 19	13.52	12.00	9.80	13.32	0.30	13.32	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 20	14.15	13.14	10.94	13.94	0.29	13.94	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación 21	14.63	13.14	10.94	14.40	0.27	14.40	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 22	14.49	13.14	10.94	14.27	0.28	14.27	0.83	0.97	0.83	0.98

Simulación 23	14.15	12.86	10.66	13.94	0.29	13.94	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación 24	14.36	12.29	10.09	14.14	0.28	14.14	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 25	14.49	12.29	10.09	14.27	0.28	14.27	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 26	14.49	12.57	10.37	14.27	0.28	14.27	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 27	13.17	10.86	8.66	12.98	0.31	12.98	0.80	0.96	0.80	0.99
Simulación 28	13.59	12.29	10.09	13.39	0.30	13.39	0.82	0.96	0.82	0.99
Simulación 29	14.84	12.57	10.37	14.61	0.27	14.61	0.82	0.97	0.82	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.94</b>	<b>12.65</b>	<b>10.45</b>	<b>13.73</b>	<b>0.29</b>	<b>13.73</b>	<b>0.83</b>	<b>0.96</b>	<b>0.83</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.48</b>	<b>0.62</b>	<b>0.62</b>	<b>0.47</b>	<b>0.01</b>	<b>0.47</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.46</b>	<b>4.89</b>	<b>5.92</b>	<b>3.41</b>	<b>4.58</b>	<b>3.41</b>	<b>1.07</b>	<b>0.13</b>	<b>1.07</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 36 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	15.95	14.86	12.26	15.68	0.23	15.68	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 2	15.54	13.71	11.11	15.29	0.25	15.29	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 3	15.95	14.00	11.40	15.68	0.23	15.68	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 4	15.33	14.57	11.97	15.08	0.25	15.08	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 5	14.29	12.86	10.26	14.07	0.28	14.07	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 6	15.40	14.86	12.26	15.15	0.25	15.15	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 7	14.91	14.29	11.69	14.67	0.26	14.67	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 8	15.19	15.43	12.83	14.95	0.26	14.95	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 9	15.47	14.29	11.69	15.22	0.25	15.22	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 10	15.33	15.43	12.83	15.08	0.25	15.08	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 11	15.47	15.14	12.54	15.22	0.25	15.22	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 12	15.54	15.43	12.83	15.29	0.25	15.29	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 13	14.84	15.14	12.54	14.61	0.27	14.61	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 14	15.54	13.71	11.11	15.29	0.25	15.29	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 15	15.19	14.00	11.40	14.95	0.26	14.95	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 16	15.12	14.00	11.40	14.88	0.26	14.88	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 17	15.05	14.29	11.69	14.81	0.26	14.81	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 18	14.63	13.43	10.83	14.40	0.27	14.40	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 19	15.54	14.29	11.69	15.29	0.25	15.29	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 20	14.91	14.29	11.69	14.67	0.26	14.67	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 21	15.47	14.57	11.97	15.22	0.25	15.22	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 22	14.98	14.86	12.26	14.74	0.26	14.74	0.83	0.97	0.83	0.98

Simulación 23	15.19	14.29	11.69	14.95	0.26	14.95	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 24	15.33	15.14	12.54	15.08	0.25	15.08	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 25	14.91	14.86	12.26	14.67	0.26	14.67	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 26	15.47	14.00	11.40	15.22	0.25	15.22	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 27	14.70	14.00	11.40	14.47	0.27	14.47	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 28	14.56	14.00	11.40	14.33	0.27	14.33	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 29	15.05	14.29	11.69	14.81	0.26	14.81	0.82	0.97	0.82	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.20</b>	<b>14.41</b>	<b>11.81</b>	<b>14.96</b>	<b>0.26</b>	<b>14.96</b>	<b>0.82</b>	<b>0.97</b>	<b>0.82</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.39</b>	<b>0.63</b>	<b>0.63</b>	<b>0.38</b>	<b>0.01</b>	<b>0.38</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.57</b>	<b>4.35</b>	<b>5.31</b>	<b>2.53</b>	<b>4.38</b>	<b>2.53</b>	<b>0.97</b>	<b>0.09</b>	<b>0.97</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 37 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	15.82	14.57	11.77	15.56	0.24	15.56	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 2	15.47	14.57	11.77	15.22	0.25	15.22	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 3	15.88	15.43	12.63	15.62	0.24	15.62	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 4	15.47	14.29	11.49	15.22	0.25	15.22	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 5	15.61	14.86	12.06	15.35	0.24	15.35	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 6	15.75	15.14	12.34	15.49	0.24	15.49	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 7	16.51	15.43	12.63	16.23	0.22	16.23	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 8	16.02	14.86	12.06	15.75	0.23	15.75	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 9	15.75	13.71	10.91	15.49	0.24	15.49	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 10	16.09	15.71	12.91	15.82	0.23	15.82	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 11	16.30	16.29	13.49	16.02	0.22	16.02	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 12	16.09	15.43	12.63	15.82	0.23	15.82	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 13	16.09	15.71	12.91	15.82	0.23	15.82	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 14	16.02	16.57	13.77	15.75	0.23	15.75	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 15	16.02	15.14	12.34	15.75	0.23	15.75	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 16	15.88	15.14	12.34	15.62	0.24	15.62	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 17	15.47	15.43	12.63	15.22	0.25	15.22	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 18	15.95	16.57	13.77	15.68	0.23	15.68	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 19	15.82	15.14	12.34	15.56	0.24	15.56	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 20	15.82	16.29	13.49	15.56	0.24	15.56	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 21	16.02	15.43	12.63	15.75	0.23	15.75	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 22	15.88	16.00	13.20	15.62	0.24	15.62	0.83	0.97	0.83	0.98



Simulación 23	16.16	14.57	11.77	15.89	0.23	15.89	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 24	15.47	16.00	13.20	15.22	0.25	15.22	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación 25	14.91	13.14	10.34	14.67	0.26	14.67	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 26	15.33	14.29	11.49	15.08	0.25	15.08	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 27	14.91	15.14	12.34	14.67	0.26	14.67	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 28	16.23	15.71	12.91	15.96	0.23	15.96	0.82	0.97	0.82	0.98
Simulación 29	16.51	16.00	13.20	16.23	0.22	16.23	0.83	0.97	0.83	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.84</b>	<b>15.26</b>	<b>12.46</b>	<b>15.57</b>	<b>0.24</b>	<b>15.57</b>	<b>0.82</b>	<b>0.97</b>	<b>0.82</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.39</b>	<b>0.81</b>	<b>0.81</b>	<b>0.38</b>	<b>0.01</b>	<b>0.38</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.48</b>	<b>5.33</b>	<b>6.53</b>	<b>2.44</b>	<b>4.82</b>	<b>2.44</b>	<b>1.25</b>	<b>0.08</b>	<b>1.25</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 38 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	16.86	16.00	12.60	16.57	0.21	16.57	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 2	16.65	15.43	12.03	16.36	0.21	16.36	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 3	16.23	15.71	12.31	15.96	0.23	15.96	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 4	17.00	16.57	13.17	16.70	0.20	16.70	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 5	17.48	18.00	14.60	17.17	0.19	17.17	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 6	16.93	18.00	14.60	16.64	0.21	16.64	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 7	16.86	16.86	13.46	16.57	0.21	16.57	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 8	16.30	15.71	12.31	16.02	0.22	16.02	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 9	17.14	15.43	12.03	16.84	0.20	16.84	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 10	17.00	16.00	12.60	16.70	0.20	16.70	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 11	16.93	17.14	13.74	16.64	0.21	16.64	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 12	16.44	16.00	12.60	16.16	0.22	16.16	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 13	15.54	15.43	12.03	15.29	0.25	15.29	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 14	17.14	16.29	12.89	16.84	0.20	16.84	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 15	16.51	17.14	13.74	16.23	0.22	16.23	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 16	16.37	16.00	12.60	16.09	0.22	16.09	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 17	16.86	15.43	12.03	16.57	0.21	16.57	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 18	16.72	16.57	13.17	16.43	0.21	16.43	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 19	16.37	16.29	12.89	16.09	0.22	16.09	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 20	16.51	18.29	14.89	16.23	0.22	16.23	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 21	16.65	16.86	13.46	16.36	0.21	16.36	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 22	16.51	16.86	13.46	16.23	0.22	16.23	0.80	0.97	0.80	0.98

Simulación 23	16.86	16.00	12.60	16.57	0.21	16.57	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 24	16.79	16.57	13.17	16.50	0.21	16.50	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 25	16.72	16.29	12.89	16.43	0.21	16.43	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 26	16.79	16.57	13.17	16.50	0.21	16.50	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 27	16.30	16.00	12.60	16.02	0.22	16.02	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 28	16.93	16.29	12.89	16.64	0.21	16.64	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 29	17.07	16.57	13.17	16.77	0.20	16.77	0.79	0.97	0.79	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.71</b>	<b>16.42</b>	<b>13.02</b>	<b>16.42</b>	<b>0.21</b>	<b>16.42</b>	<b>0.79</b>	<b>0.97</b>	<b>0.79</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.37</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>	<b>0.36</b>	<b>0.01</b>	<b>0.36</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.23</b>	<b>4.64</b>	<b>5.85</b>	<b>2.20</b>	<b>5.24</b>	<b>2.20</b>	<b>1.18</b>	<b>0.07</b>	<b>1.18</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 39 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	18.04	17.14	13.54	17.71	0.17	17.71	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 2	18.11	17.43	13.83	17.78	0.17	17.78	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 3	18.39	17.43	13.83	18.05	0.16	18.05	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 4	17.55	17.71	14.11	17.24	0.19	17.24	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 5	18.53	17.43	13.83	18.19	0.16	18.19	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 6	18.39	17.43	13.83	18.05	0.16	18.05	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 7	16.93	16.86	13.26	16.64	0.21	16.64	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 8	17.41	15.71	12.11	17.10	0.19	17.10	0.77	0.97	0.77	0.98
Simulación 9	17.69	16.86	13.26	17.37	0.18	17.37	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 10	16.79	15.71	12.11	16.50	0.21	16.50	0.77	0.97	0.77	0.98
Simulación 11	17.83	17.14	13.54	17.51	0.18	17.51	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 12	17.97	18.00	14.40	17.64	0.17	17.64	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 13	16.72	15.71	12.11	16.43	0.21	16.43	0.77	0.97	0.77	0.98
Simulación 14	17.48	18.29	14.69	17.17	0.19	17.17	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 15	17.34	16.86	13.26	17.03	0.19	17.03	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 16	17.76	17.43	13.83	17.44	0.18	17.44	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 17	17.97	18.29	14.69	17.64	0.17	17.64	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 18	17.76	17.14	13.54	17.44	0.18	17.44	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 19	17.28	18.86	15.26	16.97	0.19	16.97	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación 20	17.83	18.29	14.69	17.51	0.18	17.51	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 21	17.62	17.71	14.11	17.30	0.18	17.30	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 22	17.14	17.43	13.83	16.84	0.20	16.84	0.79	0.97	0.79	0.98

Simulación 23	17.97	18.00	14.40	17.64	0.17	17.64	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 24	17.62	17.71	14.11	17.30	0.18	17.30	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 25	17.00	16.00	12.40	16.70	0.20	16.70	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 26	17.76	17.71	14.11	17.44	0.18	17.44	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación 27	17.34	16.00	12.40	17.03	0.19	17.03	0.78	0.97	0.78	0.98
Simulación 28	17.55	16.86	13.26	17.24	0.19	17.24	0.79	0.97	0.79	0.98
Simulación 29	17.41	18.00	14.40	17.10	0.19	17.10	0.80	0.97	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.63</b>	<b>17.28</b>	<b>13.68</b>	<b>17.31</b>	<b>0.18</b>	<b>17.31</b>	<b>0.79</b>	<b>0.97</b>	<b>0.79</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.46</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>0.45</b>	<b>0.01</b>	<b>0.45</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.61</b>	<b>4.82</b>	<b>6.09</b>	<b>2.58</b>	<b>7.66</b>	<b>2.58</b>	<b>1.31</b>	<b>0.08</b>	<b>1.31</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 40 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	19.01	18.86	14.76	18.65	0.74	18.65	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 2	18.74	18.57	14.47	18.39	0.75	18.39	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 3	18.11	17.43	13.33	17.78	0.77	17.78	0.76	0.94	0.76	0.98
Simulación 4	19.01	18.86	14.76	18.65	0.74	18.65	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 5	18.53	17.71	13.61	18.19	0.76	18.19	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 6	18.53	17.71	13.61	18.19	0.76	18.19	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 7	18.94	18.00	13.90	18.58	0.74	18.58	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 8	19.15	19.43	15.33	18.79	0.74	18.79	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 9	18.74	17.71	13.61	18.39	0.75	18.39	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 10	19.50	18.29	14.19	19.13	0.73	19.13	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 11	19.99	18.29	14.19	19.60	0.71	19.60	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 12	18.80	17.71	13.61	18.45	0.75	18.45	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 13	19.64	17.71	13.61	19.26	0.72	19.26	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 14	19.01	18.29	14.19	18.65	0.74	18.65	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 15	19.36	18.86	14.76	18.99	0.73	18.99	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 16	19.85	17.43	13.33	19.46	0.71	19.46	0.76	0.94	0.76	0.98
Simulación 17	19.29	18.29	14.19	18.92	0.73	18.92	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 18	19.15	18.86	14.76	18.79	0.74	18.79	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 19	19.57	18.57	14.47	19.19	0.72	19.19	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 20	18.87	19.14	15.04	18.52	0.75	18.52	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 21	18.25	18.00	13.90	17.91	0.76	17.91	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 22	19.08	19.71	15.61	18.72	0.74	18.72	0.79	0.94	0.79	0.98

Simulación 23	18.60	17.71	13.61	18.25	0.75	18.25	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 24	19.01	19.14	15.04	18.65	0.74	18.65	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 25	19.64	18.57	14.47	19.26	0.72	19.26	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 26	19.50	19.43	15.33	19.13	0.73	19.13	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 27	20.19	19.71	15.61	19.79	0.70	19.79	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 28	19.71	20.00	15.90	19.33	0.72	19.33	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación 29	19.92	18.57	14.47	19.53	0.71	19.53	0.78	0.94	0.78	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.16</b>	<b>18.50</b>	<b>14.40</b>	<b>18.80</b>	<b>0.74</b>	<b>18.80</b>	<b>0.78</b>	<b>0.94</b>	<b>0.78</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.53</b>	<b>0.73</b>	<b>0.73</b>	<b>0.51</b>	<b>0.02</b>	<b>0.51</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.75</b>	<b>3.95</b>	<b>5.08</b>	<b>2.71</b>	<b>2.27</b>	<b>2.71</b>	<b>1.12</b>	<b>0.17</b>	<b>1.12</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 41 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	19.78	19.71	15.51	19.40	0.72	19.40	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 2	20.19	19.43	15.23	19.79	0.70	19.79	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 3	19.15	18.00	13.80	18.79	0.74	18.79	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 4	19.99	18.57	14.37	19.60	0.71	19.60	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 5	19.71	19.43	15.23	19.33	0.72	19.33	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 6	20.54	20.86	16.66	20.13	0.69	20.13	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación 7	20.06	19.14	14.94	19.67	0.71	19.67	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 8	19.57	19.71	15.51	19.19	0.72	19.19	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 9	20.26	20.86	16.66	19.86	0.70	19.86	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación 10	19.29	17.71	13.51	18.92	0.73	18.92	0.76	0.94	0.76	0.98
Simulación 11	19.57	19.43	15.23	19.19	0.72	19.19	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 12	19.50	18.57	14.37	19.13	0.73	19.13	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 13	19.92	19.43	15.23	19.53	0.71	19.53	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 14	19.85	18.86	14.66	19.46	0.71	19.46	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 15	20.89	21.43	17.23	20.47	0.68	20.47	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación 16	20.26	20.57	16.37	19.86	0.70	19.86	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación 17	19.08	19.43	15.23	18.72	0.74	18.72	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 18	20.19	18.86	14.66	19.79	0.70	19.79	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 19	19.92	18.86	14.66	19.53	0.71	19.53	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 20	19.64	18.29	14.09	19.26	0.72	19.26	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 21	19.57	20.00	15.80	19.19	0.72	19.19	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 22	20.13	19.43	15.23	19.74	0.71	19.74	0.78	0.95	0.78	0.98



Simulación 23	19.92	20.29	16.09	19.53	0.71	19.53	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 24	19.71	20.57	16.37	19.33	0.72	19.33	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación 25	19.64	19.43	15.23	19.26	0.72	19.26	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 26	20.54	19.71	15.51	20.13	0.69	20.13	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 27	19.64	20.29	16.09	19.26	0.72	19.26	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 28	19.29	19.71	15.51	18.92	0.73	18.92	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación 29	19.43	20.86	16.66	19.06	0.73	19.06	0.80	0.94	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.84</b>	<b>19.57</b>	<b>15.37</b>	<b>19.45</b>	<b>0.71</b>	<b>19.45</b>	<b>0.78</b>	<b>0.94</b>	<b>0.78</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.43</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.42</b>	<b>0.01</b>	<b>0.42</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.17</b>	<b>4.65</b>	<b>5.92</b>	<b>2.14</b>	<b>1.93</b>	<b>2.14</b>	<b>1.28</b>	<b>0.13</b>	<b>1.28</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 42 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	19.78	18.57	13.87	19.40	0.72	19.40	0.75	0.94	0.75	0.98
Simulación 2	21.03	21.71	17.01	20.61	0.68	20.61	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 3	20.54	21.71	17.01	20.13	0.69	20.13	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 4	20.26	20.86	16.16	19.86	0.70	19.86	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 5	20.33	20.29	15.59	19.93	0.70	19.93	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 6	20.61	21.14	16.44	20.20	0.69	20.20	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 7	20.19	21.71	17.01	19.79	0.70	19.79	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 8	19.57	20.86	16.16	19.19	0.72	19.19	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 9	20.26	21.43	16.73	19.86	0.70	19.86	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 10	21.24	23.43	18.73	20.81	0.67	20.81	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación 11	21.03	22.29	17.59	20.61	0.68	20.61	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 12	19.85	20.86	16.16	19.46	0.71	19.46	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 13	20.68	21.43	16.73	20.27	0.69	20.27	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 14	20.47	20.00	15.30	20.06	0.69	20.06	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 15	20.96	22.29	17.59	20.54	0.68	20.54	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 16	20.13	19.71	15.01	19.74	0.71	19.74	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación 17	19.99	21.14	16.44	19.60	0.71	19.60	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 18	19.15	19.71	15.01	18.79	0.74	18.79	0.76	0.94	0.76	0.98
Simulación 19	19.36	21.43	16.73	18.99	0.73	18.99	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación 20	20.40	21.43	16.73	20.00	0.70	20.00	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 21	19.92	20.00	15.30	19.53	0.71	19.53	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación 22	20.61	20.86	16.16	20.20	0.69	20.20	0.77	0.95	0.77	0.98

Simulación 23	20.26	21.71	17.01	19.86	0.70	19.86	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 24	20.47	20.29	15.59	20.06	0.69	20.06	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 25	20.82	22.57	17.87	20.40	0.68	20.40	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 26	20.82	22.29	17.59	20.40	0.68	20.40	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 27	20.47	20.86	16.16	20.06	0.69	20.06	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 28	20.47	21.43	16.73	20.06	0.69	20.06	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 29	20.26	21.14	16.44	19.86	0.70	19.86	0.78	0.95	0.78	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.34</b>	<b>21.14</b>	<b>16.44</b>	<b>19.94</b>	<b>0.70</b>	<b>19.94</b>	<b>0.78</b>	<b>0.95</b>	<b>0.78</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.50</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.48</b>	<b>0.02</b>	<b>0.48</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.44</b>	<b>4.74</b>	<b>6.09</b>	<b>2.41</b>	<b>2.30</b>	<b>2.41</b>	<b>1.39</b>	<b>0.14</b>	<b>1.39</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 43 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	21.45	21.71	16.71	21.01	0.66	21.01	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 2	20.75	21.43	16.43	20.34	0.69	20.34	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 3	21.72	22.86	17.86	21.27	0.65	21.27	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 4	21.65	22.00	17.00	21.21	0.66	21.21	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 5	21.17	22.00	17.00	20.74	0.67	20.74	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 6	22.07	23.43	18.43	21.61	0.64	21.61	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 7	21.10	22.29	17.29	20.67	0.67	20.67	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 8	21.59	23.14	18.14	21.15	0.66	21.15	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 9	21.38	23.14	18.14	20.94	0.66	20.94	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 10	20.89	21.43	16.43	20.47	0.68	20.47	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 11	20.33	21.14	16.14	19.93	0.70	19.93	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación 12	21.17	22.29	17.29	20.74	0.67	20.74	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 13	22.14	24.00	19.00	21.68	0.64	21.68	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 14	20.75	22.86	17.86	20.34	0.69	20.34	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 15	21.31	22.86	17.86	20.88	0.67	20.88	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 16	21.72	22.86	17.86	21.27	0.65	21.27	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 17	20.47	21.14	16.14	20.06	0.69	20.06	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación 18	21.86	23.71	18.71	21.41	0.65	21.41	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación 19	21.86	22.57	17.57	21.41	0.65	21.41	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 20	21.31	20.86	15.86	20.88	0.67	20.88	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación 21	21.10	22.86	17.86	20.67	0.67	20.67	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 22	21.38	22.29	17.29	20.94	0.66	20.94	0.78	0.95	0.78	0.98

Simulación 23	21.31	22.29	17.29	20.88	0.67	20.88	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 24	20.68	22.29	17.29	20.27	0.69	20.27	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 25	21.03	22.86	17.86	20.61	0.68	20.61	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 26	21.45	22.00	17.00	21.01	0.66	21.01	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación 27	20.68	22.57	17.57	20.27	0.69	20.27	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 28	21.24	22.29	17.29	20.81	0.67	20.81	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación 29	21.72	21.14	16.14	21.27	0.65	21.27	0.76	0.95	0.76	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>21.29</b>	<b>22.36</b>	<b>17.36</b>	<b>20.85</b>	<b>0.67</b>	<b>20.85</b>	<b>0.78</b>	<b>0.95</b>	<b>0.78</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.47</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.45</b>	<b>0.02</b>	<b>0.45</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.19</b>	<b>3.56</b>	<b>4.59</b>	<b>2.16</b>	<b>2.30</b>	<b>2.16</b>	<b>1.03</b>	<b>0.12</b>	<b>1.03</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 44 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	22.28	23.43	17.23	21.81	0.63	21.81	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 2	22.00	21.14	14.94	21.54	0.64	21.54	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación 3	22.77	24.00	17.80	22.29	0.62	22.29	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 4	22.07	23.14	16.94	21.61	0.64	21.61	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 5	22.28	23.71	17.51	21.81	0.63	21.81	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 6	21.79	23.14	16.94	21.34	0.65	21.34	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 7	22.42	24.86	18.66	21.95	0.63	21.95	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación 8	22.35	24.29	18.09	21.88	0.63	21.88	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 9	22.98	24.00	17.80	22.49	0.61	22.49	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 10	21.03	22.57	16.37	20.61	0.68	20.61	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 11	21.59	22.57	16.37	21.15	0.66	21.15	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 12	22.21	23.14	16.94	21.75	0.64	21.75	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 13	22.35	23.71	17.51	21.88	0.63	21.88	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 14	22.49	24.29	18.09	22.02	0.63	22.02	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 15	21.24	22.00	15.80	20.81	0.67	20.81	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación 16	21.93	22.86	16.66	21.48	0.65	21.48	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 17	21.45	23.14	16.94	21.01	0.66	21.01	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 18	21.52	22.29	16.09	21.08	0.66	21.08	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación 19	21.31	22.00	15.80	20.88	0.67	20.88	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación 20	22.35	24.57	18.37	21.88	0.63	21.88	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación 21	21.86	22.29	16.09	21.41	0.65	21.41	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación 22	22.70	24.29	18.09	22.22	0.62	22.22	0.74	0.95	0.74	0.98

Simulación 23	20.89	21.71	15.51	20.47	0.68	20.47	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación 24	22.14	21.14	14.94	21.68	0.64	21.68	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación 25	21.38	24.57	18.37	20.94	0.66	20.94	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación 26	22.77	23.71	17.51	22.29	0.62	22.29	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación 27	21.38	21.71	15.51	20.94	0.66	20.94	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación 28	22.56	22.86	16.66	22.09	0.63	22.09	0.73	0.95	0.73	0.98
Simulación 29	22.77	24.00	17.80	22.29	0.62	22.29	0.74	0.95	0.74	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.03</b>	<b>23.14</b>	<b>16.94</b>	<b>21.57</b>	<b>0.64</b>	<b>21.57</b>	<b>0.73</b>	<b>0.95</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.58</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>	<b>0.56</b>	<b>0.02</b>	<b>0.56</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.61</b>	<b>4.56</b>	<b>6.23</b>	<b>2.58</b>	<b>2.99</b>	<b>2.58</b>	<b>1.70</b>	<b>0.14</b>	<b>1.70</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 45 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	23.46	23.71	16.11	22.95	0.99	22.95	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 2	22.70	23.71	16.11	22.22	1.02	22.22	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 3	23.53	22.86	15.26	23.02	0.99	23.02	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 4	22.84	23.43	15.83	22.36	1.02	22.36	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 5	23.32	24.29	16.69	22.82	1.00	22.82	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 6	22.84	24.00	16.40	22.36	1.02	22.36	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 7	23.88	24.00	16.40	23.36	0.98	23.36	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 8	23.11	23.71	16.11	22.62	1.01	22.62	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 9	23.60	22.86	15.26	23.09	0.99	23.09	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 10	23.05	24.57	16.97	22.56	1.01	22.56	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación 11	23.74	25.43	17.83	23.22	0.98	23.22	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 12	22.63	24.00	16.40	22.15	1.02	22.15	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 13	22.28	24.00	16.40	21.81	1.03	21.81	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 14	23.46	23.14	15.54	22.95	0.99	22.95	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 15	23.46	23.14	15.54	22.95	0.99	22.95	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 16	23.74	24.29	16.69	23.22	0.98	23.22	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 17	22.28	22.86	15.26	21.81	1.03	21.81	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 18	23.05	23.71	16.11	22.56	1.01	22.56	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 19	23.18	25.14	17.54	22.68	1.00	22.68	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 20	22.49	23.71	16.11	22.02	1.03	22.02	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 21	23.11	24.86	17.26	22.62	1.01	22.62	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 22	23.05	23.14	15.54	22.56	1.01	22.56	0.67	0.93	0.67	0.98



Simulación 23	23.39	24.86	17.26	22.89	1.00	22.89	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 24	22.00	23.14	15.54	21.54	1.04	21.54	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 25	22.56	23.71	16.11	22.09	1.03	22.09	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 26	22.70	24.00	16.40	22.22	1.02	22.22	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 27	23.74	25.71	18.11	23.22	0.98	23.22	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 28	23.39	24.29	16.69	22.89	1.00	22.89	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 29	23.39	24.00	16.40	22.89	1.00	22.89	0.68	0.94	0.68	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.10</b>	<b>23.94</b>	<b>16.34</b>	<b>22.61</b>	<b>1.01</b>	<b>22.61</b>	<b>0.68</b>	<b>0.94</b>	<b>0.68</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.50</b>	<b>0.75</b>	<b>0.75</b>	<b>0.48</b>	<b>0.02</b>	<b>0.48</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.14</b>	<b>3.15</b>	<b>4.61</b>	<b>2.12</b>	<b>1.67</b>	<b>2.12</b>	<b>1.44</b>	<b>0.15</b>	<b>1.44</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 46 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	24.64	24.57	16.59	24.09	0.95	24.09	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 2	23.18	23.14	15.16	22.68	1.00	22.68	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 3	23.46	23.14	15.16	22.95	0.99	22.95	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 4	25.13	26.86	18.88	24.57	0.94	24.57	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 5	24.64	26.00	18.02	24.09	0.95	24.09	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 6	24.51	24.57	16.59	23.97	0.96	23.97	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 7	25.20	25.71	17.73	24.63	0.93	24.63	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 8	23.95	25.43	17.45	23.43	0.98	23.43	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 9	24.51	25.71	17.73	23.97	0.96	23.97	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 10	24.09	24.00	16.02	23.56	0.97	23.56	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 11	24.51	26.57	18.59	23.97	0.96	23.97	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 12	24.51	26.00	18.02	23.97	0.96	23.97	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 13	24.02	25.43	17.45	23.50	0.98	23.50	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 14	23.25	23.71	15.73	22.75	1.00	22.75	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 15	24.23	23.71	15.73	23.70	0.97	23.70	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 16	24.64	24.29	16.31	24.09	0.95	24.09	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 17	23.88	25.43	17.45	23.36	0.98	23.36	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 18	24.16	22.86	14.88	23.63	0.97	23.63	0.65	0.94	0.65	0.98
Simulación 19	24.71	24.86	16.88	24.16	0.95	24.16	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 20	24.44	23.14	15.16	23.90	0.96	23.90	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 21	24.71	24.86	16.88	24.16	0.95	24.16	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 22	24.16	26.00	18.02	23.63	0.97	23.63	0.69	0.94	0.69	0.98

Simulación 23	25.41	25.71	17.73	24.84	0.93	24.84	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 24	23.88	26.00	18.02	23.36	0.98	23.36	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 25	23.88	24.00	16.02	23.36	0.98	23.36	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 26	23.60	24.29	16.31	23.09	0.99	23.09	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 27	23.53	25.71	17.73	23.02	0.99	23.02	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 28	24.78	26.00	18.02	24.23	0.95	24.23	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 29	24.09	24.57	16.59	23.56	0.97	23.56	0.68	0.94	0.68	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.27</b>	<b>24.91</b>	<b>16.93</b>	<b>23.73</b>	<b>0.97</b>	<b>23.73</b>	<b>0.68</b>	<b>0.94</b>	<b>0.68</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.56</b>	<b>1.12</b>	<b>1.12</b>	<b>0.54</b>	<b>0.02</b>	<b>0.54</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.31</b>	<b>4.50</b>	<b>6.62</b>	<b>2.28</b>	<b>2.01</b>	<b>2.28</b>	<b>2.16</b>	<b>0.15</b>	<b>2.16</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 47 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	24.85	26.00	17.70	24.30	0.95	24.30	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 2	26.31	26.86	18.56	25.71	0.90	25.71	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 3	25.13	26.86	18.56	24.57	0.94	24.57	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 4	24.92	25.71	17.41	24.36	0.94	24.36	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 5	25.06	26.29	17.99	24.50	0.94	24.50	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 6	25.34	26.00	17.70	24.77	0.93	24.77	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 7	25.62	24.29	15.99	25.04	0.92	25.04	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 8	25.41	27.43	19.13	24.84	0.93	24.84	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 9	25.06	25.14	16.84	24.50	0.94	24.50	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 10	24.51	24.00	15.70	23.97	0.96	23.97	0.65	0.94	0.65	0.98
Simulación 11	25.69	26.29	17.99	25.11	0.92	25.11	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 12	24.85	26.29	17.99	24.30	0.95	24.30	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 13	25.62	26.57	18.27	25.04	0.92	25.04	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 14	25.13	25.14	16.84	24.57	0.94	24.57	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 15	25.27	26.00	17.70	24.70	0.93	24.70	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 16	25.13	26.57	18.27	24.57	0.94	24.57	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 17	25.13	25.43	17.13	24.57	0.94	24.57	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 18	24.78	25.71	17.41	24.23	0.95	24.23	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 19	25.27	26.29	17.99	24.70	0.93	24.70	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 20	25.96	26.86	18.56	25.37	0.91	25.37	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 21	25.34	25.71	17.41	24.77	0.93	24.77	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 22	25.27	26.00	17.70	24.70	0.93	24.70	0.68	0.94	0.68	0.98

Simulación 23	25.62	25.71	17.41	25.04	0.92	25.04	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 24	24.92	26.00	17.70	24.36	0.94	24.36	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 25	25.06	26.29	17.99	24.50	0.94	24.50	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 26	25.48	25.43	17.13	24.90	0.92	24.90	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 27	25.48	26.00	17.70	24.90	0.92	24.90	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 28	25.27	25.71	17.41	24.70	0.93	24.70	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 29	25.76	24.29	15.99	25.17	0.91	25.17	0.66	0.94	0.66	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>25.28</b>	<b>25.89</b>	<b>17.59</b>	<b>24.72</b>	<b>0.93</b>	<b>24.72</b>	<b>0.68</b>	<b>0.94</b>	<b>0.68</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.38</b>	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.51</b>	<b>3.04</b>	<b>4.48</b>	<b>1.49</b>	<b>1.44</b>	<b>1.49</b>	<b>1.47</b>	<b>0.09</b>	<b>1.47</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 48 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	26.73	25.43	16.73	26.11	0.88	26.11	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 2	25.96	27.71	19.01	25.37	0.91	25.37	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 3	26.31	26.29	17.59	25.71	0.90	25.71	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 4	26.24	27.71	19.01	25.64	0.90	25.64	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 5	26.73	27.14	18.44	26.11	0.88	26.11	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 6	26.66	25.71	17.01	26.04	0.88	26.04	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 7	26.87	26.86	18.16	26.25	0.88	26.25	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 8	25.90	25.43	16.73	25.31	0.91	25.31	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 9	27.01	25.71	17.01	26.38	0.87	26.38	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 10	25.83	25.71	17.01	25.24	0.91	25.24	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 11	26.03	26.86	18.16	25.43	0.90	25.43	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 12	26.45	27.14	18.44	25.84	0.89	25.84	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 13	26.31	26.00	17.30	25.71	0.90	25.71	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 14	26.87	27.71	19.01	26.25	0.88	26.25	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 15	26.52	26.86	18.16	25.91	0.89	25.91	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 16	27.29	28.29	19.59	26.65	0.86	26.65	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 17	26.80	28.29	19.59	26.18	0.88	26.18	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 18	26.31	27.71	19.01	25.71	0.90	25.71	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 19	26.10	27.71	19.01	25.50	0.90	25.50	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 20	26.94	25.71	17.01	26.31	0.87	26.31	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 21	26.03	26.29	17.59	25.43	0.90	25.43	0.67	0.94	0.67	0.98
Simulación 22	26.87	28.00	19.30	26.25	0.88	26.25	0.69	0.94	0.69	0.98

Simulación 23	26.66	28.57	19.87	26.04	0.88	26.04	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación 24	25.55	25.43	16.73	24.97	0.92	24.97	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 25	26.38	27.43	18.73	25.77	0.89	25.77	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 26	27.08	27.71	19.01	26.45	0.87	26.45	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 27	26.66	27.14	18.44	26.04	0.88	26.04	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 28	26.52	27.71	19.01	25.91	0.89	25.91	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 29	26.94	26.57	17.87	26.31	0.87	26.31	0.67	0.94	0.67	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>26.50</b>	<b>26.93</b>	<b>18.23</b>	<b>25.89</b>	<b>0.89</b>	<b>25.89</b>	<b>0.68</b>	<b>0.94</b>	<b>0.68</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.43</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.41</b>	<b>0.02</b>	<b>0.41</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.61</b>	<b>3.63</b>	<b>5.36</b>	<b>1.59</b>	<b>1.71</b>	<b>1.59</b>	<b>1.75</b>	<b>0.10</b>	<b>1.75</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 49 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	26.45	26.29	17.39	25.84	0.89	25.84	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 2	26.80	26.29	17.39	26.18	0.88	26.18	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 3	27.42	27.43	18.53	26.78	0.86	26.78	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 4	27.77	28.00	19.10	27.11	0.84	27.11	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 5	27.70	29.43	20.53	27.05	0.85	27.05	0.70	0.95	0.70	0.98
Simulación 6	27.49	28.86	19.96	26.84	0.85	26.84	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 7	26.87	27.43	18.53	26.25	0.88	26.25	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 8	28.12	26.57	17.67	27.45	0.83	27.45	0.67	0.95	0.67	0.98
Simulación 9	27.49	28.57	19.67	26.84	0.85	26.84	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 10	27.70	28.86	19.96	27.05	0.85	27.05	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 11	27.77	28.00	19.10	27.11	0.84	27.11	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 12	27.63	26.29	17.39	26.98	0.85	26.98	0.66	0.95	0.66	0.98
Simulación 13	28.05	28.29	19.39	27.38	0.83	27.38	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 14	27.77	27.14	18.24	27.11	0.84	27.11	0.67	0.95	0.67	0.98
Simulación 15	26.94	27.71	18.81	26.31	0.87	26.31	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación 16	27.63	28.00	19.10	26.98	0.85	26.98	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 17	28.05	28.57	19.67	27.38	0.83	27.38	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 18	28.26	26.57	17.67	27.58	0.82	27.58	0.67	0.95	0.67	0.98
Simulación 19	27.70	26.86	17.96	27.05	0.85	27.05	0.67	0.95	0.67	0.98
Simulación 20	27.91	27.71	18.81	27.25	0.84	27.25	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 21	26.87	28.29	19.39	26.25	0.88	26.25	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación 22	27.70	28.86	19.96	27.05	0.85	27.05	0.69	0.95	0.69	0.98



Simulación 23	27.56	27.43	18.53	26.91	0.85	26.91	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 24	27.63	27.43	18.53	26.98	0.85	26.98	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 25	27.70	29.14	20.24	27.05	0.85	27.05	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 26	28.05	27.43	18.53	27.38	0.83	27.38	0.68	0.95	0.68	0.98
Simulación 27	27.36	28.29	19.39	26.72	0.86	26.72	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación 28	27.42	25.71	16.81	26.78	0.86	26.78	0.65	0.95	0.65	0.98
Simulación 29	28.26	27.14	18.24	27.58	0.82	27.58	0.67	0.95	0.67	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.59</b>	<b>27.68</b>	<b>18.78</b>	<b>26.94</b>	<b>0.85</b>	<b>26.94</b>	<b>0.68</b>	<b>0.95</b>	<b>0.68</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.45</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.43</b>	<b>0.02</b>	<b>0.43</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.62</b>	<b>3.49</b>	<b>5.14</b>	<b>1.60</b>	<b>1.90</b>	<b>1.60</b>	<b>1.67</b>	<b>0.09</b>	<b>1.67</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 50 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	29.23	29.43	20.03	28.52	1.29	28.52	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 2	29.02	28.57	19.17	28.32	1.30	28.32	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 3	28.40	27.14	17.74	27.72	1.32	27.72	0.65	0.93	0.65	0.98
Simulación 4	28.82	29.71	20.31	28.12	1.30	28.12	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 5	29.23	27.14	17.74	28.52	1.29	28.52	0.65	0.93	0.65	0.98
Simulación 6	28.47	29.43	20.03	27.79	1.32	27.79	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 7	28.88	28.57	19.17	28.18	1.30	28.18	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 8	29.23	30.57	21.17	28.52	1.29	28.52	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación 9	28.47	28.29	18.89	27.79	1.32	27.79	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 10	28.68	26.57	17.17	27.99	1.31	27.99	0.65	0.93	0.65	0.98
Simulación 11	28.54	28.29	18.89	27.85	1.31	27.85	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 12	28.68	28.00	18.60	27.99	1.31	27.99	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 13	28.61	29.14	19.74	27.92	1.31	27.92	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 14	28.88	29.43	20.03	28.18	1.30	28.18	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 15	29.09	28.57	19.17	28.38	1.29	28.38	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 16	28.82	28.57	19.17	28.12	1.30	28.12	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 17	28.33	28.29	18.89	27.65	1.32	27.65	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 18	29.16	28.00	18.60	28.45	1.29	28.45	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 19	28.61	27.71	18.31	27.92	1.31	27.92	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 20	29.02	28.57	19.17	28.32	1.30	28.32	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 21	28.26	29.71	20.31	27.58	1.32	27.58	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 22	29.23	28.00	18.60	28.52	1.29	28.52	0.66	0.93	0.66	0.98

Simulación 23	29.02	27.71	18.31	28.32	1.30	28.32	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 24	29.58	28.57	19.17	28.86	1.28	28.86	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 25	29.37	30.57	21.17	28.65	1.28	28.65	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación 26	29.30	28.29	18.89	28.59	1.29	28.59	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 27	28.75	28.00	18.60	28.06	1.31	28.06	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 28	29.23	29.71	20.31	28.52	1.29	28.52	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 29	29.23	26.57	17.17	28.52	1.29	28.52	0.65	0.93	0.65	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.90</b>	<b>28.52</b>	<b>19.12</b>	<b>28.20</b>	<b>1.30</b>	<b>28.20</b>	<b>0.67</b>	<b>0.93</b>	<b>0.67</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.21</b>	<b>3.60</b>	<b>5.37</b>	<b>1.20</b>	<b>0.99</b>	<b>1.20</b>	<b>1.77</b>	<b>0.09</b>	<b>1.77</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

**FRECUENCIA: 51 HZ**

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	30.07	29.14	19.19	29.33	1.26	29.33	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 2	30.14	29.71	19.76	29.40	1.26	29.40	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 3	29.79	30.00	20.05	29.06	1.27	29.06	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 4	30.55	29.43	19.48	29.79	1.24	29.79	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 5	29.72	30.57	20.62	28.99	1.27	28.99	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 6	30.62	30.57	20.62	29.86	1.24	29.86	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 7	30.48	30.57	20.62	29.72	1.24	29.72	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 8	29.65	29.71	19.76	28.92	1.27	28.92	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 9	30.28	28.86	18.91	29.53	1.25	29.53	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 10	30.34	29.71	19.76	29.59	1.25	29.59	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 11	29.93	29.43	19.48	29.19	1.26	29.19	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 12	30.83	29.14	19.19	30.06	1.23	30.06	0.66	0.94	0.66	0.98
Simulación 13	30.00	30.29	20.34	29.26	1.26	29.26	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 14	30.07	30.29	20.34	29.33	1.26	29.33	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 15	30.41	27.43	17.48	29.66	1.25	29.66	0.64	0.93	0.64	0.98
Simulación 16	30.76	29.71	19.76	29.99	1.23	29.99	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 17	29.86	29.71	19.76	29.13	1.27	29.13	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 18	30.41	31.14	21.19	29.66	1.25	29.66	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación 19	30.76	30.00	20.05	29.99	1.23	29.99	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 20	30.69	28.86	18.91	29.92	1.23	29.92	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 21	30.21	30.57	20.62	29.46	1.25	29.46	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 22	30.97	29.14	19.19	30.19	1.22	30.19	0.66	0.94	0.66	0.97

Simulación 23	30.48	30.57	20.62	29.72	1.24	29.72	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 24	30.34	30.00	20.05	29.59	1.25	29.59	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 25	30.48	29.43	19.48	29.72	1.24	29.72	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 26	30.34	28.57	18.62	29.59	1.25	29.59	0.65	0.93	0.65	0.98
Simulación 27	30.28	30.57	20.62	29.53	1.25	29.53	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación 28	30.07	29.14	19.19	29.33	1.26	29.33	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación 29	30.34	30.00	20.05	29.59	1.25	29.59	0.67	0.93	0.67	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.31</b>	<b>29.73</b>	<b>19.78</b>	<b>29.56</b>	<b>1.25</b>	<b>29.56</b>	<b>0.67</b>	<b>0.93</b>	<b>0.67</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.34</b>	<b>0.78</b>	<b>0.78</b>	<b>0.33</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.12</b>	<b>2.62</b>	<b>3.93</b>	<b>1.11</b>	<b>1.02</b>	<b>1.11</b>	<b>1.35</b>	<b>0.08</b>	<b>1.35</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 52 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	32.22	33.14	22.83	31.40	1.18	31.40	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 2	32.22	31.43	21.12	31.40	1.18	31.40	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 3	32.43	32.00	21.69	31.60	1.17	31.60	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 4	32.29	31.71	21.40	31.46	1.17	31.46	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 5	32.71	32.29	21.98	31.87	1.16	31.87	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 6	32.36	30.29	19.98	31.53	1.17	31.53	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 7	32.78	31.14	20.83	31.94	1.16	31.94	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 8	32.57	28.57	18.26	31.73	1.16	31.73	0.64	0.94	0.64	0.97
Simulación 9	32.57	31.14	20.83	31.73	1.16	31.73	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 10	32.71	31.43	21.12	31.87	1.16	31.87	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 11	33.13	30.86	20.55	32.27	1.14	32.27	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 12	32.71	32.57	22.26	31.87	1.16	31.87	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 13	32.71	31.14	20.83	31.87	1.16	31.87	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 14	32.92	30.57	20.26	32.07	1.15	32.07	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 15	32.57	34.29	23.98	31.73	1.16	31.73	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación 16	32.85	31.43	21.12	32.00	1.15	32.00	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 17	32.92	32.29	21.98	32.07	1.15	32.07	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 18	32.78	33.14	22.83	31.94	1.16	31.94	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 19	32.92	32.86	22.55	32.07	1.15	32.07	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 20	32.78	33.43	23.12	31.94	1.16	31.94	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 21	32.71	30.00	19.69	31.87	1.16	31.87	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 22	32.99	30.00	19.69	32.14	1.15	32.14	0.66	0.94	0.66	0.97

Simulación 23	33.06	30.29	19.98	32.20	1.14	32.20	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 24	32.78	29.14	18.83	31.94	1.16	31.94	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 25	32.99	30.00	19.69	32.14	1.15	32.14	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 26	32.78	29.71	19.40	31.94	1.16	31.94	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 27	32.92	33.14	22.83	32.07	1.15	32.07	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 28	33.06	32.29	21.98	32.20	1.14	32.20	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 29	32.50	31.14	20.83	31.67	1.17	31.67	0.67	0.94	0.67	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.72</b>	<b>31.43</b>	<b>21.12</b>	<b>31.88</b>	<b>1.16</b>	<b>31.88</b>	<b>0.67</b>	<b>0.94</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.25</b>	<b>1.38</b>	<b>1.38</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.77</b>	<b>4.40</b>	<b>6.54</b>	<b>0.76</b>	<b>0.83</b>	<b>0.76</b>	<b>2.16</b>	<b>0.05</b>	<b>2.16</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 53HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	34.31	32.57	21.77	33.41	1.10	33.41	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 2	34.10	33.43	22.63	33.20	1.10	33.20	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 3	34.38	31.71	20.91	33.47	1.09	33.47	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 4	34.03	32.57	21.77	33.14	1.11	33.14	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 5	34.17	34.00	23.20	33.27	1.10	33.27	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 6	34.24	31.71	20.91	33.34	1.10	33.34	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 7	34.10	34.57	23.77	33.20	1.10	33.20	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 8	33.82	34.86	24.06	32.94	1.12	32.94	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 9	33.89	33.14	22.34	33.00	1.11	33.00	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 10	34.45	34.86	24.06	33.54	1.09	33.54	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 11	33.82	33.14	22.34	32.94	1.12	32.94	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 12	33.96	33.71	22.91	33.07	1.11	33.07	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 13	34.10	33.43	22.63	33.20	1.10	33.20	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 14	34.17	33.14	22.34	33.27	1.10	33.27	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 15	34.38	33.43	22.63	33.47	1.09	33.47	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 16	33.96	32.29	21.49	33.07	1.11	33.07	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 17	34.17	30.86	20.06	33.27	1.10	33.27	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 18	34.31	30.57	19.77	33.41	1.10	33.41	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 19	33.96	30.86	20.06	33.07	1.11	33.07	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 20	33.96	31.71	20.91	33.07	1.11	33.07	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 21	34.03	33.14	22.34	33.14	1.11	33.14	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 22	34.03	33.43	22.63	33.14	1.11	33.14	0.68	0.94	0.68	0.97



Simulación 23	33.82	31.71	20.91	32.94	1.12	32.94	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 24	34.17	32.57	21.77	33.27	1.10	33.27	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 25	33.82	33.14	22.34	32.94	1.12	32.94	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 26	34.45	32.00	21.20	33.54	1.09	33.54	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 27	34.10	29.43	18.63	33.20	1.10	33.20	0.63	0.94	0.63	0.97
Simulación 28	33.96	31.43	20.63	33.07	1.11	33.07	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 29	34.17	32.86	22.06	33.27	1.10	33.27	0.67	0.94	0.67	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>34.10</b>	<b>32.63</b>	<b>21.83</b>	<b>33.20</b>	<b>1.10</b>	<b>33.20</b>	<b>0.67</b>	<b>0.94</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>1.29</b>	<b>1.29</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.56</b>	<b>3.96</b>	<b>5.92</b>	<b>0.55</b>	<b>0.67</b>	<b>0.55</b>	<b>2.00</b>	<b>0.03</b>	<b>2.00</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 54 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	35.42	33.43	22.48	34.47	1.05	34.47	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 2	35.42	34.00	23.05	34.47	1.05	34.47	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 3	35.49	33.43	22.48	34.54	1.05	34.54	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 4	35.42	33.71	22.76	34.47	1.05	34.47	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 5	35.56	32.29	21.34	34.61	1.05	34.61	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 6	35.56	34.29	23.34	34.61	1.05	34.61	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 7	35.21	34.00	23.05	34.27	1.06	34.27	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 8	35.21	32.00	21.05	34.27	1.06	34.27	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 9	35.49	35.43	24.48	34.54	1.05	34.54	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 10	35.35	33.43	22.48	34.41	1.06	34.41	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 11	35.49	33.14	22.19	34.54	1.05	34.54	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 12	35.21	32.86	21.91	34.27	1.06	34.27	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 13	35.56	33.71	22.76	34.61	1.05	34.61	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 14	35.21	33.14	22.19	34.27	1.06	34.27	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 15	35.63	31.71	20.76	34.67	1.04	34.67	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 16	35.21	33.71	22.76	34.27	1.06	34.27	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 17	35.56	32.57	21.62	34.61	1.05	34.61	0.66	0.94	0.66	0.97
Simulación 18	35.35	32.86	21.91	34.41	1.06	34.41	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 19	35.70	33.43	22.48	34.74	1.04	34.74	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 20	35.21	31.71	20.76	34.27	1.06	34.27	0.65	0.94	0.65	0.97
Simulación 21	35.49	34.86	23.91	34.54	1.05	34.54	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 22	35.42	31.43	20.48	34.47	1.05	34.47	0.65	0.94	0.65	0.97

Simulación 23	35.35	33.71	22.76	34.41	1.06	34.41	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 24	35.42	34.00	23.05	34.47	1.05	34.47	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 25	34.65	34.29	23.34	33.73	1.08	33.73	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 26	35.49	33.71	22.76	34.54	1.05	34.54	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación 27	35.56	33.14	22.19	34.61	1.05	34.61	0.67	0.94	0.67	0.97
Simulación 28	35.56	34.86	23.91	34.61	1.05	34.61	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación 29	35.56	34.00	23.05	34.61	1.05	34.61	0.68	0.94	0.68	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.41</b>	<b>33.41</b>	<b>22.46</b>	<b>34.46</b>	<b>1.05</b>	<b>34.46</b>	<b>0.67</b>	<b>0.94</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.20</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.57</b>	<b>2.89</b>	<b>4.30</b>	<b>0.57</b>	<b>0.75</b>	<b>0.57</b>	<b>1.42</b>	<b>0.03</b>	<b>1.42</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 55 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	36.53	32.86	21.56	35.54	2.01	35.54	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 2	36.32	34.00	22.70	35.34	2.02	35.34	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 3	36.67	33.43	22.13	35.67	2.00	35.67	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 4	36.60	32.57	21.27	35.61	2.01	35.61	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 5	36.67	33.71	22.41	35.67	2.00	35.67	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 6	36.60	32.57	21.27	35.61	2.01	35.61	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 7	36.53	33.14	21.84	35.54	2.01	35.54	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 8	36.39	34.00	22.70	35.40	2.01	35.40	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 9	36.67	32.00	20.70	35.67	2.00	35.67	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 10	36.67	34.57	23.27	35.67	2.00	35.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 11	36.60	34.00	22.70	35.61	2.01	35.61	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 12	36.39	36.00	24.70	35.40	2.01	35.40	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 13	36.60	34.29	22.99	35.61	2.01	35.61	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 14	36.60	36.00	24.70	35.61	2.01	35.61	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 15	36.67	34.29	22.99	35.67	2.00	35.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 16	36.88	32.86	21.56	35.88	2.00	35.88	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 17	36.60	34.00	22.70	35.61	2.01	35.61	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 18	36.88	31.71	20.41	35.88	2.00	35.88	0.64	0.92	0.64	0.97
Simulación 19	36.53	34.86	23.56	35.54	2.01	35.54	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 20	36.46	33.43	22.13	35.47	2.01	35.47	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 21	36.46	33.43	22.13	35.47	2.01	35.47	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 22	36.39	34.29	22.99	35.40	2.01	35.40	0.67	0.92	0.67	0.97

Simulación 23	36.74	34.57	23.27	35.74	2.00	35.74	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 24	36.53	34.29	22.99	35.54	2.01	35.54	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 25	36.67	34.57	23.27	35.67	2.00	35.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 26	36.67	34.29	22.99	35.67	2.00	35.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 27	36.46	34.29	22.99	35.47	2.01	35.47	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 28	36.53	34.29	22.99	35.54	2.01	35.54	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 29	36.60	33.14	21.84	35.61	2.01	35.61	0.66	0.92	0.66	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.58</b>	<b>33.84</b>	<b>22.54</b>	<b>35.59</b>	<b>2.01</b>	<b>35.59</b>	<b>0.67</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.13</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.13</b>	<b>0.01</b>	<b>0.13</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.36</b>	<b>2.96</b>	<b>4.44</b>	<b>0.36</b>	<b>0.26</b>	<b>0.36</b>	<b>1.49</b>	<b>0.03</b>	<b>1.49</b>	<b>0.00</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 56 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	38.20	36.29	24.79	37.14	1.94	37.14	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 2	37.78	35.14	23.64	36.74	1.96	36.74	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 3	37.78	34.57	23.07	36.74	1.96	36.74	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 4	37.92	36.86	25.36	36.87	1.95	36.87	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 5	37.85	34.57	23.07	36.81	1.96	36.81	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 6	37.78	34.00	22.50	36.74	1.96	36.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 7	37.99	34.86	23.36	36.94	1.95	36.94	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 8	37.71	34.86	23.36	36.67	1.96	36.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 9	37.85	35.43	23.93	36.81	1.96	36.81	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 10	38.06	33.14	21.64	37.01	1.95	37.01	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 11	37.78	35.71	24.21	36.74	1.96	36.74	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 12	37.71	35.43	23.93	36.67	1.96	36.67	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 13	37.71	34.29	22.79	36.67	1.96	36.67	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 14	38.06	35.71	24.21	37.01	1.95	37.01	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 15	37.85	36.86	25.36	36.81	1.96	36.81	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 16	38.13	33.43	21.93	37.08	1.95	37.08	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 17	37.64	35.43	23.93	36.61	1.97	36.61	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 18	37.85	35.43	23.93	36.81	1.96	36.81	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 19	37.85	34.57	23.07	36.81	1.96	36.81	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 20	37.71	33.43	21.93	36.67	1.96	36.67	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 21	37.92	34.57	23.07	36.87	1.95	36.87	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 22	37.78	36.00	24.50	36.74	1.96	36.74	0.68	0.92	0.68	0.97

Simulación 23	37.99	36.00	24.50	36.94	1.95	36.94	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 24	38.06	33.14	21.64	37.01	1.95	37.01	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 25	37.99	33.14	21.64	36.94	1.95	36.94	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 26	37.99	37.14	25.64	36.94	1.95	36.94	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 27	37.92	33.43	21.93	36.87	1.95	36.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 28	37.85	33.71	22.21	36.81	1.96	36.81	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 29	37.71	32.57	21.07	36.67	1.96	36.67	0.65	0.92	0.65	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.88</b>	<b>34.82</b>	<b>23.32</b>	<b>36.83</b>	<b>1.96</b>	<b>36.83</b>	<b>0.67</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.14</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>0.14</b>	<b>0.01</b>	<b>0.14</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.38</b>	<b>3.58</b>	<b>5.35</b>	<b>0.37</b>	<b>0.29</b>	<b>0.37</b>	<b>1.77</b>	<b>0.03</b>	<b>1.77</b>	<b>0.00</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 57 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	39.03	36.29	24.60	37.94	1.91	37.94	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 2	39.38	35.71	24.02	38.27	1.89	38.27	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 3	39.17	35.43	23.74	38.07	1.90	38.07	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 4	38.96	36.00	24.31	37.87	1.91	37.87	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 5	39.03	36.00	24.31	37.94	1.91	37.94	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 6	39.24	35.14	23.45	38.14	1.90	38.14	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 7	39.17	36.29	24.60	38.07	1.90	38.07	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 8	39.31	36.57	24.88	38.21	1.90	38.21	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 9	39.10	36.29	24.60	38.01	1.91	38.01	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 10	39.03	34.86	23.17	37.94	1.91	37.94	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 11	39.66	36.29	24.60	38.54	1.88	38.54	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 12	39.10	35.71	24.02	38.01	1.91	38.01	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 13	39.03	34.86	23.17	37.94	1.91	37.94	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 14	38.96	34.29	22.60	37.87	1.91	37.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 15	38.76	37.14	25.45	37.68	1.92	37.68	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 16	39.59	35.71	24.02	38.48	1.89	38.48	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 17	39.17	35.14	23.45	38.07	1.90	38.07	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 18	38.96	35.14	23.45	37.87	1.91	37.87	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 19	38.96	35.71	24.02	37.87	1.91	37.87	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 20	39.03	32.29	20.60	37.94	1.91	37.94	0.64	0.92	0.64	0.97
Simulación 21	39.03	34.57	22.88	37.94	1.91	37.94	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 22	39.17	34.57	22.88	38.07	1.90	38.07	0.66	0.92	0.66	0.97



Simulación 23	39.03	34.57	22.88	37.94	1.91	37.94	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 24	39.17	36.86	25.17	38.07	1.90	38.07	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 25	39.24	34.86	23.17	38.14	1.90	38.14	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 26	38.96	34.29	22.60	37.87	1.91	37.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 27	38.96	34.00	22.31	37.87	1.91	37.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 28	38.96	36.29	24.60	37.87	1.91	37.87	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 29	39.38	33.14	21.45	38.27	1.89	38.27	0.65	0.92	0.65	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.12</b>	<b>35.31</b>	<b>23.62</b>	<b>38.03</b>	<b>1.91</b>	<b>38.03</b>	<b>0.67</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.20</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.50</b>	<b>3.11</b>	<b>4.65</b>	<b>0.50</b>	<b>0.42</b>	<b>0.50</b>	<b>1.58</b>	<b>0.04</b>	<b>1.58</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 58 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	40.15	36.00	24.31	39.01	1.86	39.01	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 2	40.22	33.71	22.02	39.08	1.86	39.08	0.65	0.93	0.65	0.97
Simulación 3	40.29	33.43	21.74	39.15	1.86	39.15	0.65	0.93	0.65	0.97
Simulación 4	40.08	36.29	24.60	38.95	1.87	38.95	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 5	39.94	36.29	24.60	38.81	1.87	38.81	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 6	39.87	34.57	22.88	38.74	1.87	38.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 7	39.73	36.29	24.60	38.61	1.88	38.61	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 8	40.01	33.43	21.74	38.88	1.87	38.88	0.65	0.93	0.65	0.97
Simulación 9	39.73	33.14	21.45	38.61	1.88	38.61	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 10	39.94	35.43	23.74	38.81	1.87	38.81	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 11	39.73	35.14	23.45	38.61	1.88	38.61	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 12	39.66	37.43	25.74	38.54	1.88	38.54	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 13	40.08	37.14	25.45	38.95	1.87	38.95	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación 14	39.87	37.14	25.45	38.74	1.87	38.74	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 15	39.73	35.43	23.74	38.61	1.88	38.61	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 16	39.87	33.71	22.02	38.74	1.87	38.74	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 17	39.87	33.71	22.02	38.74	1.87	38.74	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 18	40.01	35.14	23.45	38.88	1.87	38.88	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 19	40.15	32.86	21.17	39.01	1.86	39.01	0.64	0.93	0.64	0.97
Simulación 20	40.22	33.43	21.74	39.08	1.86	39.08	0.65	0.93	0.65	0.97
Simulación 21	40.22	36.86	25.17	39.08	1.86	39.08	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 22	39.73	36.57	24.88	38.61	1.88	38.61	0.68	0.92	0.68	0.97

Simulación 23	40.01	34.86	23.17	38.88	1.87	38.88	0.66	0.93	0.66	0.97
Simulación 24	39.38	35.71	24.02	38.27	1.89	38.27	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 25	40.22	35.14	23.45	39.08	1.86	39.08	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 26	39.73	37.43	25.74	38.61	1.88	38.61	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 27	39.66	33.43	21.74	38.54	1.88	38.54	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 28	40.08	36.00	24.31	38.95	1.87	38.95	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 29	39.80	35.43	23.74	38.68	1.88	38.68	0.67	0.92	0.67	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.93</b>	<b>35.21</b>	<b>23.52</b>	<b>38.80</b>	<b>1.87</b>	<b>38.80</b>	<b>0.67</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.22</b>	<b>1.42</b>	<b>1.42</b>	<b>0.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.55</b>	<b>4.04</b>	<b>6.06</b>	<b>0.55</b>	<b>0.48</b>	<b>0.55</b>	<b>2.03</b>	<b>0.05</b>	<b>2.03</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 59 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	41.05	37.43	25.63	39.88	1.83	39.88	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 2	40.98	36.00	24.20	39.81	1.83	39.81	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 3	41.26	37.43	25.63	40.08	1.82	40.08	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 4	40.77	36.00	24.20	39.61	1.84	39.61	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 5	40.91	37.43	25.63	39.74	1.83	39.74	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 6	40.91	35.71	23.91	39.74	1.83	39.74	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 7	41.05	35.43	23.63	39.88	1.83	39.88	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 8	41.26	37.71	25.91	40.08	1.82	40.08	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación 9	41.05	36.57	24.77	39.88	1.83	39.88	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 10	40.98	37.71	25.91	39.81	1.83	39.81	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación 11	41.47	37.71	25.91	40.28	1.81	40.28	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación 12	40.84	37.43	25.63	39.68	1.84	39.68	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 13	41.19	35.71	23.91	40.01	1.82	40.01	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 14	41.19	36.57	24.77	40.01	1.82	40.01	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 15	41.33	35.43	23.63	40.15	1.82	40.15	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 16	40.98	36.57	24.77	39.81	1.83	39.81	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 17	41.12	34.86	23.06	39.94	1.82	39.94	0.66	0.93	0.66	0.97
Simulación 18	41.12	37.14	25.34	39.94	1.82	39.94	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 19	41.19	34.00	22.20	40.01	1.82	40.01	0.65	0.93	0.65	0.97
Simulación 20	41.05	36.29	24.49	39.88	1.83	39.88	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 21	40.98	35.71	23.91	39.81	1.83	39.81	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 22	40.77	37.14	25.34	39.61	1.84	39.61	0.68	0.93	0.68	0.97

Simulación 23	41.19	37.14	25.34	40.01	1.82	40.01	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 24	41.19	35.43	23.63	40.01	1.82	40.01	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 25	41.26	35.14	23.34	40.08	1.82	40.08	0.66	0.93	0.66	0.97
Simulación 26	40.98	35.71	23.91	39.81	1.83	39.81	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 27	41.12	36.00	24.20	39.94	1.82	39.94	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación 28	40.98	36.57	24.77	39.81	1.83	39.81	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación 29	40.98	35.14	23.34	39.81	1.83	39.81	0.66	0.93	0.66	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>41.07</b>	<b>36.31</b>	<b>24.51</b>	<b>39.90</b>	<b>1.83</b>	<b>39.90</b>	<b>0.67</b>	<b>0.93</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.16</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.40</b>	<b>2.73</b>	<b>4.04</b>	<b>0.40</b>	<b>0.37</b>	<b>0.40</b>	<b>1.32</b>	<b>0.03</b>	<b>1.32</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 60 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación 1	42.23	37.71	25.26	41.01	2.28	41.01	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 2	42.30	37.14	24.69	41.07	2.27	41.07	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 3	41.88	35.14	22.69	40.67	2.29	40.67	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 4	42.02	36.86	24.41	40.81	2.29	40.81	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 5	42.23	36.86	24.41	41.01	2.28	41.01	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 6	41.95	36.29	23.84	40.74	2.29	40.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 7	41.95	36.86	24.41	40.74	2.29	40.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 8	42.44	36.86	24.41	41.21	2.27	41.21	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 9	42.30	37.14	24.69	41.07	2.27	41.07	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 10	41.95	37.14	24.69	40.74	2.29	40.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 11	41.82	37.14	24.69	40.61	2.29	40.61	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 12	41.95	38.29	25.84	40.74	2.29	40.74	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 13	41.47	37.14	24.69	40.28	2.31	40.28	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 14	42.16	38.57	26.12	40.94	2.28	40.94	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 15	42.16	36.57	24.12	40.94	2.28	40.94	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 16	41.95	38.57	26.12	40.74	2.29	40.74	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 17	41.88	38.57	26.12	40.67	2.29	40.67	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación 18	42.02	37.43	24.98	40.81	2.29	40.81	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 19	42.65	37.43	24.98	41.41	2.26	41.41	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 20	41.95	39.71	27.26	40.74	2.29	40.74	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación 21	41.95	36.57	24.12	40.74	2.29	40.74	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 22	42.09	37.14	24.69	40.87	2.28	40.87	0.66	0.92	0.66	0.97

Simulación 23	42.09	36.57	24.12	40.87	2.28	40.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación 24	41.95	38.29	25.84	40.74	2.29	40.74	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 25	41.75	38.00	25.55	40.55	2.30	40.55	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 26	42.30	38.29	25.84	41.07	2.27	41.07	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 27	41.88	37.43	24.98	40.67	2.29	40.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación 28	42.23	35.14	22.69	41.01	2.28	41.01	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación 29	42.23	38.57	26.12	41.01	2.28	41.01	0.68	0.92	0.68	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>42.06</b>	<b>37.36</b>	<b>24.91</b>	<b>40.84</b>	<b>2.28</b>	<b>40.84</b>	<b>0.67</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.23</b>	<b>1.01</b>	<b>1.01</b>	<b>0.22</b>	<b>0.01</b>	<b>0.22</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.55</b>	<b>2.71</b>	<b>4.06</b>	<b>0.54</b>	<b>0.42</b>	<b>0.54</b>	<b>1.36</b>	<b>0.05</b>	<b>1.36</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

**Base de datos de las Tablas desde la frecuencia de 30 HZ hasta 60 HZ por pérdida de energía en el Subsistema B 3/4 "ø**

**FRECUENCIA: 30 HZ**

No Simulaciones	Presión de ingreso al subsistema B	Caudal de ingreso	Caudal de salida del subsistema	Presión formulando la pérdida de carga encontrada	Diferencia de presión de fugas	Presión de salida del subsistema	Coefficiente de variación de caudal	Coefficiente de variación de presión	Coefficiente de variación de caudal - DEFINITIVO	Coefficiente de variación de presión - DEFINITIVO
Unidad	Psi	L/min	L/min	Psi	Psi	Psi				
Simulación1	11.37	16.88	15.12	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación2	11.44	17.14	15.38	11.30	0.46	11.30	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación3	11.71	15.38	13.62	11.56	0.45	11.56	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación4	11.71	16.13	14.37	11.56	0.45	11.56	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación5	11.57	16.13	14.37	11.42	0.45	11.42	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación6	11.64	17.14	15.38	11.49	0.45	11.49	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación7	11.30	16.13	14.37	11.16	0.46	11.16	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación8	11.78	17.90	16.14	11.63	0.45	11.63	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación9	11.23	16.38	14.62	11.09	0.46	11.09	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación10	11.37	17.90	16.14	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación11	11.37	17.39	15.63	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación12	11.23	16.64	14.88	11.09	0.46	11.09	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación13	11.37	16.64	14.88	11.23	0.46	11.23	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación14	10.88	18.15	16.39	10.75	0.47	10.75	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación15	11.30	17.90	16.14	11.16	0.46	11.16	0.90	0.95	0.90	0.99



Simulación16	11.37	17.39	15.63	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación17	11.16	16.64	14.88	11.02	0.46	11.02	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación18	11.30	17.64	15.88	11.16	0.46	11.16	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación19	11.37	16.38	14.62	11.23	0.46	11.23	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación20	10.81	16.38	14.62	10.68	0.47	10.68	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación21	11.02	17.90	16.14	10.89	0.47	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación22	11.30	18.65	16.89	11.16	0.46	11.16	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación23	11.23	17.90	16.14	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación24	11.16	16.64	14.88	11.02	0.46	11.02	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación25	10.95	17.64	15.88	10.82	0.47	10.82	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación26	11.02	16.38	14.62	10.89	0.47	10.89	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación27	11.37	17.14	15.38	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación28	10.74	17.14	15.38	10.62	0.48	10.62	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación29	10.88	17.39	15.63	10.75	0.47	10.75	0.90	0.94	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.27</b>	<b>17.07</b>	<b>15.31</b>	<b>11.14</b>	<b>0.46</b>	<b>11.14</b>	<b>0.90</b>	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.27</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>	<b>0.26</b>	<b>0.01</b>	<b>0.26</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.39</b>	<b>4.46</b>	<b>4.97</b>	<b>2.36</b>	<b>1.46</b>	<b>2.36</b>	<b>0.52</b>	<b>0.13</b>	<b>0.52</b>	<b>0.03</b>

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 31 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	11.30	17.41	15.65	11.16	0.46	11.16	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación2	11.23	17.67	15.91	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación3	11.09	15.85	14.09	10.96	0.47	10.96	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación4	11.09	16.63	14.87	10.96	0.47	10.96	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación5	10.88	16.63	14.87	10.75	0.47	10.75	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación6	11.09	17.67	15.91	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación7	11.02	16.63	14.87	10.89	0.47	10.89	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación8	11.16	18.45	16.69	11.02	0.46	11.02	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación9	11.09	16.89	15.13	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación10	10.67	18.45	16.69	10.55	0.48	10.55	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación11	11.09	17.92	16.16	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación12	10.53	17.15	15.39	10.41	0.48	10.41	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación13	10.53	17.15	15.39	10.41	0.48	10.41	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación14	10.74	18.71	16.95	10.62	0.48	10.62	0.91	0.94	0.91	0.99
Simulación15	11.02	18.45	16.69	10.89	0.47	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación16	11.02	17.92	16.16	10.89	0.47	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación17	11.09	17.15	15.39	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación18	10.88	18.19	16.43	10.75	0.47	10.75	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación19	10.81	16.89	15.13	10.68	0.47	10.68	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación20	10.95	16.89	15.13	10.82	0.47	10.82	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación21	10.67	18.45	16.69	10.55	0.48	10.55	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación22	11.09	19.22	17.46	10.96	0.47	10.96	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación23	10.88	18.45	16.69	10.75	0.47	10.75	0.90	0.94	0.90	0.99

Simulación24	10.81	17.15	15.39	10.68	0.47	10.68	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación25	10.46	18.19	16.43	10.34	0.48	10.34	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación26	10.81	16.89	15.13	10.68	0.47	10.68	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación27	11.02	17.67	15.91	10.89	0.47	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación28	11.30	17.67	15.91	11.16	0.46	11.16	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación29	11.09	17.92	16.16	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.95</b>	<b>17.60</b>	<b>15.84</b>	<b>10.82</b>	<b>0.47</b>	<b>10.82</b>	<b>0.90</b>	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.22</b>	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	<b>0.22</b>	<b>0.01</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.05</b>	<b>4.46</b>	<b>4.96</b>	<b>2.02</b>	<b>1.17</b>	<b>2.02</b>	<b>0.50</b>	<b>0.12</b>	<b>0.50</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 32 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	10.39	17.41	15.65	10.27	0.48	10.27	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación2	10.60	17.67	15.91	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación3	10.81	15.85	14.09	10.68	0.47	10.68	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación4	10.46	16.63	14.87	10.34	0.48	10.34	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación5	10.46	16.63	14.87	10.34	0.48	10.34	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación6	10.60	17.67	15.91	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación7	10.25	16.63	14.87	10.14	0.49	10.14	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación8	10.53	18.45	16.69	10.41	0.48	10.41	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación9	10.74	16.89	15.13	10.62	0.48	10.62	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación10	11.02	18.45	16.69	10.89	0.47	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación11	10.60	17.92	16.16	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación12	10.53	17.15	15.39	10.41	0.48	10.41	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación13	10.46	17.15	15.39	10.34	0.48	10.34	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación14	10.67	18.71	16.95	10.55	0.48	10.55	0.91	0.94	0.91	0.99
Simulación15	10.60	18.45	16.69	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación16	10.60	17.92	16.16	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación17	10.46	17.15	15.39	10.34	0.48	10.34	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación18	10.60	18.19	16.43	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación19	10.53	16.89	15.13	10.41	0.48	10.41	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación20	10.60	16.89	15.13	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación21	10.60	18.45	16.69	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación22	10.67	19.22	17.46	10.55	0.48	10.55	0.91	0.94	0.91	0.99
Simulación23	10.46	18.45	16.69	10.34	0.48	10.34	0.90	0.94	0.90	0.99

Simulación24	10.60	17.15	15.39	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación25	10.67	18.19	16.43	10.55	0.48	10.55	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación26	10.81	16.89	15.13	10.68	0.47	10.68	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación27	10.67	17.67	15.91	10.55	0.48	10.55	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación28	10.60	17.67	15.91	10.48	0.48	10.48	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación29	10.18	17.92	16.16	10.07	0.49	10.07	0.90	0.94	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.58</b>	<b>17.60</b>	<b>15.84</b>	<b>10.46</b>	<b>0.48</b>	<b>10.46</b>	<b>0.90</b>	<b>0.94</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.16</b>	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	<b>0.16</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.54</b>	<b>4.46</b>	<b>4.96</b>	<b>1.52</b>	<b>0.82</b>	<b>1.52</b>	<b>0.50</b>	<b>0.09</b>	<b>0.50</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA 33 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	11.09	17.94	16.12	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación2	11.44	18.22	16.40	11.30	0.46	11.30	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación3	11.23	16.34	14.52	11.09	0.46	11.09	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación4	11.16	17.15	15.33	11.02	0.46	11.02	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación5	11.23	17.15	15.33	11.09	0.46	11.09	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación6	11.23	18.22	16.40	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación7	10.88	17.15	15.33	10.75	0.47	10.75	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación8	11.23	19.02	17.20	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación9	11.09	17.41	15.59	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación10	10.88	19.02	17.20	10.75	0.47	10.75	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación11	11.37	18.48	16.66	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación12	11.23	17.68	15.86	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación13	10.95	17.68	15.86	10.82	0.47	10.82	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación14	11.09	19.28	17.46	10.96	0.47	10.96	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación15	11.09	19.02	17.20	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación16	11.09	18.48	16.66	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación17	11.30	17.68	15.86	11.16	0.46	11.16	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación18	11.44	18.75	16.93	11.30	0.46	11.30	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación19	11.09	17.41	15.59	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación20	11.23	17.41	15.59	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación21	11.51	19.02	17.20	11.37	0.46	11.37	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación22	11.44	19.82	18.00	11.30	0.46	11.30	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación23	11.23	19.02	17.20	11.09	0.46	11.09	0.90	0.95	0.90	0.99

Simulación24	11.44	17.68	15.86	11.30	0.46	11.30	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación25	11.16	18.75	16.93	11.02	0.46	11.02	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación26	11.09	17.41	15.59	10.96	0.47	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación27	11.57	18.22	16.40	11.42	0.45	11.42	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación28	11.37	18.22	16.40	11.23	0.46	11.23	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación29	11.64	18.48	16.66	11.49	0.45	11.49	0.90	0.95	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.23</b>	<b>18.14</b>	<b>16.32</b>	<b>11.10</b>	<b>0.46</b>	<b>11.10</b>	<b>0.90</b>	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>0.81</b>	<b>0.81</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.73</b>	<b>4.46</b>	<b>4.96</b>	<b>1.70</b>	<b>1.05</b>	<b>1.70</b>	<b>0.50</b>	<b>0.10</b>	<b>0.50</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 34 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	11.85	18.50	16.68	11.70	0.45	11.70	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación2	12.06	18.78	16.96	11.90	0.44	11.90	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación3	12.20	16.85	15.03	12.04	0.44	12.04	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación4	11.78	17.68	15.86	11.63	0.45	11.63	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación5	11.71	17.68	15.86	11.56	0.45	11.56	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación6	12.20	18.78	16.96	12.04	0.44	12.04	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación7	11.99	17.68	15.86	11.83	0.44	11.83	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación8	12.20	19.61	17.79	12.04	0.44	12.04	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación9	12.13	17.95	16.13	11.97	0.44	11.97	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación10	12.20	19.61	17.79	12.04	0.44	12.04	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación11	11.71	19.05	17.23	11.56	0.45	11.56	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación12	12.20	18.23	16.41	12.04	0.44	12.04	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación13	12.13	18.23	16.41	11.97	0.44	11.97	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación14	12.13	19.88	18.06	11.97	0.44	11.97	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación15	12.20	19.61	17.79	12.04	0.44	12.04	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación16	12.13	19.05	17.23	11.97	0.44	11.97	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación17	11.85	18.23	16.41	11.70	0.45	11.70	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación18	11.99	19.33	17.51	11.83	0.44	11.83	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación19	11.92	17.95	16.13	11.77	0.45	11.77	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación20	11.71	17.95	16.13	11.56	0.45	11.56	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación21	11.71	19.61	17.79	11.56	0.45	11.56	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación22	12.20	20.43	18.61	12.04	0.44	12.04	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación23	11.85	19.61	17.79	11.70	0.45	11.70	0.91	0.95	0.91	0.99



Simulación24	12.06	18.23	16.41	11.90	0.44	11.90	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación25	11.85	19.33	17.51	11.70	0.45	11.70	0.91	0.95	0.91	0.99
Simulación26	12.13	17.95	16.13	11.97	0.44	11.97	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación27	11.51	18.78	16.96	11.37	0.46	11.37	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación28	11.64	18.78	16.96	11.49	0.45	11.49	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación29	12.13	19.05	17.23	11.97	0.44	11.97	0.90	0.95	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.98</b>	<b>18.70</b>	<b>16.88</b>	<b>11.82</b>	<b>0.44</b>	<b>11.82</b>	<b>0.90</b>	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.21</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>0.20</b>	<b>0.01</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.75</b>	<b>4.46</b>	<b>4.94</b>	<b>1.72</b>	<b>1.21</b>	<b>1.72</b>	<b>0.48</b>	<b>0.09</b>	<b>0.48</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 35 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	12.06	18.50	16.30	11.90	0.44	11.90	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación2	12.62	18.78	16.58	12.45	0.43	12.45	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación3	12.48	16.85	14.65	12.31	0.43	12.31	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación4	12.69	17.68	15.48	12.52	0.43	12.52	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación5	12.83	17.68	15.48	12.65	0.42	12.65	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación6	12.55	18.78	16.58	12.38	0.43	12.38	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación7	12.20	17.68	15.48	12.04	0.44	12.04	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación8	12.27	19.61	17.41	12.11	0.44	12.11	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación9	12.27	17.95	15.75	12.11	0.44	12.11	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación10	11.92	19.61	17.41	11.77	0.45	11.77	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación11	12.62	19.05	16.85	12.45	0.43	12.45	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación12	12.69	18.23	16.03	12.52	0.43	12.52	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación13	12.62	18.23	16.03	12.45	0.43	12.45	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación14	12.69	19.88	17.68	12.52	0.43	12.52	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación15	13.10	19.61	17.41	12.91	0.41	12.91	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación16	12.55	19.05	16.85	12.38	0.43	12.38	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación17	12.83	18.23	16.03	12.65	0.42	12.65	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación18	12.69	19.33	17.13	12.52	0.43	12.52	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación19	12.76	17.95	15.75	12.58	0.42	12.58	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación20	12.55	17.95	15.75	12.38	0.43	12.38	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación21	12.83	19.61	17.41	12.65	0.42	12.65	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación22	12.76	20.43	18.23	12.58	0.42	12.58	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación23	12.27	19.61	17.41	12.11	0.44	12.11	0.89	0.95	0.89	0.99

Simulación24	12.76	18.23	16.03	12.58	0.42	12.58	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación25	12.69	19.33	17.13	12.52	0.43	12.52	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación26	12.48	17.95	15.75	12.31	0.43	12.31	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación27	12.06	18.78	16.58	11.90	0.44	11.90	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación28	12.69	18.78	16.58	12.52	0.43	12.52	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación29	12.76	19.05	16.85	12.58	0.42	12.58	0.88	0.95	0.88	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.56</b>	<b>18.70</b>	<b>16.50</b>	<b>12.39</b>	<b>0.43</b>	<b>12.39</b>	<b>0.88</b>	<b>0.95</b>	<b>0.88</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.27</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.17</b>	<b>4.46</b>	<b>5.06</b>	<b>2.15</b>	<b>1.67</b>	<b>2.15</b>	<b>0.60</b>	<b>0.11</b>	<b>0.60</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 36 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	12.06	19.07	16.47	11.90	0.44	11.90	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación2	12.62	19.36	16.76	12.45	0.43	12.45	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación3	12.48	17.37	14.77	12.31	0.43	12.31	0.85	0.95	0.85	0.99
Simulación4	12.69	18.22	15.62	12.52	0.43	12.52	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación5	12.83	18.22	15.62	12.65	0.42	12.65	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación6	12.55	19.36	16.76	12.38	0.43	12.38	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación7	12.20	18.22	15.62	12.04	0.44	12.04	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación8	12.27	20.22	17.62	12.11	0.44	12.11	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación9	12.27	18.50	15.90	12.11	0.44	12.11	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación10	11.92	20.22	17.62	11.77	0.45	11.77	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación11	12.62	19.64	17.04	12.45	0.43	12.45	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación12	12.69	18.79	16.19	12.52	0.43	12.52	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación13	12.62	18.79	16.19	12.45	0.43	12.45	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación14	12.69	20.50	17.90	12.52	0.43	12.52	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación15	13.10	20.22	17.62	12.91	0.41	12.91	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación16	12.55	19.64	17.04	12.38	0.43	12.38	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación17	12.83	18.79	16.19	12.65	0.42	12.65	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación18	12.69	19.93	17.33	12.52	0.43	12.52	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación19	12.76	18.50	15.90	12.58	0.42	12.58	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación20	12.55	18.50	15.90	12.38	0.43	12.38	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación21	12.83	20.22	17.62	12.65	0.42	12.65	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación22	12.76	21.06	18.46	12.58	0.42	12.58	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación23	12.27	20.22	17.62	12.11	0.44	12.11	0.87	0.95	0.87	0.99

Simulación24	12.76	18.79	16.19	12.58	0.42	12.58	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación25	12.69	19.93	17.33	12.52	0.43	12.52	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación26	12.48	18.50	15.90	12.31	0.43	12.31	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación27	12.06	19.36	16.76	11.90	0.44	11.90	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación28	12.69	19.36	16.76	12.52	0.43	12.52	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación29	12.76	19.64	17.04	12.58	0.42	12.58	0.87	0.95	0.87	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.56</b>	<b>19.28</b>	<b>16.68</b>	<b>12.39</b>	<b>0.43</b>	<b>12.39</b>	<b>0.86</b>	<b>0.95</b>	<b>0.86</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.27</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.17</b>	<b>4.46</b>	<b>5.16</b>	<b>2.15</b>	<b>1.67</b>	<b>2.15</b>	<b>0.70</b>	<b>0.11</b>	<b>0.70</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 37 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	13.59	19.09	16.29	13.39	0.40	13.39	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación2	13.17	19.38	16.58	12.98	0.41	12.98	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación3	13.17	17.38	14.58	12.98	0.41	12.98	0.84	0.95	0.84	0.99
Simulación4	13.59	18.24	15.44	13.39	0.40	13.39	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación5	13.59	18.24	15.44	13.39	0.40	13.39	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación6	14.36	19.38	16.58	14.14	0.38	14.14	0.86	0.96	0.86	0.98
Simulación7	13.45	18.24	15.44	13.25	0.40	13.25	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación8	13.31	20.24	17.44	13.12	0.41	13.12	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación9	13.31	18.52	15.72	13.12	0.41	13.12	0.85	0.95	0.85	0.99
Simulación10	13.24	20.24	17.44	13.05	0.41	13.05	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación11	13.59	19.66	16.86	13.39	0.40	13.39	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación12	13.10	18.81	16.01	12.91	0.41	12.91	0.85	0.95	0.85	0.99
Simulación13	13.45	18.81	16.01	13.25	0.40	13.25	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación14	13.45	20.51	17.71	13.25	0.40	13.25	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación15	13.31	20.24	17.44	13.12	0.41	13.12	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación16	13.73	19.66	16.86	13.53	0.40	13.53	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación17	13.17	18.81	16.01	12.98	0.41	12.98	0.85	0.95	0.85	0.99
Simulación18	13.94	19.95	17.15	13.73	0.39	13.73	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación19	13.52	18.52	15.72	13.32	0.40	13.32	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación20	13.80	18.52	15.72	13.60	0.40	13.60	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación21	13.59	20.24	17.44	13.39	0.40	13.39	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación22	13.87	21.08	18.28	13.66	0.39	13.66	0.87	0.96	0.87	0.99
Simulación23	13.73	20.24	17.44	13.53	0.40	13.53	0.86	0.96	0.86	0.99

Simulación24	13.66	18.81	16.01	13.46	0.40	13.46	0.85	0.96	0.85	0.99
Simulación25	13.52	19.95	17.15	13.32	0.40	13.32	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación26	12.76	18.52	15.72	12.58	0.42	12.58	0.85	0.95	0.85	0.99
Simulación27	13.66	19.38	16.58	13.46	0.40	13.46	0.86	0.96	0.86	0.99
Simulación28	13.24	19.38	16.58	13.05	0.41	13.05	0.86	0.95	0.86	0.99
Simulación29	14.29	19.66	16.86	14.07	0.38	14.07	0.86	0.96	0.86	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.52</b>	<b>19.30</b>	<b>16.50</b>	<b>13.33</b>	<b>0.40</b>	<b>13.33</b>	<b>0.85</b>	<b>0.96</b>	<b>0.85</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.34</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.33</b>	<b>0.01</b>	<b>0.33</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.52</b>	<b>4.46</b>	<b>5.22</b>	<b>2.49</b>	<b>2.31</b>	<b>2.49</b>	<b>0.76</b>	<b>0.12</b>	<b>0.76</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 38 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	15.05	19.11	15.71	14.81	0.36	14.81	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación2	14.56	19.40	16.00	14.33	0.37	14.33	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación3	15.61	17.40	14.00	15.35	0.34	15.35	0.80	0.96	0.80	0.98
Simulación4	14.91	18.26	14.86	14.67	0.36	14.67	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación5	15.33	18.26	14.86	15.08	0.35	15.08	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación6	15.12	19.40	16.00	14.88	0.36	14.88	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación7	15.19	18.26	14.86	14.95	0.36	14.95	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación8	15.19	20.25	16.85	14.95	0.36	14.95	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación9	14.91	18.54	15.14	14.67	0.36	14.67	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación10	15.12	20.25	16.85	14.88	0.36	14.88	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación11	14.70	19.67	16.27	14.47	0.37	14.47	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación12	15.19	18.83	15.43	14.95	0.36	14.95	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación13	15.82	18.83	15.43	15.56	0.34	15.56	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación14	15.12	20.53	17.13	14.88	0.36	14.88	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación15	14.42	20.25	16.85	14.20	0.38	14.20	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación16	15.19	19.67	16.27	14.95	0.36	14.95	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación17	15.12	18.83	15.43	14.88	0.36	14.88	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación18	15.68	19.96	16.56	15.42	0.34	15.42	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación19	15.33	18.54	15.14	15.08	0.35	15.08	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación20	15.05	18.54	15.14	14.81	0.36	14.81	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación21	15.05	20.25	16.85	14.81	0.36	14.81	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación22	15.05	21.10	17.70	14.81	0.36	14.81	0.84	0.96	0.84	0.98
Simulación23	15.33	20.25	16.85	15.08	0.35	15.08	0.83	0.96	0.83	0.98



Simulación24	14.91	18.83	15.43	14.67	0.36	14.67	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación25	15.68	19.96	16.56	15.42	0.34	15.42	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación26	15.19	18.54	15.14	14.95	0.36	14.95	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación27	15.26	19.40	16.00	15.01	0.35	15.01	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación28	15.33	19.40	16.00	15.08	0.35	15.08	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación29	14.77	19.67	16.27	14.54	0.37	14.54	0.83	0.96	0.83	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.14</b>	<b>19.32</b>	<b>15.92</b>	<b>14.90</b>	<b>0.36</b>	<b>14.90</b>	<b>0.82</b>	<b>0.96</b>	<b>0.82</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.32</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.31</b>	<b>0.01</b>	<b>0.31</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.09</b>	<b>4.46</b>	<b>5.41</b>	<b>2.07</b>	<b>2.55</b>	<b>2.07</b>	<b>0.96</b>	<b>0.09</b>	<b>0.96</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 39 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	15.95	19.09	15.49	15.68	0.33	15.68	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación2	16.16	19.38	15.78	15.89	0.33	15.89	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación3	15.54	17.38	13.78	15.29	0.35	15.29	0.79	0.96	0.79	0.98
Simulación4	15.82	18.24	14.64	15.56	0.34	15.56	0.80	0.96	0.80	0.98
Simulación5	15.26	18.24	14.64	15.01	0.35	15.01	0.80	0.96	0.80	0.98
Simulación6	15.88	19.38	15.78	15.62	0.34	15.62	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación7	15.33	18.24	14.64	15.08	0.35	15.08	0.80	0.96	0.80	0.98
Simulación8	15.95	20.24	16.64	15.68	0.33	15.68	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación9	15.47	18.52	14.92	15.22	0.35	15.22	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación10	15.95	20.24	16.64	15.68	0.33	15.68	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación11	16.44	19.66	16.06	16.16	0.32	16.16	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación12	15.95	18.81	15.21	15.68	0.33	15.68	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación13	16.02	18.81	15.21	15.75	0.33	15.75	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación14	16.02	20.51	16.91	15.75	0.33	15.75	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación15	15.88	20.24	16.64	15.62	0.34	15.62	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación16	16.44	19.66	16.06	16.16	0.32	16.16	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación17	16.30	18.81	15.21	16.02	0.32	16.02	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación18	15.82	19.95	16.35	15.56	0.34	15.56	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación19	15.82	18.52	14.92	15.56	0.34	15.56	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación20	15.68	18.52	14.92	15.42	0.34	15.42	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación21	15.95	20.24	16.64	15.68	0.33	15.68	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación22	16.09	21.08	17.48	15.82	0.33	15.82	0.83	0.96	0.83	0.98
Simulación23	15.95	20.24	16.64	15.68	0.33	15.68	0.82	0.96	0.82	0.98

Simulación24	15.68	18.81	15.21	15.42	0.34	15.42	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación25	16.51	19.95	16.35	16.23	0.32	16.23	0.82	0.96	0.82	0.98
Simulación26	15.82	18.52	14.92	15.56	0.34	15.56	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación27	15.12	19.38	15.78	14.88	0.36	14.88	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación28	16.02	19.38	15.78	15.75	0.33	15.75	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación29	15.95	19.66	16.06	15.68	0.33	15.68	0.82	0.96	0.82	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.89</b>	<b>19.30</b>	<b>15.70</b>	<b>15.62</b>	<b>0.34</b>	<b>15.62</b>	<b>0.81</b>	<b>0.96</b>	<b>0.81</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.33</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.32</b>	<b>0.01</b>	<b>0.32</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.08</b>	<b>4.46</b>	<b>5.48</b>	<b>2.05</b>	<b>2.88</b>	<b>2.05</b>	<b>1.03</b>	<b>0.08</b>	<b>1.03</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 40 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	16.72	20.27	16.17	16.43	0.71	16.43	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación2	16.65	20.58	16.48	16.36	0.71	16.36	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación3	16.09	18.46	14.36	15.82	0.73	15.82	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación4	16.02	19.37	15.27	15.75	0.73	15.75	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación5	16.23	19.37	15.27	15.96	0.73	15.96	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación6	16.58	20.58	16.48	16.30	0.72	16.30	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación7	16.37	19.37	15.27	16.09	0.72	16.09	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación8	16.79	21.49	17.39	16.50	0.71	16.50	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación9	16.72	19.67	15.57	16.43	0.71	16.43	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación10	16.51	21.49	17.39	16.23	0.72	16.23	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación11	16.58	20.87	16.77	16.30	0.72	16.30	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación12	16.44	19.97	15.87	16.16	0.72	16.16	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación13	17.21	19.97	15.87	16.91	0.70	16.91	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación14	16.16	21.78	17.68	15.89	0.73	15.89	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación15	16.93	21.49	17.39	16.64	0.71	16.64	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación16	16.51	20.87	16.77	16.23	0.72	16.23	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación17	16.65	19.97	15.87	16.36	0.71	16.36	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación18	16.58	21.18	17.08	16.30	0.72	16.30	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación19	16.93	19.67	15.57	16.64	0.71	16.64	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación20	17.48	19.67	15.57	17.17	0.69	17.17	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación21	16.58	21.49	17.39	16.30	0.72	16.30	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación22	16.72	22.39	18.29	16.43	0.71	16.43	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación23	17.34	21.49	17.39	17.03	0.69	17.03	0.81	0.94	0.81	0.98

Simulación24	17.00	19.97	15.87	16.70	0.70	16.70	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación25	16.51	21.18	17.08	16.23	0.72	16.23	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación26	16.93	19.67	15.57	16.64	0.71	16.64	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación27	16.51	20.58	16.48	16.23	0.72	16.23	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación28	17.07	20.58	16.48	16.77	0.70	16.77	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación29	17.14	20.87	16.77	16.84	0.70	16.84	0.80	0.94	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.69</b>	<b>20.49</b>	<b>16.39</b>	<b>16.40</b>	<b>0.71</b>	<b>16.40</b>	<b>0.80</b>	<b>0.94</b>	<b>0.80</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.36</b>	<b>0.91</b>	<b>0.91</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.15</b>	<b>4.46</b>	<b>5.58</b>	<b>2.12</b>	<b>1.51</b>	<b>2.12</b>	<b>1.12</b>	<b>0.14</b>	<b>1.12</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 41 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	16.58	18.86	14.66	16.30	0.72	16.30	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación2	17.76	23.14	18.94	17.44	0.68	17.44	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación3	18.04	21.71	17.51	17.71	0.67	17.71	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación4	17.55	22.29	18.09	17.24	0.69	17.24	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación5	17.14	19.71	15.51	16.84	0.70	16.84	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación6	17.14	19.71	15.51	16.84	0.70	16.84	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación7	17.00	20.57	16.37	16.70	0.70	16.70	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación8	17.55	22.57	18.37	17.24	0.69	17.24	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación9	17.55	22.00	17.80	17.24	0.69	17.24	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación10	18.04	23.43	19.23	17.71	0.67	17.71	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación11	17.55	23.43	19.23	17.24	0.69	17.24	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación12	17.00	21.71	17.51	16.70	0.70	16.70	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación13	17.48	22.00	17.80	17.17	0.69	17.17	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación14	18.18	23.71	19.51	17.85	0.67	17.85	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación15	18.18	21.71	17.51	17.85	0.67	17.85	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación16	17.28	22.00	17.80	16.97	0.69	16.97	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación17	18.04	21.14	16.94	17.71	0.67	17.71	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación18	17.90	22.29	18.09	17.58	0.68	17.58	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación19	17.62	21.43	17.23	17.30	0.68	17.30	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación20	18.32	24.29	20.09	17.98	0.66	17.98	0.83	0.95	0.83	0.98
Simulación21	18.18	22.57	18.37	17.85	0.67	17.85	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación22	17.48	24.00	19.80	17.17	0.69	17.17	0.83	0.94	0.83	0.98
Simulación23	17.41	22.29	18.09	17.10	0.69	17.10	0.81	0.94	0.81	0.98

Simulación24	17.14	22.00	17.80	16.84	0.70	16.84	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación25	18.25	24.00	19.80	17.91	0.66	17.91	0.83	0.95	0.83	0.98
Simulación26	17.69	23.14	18.94	17.37	0.68	17.37	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación27	18.11	21.43	17.23	17.78	0.67	17.78	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación28	18.11	22.00	17.80	17.78	0.67	17.78	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación29	17.83	21.43	17.23	17.51	0.68	17.51	0.80	0.94	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.66</b>	<b>22.09</b>	<b>17.89</b>	<b>17.34</b>	<b>0.68</b>	<b>17.34</b>	<b>0.81</b>	<b>0.94</b>	<b>0.81</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.45</b>	<b>1.31</b>	<b>1.31</b>	<b>0.44</b>	<b>0.01</b>	<b>0.44</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.56</b>	<b>5.92</b>	<b>7.31</b>	<b>2.52</b>	<b>2.02</b>	<b>2.52</b>	<b>1.45</b>	<b>0.16</b>	<b>1.45</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 42 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	18.46	24.00	19.30	18.12	0.66	18.12	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación2	18.67	23.71	19.01	18.32	0.65	18.32	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación3	19.15	22.00	17.30	18.79	0.64	18.79	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación4	18.80	23.43	18.73	18.45	0.65	18.45	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación5	18.60	24.00	19.30	18.25	0.65	18.25	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación6	18.67	23.14	18.44	18.32	0.65	18.32	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación7	18.25	23.14	18.44	17.91	0.66	17.91	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación8	17.55	22.57	17.87	17.24	0.69	17.24	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación9	17.69	22.86	18.16	17.37	0.68	17.37	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación10	18.46	24.57	19.87	18.12	0.66	18.12	0.81	0.95	0.81	0.98
Simulación11	18.74	24.00	19.30	18.39	0.65	18.39	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación12	18.46	23.43	18.73	18.12	0.66	18.12	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación13	18.32	22.29	17.59	17.98	0.66	17.98	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación14	18.11	22.29	17.59	17.78	0.67	17.78	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación15	18.60	24.00	19.30	18.25	0.65	18.25	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación16	18.46	22.86	18.16	18.12	0.66	18.12	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación17	18.39	23.43	18.73	18.05	0.66	18.05	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación18	18.67	22.86	18.16	18.32	0.65	18.32	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación19	17.97	22.86	18.16	17.64	0.67	17.64	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación20	18.25	22.57	17.87	17.91	0.66	17.91	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación21	18.60	21.14	16.44	18.25	0.65	18.25	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación22	18.67	22.29	17.59	18.32	0.65	18.32	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación23	18.25	22.57	17.87	17.91	0.66	17.91	0.79	0.95	0.79	0.98



Simulación24	18.87	23.71	19.01	18.52	0.65	18.52	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación25	18.11	22.00	17.30	17.78	0.67	17.78	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación26	17.69	22.00	17.30	17.37	0.68	17.37	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación27	18.74	23.43	18.73	18.39	0.65	18.39	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación28	18.94	24.57	19.87	18.58	0.64	18.58	0.81	0.95	0.81	0.98
Simulación29	18.11	23.14	18.44	17.78	0.67	17.78	0.80	0.94	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.42</b>	<b>23.06</b>	<b>18.36</b>	<b>18.08</b>	<b>0.66</b>	<b>18.08</b>	<b>0.80</b>	<b>0.95</b>	<b>0.80</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.38</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	<b>0.37</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.08</b>	<b>3.59</b>	<b>4.51</b>	<b>2.06</b>	<b>1.81</b>	<b>2.06</b>	<b>0.93</b>	<b>0.12</b>	<b>0.93</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 43 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	19.57	24.57	19.57	19.19	0.62	19.19	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación2	19.29	24.29	19.29	18.92	0.63	18.92	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación3	19.22	22.57	17.57	18.85	0.63	18.85	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación4	19.78	24.00	19.00	19.40	0.62	19.40	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación5	19.29	24.00	19.00	18.92	0.63	18.92	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación6	19.71	24.00	19.00	19.33	0.62	19.33	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación7	19.15	24.29	19.29	18.79	0.64	18.79	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación8	19.64	23.14	18.14	19.26	0.62	19.26	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación9	19.57	23.43	18.43	19.19	0.62	19.19	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación10	19.15	22.00	17.00	18.79	0.64	18.79	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación11	19.15	22.00	17.00	18.79	0.64	18.79	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación12	19.36	23.43	18.43	18.99	0.63	18.99	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación13	19.64	25.71	20.71	19.26	0.62	19.26	0.81	0.95	0.81	0.98
Simulación14	19.64	24.00	19.00	19.26	0.62	19.26	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación15	19.43	24.00	19.00	19.06	0.63	19.06	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación16	19.57	25.43	20.43	19.19	0.62	19.19	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación17	19.99	24.86	19.86	19.60	0.61	19.60	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación18	19.01	24.29	19.29	18.65	0.64	18.65	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación19	19.29	24.00	19.00	18.92	0.63	18.92	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación20	20.13	23.71	18.71	19.74	0.61	19.74	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación21	19.71	23.14	18.14	19.33	0.62	19.33	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación22	19.64	24.29	19.29	19.26	0.62	19.26	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación23	19.29	23.43	18.43	18.92	0.63	18.92	0.79	0.95	0.79	0.98

Simulación24	18.94	24.86	19.86	18.58	0.64	18.58	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación25	19.64	23.43	18.43	19.26	0.62	19.26	0.79	0.95	0.79	0.98
Simulación26	19.85	24.57	19.57	19.46	0.61	19.46	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación27	19.08	22.86	17.86	18.72	0.64	18.72	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación28	20.40	25.43	20.43	20.00	0.60	20.00	0.80	0.95	0.80	0.98
Simulación29	19.92	24.57	19.57	19.53	0.61	19.53	0.80	0.95	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.52</b>	<b>23.94</b>	<b>18.94</b>	<b>19.14</b>	<b>0.62</b>	<b>19.14</b>	<b>0.79</b>	<b>0.95</b>	<b>0.79</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.78</b>	<b>3.86</b>	<b>4.88</b>	<b>1.76</b>	<b>1.78</b>	<b>1.76</b>	<b>1.03</b>	<b>0.10</b>	<b>1.03</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 44 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	20.13	25.14	18.94	19.74	0.61	19.74	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación2	21.03	25.43	19.23	20.61	0.58	20.61	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación3	21.10	25.14	18.94	20.67	0.57	20.67	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación4	20.47	24.86	18.66	20.06	0.59	20.06	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación5	20.75	27.43	21.23	20.34	0.59	20.34	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación6	20.89	26.29	20.09	20.47	0.58	20.47	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación7	20.75	27.71	21.51	20.34	0.59	20.34	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación8	20.06	24.29	18.09	19.67	0.61	19.67	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación9	20.40	25.14	18.94	20.00	0.60	20.00	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación10	20.40	24.86	18.66	20.00	0.60	20.00	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación11	20.40	26.57	20.37	20.00	0.60	20.00	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación12	20.68	26.57	20.37	20.27	0.59	20.27	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación13	20.47	23.43	17.23	20.06	0.59	20.06	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación14	20.75	25.71	19.51	20.34	0.59	20.34	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación15	20.68	23.71	17.51	20.27	0.59	20.27	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación16	20.54	24.00	17.80	20.13	0.59	20.13	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación17	20.61	25.71	19.51	20.20	0.59	20.20	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación18	20.75	24.00	17.80	20.34	0.59	20.34	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación19	20.54	25.71	19.51	20.13	0.59	20.13	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación20	20.68	26.86	20.66	20.27	0.59	20.27	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación21	20.19	25.43	19.23	19.79	0.60	19.79	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación22	20.96	26.29	20.09	20.54	0.58	20.54	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación23	21.24	26.86	20.66	20.81	0.57	20.81	0.77	0.95	0.77	0.98

Simulación24	20.26	25.14	18.94	19.86	0.60	19.86	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación25	20.68	25.71	19.51	20.27	0.59	20.27	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación26	20.19	24.29	18.09	19.79	0.60	19.79	0.74	0.95	0.74	0.98
Simulación27	20.68	24.86	18.66	20.27	0.59	20.27	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación28	20.82	26.57	20.37	20.40	0.58	20.40	0.77	0.95	0.77	0.98
Simulación29	20.89	25.43	19.23	20.47	0.58	20.47	0.76	0.95	0.76	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.62</b>	<b>25.49</b>	<b>19.29</b>	<b>20.21</b>	<b>0.59</b>	<b>20.21</b>	<b>0.76</b>	<b>0.95</b>	<b>0.76</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.29</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.43</b>	<b>4.31</b>	<b>5.70</b>	<b>1.41</b>	<b>1.63</b>	<b>1.41</b>	<b>1.39</b>	<b>0.07</b>	<b>1.39</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 45 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	21.17	24.86	17.26	20.74	1.07	20.74	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación2	21.38	24.57	16.97	20.94	1.06	20.94	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación3	21.45	26.00	18.40	21.01	1.06	21.01	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación4	21.38	27.14	19.54	20.94	1.06	20.94	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación5	21.59	26.86	19.26	21.15	1.06	21.15	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación6	21.31	24.57	16.97	20.88	1.07	20.88	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación7	21.17	23.43	15.83	20.74	1.07	20.74	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación8	21.38	26.86	19.26	20.94	1.06	20.94	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación9	21.59	26.57	18.97	21.15	1.06	21.15	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación10	21.79	26.86	19.26	21.34	1.05	21.34	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación11	21.59	26.00	18.40	21.15	1.06	21.15	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación12	21.79	25.43	17.83	21.34	1.05	21.34	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación13	21.86	26.86	19.26	21.41	1.05	21.41	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación14	20.96	25.14	17.54	20.54	1.08	20.54	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación15	21.17	25.43	17.83	20.74	1.07	20.74	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación16	21.17	25.43	17.83	20.74	1.07	20.74	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación17	22.00	27.14	19.54	21.54	1.04	21.54	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación18	22.07	25.43	17.83	21.61	1.04	21.61	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación19	21.72	26.00	18.40	21.27	1.05	21.27	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación20	22.07	27.71	20.11	21.61	1.04	21.61	0.73	0.93	0.73	0.98
Simulación21	21.45	24.86	17.26	21.01	1.06	21.01	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación22	21.72	24.86	17.26	21.27	1.05	21.27	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación23	21.52	25.43	17.83	21.08	1.06	21.08	0.70	0.93	0.70	0.98

Simulación24	22.14	26.29	18.69	21.68	1.04	21.68	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación25	21.72	25.71	18.11	21.27	1.05	21.27	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación26	21.31	25.14	17.54	20.88	1.07	20.88	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación27	21.79	27.43	19.83	21.34	1.05	21.34	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación28	21.72	26.29	18.69	21.27	1.05	21.27	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación29	21.79	26.29	18.69	21.34	1.05	21.34	0.71	0.93	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>21.58</b>	<b>25.88</b>	<b>18.28</b>	<b>21.14</b>	<b>1.06</b>	<b>21.14</b>	<b>0.71</b>	<b>0.93</b>	<b>0.71</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.31</b>	<b>1.01</b>	<b>1.01</b>	<b>0.30</b>	<b>0.01</b>	<b>0.30</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.43</b>	<b>3.90</b>	<b>5.52</b>	<b>1.41</b>	<b>0.97</b>	<b>1.41</b>	<b>1.64</b>	<b>0.11</b>	<b>1.64</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 46 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	22.70	27.43	19.45	22.22	1.02	22.22	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación2	22.35	25.71	17.73	21.88	1.03	21.88	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación3	22.49	27.43	19.45	22.02	1.03	22.02	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación4	22.70	26.57	18.59	22.22	1.02	22.22	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación5	22.21	26.00	18.02	21.75	1.04	21.75	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación6	22.35	25.71	17.73	21.88	1.03	21.88	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación7	22.77	27.43	19.45	22.29	1.02	22.29	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación8	23.05	26.00	18.02	22.56	1.01	22.56	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación9	22.91	25.71	17.73	22.42	1.01	22.42	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación10	22.14	23.71	15.73	21.68	1.04	21.68	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación11	22.70	27.43	19.45	22.22	1.02	22.22	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación12	22.70	26.57	18.59	22.22	1.02	22.22	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación13	22.70	25.43	17.45	22.22	1.02	22.22	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación14	22.42	28.00	20.02	21.95	1.03	21.95	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación15	22.49	26.86	18.88	22.02	1.03	22.02	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación16	22.49	28.29	20.31	22.02	1.03	22.02	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación17	22.49	26.86	18.88	22.02	1.03	22.02	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación18	22.70	27.14	19.16	22.22	1.02	22.22	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación19	22.28	26.00	18.02	21.81	1.03	21.81	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación20	22.84	26.86	18.88	22.36	1.02	22.36	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación21	22.28	26.86	18.88	21.81	1.03	21.81	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación22	22.91	27.71	19.73	22.42	1.01	22.42	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación23	22.84	28.29	20.31	22.36	1.02	22.36	0.72	0.93	0.72	0.98



Simulación24	22.84	26.57	18.59	22.36	1.02	22.36	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación25	22.28	26.86	18.88	21.81	1.03	21.81	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación26	22.84	25.43	17.45	22.36	1.02	22.36	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación27	22.91	26.57	18.59	22.42	1.01	22.42	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación28	22.21	26.00	18.02	21.75	1.04	21.75	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación29	22.56	27.71	19.73	22.09	1.03	22.09	0.71	0.93	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.59</b>	<b>26.66</b>	<b>18.68</b>	<b>22.12</b>	<b>1.02</b>	<b>22.12</b>	<b>0.70</b>	<b>0.93</b>	<b>0.70</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.26</b>	<b>1.01</b>	<b>1.01</b>	<b>0.25</b>	<b>0.01</b>	<b>0.25</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.13</b>	<b>3.77</b>	<b>5.38</b>	<b>1.12</b>	<b>0.84</b>	<b>1.12</b>	<b>1.66</b>	<b>0.08</b>	<b>1.66</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 47 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	24.16	28.29	19.99	23.63	0.97	23.63	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación2	24.44	30.00	21.70	23.90	0.96	23.90	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación3	24.30	29.71	21.41	23.77	0.97	23.77	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación4	24.44	28.57	20.27	23.90	0.96	23.90	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación5	24.37	28.00	19.70	23.83	0.96	23.83	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación6	23.95	28.29	19.99	23.43	0.98	23.43	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación7	24.51	30.00	21.70	23.97	0.96	23.97	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación8	24.30	28.57	20.27	23.77	0.97	23.77	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación9	24.44	27.14	18.84	23.90	0.96	23.90	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación10	23.81	26.86	18.56	23.29	0.98	23.29	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación11	24.64	29.14	20.84	24.09	0.95	24.09	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación12	24.23	28.86	20.56	23.70	0.97	23.70	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación13	23.95	28.86	20.56	23.43	0.98	23.43	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación14	23.88	29.14	20.84	23.36	0.98	23.36	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación15	24.23	29.14	20.84	23.70	0.97	23.70	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación16	24.51	27.71	19.41	23.97	0.96	23.97	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación17	24.51	27.43	19.13	23.97	0.96	23.97	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación18	24.44	29.71	21.41	23.90	0.96	23.90	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación19	24.16	28.57	20.27	23.63	0.97	23.63	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación20	24.30	27.14	18.84	23.77	0.97	23.77	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación21	24.09	27.14	18.84	23.56	0.97	23.56	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación22	24.37	27.14	18.84	23.83	0.96	23.83	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación23	23.88	29.71	21.41	23.36	0.98	23.36	0.72	0.94	0.72	0.98

Simulación24	23.81	30.00	21.70	23.29	0.98	23.29	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación25	24.09	27.43	19.13	23.56	0.97	23.56	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación26	24.30	28.86	20.56	23.77	0.97	23.77	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación27	24.02	26.86	18.56	23.50	0.98	23.50	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación28	24.37	29.14	20.84	23.83	0.96	23.83	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación29	24.02	28.86	20.56	23.50	0.98	23.50	0.71	0.94	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.22</b>	<b>28.49</b>	<b>20.19</b>	<b>23.69</b>	<b>0.97</b>	<b>23.69</b>	<b>0.71</b>	<b>0.94</b>	<b>0.71</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.24</b>	<b>1.02</b>	<b>1.02</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.97</b>	<b>3.59</b>	<b>5.07</b>	<b>0.96</b>	<b>0.84</b>	<b>0.96</b>	<b>1.49</b>	<b>0.06</b>	<b>1.49</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 48 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	25.76	29.14	20.44	25.17	0.91	25.17	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación2	25.55	28.29	19.59	24.97	0.92	24.97	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación3	25.69	31.43	22.73	25.11	0.92	25.11	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación4	25.62	28.57	19.87	25.04	0.92	25.04	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación5	25.96	30.00	21.30	25.37	0.91	25.37	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación6	26.03	30.00	21.30	25.43	0.90	25.43	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación7	25.96	30.86	22.16	25.37	0.91	25.37	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación8	25.90	27.71	19.01	25.31	0.91	25.31	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación9	25.76	29.43	20.73	25.17	0.91	25.17	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación10	25.83	28.57	19.87	25.24	0.91	25.24	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación11	25.76	31.43	22.73	25.17	0.91	25.17	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación12	25.90	29.43	20.73	25.31	0.91	25.31	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación13	25.69	30.86	22.16	25.11	0.92	25.11	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación14	25.62	30.00	21.30	25.04	0.92	25.04	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación15	25.83	30.29	21.59	25.24	0.91	25.24	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación16	26.17	29.43	20.73	25.57	0.90	25.57	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación17	25.90	31.14	22.44	25.31	0.91	25.31	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación18	25.83	30.00	21.30	25.24	0.91	25.24	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación19	25.76	30.29	21.59	25.17	0.91	25.17	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación20	25.96	28.00	19.30	25.37	0.91	25.37	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación21	25.96	31.43	22.73	25.37	0.91	25.37	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación22	26.17	30.29	21.59	25.57	0.90	25.57	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación23	25.76	28.86	20.16	25.17	0.91	25.17	0.70	0.94	0.70	0.98

Simulación24	26.03	30.29	21.59	25.43	0.90	25.43	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación25	26.24	30.00	21.30	25.64	0.90	25.64	0.71	0.94	0.71	0.98
Simulación26	26.24	29.43	20.73	25.64	0.90	25.64	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación27	25.96	29.14	20.44	25.37	0.91	25.37	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación28	26.03	30.57	21.87	25.43	0.90	25.43	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación29	26.17	30.57	21.87	25.57	0.90	25.57	0.72	0.94	0.72	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>25.90</b>	<b>29.84</b>	<b>21.14</b>	<b>25.31</b>	<b>0.91</b>	<b>25.31</b>	<b>0.71</b>	<b>0.94</b>	<b>0.71</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.73</b>	<b>3.44</b>	<b>4.86</b>	<b>0.72</b>	<b>0.74</b>	<b>0.72</b>	<b>1.43</b>	<b>0.04</b>	<b>1.43</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 49 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	27.49	28.86	19.96	26.84	0.85	26.84	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación2	27.56	28.57	19.67	26.91	0.85	26.91	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación3	27.49	31.43	22.53	26.84	0.85	26.84	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación4	27.56	30.00	21.10	26.91	0.85	26.91	0.70	0.95	0.70	0.98
Simulación5	27.63	28.86	19.96	26.98	0.85	26.98	0.69	0.95	0.69	0.98
Simulación6	27.36	31.71	22.81	26.72	0.86	26.72	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación7	27.63	30.00	21.10	26.98	0.85	26.98	0.70	0.95	0.70	0.98
Simulación8	27.42	30.57	21.67	26.78	0.86	26.78	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación9	27.36	32.29	23.39	26.72	0.86	26.72	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación10	27.36	32.00	23.10	26.72	0.86	26.72	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación11	27.49	32.00	23.10	26.84	0.85	26.84	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación12	27.42	30.57	21.67	26.78	0.86	26.78	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación13	27.77	30.29	21.39	27.11	0.84	27.11	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación14	27.56	29.43	20.53	26.91	0.85	26.91	0.70	0.95	0.70	0.98
Simulación15	27.22	30.00	21.10	26.58	0.86	26.58	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación16	27.56	30.00	21.10	26.91	0.85	26.91	0.70	0.95	0.70	0.98
Simulación17	27.63	31.14	22.24	26.98	0.85	26.98	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación18	27.22	30.00	21.10	26.58	0.86	26.58	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación19	27.36	30.57	21.67	26.72	0.86	26.72	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación20	27.36	30.29	21.39	26.72	0.86	26.72	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación21	27.42	31.14	22.24	26.78	0.86	26.78	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación22	27.22	31.71	22.81	26.58	0.86	26.58	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación23	27.63	30.29	21.39	26.98	0.85	26.98	0.71	0.95	0.71	0.98

Simulación24	27.49	30.57	21.67	26.84	0.85	26.84	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación25	27.36	30.29	21.39	26.72	0.86	26.72	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación26	27.70	30.86	21.96	27.05	0.85	27.05	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación27	27.36	32.00	23.10	26.72	0.86	26.72	0.72	0.95	0.72	0.98
Simulación28	27.49	30.57	21.67	26.84	0.85	26.84	0.71	0.95	0.71	0.98
Simulación29	27.49	30.29	21.39	26.84	0.85	26.84	0.71	0.95	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.47</b>	<b>30.56</b>	<b>21.66</b>	<b>26.82</b>	<b>0.85</b>	<b>26.82</b>	<b>0.71</b>	<b>0.95</b>	<b>0.71</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.14</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.14</b>	<b>0.01</b>	<b>0.14</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.51</b>	<b>3.17</b>	<b>4.48</b>	<b>0.51</b>	<b>0.60</b>	<b>0.51</b>	<b>1.31</b>	<b>0.03</b>	<b>1.31</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 50 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	28.75	31.40	22.00	28.06	1.31	28.06	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación2	28.82	33.11	23.71	28.12	1.30	28.12	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación3	28.54	30.26	20.86	27.85	1.31	27.85	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación4	28.40	30.54	21.14	27.72	1.32	27.72	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación5	28.54	30.83	21.43	27.85	1.31	27.85	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación6	28.68	31.68	22.28	27.99	1.31	27.99	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación7	28.75	31.97	22.57	28.06	1.31	28.06	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación8	28.40	33.11	23.71	27.72	1.32	27.72	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación9	28.40	32.26	22.86	27.72	1.32	27.72	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación10	28.68	31.11	21.71	27.99	1.31	27.99	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación11	28.33	32.26	22.86	27.65	1.32	27.65	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación12	28.33	31.11	21.71	27.65	1.32	27.65	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación13	28.75	29.97	20.57	28.06	1.31	28.06	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación14	28.68	31.68	22.28	27.99	1.31	27.99	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación15	28.19	30.83	21.43	27.52	1.33	27.52	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación16	28.61	31.97	22.57	27.92	1.31	27.92	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación17	28.54	31.97	22.57	27.85	1.31	27.85	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación18	28.47	32.54	23.14	27.79	1.32	27.79	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación19	28.75	29.97	20.57	28.06	1.31	28.06	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación20	28.54	30.83	21.43	27.85	1.31	27.85	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación21	28.40	31.68	22.28	27.72	1.32	27.72	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación22	28.54	31.97	22.57	27.85	1.31	27.85	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación23	28.54	30.83	21.43	27.85	1.31	27.85	0.70	0.93	0.70	0.98



Simulación24	28.26	32.83	23.43	27.58	1.32	27.58	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación25	28.40	32.54	23.14	27.72	1.32	27.72	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación26	28.47	31.40	22.00	27.79	1.32	27.79	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación27	28.12	30.54	21.14	27.45	1.33	27.45	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación28	28.47	32.26	22.86	27.79	1.32	27.79	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación29	28.40	31.97	22.57	27.72	1.32	27.72	0.71	0.93	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.51</b>	<b>31.57</b>	<b>22.17</b>	<b>27.82</b>	<b>1.32</b>	<b>27.82</b>	<b>0.70</b>	<b>0.93</b>	<b>0.70</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.18</b>	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.62</b>	<b>2.81</b>	<b>4.00</b>	<b>0.62</b>	<b>0.50</b>	<b>0.62</b>	<b>1.20</b>	<b>0.05</b>	<b>1.20</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 51 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	29.72	31.71	21.76	28.99	1.27	28.99	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación2	29.37	31.71	21.76	28.65	1.28	28.65	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación3	29.79	30.86	20.91	29.06	1.27	29.06	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación4	29.58	31.14	21.19	28.86	1.28	28.86	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación5	29.37	32.29	22.34	28.65	1.28	28.65	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación6	29.72	32.57	22.62	28.99	1.27	28.99	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación7	29.65	33.71	23.76	28.92	1.27	28.92	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación8	29.65	30.86	20.91	28.92	1.27	28.92	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación9	29.51	31.14	21.19	28.79	1.28	28.79	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación10	29.44	31.71	21.76	28.72	1.28	28.72	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación11	29.44	32.86	22.91	28.72	1.28	28.72	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación12	29.65	32.57	22.62	28.92	1.27	28.92	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación13	29.58	32.57	22.62	28.86	1.28	28.86	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación14	29.65	33.71	23.76	28.92	1.27	28.92	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación15	29.30	31.14	21.19	28.59	1.29	28.59	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación16	29.44	32.29	22.34	28.72	1.28	28.72	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación17	29.44	30.29	20.34	28.72	1.28	28.72	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación18	29.65	31.71	21.76	28.92	1.27	28.92	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación19	29.58	32.00	22.05	28.86	1.28	28.86	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación20	29.58	30.00	20.05	28.86	1.28	28.86	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación21	29.30	33.14	23.19	28.59	1.29	28.59	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación22	29.44	33.43	23.48	28.72	1.28	28.72	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación23	29.72	31.14	21.19	28.99	1.27	28.99	0.68	0.93	0.68	0.98

Simulación24	29.16	33.43	23.48	28.45	1.29	28.45	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación25	29.44	32.57	22.62	28.72	1.28	28.72	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación26	29.37	32.00	22.05	28.65	1.28	28.65	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación27	29.79	32.86	22.91	29.06	1.27	29.06	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación28	29.37	32.57	22.62	28.65	1.28	28.65	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación29	29.58	34.29	24.34	28.86	1.28	28.86	0.71	0.93	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>29.53</b>	<b>32.15</b>	<b>22.20</b>	<b>28.81</b>	<b>1.28</b>	<b>28.81</b>	<b>0.69</b>	<b>0.93</b>	<b>0.69</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.16</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>	<b>0.15</b>	<b>0.01</b>	<b>0.15</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.54</b>	<b>3.32</b>	<b>4.81</b>	<b>0.54</b>	<b>0.47</b>	<b>0.54</b>	<b>1.50</b>	<b>0.04</b>	<b>1.50</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 52 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	30.76	31.71	21.61	29.99	1.23	29.99	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación2	30.48	31.14	21.04	29.72	1.24	29.72	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación3	30.62	32.57	22.47	29.86	1.24	29.86	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación4	30.41	34.86	24.76	29.66	1.25	29.66	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación5	30.41	32.00	21.90	29.66	1.25	29.66	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación6	30.55	33.43	23.33	29.79	1.24	29.79	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación7	30.28	33.71	23.61	29.53	1.25	29.53	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación8	30.48	32.86	22.76	29.72	1.24	29.72	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación9	30.55	30.86	20.76	29.79	1.24	29.79	0.67	0.93	0.67	0.98
Simulación10	30.62	32.57	22.47	29.86	1.24	29.86	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación11	30.41	34.57	24.47	29.66	1.25	29.66	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación12	30.48	34.57	24.47	29.72	1.24	29.72	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación13	30.28	33.14	23.04	29.53	1.25	29.53	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación14	30.69	33.43	23.33	29.92	1.23	29.92	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación15	30.62	35.43	25.33	29.86	1.24	29.86	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación16	30.21	33.43	23.33	29.46	1.25	29.46	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación17	30.55	34.86	24.76	29.79	1.24	29.79	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación18	30.62	32.57	22.47	29.86	1.24	29.86	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación19	30.41	34.29	24.19	29.66	1.25	29.66	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación20	30.28	33.43	23.33	29.53	1.25	29.53	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación21	30.28	33.43	23.33	29.53	1.25	29.53	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación22	30.21	32.29	22.19	29.46	1.25	29.46	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación23	30.76	31.43	21.33	29.99	1.23	29.99	0.68	0.93	0.68	0.98

Simulación24	30.28	32.29	22.19	29.53	1.25	29.53	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación25	30.76	34.57	24.47	29.99	1.23	29.99	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación26	30.34	34.29	24.19	29.59	1.25	29.59	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación27	30.55	34.00	23.90	29.79	1.24	29.79	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación28	30.34	34.29	24.19	29.59	1.25	29.59	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación29	30.62	33.43	23.33	29.86	1.24	29.86	0.70	0.93	0.70	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.48</b>	<b>33.29</b>	<b>23.19</b>	<b>29.72</b>	<b>1.24</b>	<b>29.72</b>	<b>0.70</b>	<b>0.93</b>	<b>0.70</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.17</b>	<b>1.20</b>	<b>1.20</b>	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>	<b>0.16</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.56</b>	<b>3.60</b>	<b>5.16</b>	<b>0.55</b>	<b>0.51</b>	<b>0.55</b>	<b>1.59</b>	<b>0.04</b>	<b>1.59</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 53 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	31.87	32.29	22.49	31.06	1.19	31.06	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación2	31.60	34.00	24.20	30.80	1.20	30.80	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación3	31.87	32.57	22.77	31.06	1.19	31.06	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación4	31.39	36.00	26.20	30.60	1.21	30.60	0.73	0.94	0.73	0.97
Simulación5	31.60	34.29	24.49	30.80	1.20	30.80	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación6	31.73	32.86	23.06	30.93	1.20	30.93	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación7	31.87	32.00	22.20	31.06	1.19	31.06	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación8	31.53	35.43	25.63	30.73	1.20	30.73	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación9	31.94	33.71	23.91	31.13	1.19	31.13	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación10	31.80	34.86	25.06	30.99	1.19	30.99	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación11	31.73	33.14	23.34	30.93	1.20	30.93	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación12	32.01	34.00	24.20	31.19	1.18	31.19	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación13	32.01	32.86	23.06	31.19	1.18	31.19	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación14	32.01	36.00	26.20	31.19	1.18	31.19	0.73	0.94	0.73	0.97
Simulación15	31.53	34.57	24.77	30.73	1.20	30.73	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación16	31.87	33.43	23.63	31.06	1.19	31.06	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación17	32.08	32.86	23.06	31.26	1.18	31.26	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación18	31.25	34.57	24.77	30.46	1.21	30.46	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación19	31.46	35.43	25.63	30.67	1.21	30.67	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación20	31.87	35.43	25.63	31.06	1.19	31.06	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación21	31.73	34.57	24.77	30.93	1.20	30.93	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación22	31.53	32.29	22.49	30.73	1.20	30.73	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación23	31.60	34.00	24.20	30.80	1.20	30.80	0.71	0.94	0.71	0.97

Simulación24	31.87	34.57	24.77	31.06	1.19	31.06	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación25	32.01	33.14	23.34	31.19	1.18	31.19	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación26	31.94	32.29	22.49	31.13	1.19	31.13	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación27	31.67	33.71	23.91	30.87	1.20	30.87	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación28	31.67	34.29	24.49	30.87	1.20	30.87	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación29	31.53	32.86	23.06	30.73	1.20	30.73	0.70	0.94	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>31.74</b>	<b>33.86</b>	<b>24.06</b>	<b>30.94</b>	<b>1.20</b>	<b>30.94</b>	<b>0.71</b>	<b>0.94</b>	<b>0.71</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.21</b>	<b>1.16</b>	<b>1.16</b>	<b>0.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.67</b>	<b>3.43</b>	<b>4.83</b>	<b>0.66</b>	<b>0.68</b>	<b>0.66</b>	<b>1.39</b>	<b>0.05</b>	<b>1.39</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 54 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	32.78	34.00	23.50	31.94	1.16	31.94	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación2	32.99	32.86	22.36	32.14	1.15	32.14	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación3	32.64	33.14	22.64	31.80	1.16	31.80	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación4	32.85	34.86	24.36	32.00	1.15	32.00	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación5	32.99	33.71	23.21	32.14	1.15	32.14	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación6	32.50	34.86	24.36	31.67	1.17	31.67	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación7	32.85	35.43	24.93	32.00	1.15	32.00	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación8	32.64	34.00	23.50	31.80	1.16	31.80	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación9	32.99	36.86	26.36	32.14	1.15	32.14	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación10	32.71	36.29	25.79	31.87	1.16	31.87	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación11	32.29	36.86	26.36	31.46	1.17	31.46	0.72	0.94	0.72	0.97
Simulación12	32.92	34.86	24.36	32.07	1.15	32.07	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación13	32.57	36.29	25.79	31.73	1.16	31.73	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación14	32.85	32.86	22.36	32.00	1.15	32.00	0.68	0.94	0.68	0.97
Simulación15	32.78	35.71	25.21	31.94	1.16	31.94	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación16	32.71	35.71	25.21	31.87	1.16	31.87	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación17	32.71	34.86	24.36	31.87	1.16	31.87	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación18	32.36	34.86	24.36	31.53	1.17	31.53	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación19	32.85	34.29	23.79	32.00	1.15	32.00	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación20	32.57	35.14	24.64	31.73	1.16	31.73	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación21	32.78	33.43	22.93	31.94	1.16	31.94	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación22	32.57	34.86	24.36	31.73	1.16	31.73	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación23	32.92	32.57	22.07	32.07	1.15	32.07	0.68	0.94	0.68	0.97



Simulación24	32.71	35.71	25.21	31.87	1.16	31.87	0.71	0.94	0.71	0.97
Simulación25	32.50	35.43	24.93	31.67	1.17	31.67	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación26	32.50	34.57	24.07	31.67	1.17	31.67	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación27	32.57	34.29	23.79	31.73	1.16	31.73	0.69	0.94	0.69	0.97
Simulación28	32.64	35.43	24.93	31.80	1.16	31.80	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación29	32.64	35.14	24.64	31.80	1.16	31.80	0.70	0.94	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.70</b>	<b>34.79</b>	<b>24.29</b>	<b>31.86</b>	<b>1.16</b>	<b>31.86</b>	<b>0.70</b>	<b>0.94</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.18</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.56</b>	<b>3.31</b>	<b>4.73</b>	<b>0.55</b>	<b>0.61</b>	<b>0.55</b>	<b>1.44</b>	<b>0.04</b>	<b>1.44</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 55 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	33.61	36.57	25.27	32.73	2.62	32.73	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación2	33.89	36.86	25.56	33.00	2.61	33.00	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación3	34.10	36.00	24.70	33.20	2.60	33.20	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación4	34.17	34.29	22.99	33.27	2.60	33.27	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación5	34.03	36.86	25.56	33.14	2.61	33.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación6	34.03	37.71	26.41	33.14	2.61	33.14	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación7	34.17	35.14	23.84	33.27	2.60	33.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación8	33.89	36.57	25.27	33.00	2.61	33.00	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación9	33.89	35.43	24.13	33.00	2.61	33.00	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación10	34.03	37.43	26.13	33.14	2.61	33.14	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación11	33.47	36.00	24.70	32.60	2.63	32.60	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación12	34.17	36.86	25.56	33.27	2.60	33.27	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación13	33.89	35.71	24.41	33.00	2.61	33.00	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación14	33.96	36.86	25.56	33.07	2.61	33.07	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación15	34.17	35.14	23.84	33.27	2.60	33.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación16	33.82	37.71	26.41	32.94	2.62	32.94	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación17	33.54	36.00	24.70	32.67	2.63	32.67	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación18	33.96	35.14	23.84	33.07	2.61	33.07	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación19	33.68	36.86	25.56	32.80	2.62	32.80	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación20	33.68	36.29	24.99	32.80	2.62	32.80	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación21	33.96	37.14	25.84	33.07	2.61	33.07	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación22	33.89	35.43	24.13	33.00	2.61	33.00	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación23	33.82	36.57	25.27	32.94	2.62	32.94	0.69	0.90	0.69	0.97

Simulación24	34.10	35.14	23.84	33.20	2.60	33.20	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación25	33.68	34.29	22.99	32.80	2.62	32.80	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación26	33.82	34.29	22.99	32.94	2.62	32.94	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación27	34.03	36.00	24.70	33.14	2.61	33.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación28	33.96	36.57	25.27	33.07	2.61	33.07	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación29	33.89	38.00	26.70	33.00	2.61	33.00	0.70	0.90	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>33.91</b>	<b>36.17</b>	<b>24.87</b>	<b>33.02</b>	<b>2.61</b>	<b>33.02</b>	<b>0.69</b>	<b>0.90</b>	<b>0.69</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.18</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.56</b>	<b>2.86</b>	<b>4.16</b>	<b>0.55</b>	<b>0.28</b>	<b>0.55</b>	<b>1.31</b>	<b>0.06</b>	<b>1.31</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 56 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	35.49	38.00	26.50	34.54	2.55	34.54	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación2	34.72	37.43	25.93	33.80	2.58	33.80	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación3	35.00	36.00	24.50	34.07	2.57	34.07	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación4	35.14	36.86	25.36	34.20	2.56	34.20	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación5	34.79	35.71	24.21	33.87	2.58	33.87	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación6	34.86	37.71	26.21	33.94	2.58	33.94	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación7	34.86	35.71	24.21	33.94	2.58	33.94	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación8	35.00	36.86	25.36	34.07	2.57	34.07	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación9	34.72	36.86	25.36	33.80	2.58	33.80	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación10	35.21	37.14	25.64	34.27	2.56	34.27	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación11	35.21	34.00	22.50	34.27	2.56	34.27	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación12	35.00	34.57	23.07	34.07	2.57	34.07	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación13	35.14	37.71	26.21	34.20	2.56	34.20	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación14	35.21	36.00	24.50	34.27	2.56	34.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación15	35.28	38.57	27.07	34.34	2.56	34.34	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación16	35.21	36.57	25.07	34.27	2.56	34.27	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación17	34.93	38.29	26.79	34.00	2.57	34.00	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación18	35.21	37.43	25.93	34.27	2.56	34.27	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación19	35.07	36.57	25.07	34.14	2.57	34.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación20	35.28	38.29	26.79	34.34	2.56	34.34	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación21	35.21	34.86	23.36	34.27	2.56	34.27	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación22	35.00	35.43	23.93	34.07	2.57	34.07	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación23	35.00	35.43	23.93	34.07	2.57	34.07	0.68	0.90	0.68	0.97

Simulación24	34.93	34.29	22.79	34.00	2.57	34.00	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación25	35.07	37.43	25.93	34.14	2.57	34.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación26	35.21	38.00	26.50	34.27	2.56	34.27	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación27	35.00	35.14	23.64	34.07	2.57	34.07	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación28	35.07	37.43	25.93	34.14	2.57	34.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación29	35.56	38.00	26.50	34.61	2.55	34.61	0.70	0.90	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.08</b>	<b>36.63</b>	<b>25.13</b>	<b>34.15</b>	<b>2.57</b>	<b>34.15</b>	<b>0.69</b>	<b>0.90</b>	<b>0.69</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.20</b>	<b>1.30</b>	<b>1.30</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.19</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.57</b>	<b>3.56</b>	<b>5.19</b>	<b>0.56</b>	<b>0.31</b>	<b>0.56</b>	<b>1.66</b>	<b>0.06</b>	<b>1.66</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 57 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	37.30	38.86	27.17	36.28	2.48	36.28	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación2	37.50	39.14	27.45	36.47	2.47	36.47	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación3	37.30	36.57	24.88	36.28	2.48	36.28	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación4	37.44	38.86	27.17	36.41	2.47	36.41	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación5	37.30	39.14	27.45	36.28	2.48	36.28	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación6	37.23	38.86	27.17	36.21	2.48	36.21	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación7	37.37	38.86	27.17	36.35	2.48	36.35	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación8	37.09	38.86	27.17	36.08	2.49	36.08	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación9	37.16	39.14	27.45	36.14	2.48	36.14	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación10	37.50	38.29	26.60	36.47	2.47	36.47	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación11	37.23	37.43	25.74	36.21	2.48	36.21	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación12	37.71	38.29	26.60	36.67	2.46	36.67	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación13	37.57	39.43	27.74	36.54	2.47	36.54	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación14	37.64	37.43	25.74	36.61	2.47	36.61	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación15	37.78	38.00	26.31	36.74	2.46	36.74	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación16	37.50	36.57	24.88	36.47	2.47	36.47	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación17	37.44	39.43	27.74	36.41	2.47	36.41	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación18	37.78	35.71	24.02	36.74	2.46	36.74	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación19	37.50	37.71	26.02	36.47	2.47	36.47	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación20	37.71	37.71	26.02	36.67	2.46	36.67	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación21	37.37	40.29	28.60	36.35	2.48	36.35	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación22	36.88	39.43	27.74	35.88	2.50	35.88	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación23	37.37	40.00	28.31	36.35	2.48	36.35	0.71	0.91	0.71	0.97

Simulación24	37.57	40.57	28.88	36.54	2.47	36.54	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación25	37.71	37.71	26.02	36.67	2.46	36.67	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación26	37.57	38.00	26.31	36.54	2.47	36.54	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación27	37.50	37.14	25.45	36.47	2.47	36.47	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación28	37.30	36.57	24.88	36.28	2.48	36.28	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación29	37.30	39.71	28.02	36.28	2.48	36.28	0.71	0.91	0.71	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.44</b>	<b>38.40</b>	<b>26.71</b>	<b>36.41</b>	<b>2.47</b>	<b>36.41</b>	<b>0.70</b>	<b>0.91</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.21</b>	<b>1.21</b>	<b>1.21</b>	<b>0.20</b>	<b>0.01</b>	<b>0.20</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.57</b>	<b>3.15</b>	<b>4.53</b>	<b>0.56</b>	<b>0.34</b>	<b>0.56</b>	<b>1.40</b>	<b>0.06</b>	<b>1.40</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 58 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	37.64	37.43	25.74	36.61	2.47	36.61	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación2	37.50	37.43	25.74	36.47	2.47	36.47	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación3	38.13	39.43	27.74	37.08	2.45	37.08	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación4	37.85	38.57	26.88	36.81	2.46	36.81	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación5	38.20	39.14	27.45	37.14	2.44	37.14	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación6	37.57	38.57	26.88	36.54	2.47	36.54	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación7	37.92	37.14	25.45	36.87	2.45	36.87	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación8	37.99	39.71	28.02	36.94	2.45	36.94	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación9	37.78	37.43	25.74	36.74	2.46	36.74	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación10	38.13	38.00	26.31	37.08	2.45	37.08	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación11	38.20	38.86	27.17	37.14	2.44	37.14	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación12	37.92	39.71	28.02	36.87	2.45	36.87	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación13	37.71	40.86	29.17	36.67	2.46	36.67	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación14	37.92	38.86	27.17	36.87	2.45	36.87	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación15	37.99	37.14	25.45	36.94	2.45	36.94	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación16	37.92	36.29	24.60	36.87	2.45	36.87	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación17	37.85	36.57	24.88	36.81	2.46	36.81	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación18	37.78	37.71	26.02	36.74	2.46	36.74	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación19	37.92	38.86	27.17	36.87	2.45	36.87	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación20	37.78	39.14	27.45	36.74	2.46	36.74	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación21	37.85	40.00	28.31	36.81	2.46	36.81	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación22	37.85	38.57	26.88	36.81	2.46	36.81	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación23	37.92	38.29	26.60	36.87	2.45	36.87	0.69	0.91	0.69	0.97



Simulación24	38.20	38.29	26.60	37.14	2.44	37.14	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación25	37.64	39.14	27.45	36.61	2.47	36.61	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación26	37.92	38.00	26.31	36.87	2.45	36.87	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación27	37.99	38.86	27.17	36.94	2.45	36.94	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación28	37.78	38.29	26.60	36.74	2.46	36.74	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación29	37.78	40.29	28.60	36.74	2.46	36.74	0.71	0.91	0.71	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.88</b>	<b>38.50</b>	<b>26.81</b>	<b>36.84</b>	<b>2.46</b>	<b>36.84</b>	<b>0.70</b>	<b>0.91</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.18</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.48</b>	<b>2.84</b>	<b>4.08</b>	<b>0.47</b>	<b>0.30</b>	<b>0.47</b>	<b>1.24</b>	<b>0.05</b>	<b>1.24</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 59 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	37.99	39.71	27.91	36.94	2.45	36.94	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación2	38.27	40.00	28.20	37.21	2.44	37.21	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación3	38.20	38.29	26.49	37.14	2.44	37.14	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación4	38.41	38.00	26.20	37.34	2.43	37.34	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación5	38.55	39.71	27.91	37.48	2.43	37.48	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación6	38.62	38.86	27.06	37.55	2.43	37.55	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación7	38.55	37.43	25.63	37.48	2.43	37.48	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación8	38.55	35.43	23.63	37.48	2.43	37.48	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación9	38.55	38.00	26.20	37.48	2.43	37.48	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación10	38.55	36.86	25.06	37.48	2.43	37.48	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación11	38.13	37.14	25.34	37.08	2.45	37.08	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación12	38.76	37.14	25.34	37.68	2.42	37.68	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación13	38.76	36.57	24.77	37.68	2.42	37.68	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación14	38.06	38.00	26.20	37.01	2.45	37.01	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación15	38.83	38.29	26.49	37.75	2.42	37.75	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación16	38.34	40.00	28.20	37.28	2.44	37.28	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación17	38.62	38.57	26.77	37.55	2.43	37.55	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación18	38.55	37.14	25.34	37.48	2.43	37.48	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación19	38.27	36.29	24.49	37.21	2.44	37.21	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación20	38.27	38.29	26.49	37.21	2.44	37.21	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación21	38.62	41.14	29.34	37.55	2.43	37.55	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación22	38.20	38.86	27.06	37.14	2.44	37.14	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación23	39.10	36.57	24.77	38.01	2.41	38.01	0.68	0.91	0.68	0.97

Simulación24	38.76	38.00	26.20	37.68	2.42	37.68	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación25	38.41	36.86	25.06	37.34	2.43	37.34	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación26	38.48	38.29	26.49	37.41	2.43	37.41	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación27	38.20	38.57	26.77	37.14	2.44	37.14	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación28	38.41	38.86	27.06	37.34	2.43	37.34	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación29	38.55	38.57	26.77	37.48	2.43	37.48	0.69	0.91	0.69	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.47</b>	<b>38.12</b>	<b>26.32</b>	<b>37.40</b>	<b>2.43</b>	<b>37.40</b>	<b>0.69</b>	<b>0.91</b>	<b>0.69</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.25</b>	<b>1.28</b>	<b>1.28</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.24</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.65</b>	<b>3.35</b>	<b>4.85</b>	<b>0.65</b>	<b>0.42</b>	<b>0.65</b>	<b>1.50</b>	<b>0.07</b>	<b>1.50</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA 60 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	39.24	36.86	24.41	38.14	2.90	38.14	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación2	39.45	38.29	25.84	38.34	2.89	38.34	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación3	39.66	36.57	24.12	38.54	2.88	38.54	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación4	39.38	38.86	26.41	38.27	2.89	38.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación5	39.73	39.14	26.69	38.61	2.88	38.61	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación6	39.45	37.43	24.98	38.34	2.89	38.34	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación7	39.10	39.71	27.26	38.01	2.91	38.01	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación8	39.59	39.71	27.26	38.48	2.89	38.48	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación9	39.80	40.29	27.84	38.68	2.88	38.68	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación10	39.87	40.29	27.84	38.74	2.87	38.74	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación11	39.38	38.00	25.55	38.27	2.89	38.27	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación12	39.73	38.00	25.55	38.61	2.88	38.61	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación13	39.38	39.43	26.98	38.27	2.89	38.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación14	39.80	40.29	27.84	38.68	2.88	38.68	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación15	39.24	40.29	27.84	38.14	2.90	38.14	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación16	39.66	38.29	25.84	38.54	2.88	38.54	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación17	39.10	39.71	27.26	38.01	2.91	38.01	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación18	39.94	37.43	24.98	38.81	2.87	38.81	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación19	39.73	39.14	26.69	38.61	2.88	38.61	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación20	39.38	38.57	26.12	38.27	2.89	38.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación21	39.38	39.43	26.98	38.27	2.89	38.27	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación22	39.73	38.57	26.12	38.61	2.88	38.61	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación23	39.31	40.86	28.41	38.21	2.90	38.21	0.70	0.90	0.70	0.97

Simulación24	39.59	38.86	26.41	38.48	2.89	38.48	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación25	39.94	38.29	25.84	38.81	2.87	38.81	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación26	39.66	38.00	25.55	38.54	2.88	38.54	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación27	39.38	40.86	28.41	38.27	2.89	38.27	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación28	39.59	38.86	26.41	38.48	2.89	38.48	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación29	39.45	39.43	26.98	38.34	2.89	38.34	0.68	0.90	0.68	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.54</b>	<b>38.95</b>	<b>26.50</b>	<b>38.43</b>	<b>2.89</b>	<b>38.43</b>	<b>0.68</b>	<b>0.90</b>	<b>0.68</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.24</b>	<b>1.13</b>	<b>1.13</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>	<b>0.23</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.60</b>	<b>2.91</b>	<b>4.28</b>	<b>0.59</b>	<b>0.33</b>	<b>0.59</b>	<b>1.38</b>	<b>0.07</b>	<b>1.38</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

Base de datos de las Tablas desde la frecuencia de 30 HZ hasta 60 HZ por pérdida de energía en el Subsistema C 1/2 "ø

FRECUENCIA: 30 HZ										
No Simulaciones	Presión de ingreso al subsistema A	Caudal de ingreso	Caudal de fuga	Presión formulando la pérdida de carga encontrada	Diferencia de presión de fugas	Presión de salida del subsistema	Coefficiente de variación de caudal	Coefficiente de variación de presión	Coefficiente de variación de caudal - DEFINITIVO	Coefficiente de variación de presión - DEFINITIVO
Unidad	Psi	L/min	L/min	Psi	Psi	Psi				
Simulación1	10.18	16.29	14.53	10.07	0.39	10.07	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación2	10.32	16.57	14.81	10.21	0.39	10.21	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación3	10.05	16.86	15.10	9.94	0.39	9.94	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación4	10.25	16.00	14.24	10.14	0.39	10.14	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación5	10.05	15.71	13.95	9.94	0.39	9.94	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación6	9.91	15.43	13.67	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación7	10.11	16.57	14.81	10.00	0.39	10.00	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación8	10.05	16.86	15.10	9.94	0.39	9.94	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación9	9.84	16.00	14.24	9.74	0.40	9.74	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación10	9.49	16.57	14.81	9.39	0.40	9.39	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación11	9.49	14.29	12.53	9.39	0.40	9.39	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación12	9.91	15.71	13.95	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación13	9.98	15.71	13.95	9.87	0.39	9.87	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación14	9.91	14.86	13.10	9.80	0.39	9.80	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación15	9.63	15.71	13.95	9.53	0.40	9.53	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación16	9.63	15.71	13.95	9.53	0.40	9.53	0.89	0.95	0.89	0.99

Simulación17	9.91	16.29	14.53	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación18	9.63	15.43	13.67	9.53	0.40	9.53	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación19	10.18	16.29	14.53	10.07	0.39	10.07	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación20	9.56	15.43	13.67	9.46	0.40	9.46	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación21	9.56	15.43	13.67	9.46	0.40	9.46	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación22	9.98	15.71	13.95	9.87	0.39	9.87	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación23	9.35	15.14	13.38	9.26	0.41	9.26	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación24	9.63	15.71	13.95	9.53	0.40	9.53	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación25	10.11	16.57	14.81	10.00	0.39	10.00	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación26	9.28	13.71	11.95	9.19	0.41	9.19	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación27	9.63	14.57	12.81	9.53	0.40	9.53	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación28	9.63	15.43	13.67	9.53	0.40	9.53	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación29	9.49	14.57	12.81	9.39	0.40	9.39	0.88	0.95	0.88	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.82</b>	<b>15.69</b>	<b>13.93</b>	<b>9.72</b>	<b>0.40</b>	<b>9.72</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.89</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.29</b>	<b>0.78</b>	<b>0.78</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.92</b>	<b>4.94</b>	<b>5.56</b>	<b>2.88</b>	<b>1.68</b>	<b>2.88</b>	<b>0.65</b>	<b>0.16</b>	<b>0.65</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 31 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	9.70	13.14	11.38	9.60	0.40	9.60	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación2	9.21	14.57	12.81	9.12	0.41	9.12	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación3	9.49	13.71	11.95	9.39	0.40	9.39	0.87	0.95	0.87	0.99
Simulación4	10.05	15.71	13.95	9.94	0.39	9.94	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación5	9.70	15.71	13.95	9.60	0.40	9.60	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación6	9.84	15.43	13.67	9.74	0.40	9.74	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación7	9.77	16.29	14.53	9.67	0.40	9.67	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación8	9.35	14.29	12.53	9.26	0.41	9.26	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación9	9.56	15.43	13.67	9.46	0.40	9.46	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación10	9.84	14.29	12.53	9.74	0.40	9.74	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación11	9.56	14.86	13.10	9.46	0.40	9.46	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación12	9.84	16.00	14.24	9.74	0.40	9.74	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación13	10.11	16.00	14.24	10.00	0.39	10.00	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación14	9.77	16.00	14.24	9.67	0.40	9.67	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación15	9.91	16.57	14.81	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación16	9.63	14.86	13.10	9.53	0.40	9.53	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación17	9.84	14.86	13.10	9.74	0.40	9.74	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación18	9.14	14.29	12.53	9.05	0.41	9.05	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación19	9.70	15.71	13.95	9.60	0.40	9.60	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación20	9.63	14.86	13.10	9.53	0.40	9.53	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación21	10.25	16.86	15.10	10.14	0.39	10.14	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación22	9.91	15.43	13.67	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación23	9.77	16.29	14.53	9.67	0.40	9.67	0.89	0.95	0.89	0.99



Simulación24	10.32	16.00	14.24	10.21	0.39	10.21	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación25	9.56	14.57	12.81	9.46	0.40	9.46	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación26	9.91	16.00	14.24	9.80	0.39	9.80	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación27	9.35	14.29	12.53	9.26	0.41	9.26	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación28	9.42	15.43	13.67	9.33	0.41	9.33	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación29	10.18	15.43	13.67	10.07	0.39	10.07	0.89	0.95	0.89	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.73</b>	<b>15.27</b>	<b>13.51</b>	<b>9.63</b>	<b>0.40</b>	<b>9.63</b>	<b>0.88</b>	<b>0.95</b>	<b>0.88</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.29</b>	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>3.00</b>	<b>5.82</b>	<b>6.58</b>	<b>2.96</b>	<b>1.69</b>	<b>2.96</b>	<b>0.78</b>	<b>0.16</b>	<b>0.78</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 32 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	10.67	16.00	14.24	10.55	0.38	10.55	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación2	10.11	15.14	13.38	10.00	0.39	10.00	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación3	10.81	17.14	15.38	10.68	0.37	10.68	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación4	10.46	16.86	15.10	10.34	0.38	10.34	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación5	10.81	17.14	15.38	10.68	0.37	10.68	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación6	10.74	17.14	15.38	10.62	0.38	10.62	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación7	10.18	15.43	13.67	10.07	0.39	10.07	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación8	10.74	17.71	15.95	10.62	0.38	10.62	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación9	10.11	16.57	14.81	10.00	0.39	10.00	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación10	10.60	16.29	14.53	10.48	0.38	10.48	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación11	10.53	16.29	14.53	10.41	0.38	10.41	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación12	9.70	14.86	13.10	9.60	0.40	9.60	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación13	10.46	14.86	13.10	10.34	0.38	10.34	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación14	10.39	16.86	15.10	10.27	0.38	10.27	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación15	10.32	16.29	14.53	10.21	0.39	10.21	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación16	10.32	16.00	14.24	10.21	0.39	10.21	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación17	10.18	16.29	14.53	10.07	0.39	10.07	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación18	10.32	17.14	15.38	10.21	0.39	10.21	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación19	10.53	16.86	15.10	10.41	0.38	10.41	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación20	10.81	17.43	15.67	10.68	0.37	10.68	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación21	9.77	15.71	13.95	9.67	0.40	9.67	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación22	10.46	15.14	13.38	10.34	0.38	10.34	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación23	10.74	17.71	15.95	10.62	0.38	10.62	0.90	0.95	0.90	0.99

Simulación24	10.05	16.57	14.81	9.94	0.39	9.94	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación25	10.46	16.29	14.53	10.34	0.38	10.34	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación26	10.60	15.71	13.95	10.48	0.38	10.48	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación27	10.67	16.29	14.53	10.55	0.38	10.55	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación28	10.25	15.71	13.95	10.14	0.39	10.14	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación29	10.67	16.57	14.81	10.55	0.38	10.55	0.89	0.95	0.89	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.43</b>	<b>16.34</b>	<b>14.58</b>	<b>10.31</b>	<b>0.38</b>	<b>10.31</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.89</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.30</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.86</b>	<b>4.91</b>	<b>5.50</b>	<b>2.82</b>	<b>1.86</b>	<b>2.82</b>	<b>0.60</b>	<b>0.15</b>	<b>0.60</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 33 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	10.60	15.71	13.89	10.48	0.38	10.48	0.88	0.95	0.88	0.99
Simulación2	11.16	18.00	16.18	11.02	0.36	11.02	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación3	11.02	18.86	17.04	10.89	0.37	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación4	11.16	17.43	15.61	11.02	0.36	11.02	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación5	10.88	17.71	15.89	10.75	0.37	10.75	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación6	11.57	16.57	14.75	11.42	0.35	11.42	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación7	11.44	17.43	15.61	11.30	0.36	11.30	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación8	11.23	16.86	15.04	11.09	0.36	11.09	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación9	10.81	17.43	15.61	10.68	0.37	10.68	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación10	11.64	19.14	17.32	11.49	0.35	11.49	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación11	10.88	16.86	15.04	10.75	0.37	10.75	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación12	11.02	17.43	15.61	10.89	0.37	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación13	11.23	18.29	16.47	11.09	0.36	11.09	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación14	10.25	16.29	14.47	10.14	0.39	10.14	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación15	11.09	17.43	15.61	10.96	0.37	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación16	11.09	17.43	15.61	10.96	0.37	10.96	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación17	10.46	16.00	14.18	10.34	0.38	10.34	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación18	11.02	18.00	16.18	10.89	0.37	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación19	10.67	16.86	15.04	10.55	0.38	10.55	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación20	10.60	16.29	14.47	10.48	0.38	10.48	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación21	10.88	18.29	16.47	10.75	0.37	10.75	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación22	10.74	17.71	15.89	10.62	0.38	10.62	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación23	11.02	16.29	14.47	10.89	0.37	10.89	0.89	0.95	0.89	0.99

Simulación24	11.37	18.00	16.18	11.23	0.36	11.23	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación25	10.95	16.29	14.47	10.82	0.37	10.82	0.89	0.95	0.89	0.99
Simulación26	11.23	17.71	15.89	11.09	0.36	11.09	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación27	11.57	17.71	15.89	11.42	0.35	11.42	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación28	11.16	17.71	15.89	11.02	0.36	11.02	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación29	11.64	17.71	15.89	11.49	0.35	11.49	0.90	0.96	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.05</b>	<b>17.36</b>	<b>15.54</b>	<b>10.91</b>	<b>0.37</b>	<b>10.91</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.89</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>0.84</b>	<b>0.84</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>3.16</b>	<b>4.83</b>	<b>5.39</b>	<b>3.12</b>	<b>2.35</b>	<b>3.12</b>	<b>0.57</b>	<b>0.15</b>	<b>0.57</b>	<b>0.04</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 34 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	11.44	16.57	14.75	11.30	0.36	11.30	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación2	11.85	18.00	16.18	11.70	0.35	11.70	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación3	11.02	18.00	16.18	10.89	0.37	10.89	0.90	0.95	0.90	0.99
Simulación4	12.20	18.57	16.75	12.04	0.34	12.04	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación5	11.78	18.00	16.18	11.63	0.35	11.63	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación6	11.64	17.71	15.89	11.49	0.35	11.49	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación7	11.64	17.71	15.89	11.49	0.35	11.49	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación8	11.78	17.14	15.32	11.63	0.35	11.63	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación9	11.30	17.14	15.32	11.16	0.36	11.16	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación10	11.71	17.71	15.89	11.56	0.35	11.56	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación11	11.92	18.29	16.47	11.77	0.35	11.77	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación12	12.06	19.14	17.32	11.90	0.34	11.90	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación13	11.51	17.14	15.32	11.37	0.36	11.37	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación14	12.55	18.00	16.18	12.38	0.33	12.38	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación15	11.30	16.29	14.47	11.16	0.36	11.16	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación16	11.57	18.00	16.18	11.42	0.35	11.42	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación17	11.64	18.00	16.18	11.49	0.35	11.49	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación18	11.44	18.86	17.04	11.30	0.36	11.30	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación19	11.71	18.00	16.18	11.56	0.35	11.56	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación20	11.51	16.86	15.04	11.37	0.36	11.37	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación21	11.37	17.43	15.61	11.23	0.36	11.23	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación22	11.44	17.43	15.61	11.30	0.36	11.30	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación23	11.78	16.86	15.04	11.63	0.35	11.63	0.89	0.96	0.89	0.99

Simulación24	12.13	18.57	16.75	11.97	0.34	11.97	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación25	11.78	18.57	16.75	11.63	0.35	11.63	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación26	11.44	16.86	15.04	11.30	0.36	11.30	0.89	0.96	0.89	0.99
Simulación27	11.37	17.71	15.89	11.23	0.36	11.23	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación28	11.57	18.29	16.47	11.42	0.35	11.42	0.90	0.96	0.90	0.99
Simulación29	11.57	18.00	16.18	11.42	0.35	11.42	0.90	0.96	0.90	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.66</b>	<b>17.75</b>	<b>15.93</b>	<b>11.51</b>	<b>0.35</b>	<b>11.51</b>	<b>0.90</b>	<b>0.96</b>	<b>0.90</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.31</b>	<b>0.69</b>	<b>0.69</b>	<b>0.30</b>	<b>0.01</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>2.68</b>	<b>3.91</b>	<b>4.36</b>	<b>2.64</b>	<b>2.26</b>	<b>2.64</b>	<b>0.45</b>	<b>0.12</b>	<b>0.45</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 35 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	12.13	18.57	16.37	11.97	0.64	11.97	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación2	12.13	18.00	15.80	11.97	0.64	11.97	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación3	12.27	19.43	17.23	12.11	0.64	12.11	0.89	0.93	0.89	0.99
Simulación4	12.55	19.71	17.51	12.38	0.63	12.38	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación5	12.20	19.14	16.94	12.04	0.64	12.04	0.89	0.93	0.89	0.99
Simulación6	12.48	18.86	16.66	12.31	0.63	12.31	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación7	11.85	18.86	16.66	11.70	0.65	11.70	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación8	12.20	18.00	15.80	12.04	0.64	12.04	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación9	12.55	19.14	16.94	12.38	0.63	12.38	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación10	11.99	17.43	15.23	11.83	0.64	11.83	0.87	0.93	0.87	0.99
Simulación11	12.83	19.71	17.51	12.65	0.62	12.65	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación12	12.69	18.29	16.09	12.52	0.63	12.52	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación13	12.34	20.57	18.37	12.17	0.63	12.17	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación14	11.78	18.29	16.09	11.63	0.65	11.63	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación15	12.41	18.29	16.09	12.24	0.63	12.24	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación16	12.48	18.57	16.37	12.31	0.63	12.31	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación17	12.13	18.57	16.37	11.97	0.64	11.97	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación18	12.20	19.43	17.23	12.04	0.64	12.04	0.89	0.93	0.89	0.99
Simulación19	12.48	20.57	18.37	12.31	0.63	12.31	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación20	12.34	18.00	15.80	12.17	0.63	12.17	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación21	12.27	19.14	16.94	12.11	0.64	12.11	0.89	0.93	0.89	0.99
Simulación22	11.85	17.71	15.51	11.70	0.65	11.70	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación23	12.48	20.57	18.37	12.31	0.63	12.31	0.89	0.94	0.89	0.99



Simulación24	12.48	19.43	17.23	12.31	0.63	12.31	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación25	11.99	18.57	16.37	11.83	0.64	11.83	0.88	0.93	0.88	0.99
Simulación26	12.83	19.71	17.51	12.65	0.62	12.65	0.89	0.94	0.89	0.99
Simulación27	12.27	19.43	17.23	12.11	0.64	12.11	0.89	0.93	0.89	0.99
Simulación28	12.62	21.14	18.94	12.45	0.63	12.45	0.90	0.94	0.90	0.99
Simulación29	12.27	20.29	18.09	12.11	0.64	12.11	0.89	0.93	0.89	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.31</b>	<b>19.08</b>	<b>16.88</b>	<b>12.15</b>	<b>0.64</b>	<b>12.15</b>	<b>0.88</b>	<b>0.93</b>	<b>0.88</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.27</b>	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.22</b>	<b>4.97</b>	<b>5.62</b>	<b>2.20</b>	<b>1.13</b>	<b>2.20</b>	<b>0.64</b>	<b>0.16</b>	<b>0.64</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 36 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	13.24	20.57	17.97	13.05	0.61	13.05	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación2	12.97	20.00	17.40	12.79	0.62	12.79	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación3	13.31	20.00	17.40	13.12	0.61	13.12	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación4	13.24	20.57	17.97	13.05	0.61	13.05	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación5	12.90	18.00	15.40	12.72	0.62	12.72	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación6	12.83	19.14	16.54	12.65	0.62	12.65	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación7	13.03	18.57	15.97	12.85	0.62	12.85	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación8	13.24	19.71	17.11	13.05	0.61	13.05	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación9	12.83	19.14	16.54	12.65	0.62	12.65	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación10	13.31	19.43	16.83	13.12	0.61	13.12	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación11	13.10	19.14	16.54	12.91	0.61	12.91	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación12	12.55	17.43	14.83	12.38	0.63	12.38	0.85	0.94	0.85	0.99
Simulación13	13.24	20.86	18.26	13.05	0.61	13.05	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación14	13.17	19.43	16.83	12.98	0.61	12.98	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación15	12.76	19.14	16.54	12.58	0.62	12.58	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación16	13.52	21.14	18.54	13.32	0.60	13.32	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación17	12.55	18.57	15.97	12.38	0.63	12.38	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación18	13.52	21.14	18.54	13.32	0.60	13.32	0.88	0.94	0.88	0.99
Simulación19	13.38	20.29	17.69	13.19	0.61	13.19	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación20	13.45	19.71	17.11	13.25	0.60	13.25	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación21	13.31	20.29	17.69	13.12	0.61	13.12	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación22	12.83	18.86	16.26	12.65	0.62	12.65	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación23	13.45	21.14	18.54	13.25	0.60	13.25	0.88	0.94	0.88	0.99

Simulación24	12.55	20.00	17.40	12.38	0.63	12.38	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación25	13.03	19.43	16.83	12.85	0.62	12.85	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación26	13.03	18.57	15.97	12.85	0.62	12.85	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación27	13.80	20.57	17.97	13.60	0.60	13.60	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación28	13.03	19.71	17.11	12.85	0.62	12.85	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación29	13.45	20.29	17.69	13.25	0.60	13.25	0.87	0.94	0.87	0.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.12</b>	<b>19.68</b>	<b>17.08</b>	<b>12.94</b>	<b>0.61</b>	<b>12.94</b>	<b>0.87</b>	<b>0.94</b>	<b>0.87</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.32</b>	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>0.31</b>	<b>0.01</b>	<b>0.31</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.41</b>	<b>4.82</b>	<b>5.55</b>	<b>2.38</b>	<b>1.39</b>	<b>2.38</b>	<b>0.75</b>	<b>0.16</b>	<b>0.75</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 37 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	13.94	21.14	18.34	13.73	0.59	13.73	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación2	14.01	21.14	18.34	13.80	0.59	13.80	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación3	13.87	20.00	17.20	13.66	0.59	13.66	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación4	13.66	20.00	17.20	13.46	0.60	13.46	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación5	13.87	20.29	17.49	13.66	0.59	13.66	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación6	13.94	21.14	18.34	13.73	0.59	13.73	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación7	13.94	19.71	16.91	13.73	0.59	13.73	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación8	14.01	21.14	18.34	13.80	0.59	13.80	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación9	14.22	22.00	19.20	14.00	0.58	14.00	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación10	14.22	21.71	18.91	14.00	0.58	14.00	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación11	13.66	20.29	17.49	13.46	0.60	13.46	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación12	13.59	21.43	18.63	13.39	0.60	13.39	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación13	13.87	20.57	17.77	13.66	0.59	13.66	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación14	14.29	21.71	18.91	14.07	0.58	14.07	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación15	14.01	20.86	18.06	13.80	0.59	13.80	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación16	14.22	22.00	19.20	14.00	0.58	14.00	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación17	14.15	21.14	18.34	13.94	0.59	13.94	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación18	13.45	20.57	17.77	13.25	0.60	13.25	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación19	13.66	20.00	17.20	13.46	0.60	13.46	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación20	13.45	19.14	16.34	13.25	0.60	13.25	0.85	0.94	0.85	0.99
Simulación21	13.73	19.71	16.91	13.53	0.60	13.53	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación22	13.38	20.57	17.77	13.19	0.61	13.19	0.86	0.94	0.86	0.99
Simulación23	14.29	21.43	18.63	14.07	0.58	14.07	0.87	0.94	0.87	0.98

Simulación24	14.29	21.71	18.91	14.07	0.58	14.07	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación25	13.45	20.86	18.06	13.25	0.60	13.25	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación26	14.22	20.86	18.06	14.00	0.58	14.00	0.87	0.94	0.87	0.98
Simulación27	13.87	21.71	18.91	13.66	0.59	13.66	0.87	0.94	0.87	0.99
Simulación28	13.52	18.86	16.06	13.32	0.60	13.32	0.85	0.94	0.85	0.99
Simulación29	14.15	21.43	18.63	13.94	0.59	13.94	0.87	0.94	0.87	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.89</b>	<b>20.80</b>	<b>18.00</b>	<b>13.69</b>	<b>0.59</b>	<b>13.69</b>	<b>0.87</b>	<b>0.94</b>	<b>0.87</b>	<b>0.99</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.29</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.09</b>	<b>4.01</b>	<b>4.63</b>	<b>2.06</b>	<b>1.35</b>	<b>2.06</b>	<b>0.64</b>	<b>0.13</b>	<b>0.64</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 38 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	14.56	20.86	17.46	14.33	0.57	14.33	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación2	14.77	21.14	17.74	14.54	0.57	14.54	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación3	14.70	20.86	17.46	14.47	0.57	14.47	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación4	14.49	20.29	16.89	14.27	0.58	14.27	0.83	0.94	0.83	0.98
Simulación5	15.19	23.71	20.31	14.95	0.56	14.95	0.86	0.95	0.86	0.98
Simulación6	15.12	22.57	19.17	14.88	0.56	14.88	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación7	14.36	22.00	18.60	14.14	0.58	14.14	0.85	0.94	0.85	0.98
Simulación8	14.84	21.14	17.74	14.61	0.57	14.61	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación9	15.12	20.86	17.46	14.88	0.56	14.88	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación10	14.42	20.86	17.46	14.20	0.58	14.20	0.84	0.94	0.84	0.98
Simulación11	14.70	22.57	19.17	14.47	0.57	14.47	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación12	14.63	21.43	18.03	14.40	0.57	14.40	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación13	14.91	23.43	20.03	14.67	0.56	14.67	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación14	14.63	21.71	18.31	14.40	0.57	14.40	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación15	15.40	22.29	18.89	15.15	0.55	15.15	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación16	15.12	21.71	18.31	14.88	0.56	14.88	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación17	14.98	22.57	19.17	14.74	0.56	14.74	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación18	15.26	22.00	18.60	15.01	0.55	15.01	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación19	14.98	21.71	18.31	14.74	0.56	14.74	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación20	15.19	23.43	20.03	14.95	0.56	14.95	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación21	14.84	21.14	17.74	14.61	0.57	14.61	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación22	14.91	23.43	20.03	14.67	0.56	14.67	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación23	14.84	22.29	18.89	14.61	0.57	14.61	0.85	0.95	0.85	0.98

Simulación24	15.33	22.57	19.17	15.08	0.55	15.08	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación25	14.70	22.57	19.17	14.47	0.57	14.47	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación26	14.98	21.43	18.03	14.74	0.56	14.74	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación27	14.70	22.57	19.17	14.47	0.57	14.47	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación28	15.05	22.86	19.46	14.81	0.56	14.81	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación29	15.12	22.57	19.17	14.88	0.56	14.88	0.85	0.95	0.85	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.89</b>	<b>22.02</b>	<b>18.62</b>	<b>14.66</b>	<b>0.56</b>	<b>14.66</b>	<b>0.85</b>	<b>0.95</b>	<b>0.85</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.27</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>1.84</b>	<b>4.16</b>	<b>4.92</b>	<b>1.82</b>	<b>1.38</b>	<b>1.82</b>	<b>0.76</b>	<b>0.10</b>	<b>0.76</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 39 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	15.75	23.71	20.11	15.49	0.54	15.49	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación2	15.61	44.00	40.40	15.35	0.54	15.35	0.92	0.95	0.92	0.98
Simulación3	15.19	23.14	19.54	14.95	0.56	14.95	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación4	15.95	24.29	20.69	15.68	0.53	15.68	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación5	15.61	24.00	20.40	15.35	0.54	15.35	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación6	15.12	22.29	18.69	14.88	0.56	14.88	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación7	15.33	23.43	19.83	15.08	0.55	15.08	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación8	15.75	24.57	20.97	15.49	0.54	15.49	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación9	15.05	21.71	18.11	14.81	0.56	14.81	0.83	0.95	0.83	0.98
Simulación10	15.40	23.14	19.54	15.15	0.55	15.15	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación11	16.02	23.43	19.83	15.75	0.53	15.75	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación12	15.61	23.71	20.11	15.35	0.54	15.35	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación13	15.82	24.57	20.97	15.56	0.54	15.56	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación14	16.37	23.71	20.11	16.09	0.52	16.09	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación15	15.54	23.71	20.11	15.29	0.55	15.29	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación16	15.95	22.86	19.26	15.68	0.53	15.68	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación17	15.82	23.71	20.11	15.56	0.54	15.56	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación18	15.75	23.43	19.83	15.49	0.54	15.49	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación19	15.68	23.71	20.11	15.42	0.54	15.42	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación20	16.02	24.00	20.40	15.75	0.53	15.75	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación21	15.54	23.14	19.54	15.29	0.55	15.29	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación22	15.54	23.43	19.83	15.29	0.55	15.29	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación23	16.16	23.71	20.11	15.89	0.53	15.89	0.85	0.95	0.85	0.98



Simulación24	15.33	23.14	19.54	15.08	0.55	15.08	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación25	15.82	24.29	20.69	15.56	0.54	15.56	0.85	0.95	0.85	0.98
Simulación26	15.47	22.00	18.40	15.22	0.55	15.22	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación27	15.82	22.86	19.26	15.56	0.54	15.56	0.84	0.95	0.84	0.98
Simulación28	15.33	20.86	17.26	15.08	0.55	15.08	0.83	0.95	0.83	0.98
Simulación29	15.61	22.57	18.97	15.35	0.54	15.35	0.84	0.95	0.84	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.65</b>	<b>24.04</b>	<b>20.44</b>	<b>15.40</b>	<b>0.54</b>	<b>15.40</b>	<b>0.85</b>	<b>0.95</b>	<b>0.85</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.31</b>	<b>3.93</b>	<b>3.93</b>	<b>0.30</b>	<b>0.01</b>	<b>0.30</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.97</b>	<b>16.35</b>	<b>19.22</b>	<b>1.95</b>	<b>1.66</b>	<b>1.95</b>	<b>1.73</b>	<b>0.11</b>	<b>1.73</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 40 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	16.37	21.43	17.33	16.09	0.92	16.09	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación2	16.23	24.00	19.90	15.96	0.93	15.96	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación3	16.09	21.43	17.33	15.82	0.93	15.82	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación4	16.72	24.57	20.47	16.43	0.91	16.43	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación5	16.51	23.14	19.04	16.23	0.92	16.23	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación6	16.51	23.43	19.33	16.23	0.92	16.23	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación7	16.72	25.14	21.04	16.43	0.91	16.43	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación8	16.86	22.57	18.47	16.57	0.91	16.57	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación9	17.00	24.86	20.76	16.70	0.90	16.70	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación10	16.30	22.86	18.76	16.02	0.92	16.02	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación11	16.86	23.43	19.33	16.57	0.91	16.57	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación12	16.93	25.71	21.61	16.64	0.91	16.64	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación13	16.79	23.14	19.04	16.50	0.91	16.50	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación14	16.30	23.43	19.33	16.02	0.92	16.02	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación15	16.86	24.29	20.19	16.57	0.91	16.57	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación16	16.93	24.57	20.47	16.64	0.91	16.64	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación17	16.51	22.86	18.76	16.23	0.92	16.23	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación18	16.44	23.71	19.61	16.16	0.92	16.16	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación19	16.37	22.86	18.76	16.09	0.92	16.09	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación20	16.65	22.57	18.47	16.36	0.91	16.36	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación21	16.58	24.29	20.19	16.30	0.92	16.30	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación22	16.51	24.00	19.90	16.23	0.92	16.23	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación23	16.16	22.29	18.19	15.89	0.93	15.89	0.82	0.93	0.82	0.98

Simulación24	16.58	23.14	19.04	16.30	0.92	16.30	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación25	17.00	24.00	19.90	16.70	0.90	16.70	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación26	16.86	23.43	19.33	16.57	0.91	16.57	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación27	16.58	24.57	20.47	16.30	0.92	16.30	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación28	16.65	24.86	20.76	16.36	0.91	16.36	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación29	16.37	22.29	18.19	16.09	0.92	16.09	0.82	0.93	0.82	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.59</b>	<b>23.55</b>	<b>19.45</b>	<b>16.31</b>	<b>0.92</b>	<b>16.31</b>	<b>0.83</b>	<b>0.93</b>	<b>0.83</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.26</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>	<b>0.25</b>	<b>0.01</b>	<b>0.25</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.56</b>	<b>4.51</b>	<b>5.46</b>	<b>1.54</b>	<b>0.84</b>	<b>1.54</b>	<b>0.96</b>	<b>0.12</b>	<b>0.96</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 41 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	17.76	24.86	20.66	17.44	0.88	17.44	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación2	17.41	24.29	20.09	17.10	0.89	17.10	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación3	17.14	24.00	19.80	16.84	0.90	16.84	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación4	17.07	24.29	20.09	16.77	0.90	16.77	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación5	17.48	24.57	20.37	17.17	0.89	17.17	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación6	17.14	22.29	18.09	16.84	0.90	16.84	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación7	17.28	23.14	18.94	16.97	0.89	16.97	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación8	16.79	22.57	18.37	16.50	0.91	16.50	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación9	17.21	24.00	19.80	16.91	0.90	16.91	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación10	17.55	23.43	19.23	17.24	0.89	17.24	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación11	17.41	24.00	19.80	17.10	0.89	17.10	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación12	17.34	24.57	20.37	17.03	0.89	17.03	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación13	17.21	25.14	20.94	16.91	0.90	16.91	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación14	17.55	24.86	20.66	17.24	0.89	17.24	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación15	17.14	24.29	20.09	16.84	0.90	16.84	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación16	17.90	24.29	20.09	17.58	0.88	17.58	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación17	17.97	25.43	21.23	17.64	0.87	17.64	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación18	17.62	24.29	20.09	17.30	0.88	17.30	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación19	16.86	24.00	19.80	16.57	0.91	16.57	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación20	17.69	23.71	19.51	17.37	0.88	17.37	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación21	17.07	24.00	19.80	16.77	0.90	16.77	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación22	17.21	23.71	19.51	16.91	0.90	16.91	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación23	16.72	23.14	18.94	16.43	0.91	16.43	0.82	0.93	0.82	0.98

Simulación24	17.83	26.86	22.66	17.51	0.88	17.51	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación25	17.14	23.71	19.51	16.84	0.90	16.84	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación26	17.83	25.14	20.94	17.51	0.88	17.51	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación27	17.07	24.57	20.37	16.77	0.90	16.77	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación28	17.97	22.57	18.37	17.64	0.87	17.64	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación29	17.48	23.14	18.94	17.17	0.89	17.17	0.82	0.93	0.82	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.37</b>	<b>24.10</b>	<b>19.90</b>	<b>17.07</b>	<b>0.89</b>	<b>17.07</b>	<b>0.83</b>	<b>0.93</b>	<b>0.83</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.35</b>	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.34</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.01</b>	<b>3.94</b>	<b>4.77</b>	<b>1.99</b>	<b>1.19</b>	<b>1.99</b>	<b>0.82</b>	<b>0.15</b>	<b>0.82</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 42 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	17.97	26.29	21.59	17.64	0.38	17.64	0.77	0.96	0.77	0.98
Simulación2	18.46	24.86	20.16	18.12	1.35	18.12	0.80	0.91	0.80	0.98
Simulación3	17.97	24.57	19.87	17.64	0.17	17.64	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación4	18.67	24.57	19.87	18.32	1.62	18.32	0.72	0.89	0.72	0.98
Simulación5	17.90	22.29	17.59	17.58	-0.02	17.58	0.92	0.98	0.92	0.98
Simulación6	18.80	25.14	20.44	18.45	0.78	18.45	0.82	0.94	0.82	0.98
Simulación7	18.87	25.43	20.73	18.52	0.78	18.52	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación8	18.94	24.86	20.16	18.58	1.67	18.58	0.87	0.89	0.87	0.98
Simulación9	18.11	26.29	21.59	17.78	0.38	17.78	0.71	0.96	0.71	0.98
Simulación10	18.60	23.43	18.73	18.25	1.41	18.25	0.82	0.91	0.82	0.98
Simulación11	18.04	24.00	19.30	17.71	0.45	17.71	0.85	0.96	0.85	0.98
Simulación12	18.46	25.14	20.44	18.12	1.07	18.12	0.77	0.92	0.77	0.98
Simulación13	18.25	24.00	19.30	17.91	1.14	17.91	0.88	0.92	0.88	0.98
Simulación14	17.97	25.71	21.01	17.64	-0.03	17.64	0.85	0.98	0.85	0.98
Simulación15	18.87	26.57	21.87	18.52	1.68	18.52	0.78	0.89	0.78	0.98
Simulación16	18.04	25.43	20.73	17.71	0.59	17.71	0.86	0.95	0.86	0.98
Simulación17	18.32	26.57	21.87	17.98	1.14	17.98	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación18	18.04	24.00	19.30	17.71	0.94	17.71	0.78	0.93	0.78	0.98
Simulación19	17.97	23.43	18.73	17.64	0.24	17.64	0.95	0.97	0.95	0.98
Simulación20	18.60	26.86	22.16	18.25	0.71	18.25	0.78	0.94	0.78	0.98
Simulación21	18.74	25.71	21.01	18.39	1.97	18.39	0.82	0.88	0.82	0.98
Simulación22	17.62	25.71	21.01	17.30	0.11	17.30	0.84	0.98	0.84	0.98
Simulación23	18.39	26.29	21.59	18.05	0.45	18.05	0.77	0.96	0.77	0.98

Simulación24	18.80	24.86	20.16	18.45	0.78	18.45	0.85	0.94	0.85	0.98
Simulación25	18.87	25.71	21.01	18.52	1.33	18.52	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación26	18.39	24.00	19.30	18.05	1.28	18.05	0.84	0.91	0.84	0.98
Simulación27	17.97	24.86	20.16	17.64	0.87	17.64	0.86	0.93	0.86	0.98
Simulación28	17.97	26.00	21.30	17.64	0.45	17.64	0.86	0.96	0.86	0.98
Simulación29	18.39	27.14	22.44	18.05	0.91	18.05	0.75	0.93	0.75	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.34</b>	<b>25.16</b>	<b>20.46</b>	<b>18.01</b>	<b>0.85</b>	<b>18.01</b>	<b>0.81</b>	<b>0.94</b>	<b>0.81</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.37</b>	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	<b>0.36</b>	<b>0.55</b>	<b>0.36</b>	<b>0.06</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.04</b>	<b>4.59</b>	<b>5.64</b>	<b>2.02</b>	<b>1.50</b>	<b>2.02</b>	<b>7.05</b>	<b>3.12</b>	<b>7.05</b>	<b>0.03</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 43 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	19.01	25.43	20.43	18.65	0.70	18.65	0.92	0.94	0.92	0.98
Simulación2	19.15	28.29	23.29	18.79	0.70	18.79	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación3	19.29	27.71	22.71	18.92	1.04	18.92	0.76	0.93	0.76	0.98
Simulación4	19.08	26.00	21.00	18.72	0.84	18.72	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación5	19.08	25.71	20.71	18.72	0.91	18.72	0.81	0.93	0.81	0.98
Simulación6	19.01	25.71	20.71	18.65	0.07	18.65	0.79	0.98	0.79	0.98
Simulación7	19.78	25.43	20.43	19.40	1.24	19.40	0.86	0.92	0.86	0.98
Simulación8	19.36	26.86	21.86	18.99	0.90	18.99	0.79	0.93	0.79	0.98
Simulación9	19.29	26.29	21.29	18.92	0.06	18.92	0.85	0.98	0.85	0.98
Simulación10	20.06	27.43	22.43	19.67	1.79	19.67	0.79	0.89	0.79	0.98
Simulación11	19.08	26.57	21.57	18.72	0.63	18.72	0.88	0.95	0.88	0.98
Simulación12	19.29	28.29	23.29	18.92	0.62	18.92	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación13	19.50	26.29	21.29	19.13	0.41	19.13	0.85	0.96	0.85	0.98
Simulación14	19.92	27.43	22.43	19.53	1.16	19.53	0.80	0.92	0.80	0.98
Simulación15	19.57	26.86	21.86	19.19	0.68	19.19	0.78	0.95	0.78	0.98
Simulación16	19.71	26.00	21.00	19.33	1.24	19.33	0.81	0.92	0.81	0.98
Simulación17	19.29	26.00	21.00	18.92	1.18	18.92	0.82	0.92	0.82	0.98
Simulación18	18.94	26.29	21.29	18.58	0.21	18.58	0.83	0.97	0.83	0.98
Simulación19	19.57	26.86	21.86	19.19	0.89	19.19	0.80	0.94	0.80	0.98
Simulación20	19.50	26.57	21.57	19.13	1.18	19.13	0.81	0.92	0.81	0.98
Simulación21	19.15	26.57	21.57	18.79	0.91	18.79	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación22	19.08	26.86	21.86	18.72	0.14	18.72	0.80	0.97	0.80	0.98
Simulación23	19.78	26.57	21.57	19.40	1.17	19.40	0.84	0.92	0.84	0.98



Simulación24	19.43	27.43	22.43	19.06	0.48	19.06	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación25	19.78	27.14	22.14	19.40	1.17	19.40	0.81	0.92	0.81	0.98
Simulación26	19.43	26.86	21.86	19.06	1.25	19.06	0.77	0.92	0.77	0.98
Simulación27	19.01	25.71	20.71	18.65	0.56	18.65	0.83	0.95	0.83	0.98
Simulación28	19.29	26.29	21.29	18.92	0.69	18.92	0.82	0.95	0.82	0.98
Simulación29	19.43	26.57	21.57	19.06	0.88	19.06	0.81	0.94	0.81	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.37</b>	<b>26.62</b>	<b>21.62</b>	<b>19.00</b>	<b>0.82</b>	<b>19.00</b>	<b>0.81</b>	<b>0.94</b>	<b>0.81</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.30</b>	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>	<b>0.29</b>	<b>0.41</b>	<b>0.29</b>	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.56</b>	<b>2.86</b>	<b>3.52</b>	<b>1.54</b>	<b>1.48</b>	<b>1.54</b>	<b>4.25</b>	<b>2.19</b>	<b>4.25</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 44 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	20.61	27.14	20.94	20.20	1.55	20.20	0.78	0.90	0.78	0.98
Simulación2	19.85	27.43	21.23	19.46	0.19	19.46	0.75	0.97	0.75	0.98
Simulación3	20.47	26.86	20.66	20.06	1.41	20.06	0.79	0.91	0.79	0.98
Simulación4	19.85	27.43	21.23	19.46	0.26	19.46	0.81	0.97	0.81	0.98
Simulación5	20.40	28.29	22.09	20.00	1.35	20.00	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación6	19.85	27.14	20.94	19.46	0.47	19.46	0.71	0.96	0.71	0.98
Simulación7	20.19	25.43	19.23	19.79	1.00	19.79	0.83	0.93	0.83	0.98
Simulación8	19.99	27.43	21.23	19.60	0.40	19.60	0.77	0.96	0.77	0.98
Simulación9	20.40	27.43	21.23	20.00	1.21	20.00	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación10	19.99	27.14	20.94	19.60	0.40	19.60	0.81	0.96	0.81	0.98
Simulación11	20.40	28.29	22.09	20.00	0.80	20.00	0.81	0.94	0.81	0.98
Simulación12	20.40	29.14	22.94	20.00	0.94	20.00	0.76	0.93	0.76	0.98
Simulación13	20.26	28.29	22.09	19.86	0.80	19.86	0.77	0.94	0.77	0.98
Simulación14	20.26	28.00	21.80	19.86	0.93	19.86	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación15	20.13	26.00	19.80	19.74	1.02	19.74	0.82	0.93	0.82	0.98
Simulación16	19.92	27.43	21.23	19.53	0.47	19.53	0.79	0.96	0.79	0.98
Simulación17	20.26	28.00	21.80	19.86	0.59	19.86	0.76	0.95	0.76	0.98
Simulación18	20.47	27.43	21.23	20.06	1.34	20.06	0.77	0.91	0.77	0.98
Simulación19	19.92	27.43	21.23	19.53	0.05	19.53	0.82	0.98	0.82	0.98
Simulación20	20.68	28.57	22.37	20.27	1.41	20.27	0.71	0.91	0.71	0.98
Simulación21	20.06	26.57	20.37	19.67	0.19	19.67	0.77	0.97	0.77	0.98
Simulación22	20.68	26.57	20.37	20.27	1.41	20.27	0.81	0.91	0.81	0.98
Simulación23	20.06	27.71	21.51	19.67	0.61	19.67	0.78	0.95	0.78	0.98

Simulación24	20.26	27.71	21.51	19.86	0.52	19.86	0.75	0.95	0.75	0.98
Simulación25	20.54	26.86	20.66	20.13	1.62	20.13	0.72	0.90	0.72	0.98
Simulación26	19.71	25.43	19.23	19.33	0.06	19.33	0.86	0.98	0.86	0.98
Simulación27	20.47	28.00	21.80	20.06	0.72	20.06	0.75	0.94	0.75	0.98
Simulación28	20.54	27.14	20.94	20.13	1.27	20.13	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación29	20.06	26.29	20.09	19.67	0.64	19.67	0.80	0.95	0.80	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.23</b>	<b>27.33</b>	<b>21.13</b>	<b>19.83</b>	<b>0.82</b>	<b>19.83</b>	<b>0.77</b>	<b>0.94</b>	<b>0.77</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.28</b>	<b>0.87</b>	<b>0.87</b>	<b>0.27</b>	<b>0.47</b>	<b>0.27</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.37</b>	<b>3.18</b>	<b>4.11</b>	<b>1.35</b>	<b>1.50</b>	<b>1.35</b>	<b>4.99</b>	<b>2.46</b>	<b>4.99</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 45 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	21.31	28.57	20.97	20.88	1.29	20.88	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación2	21.59	29.43	21.83	21.15	1.91	21.15	0.71	0.89	0.71	0.98
Simulación3	21.24	28.57	20.97	20.81	1.71	20.81	0.70	0.90	0.70	0.98
Simulación4	21.10	27.71	20.11	20.67	1.15	20.67	0.77	0.93	0.77	0.98
Simulación5	21.52	28.86	21.26	21.08	1.63	21.08	0.76	0.90	0.76	0.98
Simulación6	21.45	29.43	21.83	21.01	1.84	21.01	0.70	0.89	0.70	0.98
Simulación7	21.17	28.29	20.69	20.74	1.15	20.74	0.76	0.93	0.76	0.98
Simulación8	21.59	29.14	21.54	21.15	1.84	21.15	0.69	0.89	0.69	0.98
Simulación9	21.31	27.71	20.11	20.88	1.16	20.88	0.75	0.93	0.75	0.98
Simulación10	21.72	28.29	20.69	21.27	2.17	21.27	0.73	0.88	0.73	0.98
Simulación11	21.10	28.29	20.69	20.67	1.22	20.67	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación12	21.45	26.86	19.26	21.01	2.19	21.01	0.76	0.88	0.76	0.98
Simulación13	20.82	28.00	20.40	20.40	1.09	20.40	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación14	21.31	26.00	18.40	20.88	1.36	20.88	0.78	0.92	0.78	0.98
Simulación15	21.52	28.00	20.40	21.08	1.70	21.08	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación16	21.38	28.29	20.69	20.94	1.42	20.94	0.77	0.91	0.77	0.98
Simulación17	21.52	29.43	21.83	21.08	1.84	21.08	0.69	0.89	0.69	0.98
Simulación18	21.24	28.00	20.40	20.81	1.64	20.81	0.76	0.90	0.76	0.98
Simulación19	21.17	28.86	21.26	20.74	0.88	20.74	0.79	0.94	0.79	0.98
Simulación20	21.86	30.29	22.69	21.41	2.17	21.41	0.64	0.88	0.64	0.98
Simulación21	21.24	26.86	19.26	20.81	1.02	20.81	0.79	0.93	0.79	0.98
Simulación22	21.79	28.86	21.26	21.34	1.82	21.34	0.68	0.90	0.68	0.98
Simulación23	21.52	27.14	19.54	21.08	1.63	21.08	0.78	0.90	0.78	0.98

Simulación24	21.45	28.86	21.26	21.01	1.63	21.01	0.69	0.90	0.69	0.98
Simulación25	21.38	27.43	19.83	20.94	1.22	20.94	0.78	0.92	0.78	0.98
Simulación26	21.72	28.86	21.26	21.27	1.68	21.27	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación27	21.59	28.86	21.26	21.15	1.50	21.15	0.70	0.91	0.70	0.98
Simulación28	21.65	27.71	20.11	21.21	1.90	21.21	0.73	0.89	0.73	0.98
Simulación29	21.31	27.71	20.11	20.88	1.46	20.88	0.75	0.91	0.75	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>21.41</b>	<b>28.29</b>	<b>20.69</b>	<b>20.98</b>	<b>1.56</b>	<b>20.98</b>	<b>0.73</b>	<b>0.91</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.23</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.23</b>	<b>0.36</b>	<b>0.23</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.09</b>	<b>3.25</b>	<b>4.45</b>	<b>1.08</b>	<b>1.62</b>	<b>1.08</b>	<b>5.78</b>	<b>1.79</b>	<b>5.78</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 46 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	21.86	27.71	19.73	21.41	0.99	21.41	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación2	22.42	27.71	19.73	21.95	1.88	21.95	0.77	0.90	0.77	0.98
Simulación3	22.07	29.43	21.45	21.61	1.05	21.61	0.77	0.93	0.77	0.98
Simulación4	22.56	30.57	22.59	22.09	2.02	22.09	0.69	0.89	0.69	0.98
Simulación5	22.07	29.14	21.16	21.61	1.82	21.61	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación6	21.79	29.43	21.45	21.34	1.06	21.34	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación7	22.28	28.57	20.59	21.81	1.81	21.81	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación8	22.00	29.14	21.16	21.54	1.54	21.54	0.73	0.91	0.73	0.98
Simulación9	22.00	29.14	21.16	21.54	1.19	21.54	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación10	22.35	28.86	20.88	21.88	1.32	21.88	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación11	22.56	28.57	20.59	22.09	1.53	22.09	0.81	0.91	0.81	0.98
Simulación12	22.56	31.14	23.16	22.09	1.88	22.09	0.71	0.90	0.71	0.98
Simulación13	22.21	30.00	22.02	21.75	1.47	21.75	0.70	0.91	0.70	0.98
Simulación14	22.28	28.86	20.88	21.81	1.74	21.81	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación15	22.07	29.43	21.45	21.61	0.84	21.61	0.70	0.94	0.70	0.98
Simulación16	22.77	28.57	20.59	22.29	2.01	22.29	0.67	0.89	0.67	0.98
Simulación17	22.28	27.14	19.16	21.81	1.53	21.81	0.76	0.91	0.76	0.98
Simulación18	22.28	28.57	20.59	21.81	1.18	21.81	0.77	0.93	0.77	0.98
Simulación19	22.63	30.00	22.02	22.15	1.45	22.15	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación20	22.70	29.43	21.45	22.22	2.08	22.22	0.72	0.89	0.72	0.98
Simulación21	22.14	29.14	21.16	21.68	1.47	21.68	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación22	22.21	28.86	20.88	21.75	1.05	21.75	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación23	22.70	28.57	20.59	22.22	1.87	22.22	0.78	0.90	0.78	0.98

Simulación24	22.35	30.29	22.31	21.88	1.53	21.88	0.65	0.91	0.65	0.98
Simulación25	22.35	27.71	19.73	21.88	2.02	21.88	0.74	0.89	0.74	0.98
Simulación26	21.86	28.57	20.59	21.41	1.06	21.41	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación27	22.35	28.57	20.59	21.88	1.60	21.88	0.78	0.91	0.78	0.98
Simulación28	22.28	30.29	22.31	21.81	1.39	21.81	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación29	22.42	30.86	22.88	21.95	1.66	21.95	0.68	0.90	0.68	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.29</b>	<b>29.11</b>	<b>21.13</b>	<b>21.82</b>	<b>1.52</b>	<b>21.82</b>	<b>0.73</b>	<b>0.91</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.26</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.25</b>	<b>0.36</b>	<b>0.25</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.17</b>	<b>3.32</b>	<b>4.57</b>	<b>1.16</b>	<b>1.78</b>	<b>1.16</b>	<b>4.99</b>	<b>1.71</b>	<b>4.99</b>	<b>0.02</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 47 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	23.67	29.71	21.41	23.16	1.77	23.16	0.77	0.90	0.77	0.98
Simulación2	23.39	31.14	22.84	22.89	0.80	22.89	0.73	0.94	0.73	0.98
Simulación3	24.09	31.14	22.84	23.56	1.82	23.56	0.72	0.90	0.72	0.98
Simulación4	23.74	30.57	22.27	23.22	1.20	23.22	0.74	0.93	0.74	0.98
Simulación5	24.02	30.86	22.56	23.50	2.32	23.50	0.74	0.88	0.74	0.98
Simulación6	23.18	31.14	22.84	22.68	0.87	22.68	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación7	23.81	30.86	22.56	23.29	1.69	23.29	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación8	23.60	31.43	23.13	23.09	1.91	23.09	0.73	0.90	0.73	0.98
Simulación9	23.18	31.14	22.84	22.68	1.36	22.68	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación10	23.32	30.00	21.70	22.82	1.36	22.82	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación11	23.46	30.29	21.99	22.95	1.21	22.95	0.73	0.93	0.73	0.98
Simulación12	23.74	30.29	21.99	23.22	1.62	23.22	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación13	23.60	30.86	22.56	23.09	1.28	23.09	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación14	23.81	29.14	20.84	23.29	1.90	23.29	0.77	0.90	0.77	0.98
Simulación15	23.39	30.86	22.56	22.89	1.15	22.89	0.75	0.93	0.75	0.98
Simulación16	23.74	31.43	23.13	23.22	1.34	23.22	0.78	0.92	0.78	0.98
Simulación17	23.88	32.86	24.56	23.36	1.48	23.36	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación18	23.88	31.71	23.41	23.36	1.55	23.36	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación19	23.81	31.14	22.84	23.29	1.62	23.29	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación20	23.67	31.71	23.41	23.16	1.21	23.16	0.66	0.93	0.66	0.98
Simulación21	23.95	29.14	20.84	23.43	1.48	23.43	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación22	23.95	30.57	22.27	23.43	2.11	23.43	0.71	0.89	0.71	0.98
Simulación23	23.32	30.00	21.70	22.82	0.94	22.82	0.73	0.94	0.73	0.98



Simulación24	23.88	30.29	21.99	23.36	1.48	23.36	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación25	23.88	28.86	20.56	23.36	1.62	23.36	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación26	23.74	30.00	21.70	23.22	1.27	23.22	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación27	23.95	29.43	21.13	23.43	1.76	23.43	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación28	23.67	30.00	21.70	23.16	1.56	23.16	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación29	23.60	30.00	21.70	23.09	1.40	23.09	0.74	0.92	0.74	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.69</b>	<b>30.57</b>	<b>22.27</b>	<b>23.17</b>	<b>1.49</b>	<b>23.17</b>	<b>0.73</b>	<b>0.92</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.25</b>	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.24</b>	<b>0.35</b>	<b>0.24</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.05</b>	<b>2.91</b>	<b>4.00</b>	<b>1.03</b>	<b>2.25</b>	<b>1.03</b>	<b>3.96</b>	<b>1.58</b>	<b>3.96</b>	<b>0.01</b>

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 48 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	25.69	31.43	22.73	25.11	1.77	25.11	0.71	0.91	0.71	0.98
Simulación2	25.34	31.14	22.44	24.77	1.01	24.77	0.76	0.94	0.76	0.98
Simulación3	25.76	32.29	23.59	25.17	1.97	25.17	0.74	0.90	0.74	0.98
Simulación4	25.20	32.57	23.87	24.63	1.22	24.63	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación5	25.41	32.29	23.59	24.84	0.88	24.84	0.69	0.94	0.69	0.98
Simulación6	25.96	31.14	22.44	25.37	1.82	25.37	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación7	25.55	32.00	23.30	24.97	1.70	24.97	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación8	25.27	32.29	23.59	24.70	1.15	24.70	0.69	0.93	0.69	0.98
Simulación9	25.55	30.86	22.16	24.97	1.28	24.97	0.74	0.93	0.74	0.98
Simulación10	25.69	31.43	22.73	25.11	1.63	25.11	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación11	25.48	31.43	22.73	24.90	1.49	24.90	0.80	0.92	0.80	0.98
Simulación12	25.41	33.71	25.01	24.84	1.15	24.84	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación13	25.69	31.71	23.01	25.11	1.49	25.11	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación14	25.62	32.00	23.30	25.04	1.49	25.04	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación15	25.55	31.14	22.44	24.97	1.35	24.97	0.78	0.92	0.78	0.98
Simulación16	25.62	32.86	24.16	25.04	1.08	25.04	0.68	0.94	0.68	0.98
Simulación17	25.96	31.14	22.44	25.37	1.47	25.37	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación18	25.90	31.71	23.01	25.31	1.48	25.31	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación19	25.83	32.57	23.87	25.24	1.48	25.24	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación20	25.76	30.86	22.16	25.17	1.27	25.17	0.76	0.93	0.76	0.98
Simulación21	25.90	32.29	23.59	25.31	1.41	25.31	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación22	25.90	31.71	23.01	25.31	1.28	25.31	0.74	0.93	0.74	0.98
Simulación23	26.03	32.29	23.59	25.43	1.53	25.43	0.69	0.92	0.69	0.98

Simulación24	25.90	30.86	22.16	25.31	1.41	25.31	0.72	0.92	0.72	0.98
Simulación25	25.90	30.86	22.16	25.31	1.28	25.31	0.79	0.93	0.79	0.98
Simulación26	26.03	33.14	24.44	25.43	1.67	25.43	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación27	25.76	33.43	24.73	25.17	1.14	25.17	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación28	26.03	32.29	23.59	25.43	1.47	25.43	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación29	25.96	32.57	23.87	25.37	1.66	25.37	0.71	0.91	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>25.71</b>	<b>31.93</b>	<b>23.23</b>	<b>25.13</b>	<b>1.42</b>	<b>25.13</b>	<b>0.73</b>	<b>0.92</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.24</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.23</b>	<b>0.25</b>	<b>0.23</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.93</b>	<b>2.49</b>	<b>3.43</b>	<b>0.92</b>	<b>2.56</b>	<b>0.92</b>	<b>4.36</b>	<b>1.05</b>	<b>4.36</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 49 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	27.08	33.71	24.81	26.45	1.23	26.45	0.74	0.93	0.74	0.98
Simulación2	27.22	34.00	25.10	26.58	1.57	26.58	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación3	27.01	32.57	23.67	26.38	1.44	26.38	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación4	26.94	33.14	24.24	26.31	1.30	26.31	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación5	27.01	32.00	23.10	26.38	1.30	26.38	0.74	0.93	0.74	0.98
Simulación6	27.08	32.57	23.67	26.45	1.51	26.45	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación7	26.94	31.71	22.81	26.31	1.37	26.31	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación8	26.94	30.57	21.67	26.31	1.58	26.31	0.81	0.92	0.81	0.98
Simulación9	26.73	33.71	24.81	26.11	1.24	26.11	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación10	26.87	32.57	23.67	26.25	1.31	26.25	0.78	0.93	0.78	0.98
Simulación11	26.94	34.29	25.39	26.31	1.30	26.31	0.62	0.93	0.62	0.98
Simulación12	27.01	30.29	21.39	26.38	1.37	26.38	0.84	0.93	0.84	0.98
Simulación13	27.01	34.29	25.39	26.38	1.30	26.38	0.75	0.93	0.75	0.98
Simulación14	27.08	34.57	25.67	26.45	1.37	26.45	0.73	0.93	0.73	0.98
Simulación15	27.08	34.00	25.10	26.45	1.51	26.45	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación16	26.94	33.71	24.81	26.31	1.09	26.31	0.72	0.94	0.72	0.98
Simulación17	27.22	33.14	24.24	26.58	1.50	26.58	0.67	0.92	0.67	0.98
Simulación18	27.08	31.14	22.24	26.45	1.37	26.45	0.78	0.93	0.78	0.98
Simulación19	27.08	33.14	24.24	26.45	1.30	26.45	0.71	0.93	0.71	0.98
Simulación20	27.15	32.57	23.67	26.51	1.43	26.51	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación21	27.08	32.00	23.10	26.45	1.58	26.45	0.79	0.92	0.79	0.98
Simulación22	26.87	34.29	25.39	26.25	1.17	26.25	0.65	0.93	0.65	0.98
Simulación23	27.08	31.14	22.24	26.45	1.30	26.45	0.70	0.93	0.70	0.98

Simulación24	27.15	30.57	21.67	26.51	1.43	26.51	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación25	27.08	32.00	23.10	26.45	1.44	26.45	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación26	27.01	32.29	23.39	26.38	1.51	26.38	0.77	0.92	0.77	0.98
Simulación27	26.87	33.71	24.81	26.25	1.24	26.25	0.72	0.93	0.72	0.98
Simulación28	27.01	33.14	24.24	26.38	1.51	26.38	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación29	26.87	33.71	24.81	26.25	1.23	26.25	0.71	0.93	0.71	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.01</b>	<b>32.78</b>	<b>23.88</b>	<b>26.38</b>	<b>1.37</b>	<b>26.38</b>	<b>0.73</b>	<b>0.93</b>	<b>0.73</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.11</b>	<b>1.23</b>	<b>1.23</b>	<b>0.11</b>	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>0.42</b>	<b>3.76</b>	<b>5.17</b>	<b>0.41</b>	<b>2.31</b>	<b>0.41</b>	<b>6.38</b>	<b>0.51</b>	<b>6.38</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 50 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	28.26	31.43	22.03	27.58	1.82	27.58	0.79	0.91	0.79	0.98
Simulación2	28.26	34.29	24.89	27.58	2.03	27.58	0.69	0.90	0.69	0.98
Simulación3	28.05	33.14	23.74	27.38	1.69	27.38	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación4	28.19	32.00	22.60	27.52	1.97	27.52	0.82	0.91	0.82	0.98
Simulación5	28.05	35.71	26.31	27.38	1.62	27.38	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación6	28.26	33.71	24.31	27.58	2.03	27.58	0.76	0.90	0.76	0.98
Simulación7	28.05	34.86	25.46	27.38	1.62	27.38	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación8	28.26	34.00	24.60	27.58	2.10	27.58	0.72	0.90	0.72	0.98
Simulación9	27.98	34.00	24.60	27.31	1.76	27.31	0.71	0.91	0.71	0.98
Simulación10	28.05	33.43	24.03	27.38	1.90	27.38	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación11	27.98	34.00	24.60	27.31	1.62	27.31	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación12	28.19	34.29	24.89	27.52	2.18	27.52	0.73	0.90	0.73	0.98
Simulación13	27.84	34.29	24.89	27.18	1.63	27.18	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación14	28.05	34.29	24.89	27.38	2.04	27.38	0.65	0.90	0.65	0.98
Simulación15	27.84	31.71	22.31	27.18	1.77	27.18	0.76	0.91	0.76	0.98
Simulación16	27.91	33.43	24.03	27.25	1.77	27.25	0.68	0.91	0.68	0.98
Simulación17	27.98	32.00	22.60	27.31	1.69	27.31	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación18	28.12	32.00	22.60	27.45	1.97	27.45	0.81	0.91	0.81	0.98
Simulación19	27.98	35.43	26.03	27.31	1.69	27.31	0.69	0.92	0.69	0.98
Simulación20	28.12	33.71	24.31	27.45	1.83	27.45	0.81	0.91	0.81	0.98
Simulación21	28.12	36.86	27.46	27.45	1.76	27.45	0.64	0.91	0.64	0.98
Simulación22	28.19	32.86	23.46	27.52	2.25	27.52	0.75	0.90	0.75	0.98
Simulación23	27.77	34.00	24.60	27.11	1.56	27.11	0.66	0.92	0.66	0.98

Simulación24	28.05	31.71	22.31	27.38	1.76	27.38	0.77	0.91	0.77	0.98
Simulación25	28.12	33.71	24.31	27.45	1.76	27.45	0.68	0.91	0.68	0.98
Simulación26	28.19	32.29	22.89	27.52	2.11	27.52	0.77	0.90	0.77	0.98
Simulación27	27.91	34.29	24.89	27.25	1.77	27.25	0.78	0.91	0.78	0.98
Simulación28	27.98	36.29	26.89	27.31	1.83	27.31	0.68	0.91	0.68	0.98
Simulación29	27.98	34.00	24.60	27.31	1.76	27.31	0.72	0.91	0.72	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.06</b>	<b>33.71</b>	<b>24.31</b>	<b>27.39</b>	<b>1.84</b>	<b>27.39</b>	<b>0.72</b>	<b>0.91</b>	<b>0.72</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.13</b>	<b>1.36</b>	<b>1.36</b>	<b>0.13</b>	<b>0.18</b>	<b>0.13</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.48</b>	<b>4.05</b>	<b>5.61</b>	<b>0.47</b>	<b>2.46</b>	<b>0.47</b>	<b>7.01</b>	<b>0.70</b>	<b>7.01</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 51 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	28.95	36.57	26.62	28.25	1.80	28.25	0.65	0.91	0.65	0.98
Simulación2	28.95	33.71	23.76	28.25	1.59	28.25	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación3	29.16	35.14	25.19	28.45	1.58	28.45	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación4	29.37	36.00	26.05	28.65	2.06	28.65	0.62	0.91	0.62	0.98
Simulación5	29.09	32.29	22.34	28.38	1.65	28.38	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación6	29.23	34.00	24.05	28.52	1.86	28.52	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación7	29.16	35.43	25.48	28.45	1.93	28.45	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación8	29.02	35.43	25.48	28.32	1.59	28.32	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación9	29.23	34.86	24.91	28.52	1.86	28.52	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación10	29.16	35.71	25.76	28.45	1.65	28.45	0.67	0.92	0.67	0.98
Simulación11	29.30	34.00	24.05	28.59	1.79	28.59	0.74	0.91	0.74	0.98
Simulación12	29.30	35.14	25.19	28.59	1.93	28.59	0.68	0.91	0.68	0.98
Simulación13	29.16	33.71	23.76	28.45	1.93	28.45	0.67	0.91	0.67	0.98
Simulación14	29.02	32.57	22.62	28.32	2.00	28.32	0.76	0.91	0.76	0.98
Simulación15	28.82	34.57	24.62	28.12	1.53	28.12	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación16	29.09	34.57	24.62	28.38	1.79	28.38	0.70	0.91	0.70	0.98
Simulación17	29.09	34.29	24.34	28.38	1.58	28.38	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación18	29.30	33.14	23.19	28.59	1.93	28.59	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación19	29.16	34.86	24.91	28.45	1.72	28.45	0.72	0.92	0.72	0.98
Simulación20	29.23	35.14	25.19	28.52	1.72	28.52	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación21	29.30	36.29	26.34	28.59	2.07	28.59	0.68	0.91	0.68	0.98
Simulación22	29.02	34.57	24.62	28.32	1.80	28.32	0.69	0.91	0.69	0.98
Simulación23	29.02	33.71	23.76	28.32	1.66	28.32	0.68	0.92	0.68	0.98



Simulación24	29.16	32.86	22.91	28.45	1.72	28.45	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación25	29.23	34.57	24.62	28.52	1.93	28.52	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación26	29.09	34.86	24.91	28.38	1.79	28.38	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación27	29.09	36.00	26.05	28.38	1.37	28.38	0.68	0.93	0.68	0.98
Simulación28	29.51	34.57	24.62	28.79	2.27	28.79	0.73	0.90	0.73	0.98
Simulación29	29.02	35.14	25.19	28.32	1.67	28.32	0.70	0.92	0.70	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>29.15</b>	<b>34.61</b>	<b>24.66</b>	<b>28.44</b>	<b>1.79</b>	<b>28.44</b>	<b>0.71</b>	<b>0.91</b>	<b>0.71</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.14</b>	<b>1.08</b>	<b>1.08</b>	<b>0.14</b>	<b>0.19</b>	<b>0.14</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.50</b>	<b>3.11</b>	<b>4.37</b>	<b>0.49</b>	<b>2.12</b>	<b>0.49</b>	<b>5.04</b>	<b>0.70</b>	<b>5.04</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 52 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	30.28	36.00	25.69	29.53	1.75	29.53	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación2	30.28	34.86	24.55	29.53	1.96	29.53	0.67	0.91	0.67	0.98
Simulación3	30.07	33.71	23.40	29.33	1.62	29.33	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación4	30.21	33.14	22.83	29.46	1.75	29.46	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación5	30.21	33.71	23.40	29.46	1.89	29.46	0.75	0.91	0.75	0.98
Simulación6	30.07	35.71	25.40	29.33	1.62	29.33	0.69	0.92	0.69	0.98
Simulación7	30.21	34.86	24.55	29.46	1.75	29.46	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación8	30.21	35.14	24.83	29.46	1.68	29.46	0.65	0.92	0.65	0.98
Simulación9	30.28	33.14	22.83	29.53	1.82	29.53	0.75	0.92	0.75	0.98
Simulación10	30.21	35.14	24.83	29.46	2.03	29.46	0.67	0.91	0.67	0.98
Simulación11	29.93	34.00	23.69	29.19	1.69	29.19	0.70	0.92	0.70	0.98
Simulación12	30.00	34.00	23.69	29.26	1.62	29.26	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación13	30.14	34.29	23.98	29.40	1.69	29.40	0.69	0.92	0.69	0.98
Simulación14	30.21	34.00	23.69	29.46	1.82	29.46	0.71	0.91	0.71	0.98
Simulación15	30.14	34.57	24.26	29.40	1.76	29.40	0.74	0.92	0.74	0.98
Simulación16	30.14	36.00	25.69	29.40	1.69	29.40	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación17	30.21	35.71	25.40	29.46	1.75	29.46	0.71	0.92	0.71	0.98
Simulación18	30.21	35.71	25.40	29.46	1.75	29.46	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación19	30.21	34.57	24.26	29.46	1.82	29.46	0.72	0.91	0.72	0.98
Simulación20	30.14	35.14	24.83	29.40	1.49	29.40	0.70	0.93	0.70	0.98
Simulación21	30.41	34.86	24.55	29.66	2.02	29.66	0.77	0.91	0.77	0.98
Simulación22	30.14	37.14	26.83	29.40	1.76	29.40	0.62	0.92	0.62	0.98
Simulación23	30.14	33.43	23.12	29.40	1.76	29.40	0.69	0.92	0.69	0.98

Simulación24	30.14	33.43	23.12	29.40	1.76	29.40	0.67	0.92	0.67	0.98
Simulación25	30.14	32.86	22.55	29.40	1.62	29.40	0.76	0.92	0.76	0.98
Simulación26	30.28	35.43	25.12	29.53	1.69	29.53	0.73	0.92	0.73	0.98
Simulación27	30.34	36.29	25.98	29.59	1.81	29.59	0.68	0.92	0.68	0.98
Simulación28	30.28	35.14	24.83	29.53	1.82	29.53	0.66	0.92	0.66	0.98
Simulación29	30.21	33.43	23.12	29.46	1.78	29.46	0.73	0.92	0.73	0.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.19</b>	<b>34.67</b>	<b>24.36</b>	<b>29.44</b>	<b>1.76</b>	<b>29.44</b>	<b>0.70</b>	<b>0.92</b>	<b>0.70</b>	<b>0.98</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.10</b>	<b>1.09</b>	<b>1.09</b>	<b>0.09</b>	<b>0.12</b>	<b>0.09</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>0.32</b>	<b>3.13</b>	<b>4.46</b>	<b>0.32</b>	<b>1.90</b>	<b>0.32</b>	<b>4.90</b>	<b>0.42</b>	<b>4.90</b>	<b>0.00</b>

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 53 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	31.67	35.14	24.34	30.87	1.84	30.87	0.74	0.92	0.74	0.97
Simulación2	31.53	36.86	26.06	30.73	1.84	30.73	0.73	0.92	0.73	0.97
Simulación3	31.39	37.71	26.91	30.60	1.64	30.60	0.62	0.92	0.62	0.97
Simulación4	31.46	34.00	23.20	30.67	1.85	30.67	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación5	31.32	33.71	22.91	30.53	1.50	30.53	0.76	0.93	0.76	0.97
Simulación6	31.53	36.57	25.77	30.73	1.91	30.73	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación7	31.32	35.71	24.91	30.53	1.71	30.53	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación8	31.32	34.00	23.20	30.53	1.57	30.53	0.75	0.92	0.75	0.97
Simulación9	31.46	36.29	25.49	30.67	1.85	30.67	0.61	0.92	0.61	0.97
Simulación10	31.32	32.86	22.06	30.53	1.30	30.53	0.78	0.93	0.78	0.97
Simulación11	31.73	36.29	25.49	30.93	2.11	30.93	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación12	31.32	36.86	26.06	30.53	1.50	30.53	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación13	31.53	36.00	25.20	30.73	1.43	30.73	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación14	31.80	35.71	24.91	30.99	2.38	30.99	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación15	31.11	34.86	24.06	30.33	1.10	30.33	0.70	0.94	0.70	0.97
Simulación16	31.73	35.14	24.34	30.93	1.97	30.93	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación17	31.46	36.86	26.06	30.67	1.50	30.67	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación18	31.67	35.43	24.63	30.87	2.05	30.87	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación19	31.32	36.86	26.06	30.53	1.64	30.53	0.61	0.92	0.61	0.97
Simulación20	31.39	33.14	22.34	30.60	1.57	30.60	0.73	0.92	0.73	0.97
Simulación21	31.53	35.14	24.34	30.73	1.84	30.73	0.72	0.92	0.72	0.97
Simulación22	31.39	36.00	25.20	30.60	1.71	30.60	0.71	0.92	0.71	0.97
Simulación23	31.39	36.29	25.49	30.60	1.50	30.60	0.66	0.93	0.66	0.97

Simulación24	31.60	34.86	24.06	30.80	1.77	30.80	0.74	0.92	0.74	0.97
Simulación25	31.53	36.57	25.77	30.73	1.70	30.73	0.63	0.92	0.63	0.97
Simulación26	31.53	34.00	23.20	30.73	2.12	30.73	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación27	31.11	34.29	23.49	30.33	1.51	30.33	0.73	0.93	0.73	0.97
Simulación28	31.32	36.00	25.20	30.53	1.99	30.53	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación29	31.04	36.00	25.20	30.26	1.32	30.26	0.69	0.93	0.69	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>31.44</b>	<b>35.49</b>	<b>24.69</b>	<b>30.65</b>	<b>1.71</b>	<b>30.65</b>	<b>0.70</b>	<b>0.92</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>1.23</b>	<b>1.23</b>	<b>0.18</b>	<b>0.28</b>	<b>0.18</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.59</b>	<b>3.48</b>	<b>5.00</b>	<b>0.58</b>	<b>1.78</b>	<b>0.58</b>	<b>6.55</b>	<b>0.95</b>	<b>6.55</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 54 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	32.78	34.86	23.91	31.94	1.94	31.94	0.78	0.92	0.78	0.97
Simulación2	32.50	38.29	27.34	31.67	1.39	31.67	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación3	32.78	36.86	25.91	31.94	1.52	31.94	0.66	0.93	0.66	0.97
Simulación4	32.92	35.43	24.48	32.07	2.28	32.07	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación5	32.29	36.29	25.34	31.46	1.04	31.46	0.74	0.94	0.74	0.97
Simulación6	32.92	37.71	26.76	32.07	2.07	32.07	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación7	32.50	37.14	26.19	31.67	1.53	31.67	0.71	0.93	0.71	0.97
Simulación8	32.64	37.14	26.19	31.80	1.59	31.80	0.72	0.93	0.72	0.97
Simulación9	32.71	37.71	26.76	31.87	1.80	31.87	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación10	32.57	35.43	24.48	31.73	1.80	31.73	0.71	0.92	0.71	0.97
Simulación11	32.43	36.00	25.05	31.60	1.53	31.60	0.72	0.93	0.72	0.97
Simulación12	32.57	36.86	25.91	31.73	1.59	31.73	0.68	0.93	0.68	0.97
Simulación13	32.64	36.00	25.05	31.80	2.15	31.80	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación14	32.15	35.71	24.76	31.33	0.91	31.33	0.69	0.95	0.69	0.97
Simulación15	32.92	35.43	24.48	32.07	2.00	32.07	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación16	32.57	36.00	25.05	31.73	1.52	31.73	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación17	32.71	35.71	24.76	31.87	1.80	31.87	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación18	32.57	34.57	23.62	31.73	1.80	31.73	0.77	0.92	0.77	0.97
Simulación19	32.43	37.43	26.48	31.60	1.46	31.60	0.69	0.93	0.69	0.97
Simulación20	32.64	36.86	25.91	31.80	1.66	31.80	0.63	0.92	0.63	0.97
Simulación21	32.64	34.00	23.05	31.80	1.80	31.80	0.73	0.92	0.73	0.97
Simulación22	32.50	35.71	24.76	31.67	1.60	31.67	0.71	0.93	0.71	0.97
Simulación23	32.57	36.29	25.34	31.73	1.31	31.73	0.75	0.93	0.75	0.97

Simulación24	32.92	38.00	27.05	32.07	1.72	32.07	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación25	32.85	36.57	25.62	32.00	2.07	32.00	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación26	32.43	37.43	26.48	31.60	1.53	31.60	0.66	0.93	0.66	0.97
Simulación27	32.57	35.71	24.76	31.73	1.87	31.73	0.76	0.92	0.76	0.97
Simulación28	32.36	38.00	27.05	31.53	1.46	31.53	0.67	0.93	0.67	0.97
Simulación29	32.57	36.57	25.62	31.73	1.62	31.73	0.70	0.92	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.61</b>	<b>36.40</b>	<b>25.45</b>	<b>31.77</b>	<b>1.67</b>	<b>31.77</b>	<b>0.70</b>	<b>0.92</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.19</b>	<b>1.08</b>	<b>1.08</b>	<b>0.19</b>	<b>0.31</b>	<b>0.19</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.59</b>	<b>2.97</b>	<b>4.25</b>	<b>0.58</b>	<b>1.75</b>	<b>0.58</b>	<b>5.12</b>	<b>1.00</b>	<b>5.12</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 55 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	33.75	37.14	25.84	32.87	2.69	32.87	0.74	0.89	0.74	0.97
Simulación2	33.68	38.86	27.56	32.80	2.83	32.80	0.64	0.89	0.64	0.97
Simulación3	33.47	36.29	24.99	32.60	2.28	32.60	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación4	33.82	37.14	25.84	32.94	2.55	32.94	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación5	33.89	38.29	26.99	33.00	2.89	33.00	0.62	0.89	0.62	0.97
Simulación6	33.61	35.14	23.84	32.73	2.62	32.73	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación7	33.61	37.43	26.13	32.73	2.83	32.73	0.73	0.89	0.73	0.97
Simulación8	33.40	38.57	27.27	32.53	2.56	32.53	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación9	33.47	37.71	26.41	32.60	2.35	32.60	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación10	33.75	38.29	26.99	32.87	2.55	32.87	0.76	0.90	0.76	0.97
Simulación11	33.82	40.29	28.99	32.94	2.97	32.94	0.67	0.89	0.67	0.97
Simulación12	33.47	38.29	26.99	32.60	2.42	32.60	0.62	0.90	0.62	0.97
Simulación13	33.68	35.14	23.84	32.80	2.76	32.80	0.79	0.89	0.79	0.97
Simulación14	33.54	39.14	27.84	32.67	2.56	32.67	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación15	33.61	37.14	25.84	32.73	2.83	32.73	0.73	0.89	0.73	0.97
Simulación16	33.40	38.29	26.99	32.53	2.35	32.53	0.71	0.90	0.71	0.97
Simulación17	33.68	38.57	27.27	32.80	2.62	32.80	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación18	33.68	37.71	26.41	32.80	2.97	32.80	0.69	0.89	0.69	0.97
Simulación19	33.33	37.14	25.84	32.46	2.49	32.46	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación20	33.47	38.00	26.70	32.60	2.49	32.60	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación21	33.61	38.86	27.56	32.73	2.76	32.73	0.66	0.89	0.66	0.97
Simulación22	33.47	36.86	25.56	32.60	2.70	32.60	0.74	0.89	0.74	0.97
Simulación23	33.40	38.57	27.27	32.53	2.35	32.53	0.74	0.90	0.74	0.97



Simulación24	33.68	40.00	28.70	32.80	2.55	32.80	0.62	0.90	0.62	0.97
Simulación25	33.75	36.00	24.70	32.87	2.48	32.87	0.75	0.90	0.75	0.97
Simulación26	33.89	38.29	26.99	33.00	2.68	33.00	0.67	0.89	0.67	0.97
Simulación27	33.82	37.14	25.84	32.94	2.69	32.94	0.75	0.89	0.75	0.97
Simulación28	33.75	39.14	27.84	32.87	2.90	32.87	0.70	0.89	0.70	0.97
Simulación29	33.47	38.57	27.27	32.60	2.48	32.60	0.69	0.90	0.69	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>33.62</b>	<b>37.86</b>	<b>26.56</b>	<b>32.74</b>	<b>2.63</b>	<b>32.74</b>	<b>0.70</b>	<b>0.90</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.16</b>	<b>1.24</b>	<b>1.24</b>	<b>0.15</b>	<b>0.19</b>	<b>0.15</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>0.48</b>	<b>3.28</b>	<b>4.68</b>	<b>0.47</b>	<b>1.46</b>	<b>0.47</b>	<b>6.31</b>	<b>0.62</b>	<b>6.31</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 56 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	34.79	39.14	27.64	33.87	2.58	33.87	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación2	34.79	37.71	26.21	33.87	2.65	33.87	0.71	0.90	0.71	0.97
Simulación3	34.72	38.29	26.79	33.80	2.71	33.80	0.71	0.90	0.71	0.97
Simulación4	34.59	38.86	27.36	33.68	2.18	33.68	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación5	35.00	39.14	27.64	34.07	2.57	34.07	0.64	0.90	0.64	0.97
Simulación6	35.00	36.57	25.07	34.07	2.71	34.07	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación7	34.86	38.00	26.50	33.94	2.65	33.94	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación8	34.79	37.43	25.93	33.87	2.51	33.87	0.78	0.90	0.78	0.97
Simulación9	34.86	40.57	29.07	33.94	2.51	33.94	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación10	34.93	39.43	27.93	34.00	2.64	34.00	0.65	0.90	0.65	0.97
Simulación11	34.86	37.14	25.64	33.94	2.65	33.94	0.76	0.90	0.76	0.97
Simulación12	34.79	39.71	28.21	33.87	2.72	33.87	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación13	34.65	39.43	27.93	33.73	2.30	33.73	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación14	34.93	40.86	29.36	34.00	2.78	34.00	0.61	0.89	0.61	0.97
Simulación15	34.72	36.29	24.79	33.80	2.51	33.80	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación16	34.79	36.29	24.79	33.87	2.58	33.87	0.78	0.90	0.78	0.97
Simulación17	34.79	39.71	28.21	33.87	2.72	33.87	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación18	34.65	38.57	27.07	33.73	2.44	33.73	0.71	0.90	0.71	0.97
Simulación19	34.79	38.86	27.36	33.87	2.58	33.87	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación20	34.79	38.86	27.36	33.87	2.92	33.87	0.68	0.89	0.68	0.97
Simulación21	34.45	38.00	26.50	33.54	2.52	33.54	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación22	34.52	38.00	26.50	33.61	2.25	33.61	0.73	0.91	0.73	0.97
Simulación23	34.86	39.14	27.64	33.94	2.44	33.94	0.60	0.90	0.60	0.97

Simulación24	35.00	35.14	23.64	34.07	2.78	34.07	0.72	0.89	0.72	0.97
Simulación25	34.79	36.86	25.36	33.87	2.65	33.87	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación26	34.72	38.86	27.36	33.80	2.44	33.80	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación27	34.86	39.71	28.21	33.94	2.72	33.94	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación28	34.72	40.29	28.79	33.80	2.71	33.80	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación29	34.59	38.29	26.79	33.68	2.40	33.68	0.70	0.90	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>34.78</b>	<b>38.45</b>	<b>26.95</b>	<b>33.86</b>	<b>2.58</b>	<b>33.86</b>	<b>0.70</b>	<b>0.90</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.14</b>	<b>1.37</b>	<b>1.37</b>	<b>0.13</b>	<b>0.17</b>	<b>0.13</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.39</b>	<b>3.57</b>	<b>5.09</b>	<b>0.39</b>	<b>1.48</b>	<b>0.39</b>	<b>6.05</b>	<b>0.52</b>	<b>6.05</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 57 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	35.91	41.14	29.45	34.94	2.67	34.94	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación2	35.77	40.29	28.60	34.81	1.99	34.81	0.67	0.92	0.67	0.97
Simulación3	36.32	38.57	26.88	35.34	2.79	35.34	0.65	0.90	0.65	0.97
Simulación4	36.05	36.57	24.88	35.08	2.81	35.08	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación5	35.77	36.29	24.60	34.81	2.20	34.81	0.79	0.91	0.79	0.97
Simulación6	36.11	40.29	28.60	35.14	2.46	35.14	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación7	36.18	38.57	26.88	35.20	2.65	35.20	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación8	36.05	40.29	28.60	35.08	2.81	35.08	0.65	0.90	0.65	0.97
Simulación9	35.77	38.00	26.31	34.81	2.26	34.81	0.68	0.91	0.68	0.97
Simulación10	36.05	37.71	26.02	35.08	2.47	35.08	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación11	36.11	38.86	27.17	35.14	2.59	35.14	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación12	36.05	37.71	26.02	35.08	2.53	35.08	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación13	36.05	38.86	27.17	35.08	2.47	35.08	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación14	36.11	38.29	26.60	35.14	2.66	35.14	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación15	35.98	39.43	27.74	35.01	2.33	35.01	0.65	0.91	0.65	0.97
Simulación16	36.18	37.43	25.74	35.20	2.79	35.20	0.75	0.90	0.75	0.97
Simulación17	35.91	39.71	28.02	34.94	2.60	34.94	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación18	35.84	38.29	26.60	34.88	2.27	34.88	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación19	36.11	40.00	28.31	35.14	2.59	35.14	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación20	36.05	38.57	26.88	35.08	2.53	35.08	0.69	0.90	0.69	0.97
Simulación21	36.05	38.29	26.60	35.08	2.74	35.08	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación22	35.84	38.57	26.88	34.88	2.27	34.88	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación23	36.11	38.29	26.60	35.14	2.59	35.14	0.72	0.90	0.72	0.97

Simulación24	36.05	39.43	27.74	35.08	2.60	35.08	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación25	35.98	40.29	28.60	35.01	2.40	35.01	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación26	36.11	38.86	27.17	35.14	2.66	35.14	0.76	0.90	0.76	0.97
Simulación27	35.98	41.14	29.45	35.01	2.88	35.01	0.66	0.89	0.66	0.97
Simulación28	35.63	38.86	27.17	34.67	2.12	34.67	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación29	36.05	39.71	28.02	35.08	2.57	35.08	0.69	0.90	0.69	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.01</b>	<b>38.91</b>	<b>27.22</b>	<b>35.04</b>	<b>2.53</b>	<b>35.04</b>	<b>0.70</b>	<b>0.90</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.15</b>	<b>1.21</b>	<b>1.21</b>	<b>0.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.14</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.42</b>	<b>3.10</b>	<b>4.44</b>	<b>0.41</b>	<b>1.45</b>	<b>0.41</b>	<b>5.13</b>	<b>0.67</b>	<b>5.13</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 58 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	36.95	41.71	30.02	35.94	2.28	35.94	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación2	37.16	40.57	28.88	36.14	2.20	36.14	0.66	0.91	0.66	0.97
Simulación3	37.44	38.29	26.60	36.41	2.61	36.41	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación4	37.30	39.14	27.45	36.28	2.83	36.28	0.76	0.90	0.76	0.97
Simulación5	36.95	41.43	29.74	35.94	2.14	35.94	0.73	0.91	0.73	0.97
Simulación6	37.30	42.00	30.31	36.28	2.76	36.28	0.68	0.90	0.68	0.97
Simulación7	37.02	40.29	28.60	36.01	2.63	36.01	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación8	36.88	39.71	28.02	35.88	2.36	35.88	0.75	0.91	0.75	0.97
Simulación9	37.02	41.43	29.74	36.01	2.35	36.01	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación10	37.16	40.29	28.60	36.14	2.55	36.14	0.66	0.90	0.66	0.97
Simulación11	37.09	38.29	26.60	36.08	2.70	36.08	0.71	0.90	0.71	0.97
Simulación12	36.88	38.86	27.17	35.88	2.08	35.88	0.68	0.92	0.68	0.97
Simulación13	37.30	38.00	26.31	36.28	2.55	36.28	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación14	37.23	38.86	27.17	36.21	2.62	36.21	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación15	37.09	40.57	28.88	36.08	2.14	36.08	0.66	0.92	0.66	0.97
Simulación16	37.44	38.57	26.88	36.41	2.89	36.41	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación17	37.02	39.71	28.02	36.01	2.70	36.01	0.73	0.90	0.73	0.97
Simulación18	36.81	40.86	29.17	35.81	2.01	35.81	0.69	0.92	0.69	0.97
Simulación19	37.30	40.00	28.31	36.28	2.48	36.28	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación20	37.30	40.00	28.31	36.28	2.48	36.28	0.70	0.91	0.70	0.97
Simulación21	37.30	39.71	28.02	36.28	2.76	36.28	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación22	37.02	41.14	29.45	36.01	2.28	36.01	0.67	0.91	0.67	0.97
Simulación23	37.23	39.14	27.45	36.21	2.41	36.21	0.71	0.91	0.71	0.97

Simulación24	37.30	39.43	27.74	36.28	2.55	36.28	0.78	0.90	0.78	0.97
Simulación25	37.23	42.29	30.60	36.21	2.76	36.21	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación26	36.95	41.14	29.45	35.94	2.14	35.94	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación27	37.30	41.14	29.45	36.28	2.69	36.28	0.70	0.90	0.70	0.97
Simulación28	37.09	40.57	28.88	36.08	2.70	36.08	0.76	0.90	0.76	0.97
Simulación29	36.88	42.57	30.88	35.88	2.24	35.88	0.67	0.91	0.67	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.14</b>	<b>40.20</b>	<b>28.51</b>	<b>36.12</b>	<b>2.48</b>	<b>36.12</b>	<b>0.71</b>	<b>0.91</b>	<b>0.71</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.18</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>0.17</b>	<b>0.25</b>	<b>0.17</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.48</b>	<b>3.12</b>	<b>4.40</b>	<b>0.48</b>	<b>1.41</b>	<b>0.48</b>	<b>4.55</b>	<b>0.73</b>	<b>4.55</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---



---

**FRECUENCIA: 59 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	38.41	38.57	26.77	37.34	2.57	37.34	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación2	38.27	40.29	28.49	37.21	2.51	37.21	0.74	0.91	0.74	0.97
Simulación3	38.20	41.43	29.63	37.14	2.72	37.14	0.72	0.90	0.72	0.97
Simulación4	37.92	41.71	29.91	36.87	2.10	36.87	0.72	0.92	0.72	0.97
Simulación5	38.27	41.71	29.91	37.21	2.37	37.21	0.64	0.91	0.64	0.97
Simulación6	38.34	38.57	26.77	37.28	2.86	37.28	0.78	0.90	0.78	0.97
Simulación7	37.92	41.71	29.91	36.87	1.96	36.87	0.64	0.92	0.64	0.97
Simulación8	38.41	38.57	26.77	37.34	2.85	37.34	0.74	0.90	0.74	0.97
Simulación9	37.99	40.29	28.49	36.94	2.24	36.94	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación10	38.20	39.71	27.91	37.14	2.37	37.14	0.73	0.91	0.73	0.97
Simulación11	38.27	40.86	29.06	37.21	2.44	37.21	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación12	38.27	40.86	29.06	37.21	2.58	37.21	0.67	0.90	0.67	0.97
Simulación13	38.13	39.14	27.34	37.08	2.45	37.08	0.76	0.91	0.76	0.97
Simulación14	38.13	41.43	29.63	37.08	2.45	37.08	0.69	0.91	0.69	0.97
Simulación15	38.13	40.29	28.49	37.08	2.31	37.08	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación16	38.27	40.86	29.06	37.21	2.79	37.21	0.64	0.90	0.64	0.97
Simulación17	37.92	38.00	26.20	36.87	2.38	36.87	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación18	37.99	39.14	27.34	36.94	2.38	36.94	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación19	38.06	40.00	28.20	37.01	2.24	37.01	0.76	0.91	0.76	0.97
Simulación20	38.27	42.29	30.49	37.21	2.37	37.21	0.72	0.91	0.72	0.97
Simulación21	38.34	42.29	30.49	37.28	2.51	37.28	0.71	0.91	0.71	0.97
Simulación22	38.27	42.00	30.20	37.21	2.23	37.21	0.66	0.91	0.66	0.97
Simulación23	38.48	39.43	27.63	37.41	2.71	37.41	0.74	0.90	0.74	0.97



Simulación24	38.20	40.86	29.06	37.14	3.07	37.14	0.68	0.89	0.68	0.97
Simulación25	37.57	39.43	27.63	36.54	1.98	36.54	0.77	0.92	0.77	0.97
Simulación26	38.06	42.00	30.20	37.01	2.10	37.01	0.65	0.92	0.65	0.97
Simulación27	38.41	39.14	27.34	37.34	2.99	37.34	0.74	0.89	0.74	0.97
Simulación28	37.85	40.57	28.77	36.81	2.04	36.81	0.72	0.92	0.72	0.97
Simulación29	38.27	41.14	29.34	37.21	2.54	37.21	0.70	0.91	0.70	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.17</b>	<b>40.42</b>	<b>28.62</b>	<b>37.11</b>	<b>2.45</b>	<b>37.11</b>	<b>0.71</b>	<b>0.91</b>	<b>0.71</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.20</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>0.19</b>	<b>0.29</b>	<b>0.19</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0.53</b>	<b>3.10</b>	<b>4.38</b>	<b>0.52</b>	<b>1.56</b>	<b>0.52</b>	<b>5.41</b>	<b>0.82</b>	<b>5.41</b>	<b>0.01</b>

---

*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

---

**FRECUENCIA: 60 HZ**

---

<b>Unidad</b>	<b>Psi</b>	<b>L/min</b>	<b>L/min</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>				
Simulación1	39.24	43.71	31.26	38.14	3.90	38.14	0.68	0.87	0.68	0.97
Simulación2	39.24	42.00	29.55	38.14	3.41	38.14	0.66	0.89	0.66	0.97
Simulación3	39.73	40.29	27.84	38.61	4.51	38.61	0.68	0.86	0.68	0.97
Simulación4	39.10	39.71	27.26	38.01	3.98	38.01	0.78	0.87	0.78	0.97
Simulación5	39.03	43.43	30.98	37.94	3.56	37.94	0.71	0.88	0.71	0.97
Simulación6	39.38	43.14	30.69	38.27	3.75	38.27	0.67	0.88	0.67	0.97
Simulación7	39.52	41.14	28.69	38.41	4.17	38.41	0.69	0.87	0.69	0.97
Simulación8	39.24	40.86	28.41	38.14	4.04	38.14	0.71	0.87	0.71	0.97
Simulación9	39.10	41.43	28.98	38.01	3.77	38.01	0.67	0.88	0.67	0.97
Simulación10	39.24	40.29	27.84	38.14	4.31	38.14	0.73	0.86	0.73	0.97
Simulación11	38.83	41.71	29.26	37.75	3.65	37.75	0.69	0.88	0.69	0.97
Simulación12	39.10	41.43	28.98	38.01	4.32	38.01	0.74	0.86	0.74	0.97
Simulación13	38.69	43.14	30.69	37.61	3.58	37.61	0.64	0.88	0.64	0.97
Simulación14	39.03	40.00	27.55	37.94	3.49	37.94	0.68	0.88	0.68	0.97
Simulación15	39.45	39.71	27.26	38.34	3.82	38.34	0.72	0.88	0.72	0.97
Simulación16	39.52	40.86	28.41	38.41	4.51	38.41	0.64	0.86	0.64	0.97
Simulación17	38.90	38.57	26.12	37.81	3.43	37.81	0.74	0.88	0.74	0.97
Simulación18	39.38	40.86	28.41	38.27	4.03	38.27	0.71	0.87	0.71	0.97
Simulación19	39.24	41.43	28.98	38.14	4.31	38.14	0.67	0.86	0.67	0.97
Simulación20	38.83	40.29	27.84	37.75	3.44	37.75	0.72	0.88	0.72	0.97
Simulación21	39.31	41.43	28.98	38.21	4.45	38.21	0.67	0.86	0.67	0.97
Simulación22	38.76	40.29	27.84	37.68	3.44	37.68	0.69	0.88	0.69	0.97
Simulación23	39.24	40.29	27.84	38.14	3.90	38.14	0.76	0.87	0.76	0.97

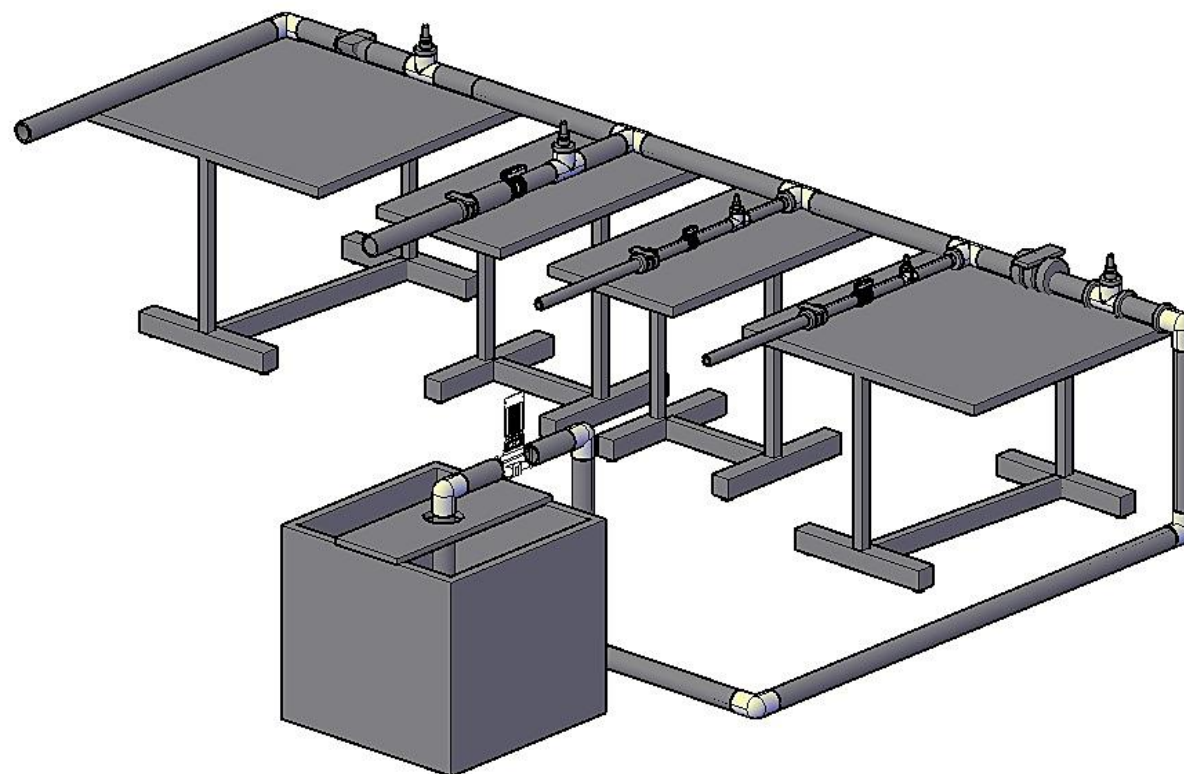
Simulación24	39.24	43.14	30.69	38.14	3.90	38.14	0.68	0.87	0.68	0.97
Simulación25	39.24	42.00	29.55	38.14	4.18	38.14	0.62	0.87	0.62	0.97
Simulación26	38.96	38.29	25.84	37.87	3.70	37.87	0.71	0.88	0.71	0.97
Simulación27	39.17	39.71	27.26	38.07	3.90	38.07	0.75	0.87	0.75	0.97
Simulación28	39.17	42.29	29.84	38.07	4.11	38.07	0.76	0.87	0.76	0.97
Simulación29	38.96	44.57	32.12	37.87	3.70	37.87	0.65	0.88	0.65	0.97
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.17</b>	<b>41.24</b>	<b>28.79</b>	<b>38.07</b>	<b>3.91</b>	<b>38.07</b>	<b>0.70</b>	<b>0.87</b>	<b>0.70</b>	<b>0.97</b>
<b>Desv Estándar</b>	<b>0.24</b>	<b>1.52</b>	<b>1.52</b>	<b>0.23</b>	<b>0.34</b>	<b>0.23</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>
<b>Coficiente de variación</b>	<b>0.62</b>	<b>3.69</b>	<b>5.28</b>	<b>0.61</b>	<b>0.78</b>	<b>0.61</b>	<b>5.77</b>	<b>0.95</b>	<b>5.77</b>	<b>0.01</b>

---

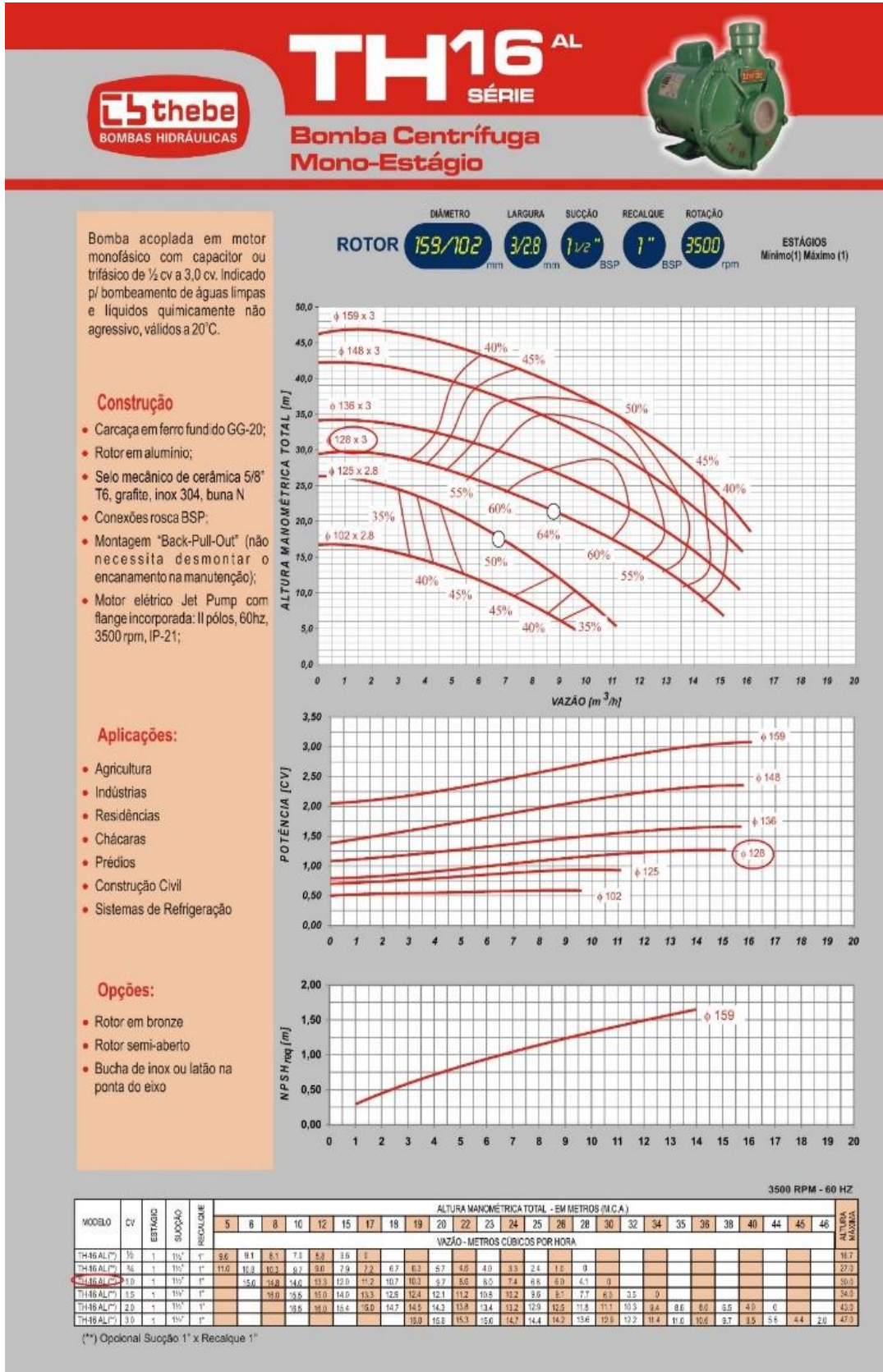
*Elaborado por: Aranea & Segovia (2020)*

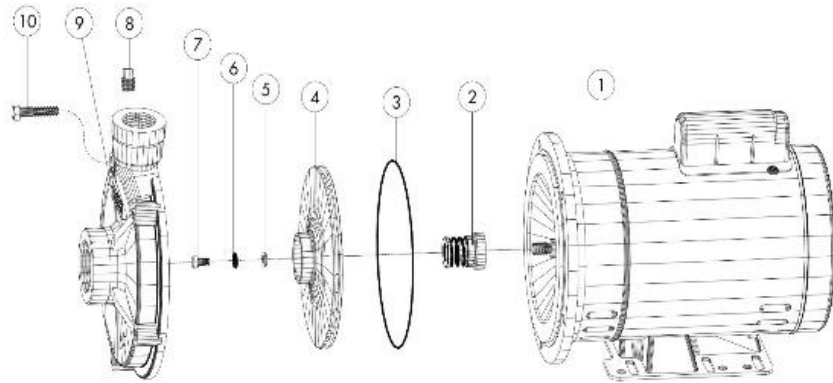
#### 4.7.1 Anexos construcción del prototipo.

*Anexo 2.* Vista lateral 3D de Modelo Físico Hidráulico tipo prototipo.



Anexo 3. Información técnica de la bomba – curva de rendimiento según fabricante





10	05	Parafus UNC 5/16" x 1 1/2"	00308
09	01	Correção TH-16	01364
08	01	Bujão 1/4" BSP	00174
07	01	Parafus UNF 1/4" x 5/8 (p/nil)	01105
06	01	Arnela pressão 1/4" (p/nil)	00355
05	01	Arnela 1/2" (p/nil)	00350
04	01	Rotor com TH-12/TH-16 R:7/16" UNF	Vitab
03	01	Anel o'ring 164,77 x 2,62 mm	01390
02	01	Selo mecânico 5/8" 16 Buna	00227
01	01	Motor elétrico	-
Pos.	Ord.	Descrição	Código

BOMBA		ROTOR	
Modelo	CV	Código	Diâmetro
TH-16 AL	1/2	01372	Ø102 x 2,8
	3/4	01374	Ø125 x 2,8
	1,0	01375	Ø136 x 3
	2,0	01377	Ø148 x 3
3,0	01378	Ø159 x 3	

	Modelo	Motor	Abertura
	A.P. Scarpel	23/11/95	07/04/04
	Diâmetro	mm	1 1/2" BSP
Bomba TH-16 AL		107161	

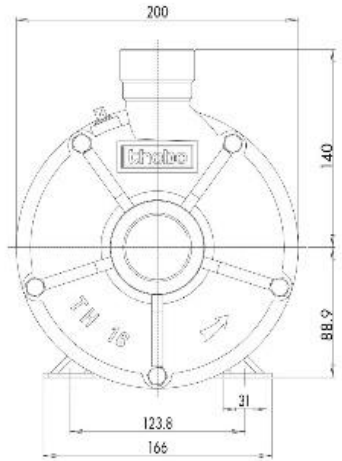
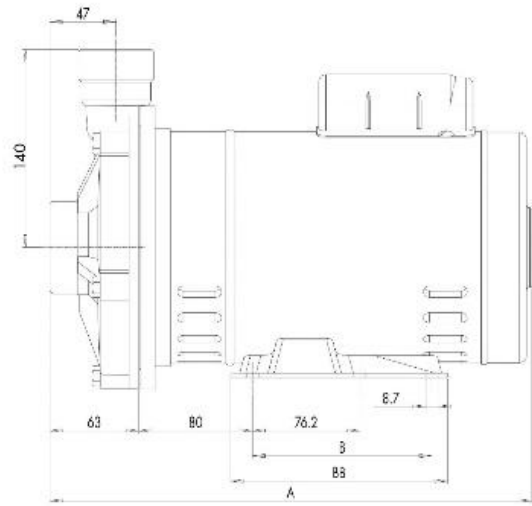


Tabela de Código e Medidas

Modelo	CV	Código	A	B	BB
TH16 TRIF	1/2	17X.01.107021	283,5		
TH16 MONOF.	3/4	17X.01.107032	303,5		
TH16 TRIF	3/4	17X.01.107031	283,5		
TH16 MONOF.	1,0	17X.01.107042	313,5		102
TH16 TRIF	1,0	17X.01.107041	291,5		
TH16 MONOF.	1,5	17X.01.107052	323,5		
TH16 TRIF	1,5	17X.01.107051	301,5		
TH16 MONOF.	2,0	17X.01.107062	343,5	127	165
TH16 TRIF	2,0	17X.01.107061	311,5		102
TH16 MONOF.	3,0	17X.01.107072	363,5		
TH16 TRIF	3,0	17X.01.107071	321,5	127	165

	Modelo	Motor	Abertura
	A.P. Scarpel	03/12/02	24/03/03
	Diâmetro	mm	1 1/2" BSP
Bomba TH-16 AL		107162	

Anexo 4. Ficha técnica de especificaciones para tuberías Plastigama.



**ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍAS PVC (U)**

Cálculo de las pérdidas de carga en base a tuberías de menor presión por cada diámetro, según la fórmula de Hazen - Williams.

D. Nominal (mm)	20		25		32		40		50		63		75		
	Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	
	lps	gpm													
0.08	1.27	0.85	0.32												
0.10	1.59	1.29	0.40												
0.12	1.90	1.80	0.48	0.54	0.29										
0.14	2.22	2.40	0.56	0.72	0.34										
0.16	2.54	3.07	0.64	0.92	0.39										
0.20	4.12	7.54	1.04	2.26	0.64	0.61	0.37								
0.30	5.71	13.78	1.45	4.13	0.88	1.12	0.52								
0.40	7.29	21.70	1.85	6.50	1.13	1.76	0.66								
0.50	8.88	31.23	2.25	9.35	1.37	2.54	0.80	0.80	0.50						
0.60	10.46	42.34	2.65	12.68	1.62	3.44	0.95	1.08	0.59						
0.81	12.84	61.87	3.26	18.53	1.98	5.03	1.16	1.58	0.72						
0.90	15.22			25.38	2.35	6.89	1.38	2.16	0.86	0.72	0.54				
1.11	17.59			33.21	2.72	9.02	1.59	2.83	0.99	0.94	0.63				
1.26	19.97			42.00	3.09	11.40	1.81	3.58	1.12	1.19	0.71				
1.41	22.35			51.73	3.45	14.04	2.02	4.41	1.26	1.47	0.80				
1.61	25.52					17.95	2.31	5.64	1.43	1.87	0.91	0.60	0.57		
1.81	28.69					22.30	2.60	7.00	1.61	2.33	1.03	0.75	0.64		
2.01	31.86					27.08	2.88	8.50	1.79	2.82	1.14	0.91	0.72		
2.21	35.03					32.28	3.17	10.14	1.97	3.37	1.25	1.09	0.79		
2.41	38.20							11.90	2.15	3.95	1.37	1.27	0.86	0.52	0.59
2.60	42.16							14.29	2.37	4.75	1.51	1.53	0.95	0.62	0.65
2.91	46.12							16.88	2.59	5.61	1.65	1.81	1.04	0.73	0.71
3.16	50.09									6.53	1.79	2.11	1.13	0.85	0.78
3.41	54.05									7.52	1.93	2.42	1.21	0.98	0.84
3.60	58.01									8.57	2.07	2.76	1.30	1.12	0.90
3.90	62.77									9.92	2.24	3.20	1.41	1.29	0.97
4.20	67.52									11.35	2.41	3.66	1.52	1.48	1.05
4.50	72.28									12.88	2.58	4.15	1.62	1.68	1.12
4.80	77.03											4.67	1.73	1.89	1.19
5.10	81.79											5.22	1.84	2.11	1.27
5.50	88.13											6.00	1.98	2.43	1.37
5.90	94.47											6.82	2.12	2.76	1.46
6.30	100.81											7.69	2.26	3.11	1.56
6.70	107.15											8.61	2.41	3.49	1.66
7.10	113.49											9.58	2.55	3.88	1.76
7.60	121.41													4.39	1.88
8.10	129.34													4.94	2.00
8.60	137.26													5.52	2.13
9.10	145.19													6.12	2.25
9.60	153.11													6.75	2.37
10.10	161.04													7.41	2.50
10.60	168.96													8.10	2.62

Pc: Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100m de tubería  
V: Velocidad en metros por segundo (m/s)  
C: 150 constante de H-W  
CÁLCULO EN BASE A DIÁMETROS INTERNOS DE TUBERÍA BAJA PRESION  
lps: Litros por segundo  
gpm: Galones por minuto.



*Anexo 5.* Construcción del prototipo.

