



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“INFLUENCIA DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA, EN EL COEFICIENTE DE
FRICCIÓN PARA LA FÓRMULA DARCY WEISBACH.”**

PREVIO AL TÍTULO DE

INGENIERA HIDRÁULICA

AUTOR

ANDRÉS ROBERTO CEVALLOS GANCHOZO

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ING. MICHAEL DAVID CAICEDO TORO Mg

JULIO 2020

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Michael David Caicedo Toro.Mg.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Ing. Michael David Caicedo Toro, Mg.

PRIMER LECTOR

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc

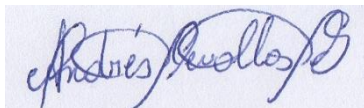
SEGUNDO LECTOR

Ing. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño, Mg.

TERCER LECTOR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

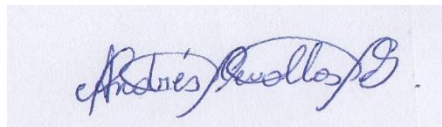


Andrés Roberto Cevallos Ganchozo

C.C.: 1313295824

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.



Andrés Roberto Cevallos Ganchozo

C.C.: 1313295824

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud para seguir adelante, a mis padres Onésimo y Cruz por su apoyo en cada momento, todos los familiares y amigos que brindaron el apoyo en este camino.

Andrés Cevallos Ganchozo

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento, a todos los que conforman el cuerpo de docentes en la carrera Ingeniería Hidráulica, por sus conocimientos impartidos los cuales serán replicados en mi camino de la ingeniería, también recalcar los valores éticos y de servicios para servir a favor de la comunidad que fueron inculcados en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí, Por último, Agradecimiento para los Ingenieros. Michael Caicedo, José Alarcón y Andy Giler por sus apoyos permanentes en el proceso de aprendizaje, y apoyos permanentes cuando me encontré con alguna dificultad.

Andrés Roberto Cevallos Ganchozo

Resumen

Este estudio planteó una investigación explicativa que determinó la influencia de la viscosidad cinemática, en el coeficiente de fricción para la fórmula *Darcy-Weisbach*, en respuesta a la ausencia de diseños de conducción, que mejorarían el rendimiento en los sistemas porque adoptan valores estándar. Por ello, este estudio se ejecutó en Chone en febrero de 2020; utilizó la metodología de *Reynold*, *Colebrook-White*, *Venturi* y *Darcy-Weisbach*, en relación a un prototipo de régimen permanente con un circuito en tuberías de policloruro de vinilo (PVC), usadas especialmente para diseño de redes en agua potable, donde fueron incrustados piezómetros plásticos transparentes para determinar *Venturi* con respecto a la altura; y adaptó un calentador-enfriador eléctrico para agua, en rangos de temperatura de 5 °C a 70 °C. Los resultados muestran que los intervalos de temperatura hacen que la velocidad en el efecto *Venturi* empiece a disminuir desde 1,3212 a 0,5250 m/s; la fricción 0,0260 a 0,0233 y la viscosidad cinemática 1,51323E-06 a 3,79746E-07 m²/s. Esto demuestra que entre más aumenta la temperatura, la velocidad, viscosidad y coeficiente de fricción empiezan a disminuir. Un análisis estadístico determina dependencia *intrínseca entre viscosidad, fricción y temperatura aprobando la hipótesis nula. En conclusión*, la temperatura es un factor que puede modificar la velocidad; por tanto, a mayor aumento de la velocidad, empieza a disminuir la viscosidad, pudiendo incluso llegar al punto de ebullición y empezar a cambiar el estado del agua de líquido a gaseoso, afectando significativamente la viscosidad y fricción.

Palabras clave: temperatura, viscosidad, velocidad, fricción, *Darcy-Weisbach*

Abstract

This research proposed an exploratory study that determined the influence of kinematic viscosity on the friction coefficient for the Darcy-Weisbach equation, in response to a lack of studies on conductivity designs, which would improve performance of systems because they use standard reference values. Hence, this research study was carried out in Chone in February 2020; its methodology was based on Reynolds, Colebrook-White, *Venturi* and Darcy-Weisbach equations related to a constant-friction regime prototype, with a polyvinyl chloride (PVC) pipe circuit, specifically used for the design of drinking water distribution networks, where transparent plastic piezometers were embedded to determine *Venturi* regarding height; it was also adjusted an electric water heater-cooler at temperatures ranging from 5 °C to 70 °C. The findings show that temperature intervals cause velocity in the *Venturi* effect to decrease from 1.3212 to 0.5250 m / s; friction 0.0260 to 0.0233; and kinematic viscosity 1,51323E-06 to 3,79746E-07 m² / s. These findings prove that the more the temperature increases, the more the speed, viscosity and friction coefficient begin to decrease. A statistical analysis determines intrinsic dependence among viscosity, friction and temperature, approving the null hypothesis. It is concluded that temperature is a key factor that may change speed; thus, the higher speed increases, viscosity begins to decrease, being even able to reach boiling point and begin to change the state of water from liquid to gas, affecting viscosity and friction significantly.

Keywords: temperature, viscosity, speed, friction, *Darcy-Weisbach*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	ii
ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iv
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
INTRODUCCIÓN	1
DISEÑO METODOLÓGICO	4
MATERIALES Y MÉTODOS	4
MATERIALES	4
MÉTODOS	5
ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACIÓN	5
Velocidad Efecto Venturi	5
Procedimiento para determinar la velocidad	6
Coefficiente de Fricción formula Colebrok-White	6
Procedimiento para determinar el coeficiente de Fricción	7
Viscosidad cinemática régimen permanente	7
Procedimiento para determinar perdida de carga Darcy-Weisbach	9
MANEJO DEL ENSAYO	10
Funcionamiento prototipo	10
VARIABLES A EVALUAR	11
Determinar velocidad	11
Perdida de carga	11
Coefficiente de fricción	11
Viscosidad cinemática	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Calcular la viscosidad cinemática en un sistema de régimen permanente	12
Relacionar la viscosidad con la temperatura mediante el cálculo de perdida energética del sistema anterior (régimen permanente)	13
Determinar el coeficiente de fricción y su dependencia intrínseco con la viscosidad y la temperatura	15
CONCLUSIONES	2
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
ANEXOS	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	5
<i>Ecuación efecto Venturi-velocidad</i>	5
Tabla 2	6
<i>Ecuación de Colebrok-White</i>	6
Tabla 3	7
<i>Ecuación para determinar viscosidad cinemática</i>	7
Tabla 4	9
<i>Ecuación para determinar el Numero de Reynolds</i>	9
Tabla 5	9
<i>Ecuación para determinar pérdida de carga mediante Darcy-Weisbach</i>	9
Tabla 6	12
<i>Datos calculados viscosidad cinemática, rango de 5 a 70 grados</i>	12
Tabla 7	14
<i>Datos, relación, perdida de carga, viscosidad y temperatura</i>	14
Tabla 8	1
<i>Análisis de varianza de un factor</i>	1

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	13
<i>Determinación de la curva de tendencia logarítmica, variable velocidad-temperatura, valor $x =$ temperatura</i>	13
Gráfico 2	15
<i>Determinación de la curva de tendencia polinómica, variable fricción-temperatura, valor $x =$ temperatura</i>	15
Gráfico 3	15
<i>Determinación la curva de tendencia polinómica, variable viscosidad cinemática-temperatura, valor $x =$ temperatura</i>	15

INTRODUCCIÓN

Las propiedades que posee el agua, es de los recursos más importante para la vida, tiene varios estados, sólida, líquida y gaseosa mientras cumplan con los parámetros naturales en la tierra los cuales son presión y temperatura. Posee una gran facultad calorífica, la cual le permite absorber calor en cantidades sin aumentar demasiado su temperatura, (Fernández, 2012).

Los valores de viscosidad en el diseño perdidas de carga, y la información disponible en nuestro medio en estos casos tendrían que variar dependiendo los diversos tipos de clima, este crea un problema ya que sus parámetros no están definidos, y por consiguiente estamos asumiendo los valores de viscosidades. Tomando siempre el valor de una temperatura estándar y este no muestra siempre la realidad del problema dependiendo de la región, se desconoce con frecuencia a que temperatura está el agua y en que parámetro se debe trabajar la viscosidad en nuestro medio, todo esto por falta de equipo que determinen lo ya mencionado para obtener con precisión los resultados esperados en estudios que se realizaran en los análisis en las pérdidas de cargas. Por eso es importante realizar el diseño de redes en agua potable para así obtener resultados óptimos en el sistema (Campaña & Ortega, 2016) .

En un estudio realizado para algunos parámetros del agua y sólidos en suspensión ,se puede determinar cómo en varios casos los parámetros físicos y químicos en el agua no siempre presentan diferencias significativas , al mostrar una temperatura constante (Díaz et al., 2005).

En cambio, para el estudio y diagnostico en la calidad del agua ,en varios casos que presentan diversas degradaciones en diferentes países, tienen como motivos contaminación del agua, expresa que los parámetros, físicos, químicos, y biológicos son muy importantes para su evaluación , esto pueden incidir en la variación de temperatura en el agua (Toro et al., 2003).

En la conducción de agua potables en tuberías presurizadas de PVC, uno de sus mayores factores para analizar son los diseños correctos en pérdidas de cargas, para cualquier obra hidráulica que conducen fluidos. Por eso se debe tener una mayor exactitud en su diseño. Existen varias ecuaciones las cuales se pueden adaptar para poder llevar a cabo los cálculos de pérdidas de carga por fricción. En algunos casos están pueden tener expresiones generales, pero podemos encontrar expresadas estas en formas exponenciales a manera de fórmulas (Diosdado & Echeverria, 2002).

En las pérdidas de energía sus principales factores son la fricción y turbulencia. Estas son monitoreadas y llevan varios siglos siendo estudiadas en las pérdidas total del sistema. Existen muchos métodos conocidos para aplicar en pérdidas de cargas, los principales son de Darcy-Weisbach y Hazen Williams, el segundo método es aplicado más en las industrias, mientras que Darcy-Weisbach es el más preciso. Pero este por ser más preciso, tiene muchos parámetros a evaluar especialmente en su cálculos del factor de fricción (Vidal et al., 2010).

En un sistema de tuberías que trabajan a presión, la ecuación de Darcy-Weisbach calcula pérdidas de carga que se presentan en dicho sistema, todo esto se debe dependiendo del fluido que por el transite y esté en fricción con las paredes internas de cualquier ducto de conducción , este tiene una pérdida de eficiencia en el sistema de conducción , debido a la energía que se genera esta es transformada en calor y se refleja dicho fenómeno , esta tiene una dependencia de algunas variables como son la rugosidad del conducto, el tipo de material, el tipo de fluido que transita .Acotando que en pérdidas de cargas esta es una de las fórmulas más exactas , y la cual obtuvo su nombre en honor a Henry Darcy y Julius Weisbach (Raphson et al., 2000).

El coeficiente de Fricción en la ecuación de Darcy-Weisbach apareció por primera vez cuando POISEUILLE, en 1846 lo determino matemáticamente , pero este fue adaptado para un flujo laminar con un numero de Reynolds menor a 2300, esta es válida para tubos lisos y rugosos .A partir de los experimentos realizados desde ya hace un siglo , Blasius, Nikuradze, Kozeny, Richter, Colebrook-White, Nikuradze, Kozeny ,propusieron su propia ecuación para poder determinar el coeficiente de fricción , su exactitud depende de los parámetros del número de Reynolds (Marco, 2007).

Para realizar un modelo hidráulico para sistemas en conducción de tuberías para agua potable, es recomendable utilizar para el cálculo en pérdida de energía la ecuación de Darcy-Weisbach, y para determinar su factor de fricción la que más se ajusta a su precisión, es la ecuación de Colebrook-White. Es importante recalcar que es la más se ajusta a porcentajes de error a un 0.005% por lo cual muestra una mayor eficiencia a calcular un sistema de conducción (Óscar & Angulo, 1991).

La temperatura con respecto a la viscosidad cinemática, en un estudio realizado en un rango de temperaturas que van desde los 16°C y 100°C, se tomaron muestras cada 10°C, se pudo deducir que a temperaturas inferiores y superiores mostradas en los rangos anteriormente , estas tienden a perder su naturaleza newtoniana , este fenómeno se debe a la formación de cristales a partir de dichas temperaturas mencionadas (Kerschbaum, 2004).

Dicho lo redactado, puedo traducir que los sistemas de conducción para agua en secciones completamente cerradas, son indispensable realizar un buen diseño en pérdidas de cargas mediante la ecuación de Darcy-Weisbach, el cual tiene mucha influencia, pero a este le inciden varios factores importantes, por mencionar el coeficiente de fricción y la viscosidad cinemática. Por ello se presente el trabajo investigativo tuvo como objetivo general: *influencia de la viscosidad cinemática, en el coeficiente de fricción para la fórmula Darcy-Weisbach*, y para el cumplimiento de este se abordan los siguientes objetivos específicos: *Calcular la viscosidad cinemática en un sistema de régimen permanente. Relacionar la viscosidad con la temperatura mediante el cálculo de pérdida energética del sistema anterior (régimen permanente). Determinar el coeficiente de fricción y su dependencia intrínseco con la viscosidad y la temperatura.*

DISEÑO METODOLÓGICO

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

Materiales de campo

- Tuberías
- Llaves paso
- Calentador agua eléctrica
- Termómetros
- Bomba
- tanque/reservorio
- cámara fotográfica
- piezómetro
- Manguera
- Cintas
- Flexómetro
- Pegamento tubería PVC
- Teflón

Materiales de oficina

- Cuaderno
- Esferográficos
- Computador portátil
- Calculadoras
- Paquete ofimático Excel

MÉTODOS

Variables consideradas en la investigación

- Velocidad Efecto Venturi
- Coeficiente de Fricción formula Colebrok-White
- Viscosidad cinemática régimen permanente
- Perdida de carga Darcy-Weisbach
- Análisis de varianza ANOVA

ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACIÓN.

Velocidad Efecto Venturi

En la presente investigación se determinó la velocidad mediante aplicación de la ecuación de efecto Venturi, este sistema es a condición cerrada, el cual permite trabajar a presión y muestra variación en secciones, esta ecuación originalmente se plantea desde la ecuación de Bernoulli, solamente para sistema de conducciones cerradas.

En los tubos o ensayos Venturi: son usados para medir la velocidad de fluidos en conducciones cerradas y determinar la aceleración de fluidos.(Balloffet, A; Gotelli, L & Meoli, 1952)

Tabla 1

Ecuación efecto Venturi-velocidad

FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
$v = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$	Donde: v: velocidad(m/s) g: gravedad de la tierra (m/s ²) h: altura (m) A ₁ : área sección mayor (m ²) A ₂ : área sección menor (m ²)

Fuente : (Balloffet, A; Gotelli, L & Meoli, 1952)

Procedimiento para determinar la velocidad

- Se determino la velocidad aplicando la ecuación de efecto Venturi, primero se obtuvieron los datos en las áreas de las diferentes secciones interna de 22.8 mm área 1 y 17.8 mm área 2, luego de esto procedemos a calcular "h", los datos de esta variable se tomaron en la lectura mostrada por los piezómetros de la sección en el efecto Venturi B-C, como muestra en el Anexo No.6, todos los datos obtenidos de alturas se muestran en el Anexo No.5. Con la diferencia de altura se determinó la variable "h" a un régimen permanente, se utilizó la gravedad en la tierra, cual equivale es a 9.81 m/s², cabe recalcar que están varían dependiendo de la temperatura para agua limpia, así se pudo determinar las velocidades correspondientes para cada temperatura.

Coefficiente de Fricción formula Colebrok-White

Para determinar el coeficiente de fricción en la ecuación de Darcy-Weisbach, se empleó la ecuación de Colebrok-White, para régimen turbulentos

Esta ecuación está basada en estudios experimentales en tuberías comerciales e incluye consideraciones teóricas de los trabajos de Von Karman y Prandlt,(Alfaro et al., 2019)

Tabla 2

Ecuación de Colebrok-White

FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\epsilon}{d}}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$ $f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$	<p>Donde:</p> <p>f: coeficiente de fricción</p> <p>d: diámetro de tubería (m)</p> <p>Re: número de Reynolds</p> <p>$\frac{\epsilon}{d}$: coeficiente de rugosidad relativa</p>

Fuente: (Alfaro et al., 2019)

Procedimiento para determinar el coeficiente de Fricción

- Se procedió a despejar fórmula original de Darcy Weisbach, para dejar en función del coeficiente fricción como se muestra en la Tabla 5, utilizando sus variables, el material que se empleo es PVC, por lo tanto, la rugosidad relativa es de 0.0015 mm como se muestra en el Anexo No.2, su número de Reynolds tiene que ser siempre mayor a 5000

Viscosidad cinemática régimen permanente

En la presente investigación se utilizó una adaptación de tres ecuaciones, las se remplazó en función de Reynolds y se despejo en función de la viscosidad cinemática y coeficiente de fricción, estas son las ecuaciones de numero Reynolds Tabla 4, Colebrook-White Tabla 5 & Colebrook-White Tabla 2, para poder determinar la viscosidad cinemática, y así obtener sus valores , se despreció los valores del logaritmo neperiano en la raíz positiva, por dar resultados con valores superiores a la unidad , solo se conservó los datos de los valores negativos , los cuales se adaptan a los valores similares de viscosidad cinemática, con valores menor a la unidad ,como los que se muestran en el Anexo No. 4.

Tabla 3

Ecuación para determinar viscosidad cinemática

FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$ $f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{\left(\frac{v * d}{\nu} \right)^{0.9}} \right) \right]^2}$ $1.325 = f * \left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{\left(\frac{v * d}{\nu} \right)^{0.9}} \right) \right]^2$	<p>Donde:</p> <p>v: viscosidad cinemática(m²/s)</p> <p>f: coeficiente de fricción</p> <p>d: diámetro de tubería (m)</p> <p>$\frac{\epsilon}{d}$: coeficiente de rugosidad relativa (mm/mm)</p> <p>v: velocidad (m/s)</p>

$$\frac{1.325}{f} = \left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{\left(\frac{v * d}{\nu}\right)^{0.9}} \right) \right]^2$$

$$\sqrt{\frac{1.325}{f}} = \left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{\left(\frac{v * d}{\nu}\right)^{0.9}} \right) \right]$$

$$e^{\mp \sqrt{\frac{1.325 *}{f}}} = \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79 \nu^{0.9}}{v^{0.9} d^{0.9}} \right)$$

$$e^{\mp \sqrt{\frac{1.325 *}{f}}} - \frac{\epsilon}{3.7d} = \frac{5.79 \nu^{0.9}}{v^{0.9} d^{0.9}}$$

$$\frac{e^{\mp \sqrt{\frac{1.325 *}{f}}} - \frac{\epsilon}{3.7d}}{5.79} * v^{0.9} d^{0.9} = \nu^{0.9}$$

$$v = \left(\sqrt{\frac{e^{+\sqrt{\frac{1.325}{f}}} - \frac{\epsilon}{3.7d}}{5.74}} \right) * v * d$$

$$v = \left(\sqrt{\frac{e^{-\sqrt{\frac{1.325}{f}}} - \frac{\epsilon}{3.7d}}{5.74}} \right) * v * d$$

Fuente: (Alfaro et al., 2019) & (Jaramillo & Cardenas B, 2013)

Tabla 4*Ecuación para determinar el Numero de Reynolds*

FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
$Re = \frac{v * d}{\nu}$	Donde: Re: Número de Reynolds, d: Diámetro del tubo (m) ν : Viscosidad cinemática (m ² /s) v: velocidad (m/s)

Fuente:(Jaramillo & Cardenas B, 2013)**Procedimiento para determinar perdida de carga Darcy-Weisbach**

- Para determinar el factor fricción y perdida de carga, se utilizó la fórmula de Darcy-Weisbach y así obtener los valores deseados, mediante el experimento de régimen permite se despejo en función de fricción, obteniendo el valor de perdida de carga de los tamos A-D con su diferencia de altura desde el inicio hasta el final

Tabla 5*Ecuación para determinar pérdida de carga mediante Darcy-Weisbach*

FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
$hf = f \left(\frac{l}{d} \right) * \left(\frac{v^2}{2g} \right)$ $f = \frac{hf * d * 2g}{l * v^2}$	Donde: hf: perdida de carga f: coeficiente de fricción l: longitud (m) d: diámetro (m) v: velocidad (m/s) g: gravedad (m/s ²)

Fuente: (Orlando & Moreno, 2019)

Análisis de varianza ANOVA

- Se ha empleado un análisis ANOVA, el cual tiene como un objetivo principal en determinar la dependencia de una o más variables, para determinar si contamos con una hipótesis nula o verdadera, en este caso los factores que intervinieron son las temperaturas, viscosidad cinemática, y fricción (Vasallo, 2015).

MANEJO DEL ENSAYO.

Funcionamiento prototipo.

El manejo del ensayo empieza: Con base en lo mencionado anteriormente, se hace necesario el diseño e implementación del prototipo el cual permita mantener el mismo flujo constante, sin que su nivel de agua empiece a decaer, este reservorio 1 tiene que mantener su nivel y desde ahí se toma la temperatura, este tiene una capacidad máxima de 25 litros.

Se puede observar el circuito, este se compone por: llave, ensanchamiento, piezómetros, diámetros de 22,8 mm y 17,8mm en tuberías de PVC. El circuito muestra los tramos de piezómetros , A,B,C,D, los cuales determinan la diferencia de altura, para así determinar el efecto Venturi son los datos de "B-C", y mencionando la pérdida energética la cual se determina, mediante el circuito que va desde el inicio hasta el final , los valores tomados para este son "A-D", La función de los piezómetros los cuales son instrumentos utilizados para medir presiones de agua (Beltrán & Vintamilla, 2014), en los tramos ya mencionados anteriormente se toma las alturas y dependiendo de su temperatura e irán variando por cada toma de datos.

Calentador de agua eléctrico : cumple función de calentar y enfriar agua a temperaturas desde (10-70) °C, mediante un compresor estas son maquinas que permiten enfriar agua mediante la inyección de gas a alta temperatura (Díez, 1998) . Para el agua caliente sera mediante una resistencia eléctrica, son elementos tubulares en cobre niquelado o acero inoxidable AISI 321 de Ø8 mm que calientan en un recipiente a temperaturas mayores a 40 grados en adelante , para obtener temperaturas se controla mediante botones , para agua caliente y fría , para obtener temperaturas calientes o frías se debe emplear tiempo hasta que empiece a calentar o enfriar y se obtenga la temperatura requerida (JM INDUSTRIAL, 2016)

Reservorio 2, el cual tiene una capacidad de almacenamiento para 120 litros aproximadamente, almacena agua limpia que viene con una temperatura desde el calentador de agua eléctrico.

Bomba eléctrica: tiene una capacidad de medio HP, su función es suministrar desde el reservorio dos al reservorio uno, en un ciclo constante de recirculación manteniendo el régimen permanente.

VARIABLES A EVALUAR.

Los datos evaluados en la viscosidad cinemática y su incidencia en el coeficiente de fricción para la fórmula de *Darcy-Weisbach* se detallarán a continuación.

Determinar velocidad

La velocidad se determinó mediante el efecto Venturi, los tramos B, C, muestran la diferencia de altura entre ambos, sus áreas se determinaron mediante los diámetros, área 1 el diámetro es 0.0228m y su área 2 su diámetro es 0.0178m , la cual determina la velocidad dependiendo de su temperatura

Perdida de carga

Para determinar la pérdida de carga, se efectuó mediante la diferencia de altura en el circuito mostrado, en los tramos A, D, la cual determinó su pérdida correspondiente, dependiendo de su variación en la temperatura.

Coefficiente de fricción

Se determinará mediante el despeje de la ecuación de *Darcy-Weisbach* en función al coeficiente de fricción, recalando el valor de la pérdida obtenido en el paso anterior, recalando que esto se obtendrá dependiendo de su variación en la temperatura.

Viscosidad cinemática

Se evaluará mediante la igualación de dos ecuaciones:

$$(1) Re = \frac{v*d}{\nu}$$

$$(2) f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.79}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Reynolds & Colebrook-White, utilizando los factores ya calculados anteriormente, cabe recalcar que todo estará en función a la variación de la temperatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calcular la viscosidad cinemática en un sistema de régimen permanente.

Viscosidad Cinemática

Los resultados de la Tabla 6, demuestra el origen de la variable viscosidad cinemática en un sistema de régimen permanente, adquirido en la investigación realizada donde se observa el análisis estadístico para un porcentaje de variación $R^2 = 0,9568$, la cual determino una función de tendencia logarítmica como adaptación para la velocidad $y = -0,316\ln(x) + 1,8894$, con respecto a la temperatura, este se llevó a efecto mediante la aplicación del efecto Venturi y determinación en la diferencia de altura ya mencionada del sistema existente.

Se observo también la tendencia que entre más alta es las temperaturas en un régimen permanente, es más baja la viscosidad, y la velocidad tiende a tener el mismo comportamiento, va disminuyendo con respecto a cuando sube la temperatura, este análisis se efectuó en un diámetro de una pulgada para todo el circuito, excluyendo el tramo de la sección de Venturi el cual varia a $\frac{3}{4}$ de pulgada.

El decaimiento en la viscosidad con respecto al aumento de la temperatura, coincide similarmente con lo expresado en la adaptación del libro en mecánica de fluidos e hidráulica. El cual presenta datos de viscosidad ,con intervalos de 5 a 65 grados Anexo.4, dando valores similares a lo mostrado en los resultados del ensayo (Giles, 2009).

Tabla 6

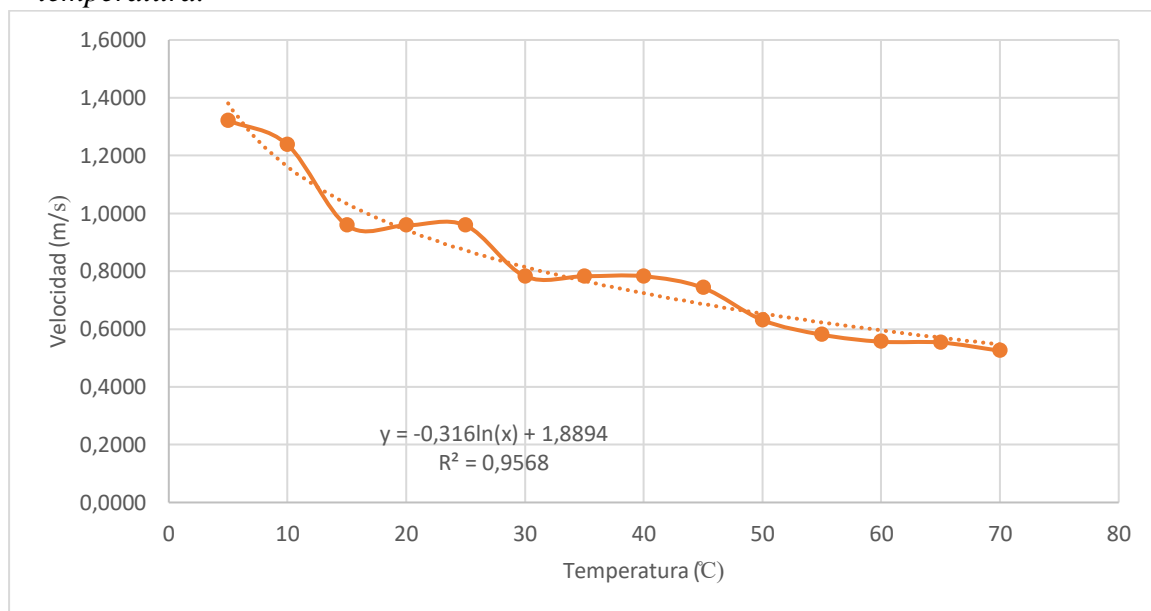
Datos calculados viscosidad cinemática, rango de 5 a 70 grados

Temperatura (*C)	Diámetro-D(m)-B	Diámetro-D(m)-C	Velocidad / Efecto Venturi-v (m/s)
5	0,0228	0,0178	1,3212
10	0,0228	0,0178	1,2374
15	0,0228	0,0178	0,9585
20	0,0228	0,0178	0,9585
25	0,0228	0,0178	0,9585
30	0,0228	0,0178	0,7826
35	0,0228	0,0178	0,7826
40	0,0228	0,0178	0,7826
45	0,0228	0,0178	0,7424

50	0,0228	0,0178	0,6309
55	0,0228	0,0178	0,5804
60	0,0228	0,0178	0,5561
65	0,0228	0,0178	0,5534
70	0,0228	0,0178	0,5250

Gráfico 1

Determinación de la curva de tendencia logarítmica, variable velocidad-temperatura, valor x = temperatura.



Relacionar la viscosidad con la temperatura mediante el cálculo de pérdida energética del sistema anterior (régimen permanente).

Los resultados mostrados en la Tabla 7. Muestran relación de la viscosidad y temperatura mediante la pérdida energética que se obtuvo la diferencia de altura en los tramos A y D respectivamente, aplicando los datos obtenidos anteriormente y después de relacionar los datos en la viscosidad y temperatura, estos se llevaron a efecto después de haberlos determinado con la ecuación de fricción ya mencionada para luego determinar las pérdidas energética del sistema.

En el Gráfico 2, se observa la relación de fricción con respecto a temperatura, donde se puede observar que entre más alta es la variable temperatura, más baja es la fricción, esta también está expresada con sus respectivas líneas de tendencias, y el porcentaje de variación $R^2 = 0,9221$, las ecuaciones adaptadas para ello son polinómica, $y = 3E-07x^2 - 7E-05x + 0,0265$, en estos resultados se puede observar que el estado del agua empieza a cambiar cuando se acerca a la temperatura de ebullición, este fenómeno empezaría a notarse a partir de los 100 °C en su punto de ebullición y empezar a tornarse en estado gaseoso en el fluido.

Relacionando viscosidad con la temperatura mediante la pérdida energética como lo determinan en la investigación en evaluación de factor fricción, determina que para relacionar no solo viscosidad de manera aceptable se debe tener en cuenta que no siempre tendremos las mismas situaciones, que incluso en algunos casos también pueden incidir la estimación de pérdida de presión en accesorios, también la determinación en la potencia de bomba, ya que esta puede afectar los procesos de diseños, en incluso casos también menciona adaptar una ecuación para los escenarios que se presentan (Alejandro et al., 2014).

Tabla 7

Datos, relación, pérdida de carga, viscosidad y temperatura

Temperatura (*C)	Hf(m/m)-Pérdida Carga	Diámetro-D (m)	Fricción-f	viscosidad cinemática-v (m ² /s)
5	0,1603	0,0228	0,0260	1,51323E-06
10	0,1387	0,0228	0,0256	1,33996E-06
15	0,0844	0,0228	0,0260	1,09789E-06
20	0,0825	0,0228	0,0254	1,00084E-06
25	0,0795	0,0228	0,0245	8,58694E-07
30	0,0545	0,0228	0,0252	7,88009E-07
35	0,0534	0,0228	0,0247	7,25716E-07
40	0,0517	0,0228	0,0239	6,31496E-07
45	0,0463	0,0228	0,0238	5,88455E-07
50	0,0333	0,0228	0,0237	4,91153E-07
55	0,0281	0,0228	0,0236	4,43665E-07
60	0,0257	0,0228	0,0235	4,17426E-07
65	0,0253	0,0228	0,0234	4,07777E-07
70	0,0227	0,0228	0,0233	3,79746E-07

Gráfico 2

Determinación de la curva de tendencia polinómica, variable fricción-temperatura, valor $x =$ temperatura

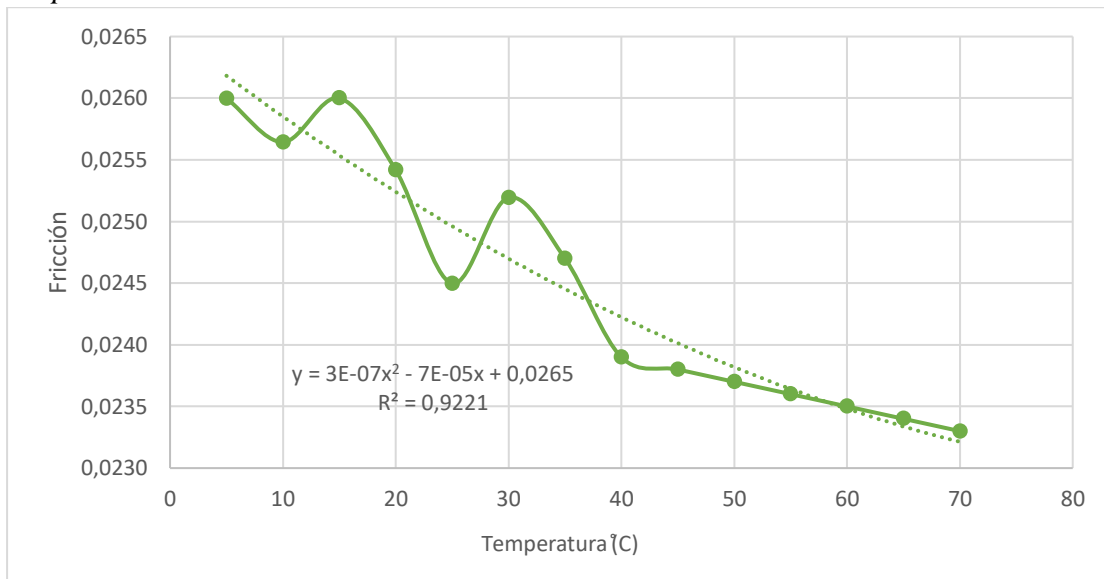
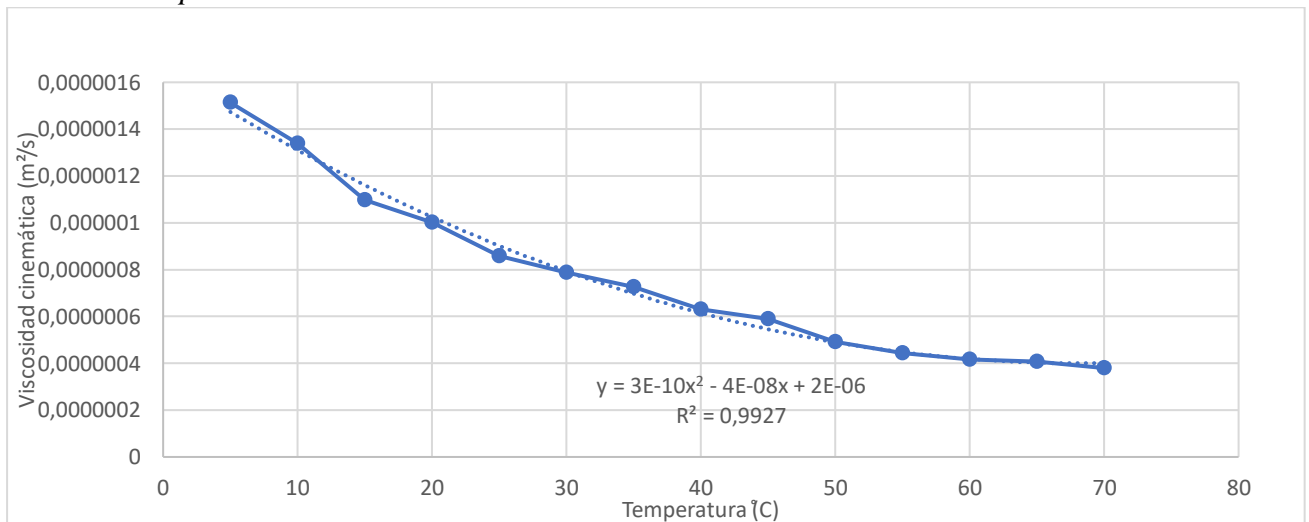


Gráfico 3

Determinación la curva de tendencia polinómica, variable viscosidad cinemática-temperatura, valor $x =$ temperatura



Determinar el coeficiente de fricción y su dependencia intrínseco con la viscosidad y la temperatura.

Para el estudio correspondiente con su dependencia intrínseco se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) considera que las variables , fricción , viscosidad y temperatura , se sabe

que entre más aumenta la temperatura , mas disminuye la fricción y viscosidad , se pudo obtener que si hay una diferencia por el coeficiente f de Fisher a valor crítico, $44 > 3$, expresado lo siguiente se determina que la temperatura influirá en la fricción y viscosidad esto pudo determinar que no existe una relación intrínseco ,ya que si dependen de las circunstancia y no sería expresada por sí misma , es decir que si afecta directamente el coeficiente con la viscosidad y temperatura .

En lo expresado por el libro modificado de schaum en mecánica de los fluidos, muestra como disminuye la viscosidad con respecto a la temperatura , y esto a su vez influirá en el coeficiente de fricción, el cual será mas bajo cuando su temperatura empieza aumentar .(Giles, 2009)

Tabla 8*Análisis de varianza de un factor*

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	13116,43901	2	6558,219503	44,9706479	7,4665E-11	3,238096135
Dentro de los grupos	5687,500013	39	145,8333337			
Total	18803,93902	41				

CONCLUSIONES

- La temperatura es un factor que puede modificar la velocidad, entre más aumenta la velocidad empieza a disminuir significativamente la viscosidad, también se puede tomar en consideración mejorar los diseños en obras de conducción cerradas por que estas influirán en las significativamente perdidas energéticas.
- Podemos ver con el sistema anterior mediante la perdida energética la viscosidad y temperatura, determina que entre más alta sea su temperatura, menor es la perdida porque entre más asciende la temperatura, se podría llegar al punto de ebullición, y empezar a cambiar el estadio del agua, de líquido a gaseoso.
- Estadísticamente se mostró que si hay una dependencia intrínseca que la temperatura si influye directamente en la viscosidad y fricción, este estudio aprueba una hipótesis nula cuando se habla de dependencia con la viscosidad y la temperatura, para futuras investigaciones se recomienda la comparación de otros coeficientes para seguir determinando el comportamiento de la viscosidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, A., Guillermo, C., Oliver, F., & Alfonso, G. (2014). Evaluación de ecuaciones de factor de fricción explícito para tuberías. *Educacion Quimica*, 25(2), 128–134.
[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70535-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70535-X)
- Alfaro, M., Olivares, A., & Guerra, R. (2019). *Evaluación experimental de la solución analítica exacta de la ecuación de Colebrook-White*. *Experimental evaluation of exact analytical solution of the Colebrook-White Equation*. número 2, 1–11.
- Balloffet, A; Gotelli, L & Meoli, A. (1952). Hidráulica. *Editorial EDIAR, Buenos Aires, Vol.1.*
- Beltrán, C., & Vintamilla, J. (2014). *Estudio de la Instrumentación a Utilizar en las presas de Tierra del Proyecto Pacalori*. 76.
- Campaña, J., & Ortega, W. (2016). *Evaluacion de la red de distribucion de agua potable para determinar pérdidas y fugas de la urbanización la colina del cantón Rumiñahui*. 128.
- Díaz, M., Edgar, V., Arriaga, E., Quiroz, H., Judith, C., Sedimento, & Zempoala, L. (2005). *Caracterización de Algunos Parámetros Físico Químicos del Agua y Sedimento del Lago*. 15, 57–65.
- Díez, P. (1998). Compresores alternativos. *Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética Universidad de Cantabria*, 1–127.
- Diosdado, P., & Echeverria, A. (2002). “Evolucion historica de las formulas para expresar las pérdidas de carga en tuberias. Segunda parte: Desde los trabajos de Darcy hasta los de Stanton.” *Editorial Universitaria de La Republica de Cuba, Ingeniería*, 3+.
- Fernández, A. (2012). Water , an essential resource. *Quimica Viva*, 11, 147–170.
- Giles, R. . (2009). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Teoría y 75 problemas resueltos. *Revista Internacional de Seguridad Social*, 62(4), 267. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1734.2009.01342.x>
- Jaramillo, D., & Cardenas B. (2013). Número de Reynolds. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- JM INDUSTRIAL. (2016). Resistencias calefactoras. *Industry & Technology*.
<https://www.jmi.com.mx/resistencias-calefactoras>

- Kerschbaum, R. (2004). *Measurement of the temperature dependent viscosity of biodiesel fuels. Fuel, Vol.*, p: 287-291.
- Marco, A. (2007). *Validacion experimental del coeficiente de friccion "f" de darcy-weisbach y su comparacion con el coeficiente de rugosidad "n" de manning en el analisis de perdidas en tuberias a presion.* 1–52.
- Orlando, E., & Moreno, L. (2019). Darcy-Weisbach resistance coefficient determination using Newton-Raphson approach for android 4.0. *Tecnura*, 23(60), 52–58.
- Óscar, J., & Angulo, G. (1991). *Ecuación modificada de Colebrook-White.*
- Raphson, N., Jeimi, T., Alberto, D., Castillo, S., Fabián, J., & Giral, M. (2000). *Cálculo de diámetros de tubería mediante la ecuación de Darcy-Weisbach aplicando el método de Newton-Raphson.* 2000(m).
- Toro, J., Schuster, J., Kurosawa, J., Araya, E., & Contreras, M. (2003). Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). *Sociedad Chilena De Ingeniería Hidráulica Xvi Congreso Chileno De Ingeniería Hidráulica*, 1–11.
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd20/riomaipo.pdf>
- Vasallo, M. (2015). Análisis de la varianza. ANOVA. *Estadística Aplicada a Las Ciencias de La Salud*, 1, 135–156. <https://doi.org/10.1016/b978-84-9022-446-5.00004-5>
- Vidal, L., Cabanillas, D., & Roger, F. (2010). Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero: Estudio de caso. *Ingeniare*, 18(3), 335–342.

ANEXOS

Anexo No. 1: Aprobación del tema por parte de Dirección de Carrera

Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

Sede Manabí
Dirección de Carrera Ingeniería Hidráulica



OFICIO N° PUCEM-CIH-UDT-JRAL-2019-023
Portoviejo, 31 de Octubre de 2019

Andrés Roberto Cevallos Ganchozo

ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA HIDRÁULICA

Ing. Micheal David Caicedo Toro, M.Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA HIDRÁULICA -PUCE MANABÍ

De mis consideraciones:

Reciba un cordial saludo y los deseos de éxitos en su gestión personal y profesional. La presente es para comunicarle que después de haber analizado el: **INFLUENCIA DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA Y TEMPERATURA, EN EL COEFICIENTE FRICCIÓN PARA LA FÓRMULA DE DARCY WEISBACH**, la comisión de docentes que formaron parte del análisis de la propuesta, resolvieron conceder una **pre aprobación del tema**.

Por tal motivo la Dirección de carrera le comunica lo resuelto por los docentes y además le hace conocer que el Ing. Micheal David Caicedo Toro, M.Sc., será el **TUTOR** del trabajo de titulación presentado por ustedes. Las funciones del tutor serán: Orientar y asesorar al estudiante sobre información bibliográfica, absolver oportunamente consultas sobre el contenido, así como de esquemas de redacción y versiones previas del trabajo, sugerir correcciones y enmiendas, cumplir los procedimientos administrativos y el cronograma de trabajo que se establezca, y velar por el cumplimiento de las normativas de derechos de autor.

El director del trabajo de titulación llevará obligatoriamente un mecanismo de seguimiento del asesoramiento al estudiante, conforme lo estipula la normativa vigente, es necesario indicar que elaborado por la dirección de carrera, en la que se establezcan los cronogramas de reuniones y presentación tanto de adelanto del trabajo como de correcciones y el producto final.

Es necesario indicar que la aprobación del tema, está condicionada hasta la defensa del respectivo anteproyecto, en donde el estudiante previo cronograma establecido deberá defenderlo ante la comisión de docentes convocada para el efecto, en mencionado espacio puede existir alguna rectificación en la propuesta de investigación presentada.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. José R. Alarcón Loo, M. Sc.

DIRECTOR CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA



Anexo No. 2: Coeficiente de rugosidad relativa tuberías PVC

COEFICIENTES DE FRICCIÓN f PARA AGUA SOLAMENTE

(Intervalo de temperatura aproximado de 10° C a 21° C)

Para tuberías viejas – intervalo aproximado de ϵ : 0,12 cm a 0,60 cm

Para tuberías usadas – intervalo aproximado de ϵ : 0,06 cm a 0,09 cm

Para tuberías nuevas – intervalo aproximado de ϵ : 0,015 cm a 0,03 cm

Anexo No. 3: Prototipo JPG. Bomba 1/2 hp



Anexo No. 3.1 Prototipo





Anexo No. 4: viscosidades cinemáticas (Giles, 2009)

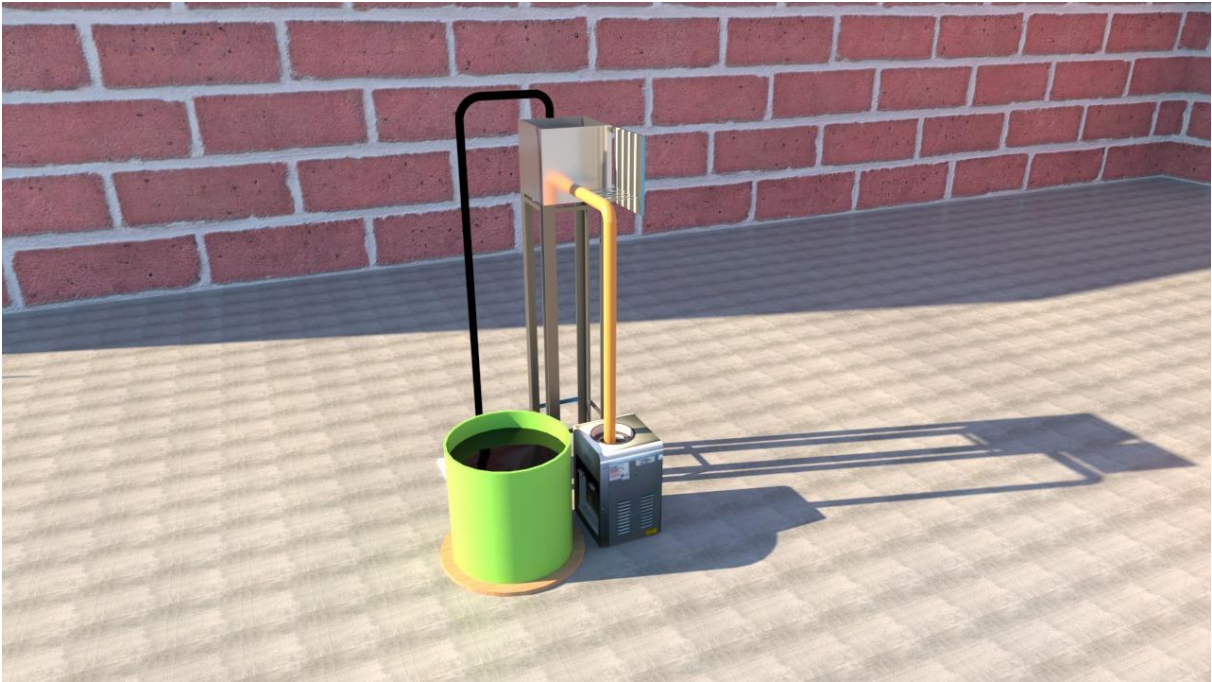
TABLA 2

DENSIDAD RELATIVA Y VISCOSIDAD CINEMATICA DE ALGUNOS LIQUIDOS

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla $\times 10^{-6}$)

Temp. °C	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Visc. cinem. m ² /seg	Densid. relat.	Viscos. cinem. m ² /seg
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

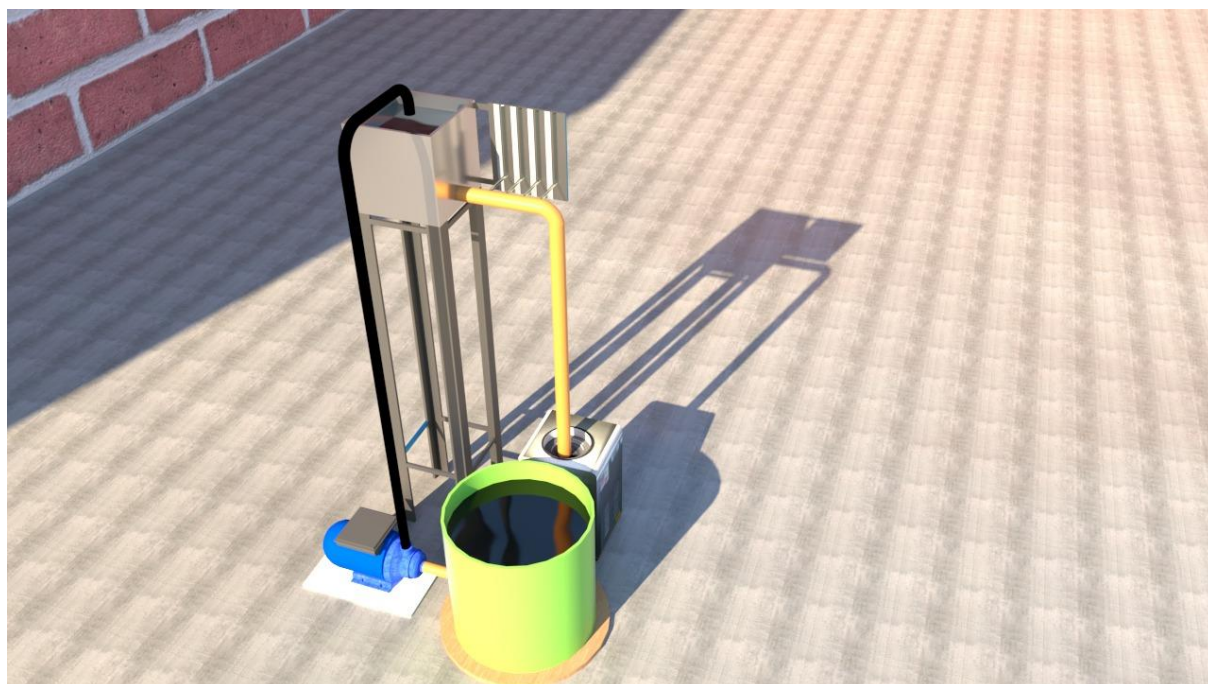
Anexo No. 4: Prototipo REVIT 2020 / Vista frontal



Anexo No. 4.1: Prototipo REVIT 2020 / Vista lateral-a



Anexo No. 4.2: Prototipo REVIT 2020 / Vista lateral-b



Anexo No. 5: Datos de alturas en piezómetros

Temperatura (*C)	Tramo-A/ Dif Altura (m)	Tramo-B/ Dif Altura (m)	Tramo-C/ Dif Altura (m)	Tramo-D/ Dif Altura (m)
5	0,2600	0,2600	0,2030	0,0997
10	0,2500	0,2500	0,2000	0,1113
15	0,2400	0,2300	0,2000	0,1556
20	0,2300	0,2100	0,1800	0,1475
25	0,2100	0,1900	0,1600	0,1305
30	0,1900	0,1800	0,1600	0,1355
35	0,1800	0,1700	0,1500	0,1266
40	0,1700	0,1600	0,1400	0,1183
45	0,1650	0,1500	0,1320	0,1187
50	0,1500	0,1400	0,1270	0,1167
55	0,1450	0,1300	0,1190	0,1169
60	0,1300	0,1100	0,0999	0,1043
65	0,1200	0,1000	0,0900	0,0947
70	0,1150	0,0900	0,0810	0,0923

Anexo No. 6: Parte de sección efecto Venturi

