Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración (PI): Medición de propiedades de flujo en tuberías elásticas.

Modalidad: Proyecto de Investigación.

Versión: Primera

Trimestre Lectivo: 23-O

Datos del alumno:

Nombre: Ricardo Salgado.

Matrícula: 2203031334.

Correo electrónico: al2203031334@azc.uam.mx.

Firma

Datos del asesor:

Nombre: M. en C. Arturo Lizardi Ramos.

Categoría: Titular.

Departamento de adscripción: Energía.

Teléfono: 55 1231 1821.

Correo electrónico: arlr@azc.uam.mx.

Firma.

Datos del asesor:

Nombre: M. en C. Carlos Alejandro Vargas.

Categoría: Titular.

Departamento de adscripción: Ciencias Básicas.

Teléfono: 55 2325 5918.

Correo electrónico: cvargas@azc.uam.mx.

Firma

Datos del co-asesor:

Nombre: Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar.

Categoría: Asociado.

Departamento de adscripción: Energía.

Teléfono: 56 1869 0266.

Correo electrónico: vsas@azc.uam.mx.

Firma

Fecha: 19/01/2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Ricardo Salgado

M. en C. Arturo Lizardi Ramos

M. en C. Carlos Alejandro Vargas

Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar

1. Introducción.

Actualmente existen en el mundo miles de kilómetros de tuberías, fabricadas con diversos tipos de materiales y destinadas a diferentes usos: sistemas de distribución de agua y gas, sistemas de alcantarillado y drenaje, protección de cables, comunicaciones e instalaciones industriales [1]. Por ello, la importancia de la tecnología ha aumentado con el paso de los años. Comprender y aplicar conceptos hidráulicos básicos en los procesos de diseño es muy importante en el análisis y diseño de sistemas de tuberías [2]. Esta información se puede utilizar para predecir pérdidas en cualquier parte del sistema. Dependiendo de las diferentes condiciones en las que se encuentre, también se permite diseñar de manera óptima una tubería de agua o sistema de drenaje para cada necesidad.

El problema a resolver es medir de manera más precisa las propiedades de flujos en tuberías elásticas. Mayormente en las prácticas de laboratorio se miden casos ideales, con condiciones ya establecidas. Ante ello el esbozo de posible solución es que se observará la deformación de un tubo de pared delgada bajo presión hidrostática y un flujo continuo de fluido en él, lo que resultará en un flujo pulsátil. Los resultados preliminares se compararán con un modelo teórico que combina ondas longitudinales y transversales. Con base en esta información se realiza una simulación numérica del sistema, como se muestra en la Figura 1 con el software ANSYS. Este experimento se construirá desde cero en el laboratorio de sistemas complejos (W-209). Siendo un proyecto de investigación financiado por la universidad autónoma metropolitana unidad Azcapotzalco.

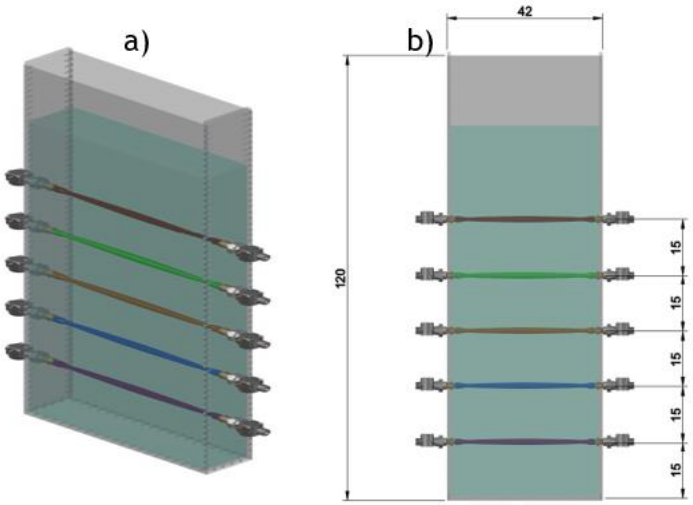

Figura 1. Montaje experimental, a) Proyección isométrica y b) Proyección frontal, escala en (cm).

2. Antecedentes.

En el año 2001 F. F Farshad et al., publicaron en el Journal of Petroleum Science and Engineering un trabajo donde consideraron que la geometría de la tubería, la viscosidad y la velocidad del fluido son variables importantes. Que determinan la magnitud de la fricción y la posterior pérdida de presión en los fluidos que fluyen a través de la tubería. Se tomarán como base los experimentos de mecánica de fluidos ahí publicados donde observaron que en un flujo sobre superficies lisas no existe movimiento de partículas de fluido en relación con la superficie lisa adyacente [3].

Hacia el año 2018 en el Journal of Hydraulic Engineering se publicaron resultados computacionales del análisis numérico 1 y 2 dimensional de flujos en tuberías, donde mostraron la dependencia de un parámetro de ponderación utilizado en el proceso numérico. Además compararon los resultados de un modelo de flujo de burbujas con mediciones experimentales reportadas en la literatura. En nuestro caso se tomarán como base las comparaciones significativas, la simulación numérica de referencia no se limitará a los primeros eventos de cavitación, sino se extenderá en el tiempo [4].

D., Zerihun, y C. A. Sánchez, publicaron un trabajo en el Journal of Irrigation and Drainage Engineering en 2017, donde desarrollaron modelos de simulación computacionales para laterales de riego utilizados en colectores hidráulicos. Los autores concibieron un lateral como una red hidráulica ramificada y luego formularon el problema de simulación hidráulica de un lateral de riego basándose en técnicas de análisis de red estándar. Se ocuparán como base las técnicas de análisis de redes de tuberías que correspondan al método del gradiente el cual produce una formulación más general y robusta del problema de simulación hidráulica [5].

3. Justificación.

Actualmente, la tendencia es automatizar la introducción de sistemas de bucle de control cerrado. Para lograr un funcionamiento óptimo del circuito de control, es extremadamente importante que los elementos de medición sean lo más precisos posible, de modo que permitan reducir al mínimo las desviaciones del sistema de control. Para ello se propone que el sistema de control compare el valor de la variable o estado controlado con el valor deseado y toma acciones correctivas de acuerdo con la desviación existente sin intervención del usuario. Todo esto se programará utilizando Arduino para los sensores de presión.

Para lograr el mejor rendimiento del sistema de control, es importante que la medición de las variables sea lo más precisa posible. Midiendo, analizando y estudiando el flujo de líquidos y gases.

4. Objetivos.

Objetivo general:

Analizar, teórica y experimentalmente las mediciones de las propiedades de flujo en tuberías elásticas.

Objetivos particulares:

Construir un montaje experimental de sistemas de tubos elásticos dentro de una pecera de acrílico.

Realizar prueba de tensión de materiales elásticos.

Implementar la programación de sensores de presión utilizando Arduino.

Ejecutar la simulación del montaje experimental de tubos elásticos empleando ANSYS FLUENT.

Comparar los resultados del modelo teórico con el sistema experimental dentro de las tuberías elásticas.

5. Metodología.

En esta sección se describe el análisis y montaje experimental, así como las variables dependientes e independientes de las pruebas experimentales:

1. Investigación sobre los modelos matemáticos existentes. Se realizará un estudio exhaustivo de los modelos matemáticos existentes en la literatura. Analizando su funcionamiento, fortalezas y limitaciones. Después de eso, se analizarán las condiciones. Los cuales excluyen aquellos modelos que aportan información importante para el proyecto. Esta etapa tiene como objetivo obtener las ecuaciones de continuidad. Bajo la hipótesis de números bajos de *Mach*, la forma cuasi-2D de la ecuación de continuidad (Ec. 1) en una tubería se puede escribir como:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \rho a_w^2 \frac{\partial u}{\partial x} + 2\rho a_w^2 \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0 \qquad \text{Ec. (1)}$$

2. El dispositivo mostrado en la Fig. 1, se construirá de acrílico y se hará hermético, ver figura 2, con el objetivo de mantener una presión hidrostática alta que actúe sobre los tubos elásticos con flujo constante de fluido (agua) dentro de los tubos, esto dará lugar a un flujo pulsátil. Este flujo pulsátil está en función de la presión hidrostática P_H, de la presión de entrada y salida en los tubos elásticos P_1 y P_2 respectivamente, del área de sección transversal A y del módulo de elasticidad E propio del material. Ver Fig. 3, del esquema del Flujo pulsátil, $Fp = f\,(P_H, P_1, A, \text{y } E)$.

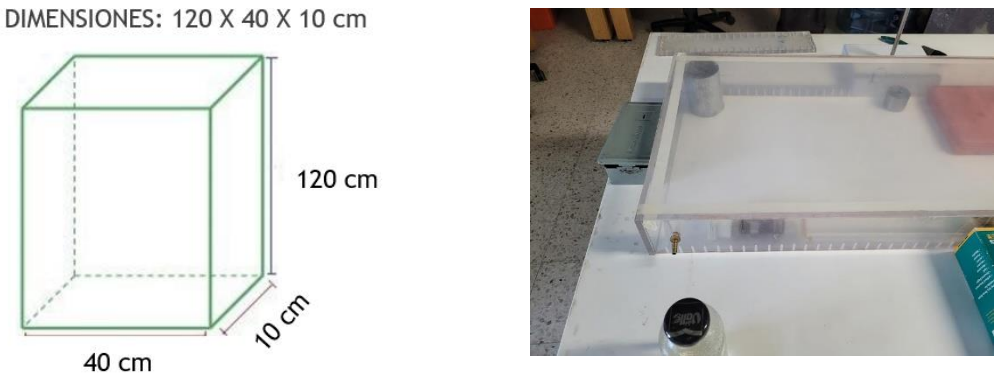

Fig. 2 Dimensiones de la caja (lado izquierdo), foto de la caja de acrílico construida (lado derecho).

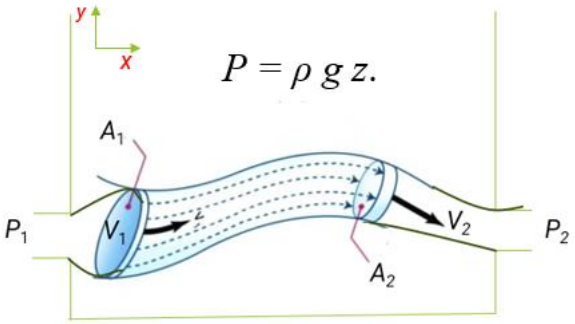

Fig. 3. Esquema de fluido moviéndose a través de un tubo elástico.

3. Se programarán los sensores de presión y flujo, mediante Arduino, para poder controlar el flujo del fluido de mejor manera a través del tubo elástico. Con esos datos generados se ejecutarán las simulaciones en ANSYS FLUENT.

4. Se realizarán pruebas de tensión en los tubos elásticos. Las pruebas se harán en el laboratorio de Caracterización de Materiales del Departamento de Materiales, donde se utilizará la máquina SHIMADZU, para obtener la deformación, el desplazamiento y fuerza de cada tubo.

Fig. 4. Pruebas de tensión del material elásticos.

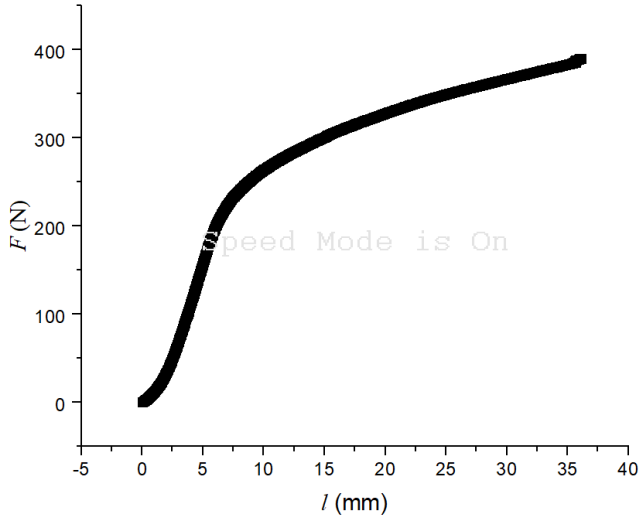

Figura 5. Gráfica de la Fuerza aplicada en función del desplazamiento.

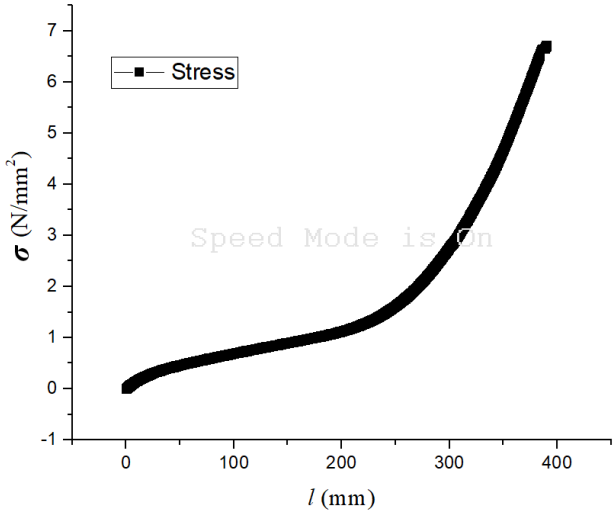

Figura 6. Gráfica del esfuerzo en función del desplazamiento.

5. Se realizarán las mediciones del fluido en la caja de acrílico, obteniendo la presión hidrostática, la presión interna, la velocidad del fluido y el diferencial de presión. Estas pruebas serán para verificar que el programa en Arduino funcione bien y que la caja de acrílico no tenga fugas.

6. Con todos los datos obtenidos, se analizarán, para poder generar una simulación del mismo experimento. Dicha simulación se realizará en el programa ANSYS FLUENT. Como resultado se obtendrán valores teóricos. Y se compararán los datos teóricos con los experimentales.

7. Para finalizar, en esta etapa se elaborará el reporte final con los resultados obtenidos. Se documentarán los productos principales, siendo los entregables vinculados en esta proposición de estudio.

6. Normatividad.

Las tuberías de polietileno para abastecimiento de agua están reguladas por la noma oficial española UNE-EN 12201-2:2012+A1:2020, en ella se recogen las características físicas (índice de fluidez, tiempo de inducción a la oxidación, efecto sobre la calidad del agua) y mecánicas (alargamiento a rotura, resistencia hidrostática) que debe cumplir la tubería [6].

Respecto a usos de abastecimiento, es la norma oficial española UNE-EN ISO 15874-1:2013 misma que establece las características geométricas, físicas (opacidad, retracción longitudinal, índice de fluidez, resistencia al impacto, y estabilidad térmica mediante ensayo de presión hidrostática), y mecánicas (resistencia hidrostática) que deben cumplir los sistemas de canalización de polipropileno [6].

Se aplicará la norma ASME B31.1 de la American Society of Mechanical Engineers para la presión en tuberías. Esta norma prescribe los requerimientos para el diseño, materiales, fabricación, pruebas, inspección, operación, y mantenimiento de sistema de tuberías. Todas las reglas de esta norma han sido desarrolladas considerando las necesidades de aplicación de tuberías encontradas en estaciones generadoras de energía eléctrica, plantas industriales y petroquímicas, y sistemas de ventilación, etc [7].

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

	Actividades durante el Trimestre 23O	**SEMANA**											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisar Bibliografía.	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
2	Realizar montaje experimental y prueba hidrostática.	**X**	**X**	**X**									
3	Efectuar experimentos con tubos elásticos.			**X**	**X**	**X**	**X**	**X**					
4	Programar los sensores con Arduino.					**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**		
5	Hacer pruebas de tensión en tubos elásticos.					**X**							
6	Participar en el Congreso División de Dinámica de Fluidos de la SMF.					**X**							
7	Analizar los resultados.							**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	
8	Ejecutar simulación con datos teóricos en ANSYS FLUENT.							**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	
9	Comparar la simulación teórica con datos experimentales.									**X**	**X**	**X**	
10	Elaborar y entregar reporte final.										**X**	**X**	**X**

8. Entregables.

- ✓ Reporte de los experimentos de flujo en tuberías elásticas.
- ✓ Caracterización de materiales elásticos (tubos).
- ✓ Generación del código (programación) para los de sensores de presión para *Arduino*, para la adquisición de datos.
- ✓ Simulación de experimentos del flujo en tubos elásticos utilizando el Software ANSYS FLUENT.
- ✓ Análisis y comparación de resultados.
- ✓ Presentación de un trabajo en el congreso de la División de Dinámica de Fluidos de la Sociedad Mexicana de Física DDF SMF, (Morelia, Michoacán del 4 al 6 de diciembre del 2023).
- ✓ Envío de trabajo a la revista electrónica *AZCATL*, de acceso libre, que es una publicación de la DCBI de la UAM-A.
- ✓ Reporte Final del Proyecto de Integración.

9. Referencias bibliográficas.

[1] Farshad, M., 2006, «Plastic Pipe Systems», *Elsevier eBooks*, pp. 1-27.

[2] Cassiolato, G. H. B., Carvalho, E. P., Caballero, J. A., y Ravagnani, M. A. S. S., 2020, «Optimization of Water Distribution Networks Using a Deterministic Approach», Engineering Optimization, **53**(1), pp. 107-124.

[3] Farshad, F. F., Rieke, H. H., y Garber, J. D., 2001, «New Developments in Surface Roughness Measurements, Characterization, and Modeling Fluid Flow in Pipe», Journal of Petroleum Science and Engineering, **29**(2), pp. 139-150.

[4] Santoro, V. C., Crimì, A., y Pezzinga, G., 2018, «Developments and Limits of Discrete Vapor Cavity Models of Transient Cavitating Pipe Flow: 1D and 2D Flow Numerical Analysis», Journal of Hydraulic Engineering, **144**(8).

[5] Zerihun, D., y Sanchez, C. A., 2017, «Irrigation Lateral Hydraulics with the Gradient Method», Journal of Irrigation and Drainage Engineering-asce, **143**(8).

[6] Admin, y Admin, 2014, «Normativa para tuberías plásticas», AIMPLAS [Online]. Available: https://www.aimplas.es/blog/normativa-para-tuberias-plasticas/.

[7] «B31.1 - Power Piping - ASME» [Online]. Available: https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-1-power-piping.

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

Laboratorio de Caracterización de Materiales, Departamento de Materiales, dirigido por el M. en C. Arturo Lizardi Ramos.

Laboratorio de Sistemas Complejos W209, asesorado por M. en C. Carlos Alejandro Vargas.

LABINTHB. ESIME-ZACATENCO, IPN, acompañado del Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Presentación del trabajo en el congreso de la División de Dinámica de Fluidos de la Sociedad Mexicana de Física DDF SMF, (Morelia, Michoacán del 4 al 6 de diciembre del 2023).

Envío de trabajo a la revista electrónica *AZCATL*, de acceso libre, que es una publicación de la DCBI de la UAM-A.

PPI

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.aimplas.es Internet	40 palabras — 2%

EXCLUIR CITAS	DESACTIVADO	EXCLUIR FUENTES	DESACTIVADO
EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA	DESACTIVADO	EXCLUIR COINCIDENCIAS	DESACTIVADO