Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración Evaluación experimental de un prototipo para la división de flujos en cruces de tuberías con entradas a 90° y 180°.

Modalidad: Proyecto de Investigación **Versión**: Segunda **Trimestre Lectivo**: 23O

Rodríguez Paniagua Carlos Octavio 2142001323

al2142001323@azc.uam.mx

Firma.

Talamantes Sánchez Omar 2172002007.

al2172002007@azc.uam.mx

Firma.

Zarazúa López Jesús Tonatiuh 2183080786

al2183080786@azc.uam.mx

Firma.

Asesor:

Nombre: Dr. Jorge Ramírez Muñoz

Categoría: Titular

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono: (55) 5318-9058

Correo: jrm@azc.uam.mx

Firma.

Co asesor:

Nombre: Dr. Rojacques Mompremier

Categoría: Asociado

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono: (55) 5318-9000

Correo: rojacques@azc.uam.mx

Firma.

Co asesor:

Nombre: Dr. Jersain Gómez Núñez

Categoría: Asociado

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono:

Correo: jgn@azc.uam.mx

Firma

1/Febrero/2024

DECLARATORIA

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.

Rodríguez Paniagua Carlos Octavio

Talamantes Sánchez Omar

Zarazúa López Jesús Tonatiuh

Dr. Jorge Ramírez Muñoz

Dr. Rojacques Mompremier

Dr. Jersain Gómez Núñez

1. Introducción.

Las uniones tipo cruz para tuberías (también llamadas “crucetas”), son un tipo de cople que se utiliza en redes de tuberías, la cual permite ya sea dividir o unir diferentes ramificaciones de tuberías en la misma red.

Desempeñan un papel crucial en la conexión y regulación del flujo en una red de tuberías. Las uniones tipo cruz no solo facilitan la interconexión de tuberías, sino que también permiten la modificación y control del flujo a lo largo del sistema. El uso de crucetas es común en industrias como plantas petroquímicas, redes de distribución de agua domésticas, plantas de gas natural, centrales eléctricas, construcciones, entre otros.

Las diferentes configuraciones de entradas y salidas de flujo que pueden presentarse en las crucetas se pueden ver en la Figura 1 y 2. Estas pueden ser: tres entradas y una salida (Figura 1a), una entrada y tres salidas (Figura 1b), dos entradas a 180° (Figura 1c), y dos entradas a 90° y dos salidas (Figura 2a).

Normalmente en una distribución de red de tuberías de agua se necesita mezclar dos fluidos para tener una mezcla homogénea en toda la red de tubería, pero en una configuración de 90° solo divide el flujo a caudales iguales como como en la figura 2. Esta división puede variar por la magnitud de los caudales ya que cuando uno de los caudales supera al otro se divide entre las dos salidas, mientras que el de menor magnitud queda restringido a su salida pertinente, esto se aprecia en las figuras 2b y 2c.

Durante este proyecto se realizará una investigación en un prototipo de accesorio de cruz para las configuraciones de 90° y 180° donde se analizará el comportamiento de las dos configuraciones esperando como resultado una mezcla y división de salidas de la red de tuberías forzando los dos fluidos de entrada.

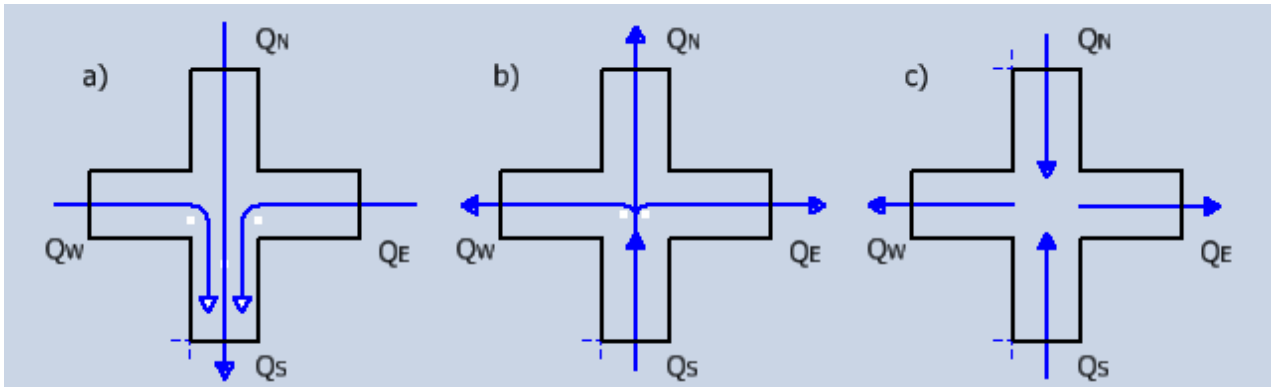


Figura 1. a) 3 entradas, 1 salida, b) 1 entrada, 3 salidas, c) Configuración de 180° 2 entradas, 2 salidas.

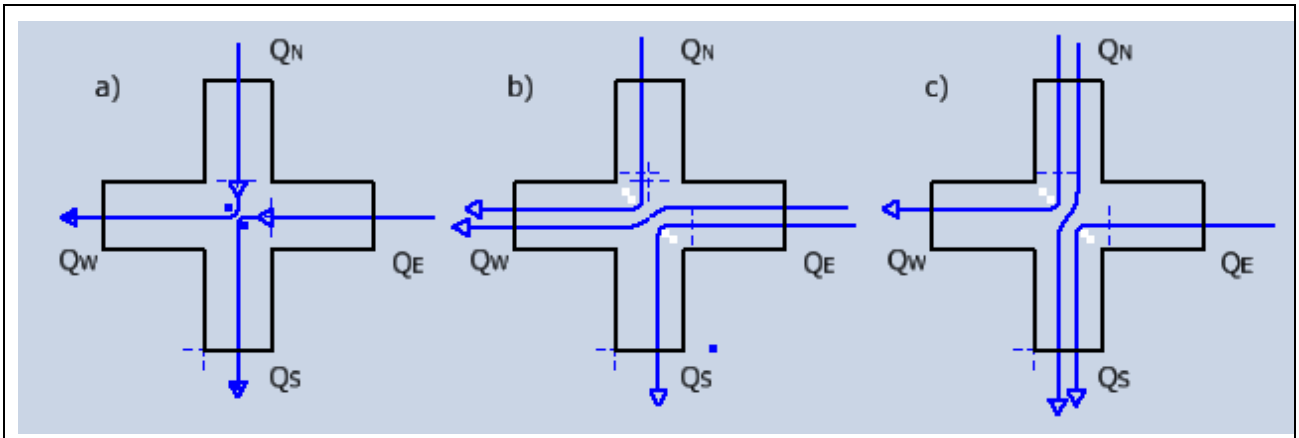


Figura 2. a) Configuración 90° 2 entradas, 2 salidas QN=QE, b) Configuración 90°, 2 entradas, 2 salidas, QE>QN, c) Configuración 90°, 2 entradas, 2 salidas, QE<QN

2. Antecedentes.

Santos Violante [1] realizó un estudio de mezclado de fluidos con diferentes concentraciones en una red de tubería con un accesorio de cruz con dos flujos de entradas y de salidas. Sus resultados mostraron que cuando dos flujos entran a la cruceta con una configuración de 90°, las corrientes bifurcan, es decir, los flujos se dividen en lugar de mezclarse. Mientras que cuando la configuración es a 180°, los flujos se dividen equitativamente por el choque frontal hacia cada salida, y posteriormente se mezclan corriente abajo.

Para mejorar el mezclado de flujos en la cruz en las salidas en una configuración de 90°, Santos Violante [1] propone realizar un prototipo que tenga un accesorio interno en una cruz de tubería. Ella propuso que dicho accesorio interno conste de un cilindro incrustado interno en una esfera insertada en la cruz.

En principio, se busca que con dicho prototipo, las entradas con una configuración de 90° se dividan equitativamente los flujos de forma a la salida, y por lo cual se tenga un comportamiento igual al reportado con una configuración de 180°.

Mompremier et al [2] estudió el comportamiento de fluidos en una cruz de tubería con una configuración de 90°. Ellos mencionan que en muchos casos la mezcla en las uniones no siempre es perfecta, los flujos tienden a dividirse en lugar de mezclarse por completo lo cual dependen de los caudales que ingresan en una cruz. Se tomará en cuenta la sugerencia en sus conclusiones adaptando al prototipo de cruz.

Mompremier [3] realizó la tesis de Difusión del Cloro en Redes de Tuberías a Presión presenta la simulación la calidad del agua en la trayectoria de una red de tuberías con el fin de ver si el agua residual contiene cloro entra en el intervalo de aceptación por las normas oficiales de la salud. Evaluó una red de tuberías con mezcla de fluidos en un accesorio tipo cruz y desarrolló un modelo

matemático que permite determinar la calidad del agua al mezclar con otro fluido. Para la evaluación se tomó como entradas a 45°, 90° en este caso no se mezclan los fluidos, además experimentó con otra configuración de entradas a 180°, y en este caso encontró que si se mezclan los fluidos.

Hernández Cervantes [4] realizo la tesis “Análisis de la mezcla de cloro en cruces de redes de agua potable” presenta la simulación hidráulica de implementación de cruces, así como la dinámica de fluidos. Realizó ensayos de mezcla de fluidos en cruces en su investigación concluye que no hay una mezcla homogénea en toda la red hidráulica a causa de variación diferente de velocidad, presión y otros parámetros como diámetros y diseño de red de tubería por lo tanto los diámetros influyen en el proceso de un fluido a entrar a la cruz y salida.

Para poder tener una mezcla mejor en toda la red de tuberías comenta que se puede utilizar entradas a 180° dando como resultado un mejor mezclado de fluidos.

3. Justificación.

La importancia de evaluar el comportamiento de divisores de flujo en redes de tubería se debe a que una inadecuada distribución de los caudales puede traer consecuencias negativas como diferencias de caudal en las salidas, perdidas de presión y fugas a lo largo de la red de tuberías.

De acuerdo con los antecedentes, En una red de tubería donde hay una conexión de accesorio tipo cruz en una configuración de entrada a 90° no se divide el flujo equitativamente, mientras que en una configuración de entradas a 180° si divide el flujo equitativamente.

Por lo cual en este proyecto propone estudiar un prototipo tipo cruz con un elemento interno experimental en una red de tuberías, donde se analizará de manera cuantitativamente por mediciones de conductividad y cualitativamente de forma visual la división de flujo en una conexión de entradas de 90° y de 180°. Para así poder determinar si el prototipo realiza una división de flujo equitativa en conexiones de 90° y de 180°.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Comparar cualitativa y cuantitativamente la división del flujo de fluidos en el accesorio tipo cruz versus en el prototipo tipo cruz.

Objetivos particulares.

Evaluar cualitativamente la división del flujo de fluidos con entradas a 90º y 180º en el accesorio tipo cruz y en el prototipo tipo cruz un colorante vegetal.

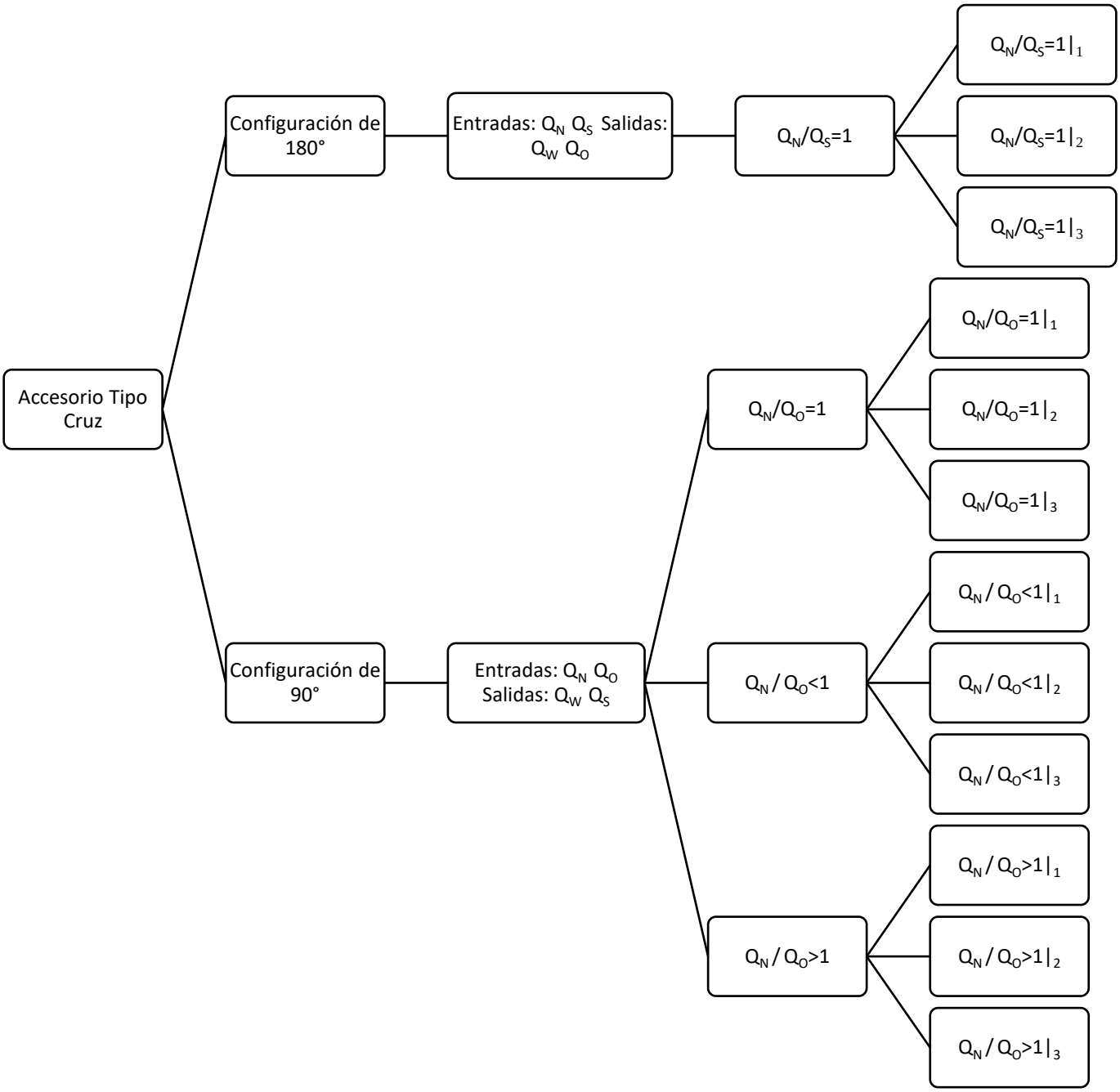
Evaluar cuantitativamente la división del flujo de fluidos con entradas a 90º y 180º en el accesorio tipo cruz y en el prototipo tipo cruz usando soluciones de sal y mediciones de conductividad.

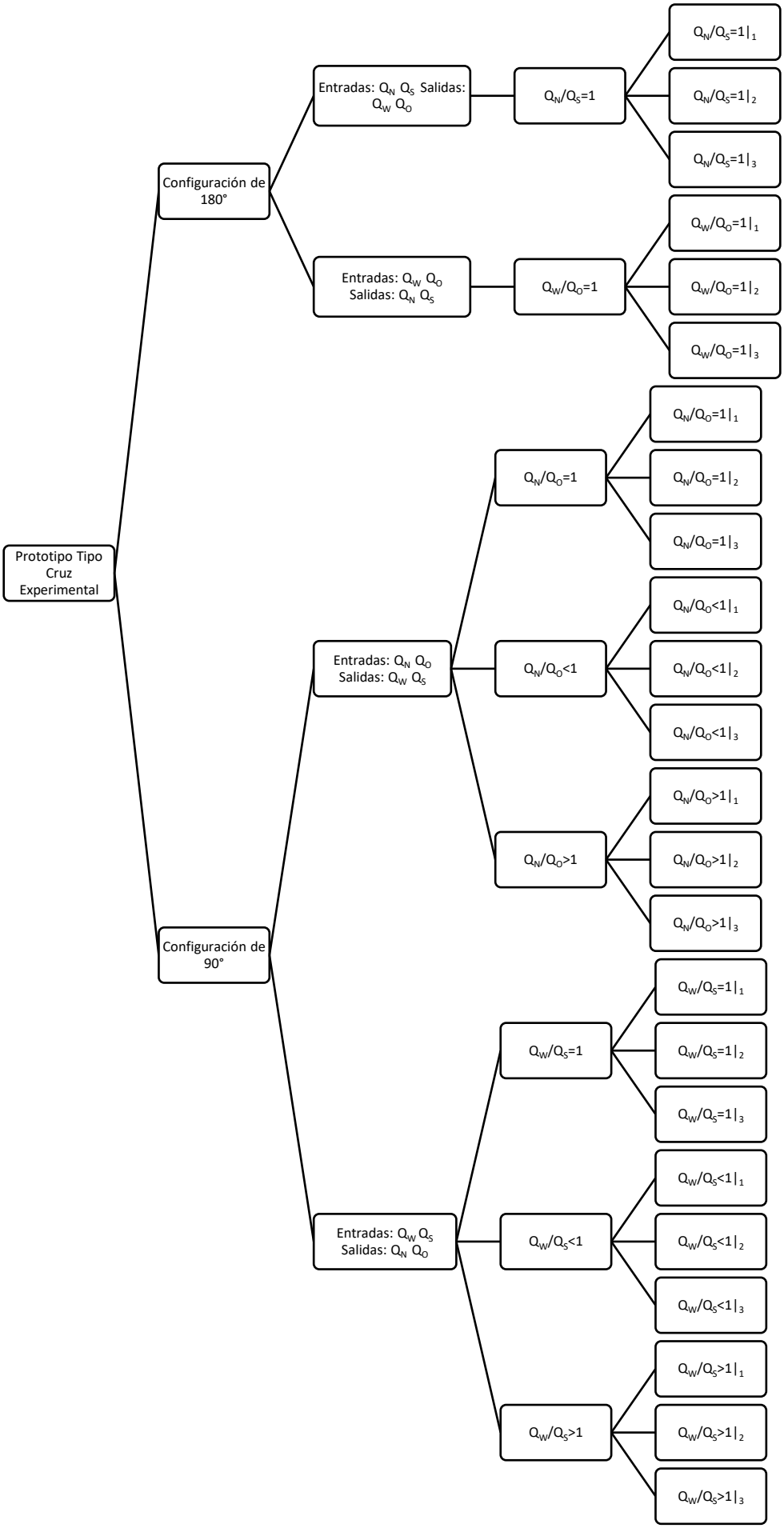
Comparar el desempeño del accesorio tipo cruz y del prototipo tipo cruz propuesto con entradas a 90º y 180º en la división del flujo en las salidas.

Evaluar el efecto de la presión estática en las salidas en la división de flujos con entradas a 90 º.

5. Metodología.

Se realizarán pruebas en una red de tuberías con el accesorio tipo cruz y con el prototipo tipo cruz experimental con las conexiones de entrada a 90° y 180°, estas serán con diferentes caudales a establecer. A continuación, se muestran las diferentes variaciones con las que se realizaran los experimentos.




Prototipo Tipo Cruz Experimental
Configuración de 180°
Entradas: Q_N Q_S Salidas: Q_W Q_O
$Q_N/Q_S=1$
$Q_N/Q_S=1|_1$
$Q_N/Q_S=1|_2$
$Q_N/Q_S=1|_3$
Entradas: Q_W Q_O Salidas: Q_N Q_S
$Q_W/Q_O=1$
$Q_W/Q_O=1|_1$
$Q_W/Q_O=1|_2$
$Q_W/Q_O=1|_3$
Configuración de 90°
Entradas: Q_N Q_O Salidas: Q_W Q_S
$Q_N/Q_O=1$
$Q_N/Q_O=1|_1$
$Q_N/Q_O=1|_2$
$Q_N/Q_O=1|_3$
$Q_N/Q_O<1$
$Q_N/Q_O<1|_1$
$Q_N/Q_O<1|_2$
$Q_N/Q_O<1|_3$
$Q_N/Q_O>1$
$Q_N/Q_O>1|_1$
$Q_N/Q_O>1|_2$
$Q_N/Q_O>1|_3$
Entradas: Q_W Q_S Salidas: Q_N Q_O
$Q_W/Q_S=1$
$Q_W/Q_S=1|_1$
$Q_W/Q_S=1|_2$
$Q_W/Q_S=1|_3$
$Q_W/Q_S<1$
$Q_W/Q_S<1|_1$
$Q_W/Q_S<1|_2$
$Q_W/Q_S<1|_3$
$Q_W/Q_S>1$
$Q_W/Q_S>1|_1$
$Q_W/Q_S>1|_2$
$Q_W/Q_S>1|_3$

En donde Q_N, Q_S, Q_W y Q_E, representan las cuatro entradas tanto del accesorio tipo cruz y el prototipo tipo cruz experimental, estas están marcadas e identificadas con los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Oeste y Este respectivamente.

Para la elección de los caudales a utilizar se usará un criterio de acuerdo con los diagramas anteriores, en donde, por ejemplo:

- $Q_N/Q_S=1$, esto significa que $Q_N=Q_S$
- $Q_N / Q_O<1$, esto significa que $Q_N < Q_O$
- $Q_N / Q_O>1$, esto significa que $Q_N > Q_O$

Antes de iniciar cada prueba se realizará una inspección en la red de tuberías, esto para identificar y en su caso corregir posibles fuentes de entrada de aire a la red. La presencia de burbujas de aire es uno de los principales factores de los errores en los experimentes, ya que se necesita que no exista presencia de burbujas en la red para que éstas no influyan en la división de flujos en la cruceta.

Se harán mediciones de presión estática en las salidas y entradas en la unión tipo cruz, con el objetivo de que estén a presiones iguales en ambas salidas. Esto para asegurar que no existan presiones diferentes a las salidas. Los experimentos se realizarán empleando un sistema de red de tuberías existentes y dos tanques de agua con capacidad de 20 litros cada uno y con dos bombas centrífugas.

Cada prueba tendrá una duración aproximada de 2 minutos, la toma de muestras se realizará a partir de los de la activación de las bombas, estas se tomarán directamente de las salidas en donde se tomarán 6 muestras con un espacio de 10 segundos entre cada una.

El análisis experimental de forma cualitativa será mediante fotos con técnicas de imagen, analizando el paso de agua mezclada con colorante vegetal a través de la cruz y el prototipo. Para el análisis cuantitativo se hará con la medición de conductividad de las muestras, esto por la sal que será introducida en la solución.

6. Normatividad.

- **NOM-020-STPS-2011: Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas:** establece los requisitos de seguridad para recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas. Esto porque se debe de presurizar el sistema para colocar las sustancias con las que se va a evaluar el prototipo [5].
- **ASME B16.34: Valves Flanged, Threaded and Welding End.** Cubre clasificaciones de presión-temperatura, dimensiones, tolerancias, materiales y requisitos de pruebas no destructivas para válvulas y uniones. Esto para tener establecidos los parámetros de tolerancias durante las pruebas y al momento de analizar los datos [6].
- **UNE-ISO 16422:2015: Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones.** Como la red de tuberías que se utilizará para los experimentos son de PVC, las uniones tipo cruz se orientan hacia las redes

de tuberías de estos materiales, es necesario saber las especificaciones de estos tubos y uniones a nivel comercial [7].

7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Trimestre 24-I													
	Actividades	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Realizar las instalaciones pertinentes a la red de tuberías y realizar adecuaciones.	X											
2	Experimentos con accesorio tipo cruz con conexiones de entrada a 90° y 180°		X	X	X	X	X						
3	Experimentos con prototipo tipo cruz experimental con conexiones de entrada a 90° y 180°		X	X	X	X	X						
4	Recopilación de muestras y datos.		X	X	X	X	X						
6	Análisis de datos cuantitativa y cualitativa							X	X	X			
7	Realizar más pruebas si se requiere (ya sea por datos erróneos o variaciones abruptas en ellos)										X	X	
8	Elaborar y entregar el reporte del proyecto de integración.												X

8. Entregables.

Reporte Final de proyecto de integración.

9. Referencias bibliográficas.

[1] Harim Areli Santos Violante, 2021, “Estudio numérico de la mezcla de fluidos en cruces de tuberías”, Ph.D. thesis, Universidad Autónoma Metropolitana.

[2] Rojacques Mompremier; Jorge Ramírez-Muñoz; Kebreab Ghebremichael; Jersain Gómez Nuñez; Articulo de investigación “Predicción de la concentración de cloro en flujos de salida de tuberías en cruces transversales: estudio experimental y numérico”

[3] Rojacques Mompremier, 2009, “Difusión de sustancias en redes de tuberías a presión”, Ph.D. thesis, Instituto Politecnico Nacional
[4] Daniel Hernández Cervantes, 2017, “Análisis de la mezcla de cloro en cruces de redes de agua potable”Ph.D. tesis. Universidad de Guanajuato”
[5] Diario Oficial de la Federación, 2011, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas Funcionamiento Condiciones de Seguridad, https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5229908&fecha=27/12/2011#gsc.tab=0
[6] The American Society of Mechanical Engineers, 2021, Valves--Flanged, Threaded, and Welding End, https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b16-34-valves-flanged-threaded-welding-end
[7] Asociación Española de Normalización, 2015, UNE-ISO 16422:2015, https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054274

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

Taller de Termo fluidos, Red de Tuberías de investigación.

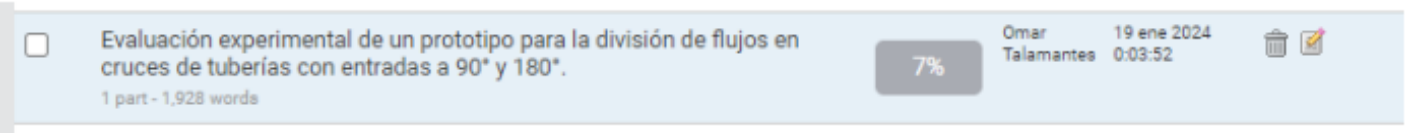
12. Asesoría complementaria.

No es necesaria

13. Publicación o difusión de los resultados.

No se publicará o difundirá, por proceso para patente.

14. Análisis con ITHENTICATE



Pág.	Comentario del CEIM	Pág.	Acción realizada en el PPI
3	y 2	3	Se agregó el texto faltante.
5	Explicar porque es importante que se logre lo que se indica	5	Se agregó la importancia de la división equitativa.
5	Se propone el prototipo o estudiar el prototipo	5	Se aclaro la acción a realizar.
5	Estudiar y examinar nos son objetivos mediales, no habrá un entregable concreto al completar el objetivo. Buscar un verbo más adecuado	5	Se corrigieron los verbos y la redacción de los objetivos.
8	Explicar que significa que significa Q_N, etc.	8	Se agrego una explicación sobre la terminología usada en los diagramas.
9	Diferencia?	9	Se aclaro la diferencia.
9	Elaborar y entregar	9	Se corrigió en el cronograma.
5	Preguntas del comité en la presentación	5	Se aclararon y respondieron en la justificación y en los objetivos