

LABORATORIO DE FLUJOS MULTIFÁSICOS IUNAM

ALEJANDRO RODRÍGUEZ VALDÉS,
ARTURO PALACIO PÉREZ Y
JONATHAN HERNÁNDEZ GARCÍA

Actualmente, dentro del Edificio 8 del Instituto de Ingeniería, se cuenta con un circuito experimental para el estudio de flujos multifásicos de alta y baja viscosidad, el cual fue rediseñado y construido en su totalidad entre los meses de octubre de 2016 y julio de 2017 con el apoyo recibido a través del fondo SENER-CONACYT subsector Hidrocarburos. Mediante los experimentos que se realizan en este circuito experimental, se busca contribuir al entendimiento y solución de problemas asociados al transporte de aceites pesados y extra-pesados; siendo estos últimos los recursos fósiles predominantes en nuestro país y en el mundo.

En la figura 1, se puede apreciar la sección de bombas y medidores de flujo del circuito; la figura 2a muestra las vistas de planta y lateral del mismo, y en la figura 2b un par de imágenes de la sección de pruebas donde se realiza el monitoreo de las variables del flujo (presión, temperatura y distribución de fases).

La sección de pruebas está diseñada para reproducir situaciones similares a las que se presentan al transportar aceites pesados y extra-pesados, como es el caso desde los cabezales de pozos hasta las Estaciones Recolectoras en las instalaciones de PEMEX; tiene una longitud aproximada



Fig. 1. Zona de máquinas del sistema experimental

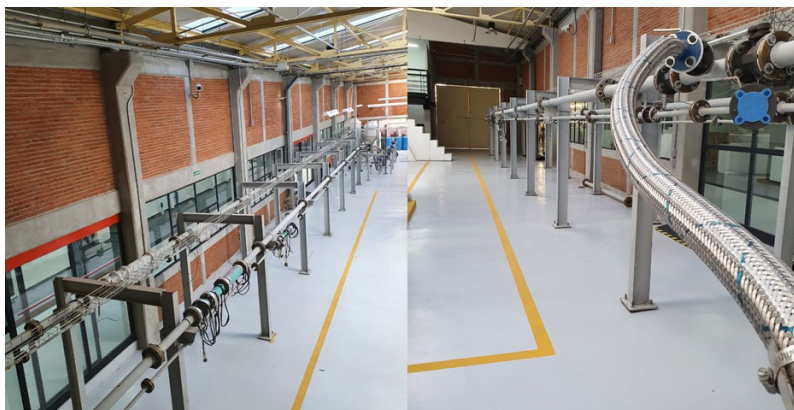


Fig. 2b. fotografías de la sección de pruebas del circuito para el estudio de flujos multifásicos

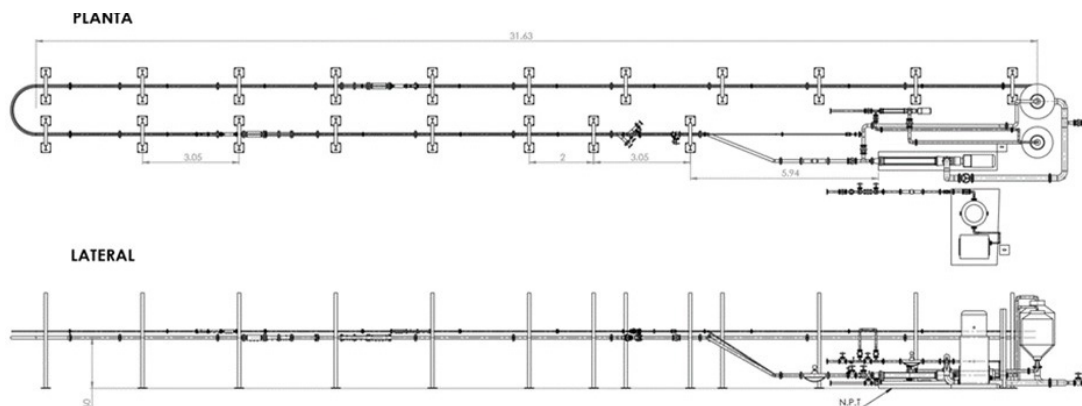


Figura 2a. Vistas lateral y de planta del sistema experimental para el estudio de flujos multifásicos

de 50 m (medidos desde el punto de inyección de la mezcla hasta la desembocadura en el tanque separador), se compone de quince tramos intercambiables de tubería de acero al carbón sin costura de 0.0762 m (3 in) de diámetro nominal, cédula 80, para soportar altas presiones de operación (2,500 PSI); cuenta con uniones bridadas del tipo encastre soldable norma ANSI B16.5, con sellos fabricados en politetrafluoroetileno (Teflón) y con accesorios para el control de flujo mediante válvulas de esfera marca Worcester, clase 150. En las zonas de baja presión (retorno), se cuenta con secciones de visualización hechas con PVC transparente de 0.0762 m (3 in) de diámetro nominal (cédula 40). Una serie de soportes metálicos fabricados con vigas de acero estructural tipo IPR de 6x4 pulgadas permiten ajustar la inclinación de la tubería para configurar la sección de pruebas. Las características anteriores en conjunto con el sistema de adquisición de datos y un sistema de tomografía digital, colocan al laboratorio de flujos multifásicos del Instituto de Ingeniería de la UNAM a la par de otros laboratorios encontrados en universidades como University of Tulsa (USA) e Imperial College London (UK).

Experimentos bifásicos líquido-gas

Hasta el momento se han realizado dos tipos de experimentos multifásicos en el circuito antes mencionado, el primer tipo corresponde a experimentos bifásicos líquido-gas donde las velocidades superficiales del líquido empleadas se encuentran dentro del intervalo $0.1\text{ m/s} \leq V_{S_L} \leq 1.1\text{ m/s}$. Para el caso de las velocidades superficiales del gas, los valores obtenidos durante los ensayos caen en el rango de: $0.4\text{ m/s} \leq V_{S_g} \leq 4.6\text{ m/s}$. Las combinaciones de flujos máscicos de entrada propician la aparición del patrón de flujo intermitente en la sección de pruebas; las señales de presión típicas asociadas a este patrón de flujo se pueden apreciar en la figura 3.

Pruebas líquido-líquido

El segundo tipo de experimentos corresponde al caso del flujo bifásico líquido-líquido desarrolladas con el propósito de reproducir el efecto de una técnica híbrida de mejoramiento de flujo y de analizar su efecto en la caída de presión. La fase primaria utilizada fue glicerina pura con viscosidad cercana a 1 Pa s, el agente reductor de arrastre (DRA; Drag Reducer Agent) fue una mezcla agua-glicerina cuyas propiedades y comportamientos son semejantes a las del bio reductor de viscosidad BRV®.

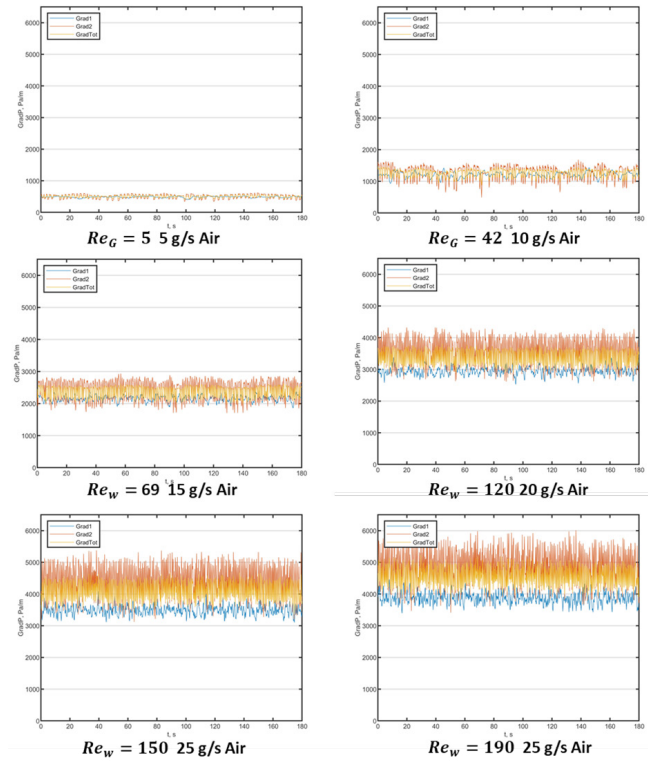


Figura 3. Señales típicas de experimentos bifásicos líquido-gas en patrón de flujo intermitente

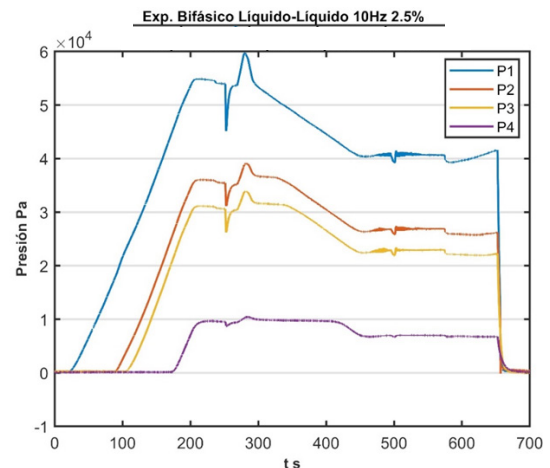


Figura 4. Señales de presión asociadas a un experimento líquido-líquido

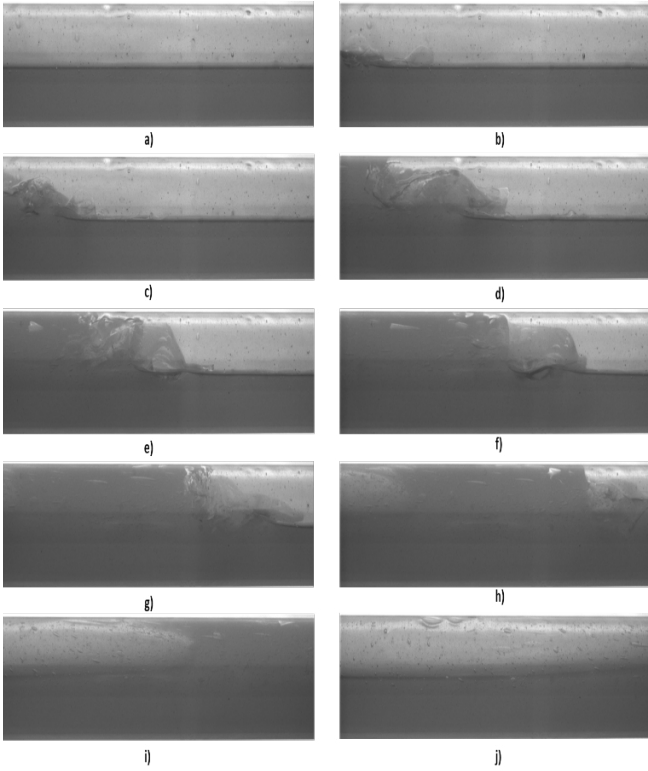


Figura 5. Flujo bifásico líquido-gas de alta viscosidad observado mediante cámara de alta velocidad

Identificación de Patrones de Flujo

En el campo del flujo multifásico es de especial interés la identificación del patrón de flujo que se origina con una combinación de fases determinada; para tal fin, el circuito experimental cuenta con dos técnicas no invasivas para la visualización de la disposición geométrica de las fases, ellas son: Tomografía digital resistiva y capacitiva, así como visualización por medio de video de alta velocidad; algunas de las imágenes obtenidas a partir de dichas técnicas de visualización se presentan en las figuras 5 y 6.

Es importante reiterar que en el mundo existen pocas instalaciones de esta índole, por ejemplo, el Laboratorio SINTEF en Noruega, y los laboratorios TUFFP de la Universidad de Tulsa, mismos que sirvieron como base para el diseño y construcción de este laboratorio en el IIUNAM. Como tal, se pueden extender estudios multifásicos hacia el área no sólo de transporte, sino de producción y manejo integral de mezclas incluyendo su efecto en medios porosos y transferencia de calor.

El proyecto presentado conjunta los esfuerzos y capacidades de varios investigadores del Instituto de Ingeniería, está liderado por el Dr. Arturo Palacio Pérez, cuenta con la participación activa de los doctores Alejandro Rodríguez Valdés y Enrique Guzmán Vázquez, además de la colaboración de becarios de distintos niveles. |

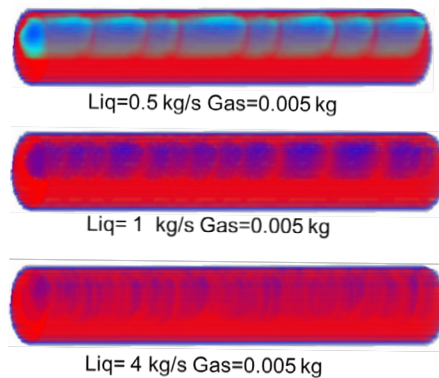


Figura 6. Visualización del patrón de flujo intermitente mediante tomografía digital