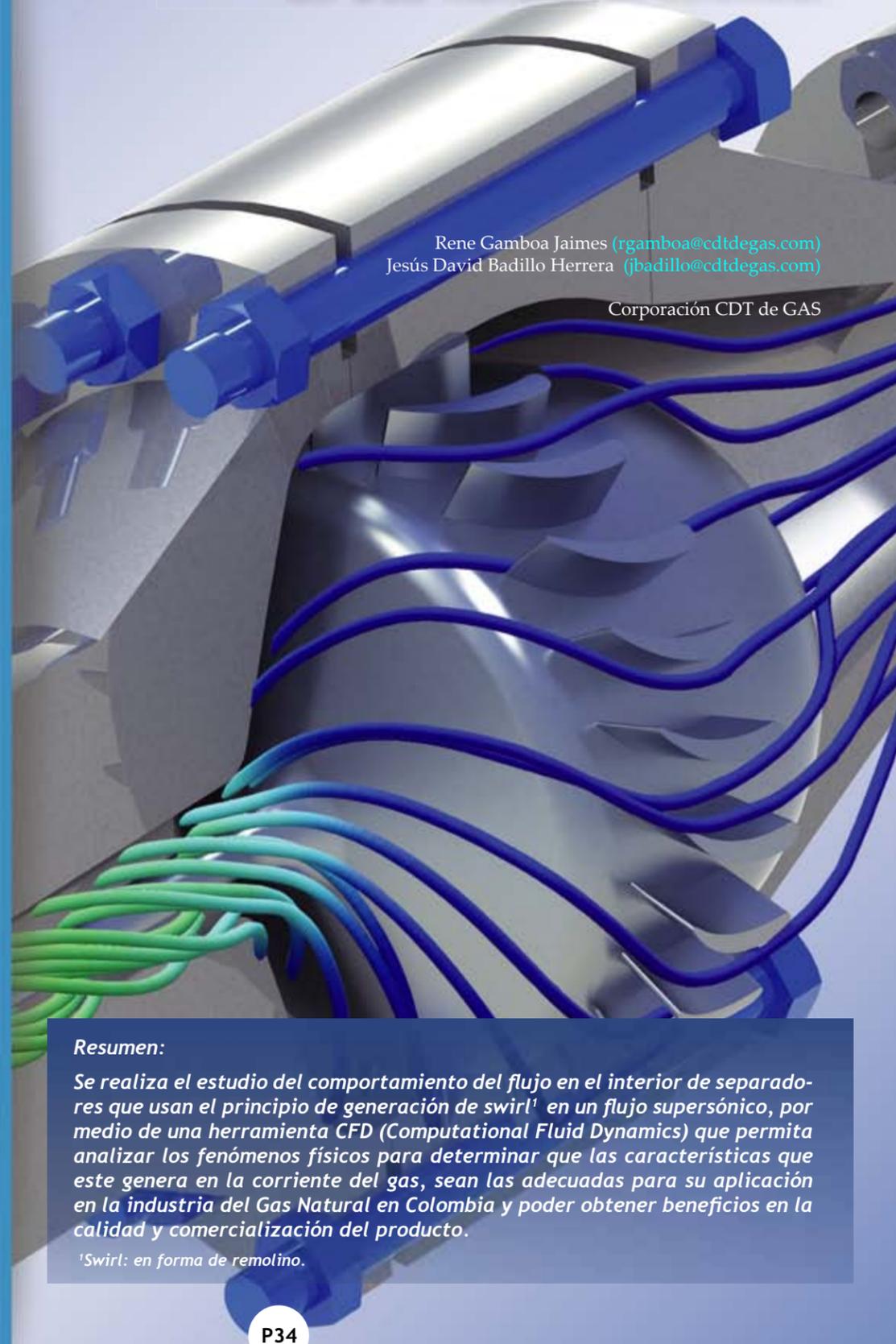


Separadores Gas - Líquido Supersónicos

Simulación CFD, aplicación en la Industria del Gas Natural en Colombia.



Rene Gamboa Jaimes (rgamboa@cdtdegas.com)
Jesús David Badillo Herrera (jbadillo@cdtdegas.com)

Corporación CDT de GAS

La ciencia no es sino una perversión de sí misma, a menos que tenga como objetivo final, el mejoramiento de la humanidad. **Nicola Tesla, Inventor Austróhúngaro.**

La actividad científica está orientada a satisfacer la curiosidad, y a resolver las dudas, acerca de cuáles son y cómo están organizadas las leyes de la naturaleza.

Seguros de que la comunidad científica nacional e internacional, utilizará la Revista MET&FLU como un medio para compartir los hallazgos de alta relevancia, cada semestre nuestros lectores encontrarán un tema de su agrado que facilitará la transferencia del conocimiento al ritmo que nuestra sociedad, nos lo exige.

Resumen:

Se realiza el estudio del comportamiento del flujo en el interior de separadores que usan el principio de generación de swirl¹ en un flujo supersónico, por medio de una herramienta CFD (Computational Fluid Dynamics) que permita analizar los fenómenos físicos para determinar que las características que este genera en la corriente del gas, sean las adecuadas para su aplicación en la industria del Gas Natural en Colombia y poder obtener beneficios en la calidad y comercialización del producto.

¹Swirl: en forma de remolino.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia, la tecnología y la innovación son aspectos que se deben tener en cuenta para alcanzar nuevos desarrollos en la industria del Gas Natural en Colombia; este pensamiento permite identificar alternativas que ofrecen beneficios en calidad, economía, utilidad entre otros.

En los diversos procesos realizados en la producción, transporte, distribución y uso final del Gas Natural se debe tener en cuenta que mejorar la calidad de la composición química del gas no sólo está reglamentado, sino que se puede obtener un beneficio de ello. Uno de los principales procesos realizados al Gas Natural es la separación de condensado para mejorar y optimizar su transporte y distribución. Si se estudia y se mejora este proceso, se puede realizar la separación de los componentes C3+ del Gas Natural mejorando la calidad y además permitiendo obtener otros beneficios de los componentes separados al comercializarlos de manera independiente, como es el caso del Gas Licuado del Petróleo, más conocido en Colombia como GLP.

Una técnica reciente que puede ser aplicada para buscar las mejoras necesarias, es la separación por medio de la generación de swirl en flujos supersónicos, adelanto tecnológico que permite aprovechar la condensación forzada de los componentes pesados para poder separarlos con facilidad, determinando su ubicación en el flujo. Para facilitar el estudio se realizó el análisis del flujo por medio de una herramienta CFD que permite simular diferentes situaciones y alternativas de forma rápida y precisa encontrando los parámetros de diseño requeridos para obtener un proceso óptimo. El uso de herramientas de simulación permite realizar estudios de alto nivel en tiempos reducidos y con resultados muy aceptables que disminuyen notablemente los recursos que se deben invertir en el estudio de fenómenos y en desarrollo de prototipos.

ABREVIATURAS

- V Velocidad del fluido.
- c Velocidad del sonido.
- A Área transversal.
- P Presión.
- ρ Densidad.
- M Número de Mach.
- T Temperatura.

2. GENERALIDADES

2.1. Gas Natural

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso (ver Tabla 1) constituido principalmente por metano, y en menores proporciones por etano, propano y otros hidrocarburos más pesados. Contiene además algunas impurezas tales como nitrógeno, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, vapor de agua entre otros, los cuales pueden generar problemas en el transporte del energético, por lo cual deben ser retirados del mismo [1].

COMPUESTO	CONCENTRACIONES	
	Mínima (% mol)	Máxima (% mol)
Metano	74,0	98,0
Etano	0,25	12,5
Propano	0,02	5,4
i-Butano	0,0	1,5
n-Butano	0,0	1,5
i-Pentano	0,0	0,6
n-Pentano	0,0	0,4
Hexano+	0,0	0,4
CO ₂	0,0	5,5
O ₂	0,0	0,5

El gas natural puede contener trazas de sulfuro de hidrogeno y vapor de agua. Estos son valores típicos. El valor real depende de la fuente de suministro

Tabla 1. Componentes del Gas Natural [1]

2.2. Procesamiento del Gas Natural

Uno de los principales procesos a los que debe someterse el gas natural es la separación de componentes como etano, propano y butano a partir de una mezcla de hidrocarburos gaseosos extraídos en un campo petrolero. Como resultado de este proceso se pueden obtener principalmente tres productos:

- Gas Residual o Pobre: Se refiere a gas compuesto por metano principalmente, aunque pueden existir contenidos apreciables de etano. Este posee un poder calorífico de alrededor de 100 BTU/ft³ si el contenido de sustancias no-hidrocarburos es mínimo.
- Gases Licuados del Petróleo (GLP): Gas compuesto principalmente por propano (C₃) y butano (C₄), el cual se considera puro; puede contener otros hidrocarburos livianos.
- Líquidos del Gas Natural (NGL): Compuesto por hidrocarburos líquidos, a partir del

ESPECIFICACIONES	SISTEMA INTERNACIONAL	SISTEMA INGLES
Máximo poder calorífico bruto (GHV)	42,8 MJ/m ³	1150 BTU/ft ³
Mínimo poder calorífico bruto (GHV)	35,4 MJ/m ³	950 BTU/ft ³
Punto de Rocío de Hidrocarburos	7,2 °C	45 °F
Contenido total de H ₂ S máximo	6 mg/m ³	0,25 grano/100PCS
Contenido total de azufre máximo	23 mg/m ³	1,0 grano/100PCS
Contenido CO ₂ , máximo en % volumen	2%	2%
Contenido de N ₂ , máximo en % volumen	3%	3%
Contenido de inertes máximo en % volumen	5%	5%
Contenido de oxígeno máximo en % volumen	0,1%	0,1%
Contenido de agua máximo	97 mg/m ³	6,0 Lb/MPCS
Temperatura de entrega máximo	49 °C	120°F
Temperatura de entrega mínimo	4,5 °C	40 °F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión	1,6 mg/m ³	0,7 grano/1000 pc

Tabla 2. Especificaciones para el transporte del Gas Natural [2]

pentano, extraídos de la refinación del gas natural; es también conocida como gasolina natural.

Cuando del proceso de separación de gas natural se obtienen altos grados de pureza para C₂, C₃, y C₄ se le conoce como fraccionamiento. Los hidrocarburos pesados son separados por varias razones:

- Por requerimientos para carga en la refinería o planta petroquímica de materiales como etano, propano y butano.
- Por presentar un mayor valor agregado como productos de mercado independientes.
- Para el cumplimiento de las normatividades referentes a la calidad del gas, que

determinan límites adecuados para el transporte y consumo (garantizar combustiones eficientes en hornos, calderas e inclusive en gasodomésticos).

En Colombia, los lineamientos de calidad, transporte y la distribución del gas natural son dictaminados por la *Comisión de Regulación de Energía y Gas* (CREG) por medio del Registro Único de Transporte-RUT [2].

2.3. Clasificación de flujos

De acuerdo a la relación que existe entre la velocidad del fluido “V” y la velocidad del sonido en el mismo fluido “c”, relación conocida como número Mach², es posible subdividir el flujo en diferentes categorías tal como se muestra a continuación:[3]

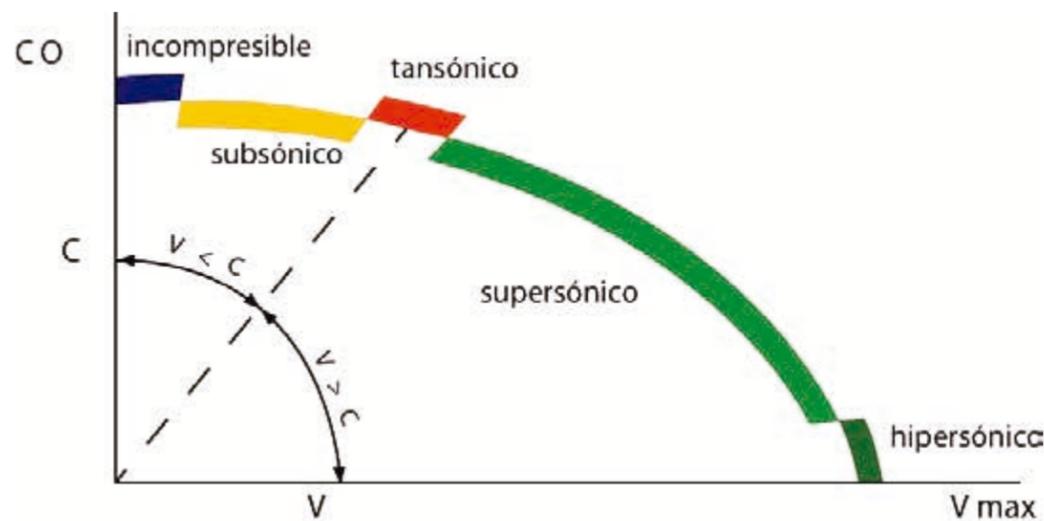


Fig. 1 Elipse del flujo estable y adiabático. Fuente: El Autor

² Numero Mach $M = V/c$

- Flujo incompresible: La velocidad del fluido es pequeña en comparación con la velocidad del sonido. Los cambios en c, debido a cambios de presión y/o temperatura, son pequeños comparados con los cambios en V.
- Flujo compresible subsónico: La velocidad del fluido, aunque menor, es comparable a la velocidad del sonido. Los cambios en el número de Mach ocurren principalmente por el cambio en V.
- Flujo transónico: La diferencia entre V y c es pequeña comparada con cualquiera de estas dos variables.
- Flujo supersónico: La velocidad del fluido es mayor que la velocidad del sonido. Los cambios en el número de Mach se presentan a través de grandes variaciones tanto en V como en c.
- Flujo hipersónico: La velocidad del fluido es muy grande comparada con la velocidad del sonido. Los cambios en V son muy pequeños comparados con los cambios en c, y la variación del número de Mach es exclusivamente dependiente de los cambios en c.

2.4. Efectos de la variación del área en el flujo

Para desarrollar las ecuaciones que expresan las variaciones de las propiedades del fluido, se relacionará el número de Mach, la presión, la temperatura y la densidad con la velocidad y el área de flujo suponiendo flujo isentrópico y unidimensional.[3]

Al diferenciar y combinar las ecuaciones de conservación de la masa y conservación de la energía mecánica se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{dA}{A} = \frac{dP}{\rho V^2} (1 - M^2)$$

A partir de esta relación puede describirse la variación de la presión en función del área de flujo.

Si se tiene en cuenta que ρ , A y V son variables mayores que cero, se puede inferir lo siguiente:

- En flujos subsónicos M es menor que 1, por lo que el término $1 - M^2$ es mayor que cero, lo cual indica que los cambios en el área y la presión serán también mayores a

cero ($dA/dp > 0$), por tanto, cuando el área aumenta la presión también aumenta. Esta es la razón por la cual el flujo subsónico disminuye la presión a través de un conducto convergente, cuando el área disminuye, tal como sucede en toberas subsónicas) y aumenta en conductos divergentes como difusores subsónico.

- En flujos supersónicos M es mayor que 1, por tanto el término $1 - M^2$ es menor que cero, por lo que ($dA/dp < 0$). Esto implica que la presión del fluido debe disminuir cuando el área aumenta y viceversa. Por lo tanto a velocidades supersónicas, la presión disminuye en ductos divergentes (toberas supersónicas) y aumenta en ductos convergentes (difusor supersónico).

Otra expresión importante se obtiene si en la ecuación de conservación de la masa se sustituye el término ρV por $(-dP/dV)$:

$$\frac{dA}{A} = -\frac{dV}{V} (1 - M^2)$$

De donde podemos deducir que para las características del flujo tenemos:

- Para el subsónico ($M < 1$), la relación ($dA/dV < 0$).
- Para el sónico ($M = 1$), la relación ($dA/dV = 0$).
- Para el supersónico ($M > 1$), la relación ($dA/dV > 0$).

En la Fig. 2 se presenta, en forma esquemática, las variaciones en las propiedades de un fluido en relación al área de flujo para los casos subsónico y supersónico.

El diseño de la geometría interna de una tobera depende entonces de la velocidad máxima del fluido en relación con la velocidad del sonido. Para acelerar un fluido es necesario utilizar una tobera convergente a velocidades subsónicas y una tobera divergente a velocidades supersónicas.

Por otro lado, con una tobera convergente la velocidad más alta que se puede conseguir es la sónica ($M = 1$), y esta se obtendrá en la garganta bajo las mismas condiciones de temperatura y presión. Aumentando la longitud de la boquilla, no se consigue acelerar la velocidad sónica

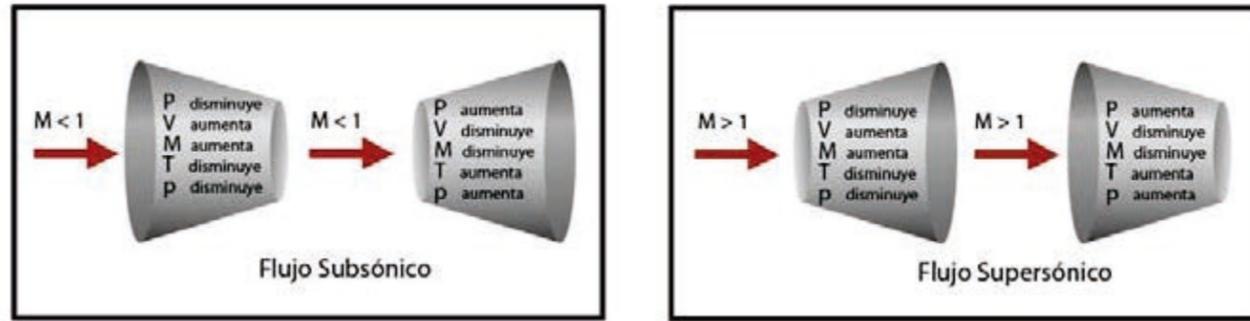


Fig. 2 Cambios de propiedades en función del área.
Fuente: El Autor

del flujo y la máxima velocidad seguirá siendo la correspondiente al número de Mach ($M = 1$) como se observa en la Fig. 3.

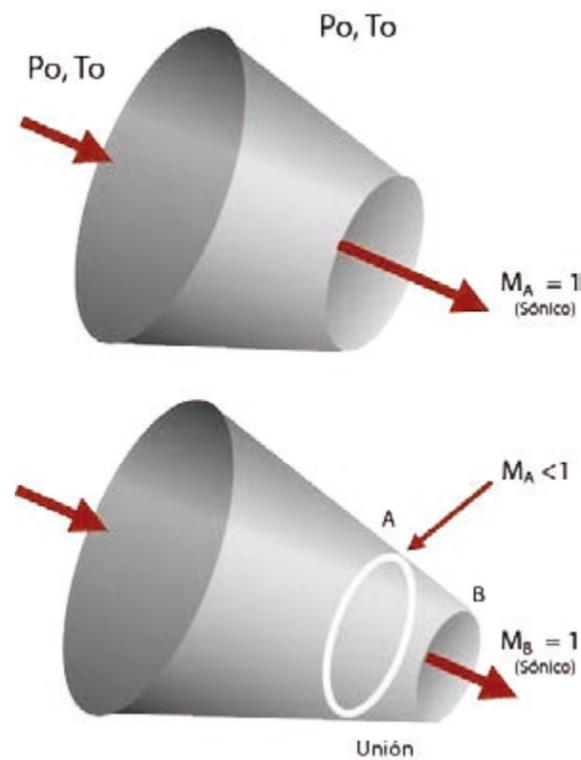


Fig. 3 Velocidades en una tobera convergente.
Fuente: El Autor

El flujo de un fluido a través de una curva origina un movimiento de rotación (A) en el flujo interno de la tubería recta aguas abajo de la curva, superponiéndose al desplazamiento (B) del fluido que se mueve hacia delante. Esta superposición resulta en un patrón de flujo compuesto (C) como se ilustra en la Fig. 5.

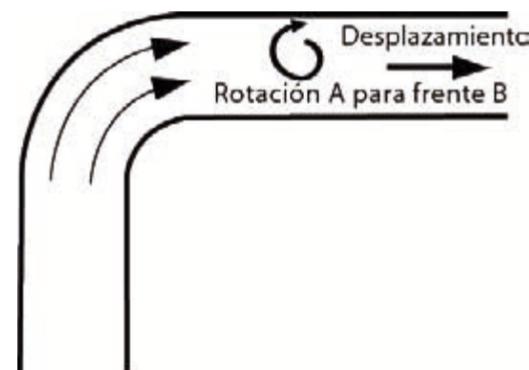


Fig. 4 Rotación inducida por una curva en la tubería.

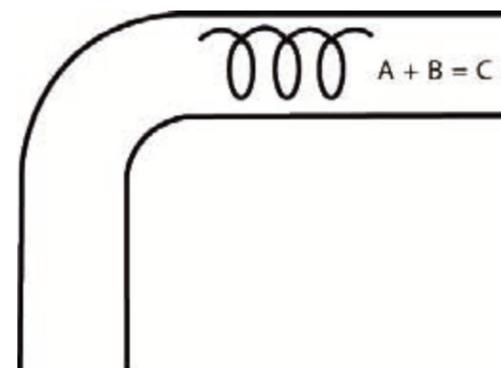


Fig. 5 Combinación de efectos de rotación y desplazamiento.

2.5. Flujo Swirl

Curvas, codos, válvulas, etc., pueden producir una perturbación en el flujo, conocida como rotación, conforme se ilustra esquemáticamente en las Fig. 4 y Fig. 5 [4].

3. ESTUDIO DE FLUJO EN SEPARADORES SUPERSÓNICOS

Esta tecnología es ampliamente utilizada actualmente a nivel mundial para condensar y separar vapor de agua e hidrocarburos pesados de las corrientes de gas natural. Este sistema no presenta partes móviles, lo cual asegura alta eficiencia y disponibilidad. La velocidad supersónica se alcanza en cortos tiempos de residencia de la mezcla gas-líquido, evitando así la formación de hidratos. Adicionalmente no necesita de compuestos químicos o sistemas de regeneración asociados para su funcionamiento, por tanto este sistema es económico y amigable con el medio ambiente.

El comportamiento termodinámico de este dispositivo es similar al de un turboexpander, combinando los procesos de expansión, separación ciclónica gas-líquido y re-compresión en un mismo equipo

El comportamiento termodinámico de este dispositivo es similar al de un turboexpander, combinando los procesos de expansión, separación ciclónica gas-líquido y re-compresión en un mismo equipo; sin embargo, un turboexpander convierte la caída de presión en energía, mientras que el separador supersónico alcanza una caída de temperatura transformando la presión en energía cinética.

En el separador, el gas es inducido a un giro por medio de álabes estáticos; este giro concéntrico debe ser superior a las 500,000 gravedades. Posteriormente el gas es expandido a velocidades supersónicas, generando caídas de temperatura y presión que ocasionan la condensación de hidrocarburos. Debido al giro del gas, las gotas son centrifugadas, por lo que esta fase se

ubica en la pared del separador y es extraída de la mezcla gaseosa por medio de un separador ciclónico coaxial. Por último, el gas seco pasa a través del difusor donde se recupera 80-85% de la presión original si la presión de entrada es suficientemente alta.

3.1. Diseño asistido por computador "CAD"

El diseño del dominio del fluido en el software CAD permite representar de forma exacta la geometría interna del separador en el que se realizará el estudio del flujo. Esto permitirá visualizar las propiedades termodinámicas y los fenómenos de transporte que se puedan presentar en el interior del separador.

En la Fig. 6, se presenta el sólido de un separador supersónico donde la generación del swirl se realiza antes de acelerar el flujo.

En este trabajo sólo se simula el flujo hasta la zona donde este es separado, y no se detalla la salida del gas ni de los condensados del sistema. Para el desarrollo de la simulación es necesario realizar antes el enmallado del sólido, lo cual permite la discretización del sistema y posterior solución de las ecuaciones por medio de técnicas de simulación CFD (ver Fig. 7, 8 y 9).

Al realizar el enmallado se debe seleccionar la distribución correcta del sistema, con el fin de hacer un buen balance entre precisión de los resultados y tiempo de cálculo de la simulación.



Fig. 6 Separador supersónico con generador de swirl.
Fuente: El Autor



Fig. 7 Ejemplo de malla para separador supersónico.
Fuente: El Autor

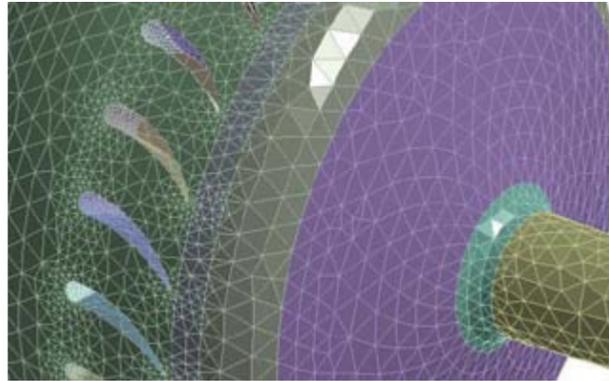


Fig. 8 Detalle de malla en el generador de swirl. Vista A
Fuente: El Autor

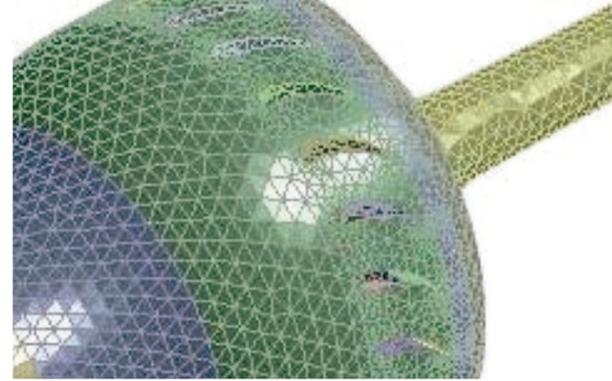


Fig. 9 Detalle de malla en el generador de swirl. Vista B
Fuente: El Autor

3.2. Análisis CFD

CFD (Computational Fluid Dynamics) es una rama de la mecánica de fluidos encargada de analizar el comportamiento termodinámico y fenomenológico de los fluidos bajo ciertas condiciones de operación en un equipo determinado. El análisis en el software CFD requiere tener muy claras las condiciones límites del separador con el fin de obtener resultados acordes con la realidad.

El dominio del fluido será limitado al espacio del sólido generado en el CAD. Las propiedades termodinámicas de cada uno de los componentes del gas natural se definirán por medio del modelo termodinámico de Redlich y Kwong [5].

Las condiciones consideradas inicialmente para el estudio fueron presión, temperatura y composición de entrada del gas al separador. Se identificaron cuáles son los parámetros de diseño que permiten obtener unas condiciones de salida adecuadas.

Las condiciones de entrada del separador fueron modificadas por medio de la redefinición de los parámetros y la variación de la geometría. Algunos de las modificaciones fueron: el ángulo de los alabes de generación de swirl, la relación de áreas que permite la aceleración del flujo a un régimen supersónico y la distancia que presenta la zona de separación para permitir que el flujo se estabilice. Estas variaciones permitieron definir los parámetros de mayor incidencia en la eficiencia del sistema de separación supersónica.

4. RESULTADOS

Los estudios realizados en software CFD permitieron analizar el comportamiento del flujo dentro de los separadores diseñados. En la Fig. 10 se pueden apreciar las líneas de flujo, las cuales evidencian la formación del flujo swirl.



Fig. 10 Líneas de flujo en el separador con generador de swirl.

Los intervalos de velocidades representados se encuentran entre los siguientes valores: velocidades mínimas entre 0 a 60 m/s (azul) y las velocidades máximas de 360 a 420 m/s (rojo).

4.1. Régimen Supersónico

El régimen supersónico permite que las propiedades del gas cambien de forma drástica, lo cual es favorable para la separación de hidrocarburos pesados.

Para poder interpretar los resultados y conocer si se ha obtenido un régimen supersónico se debe realizar el cálculo de la velocidad del sonido en el gas y así evaluar el número Mach; el software CFD realiza este cálculo de forma automática.

En la Fig.11 se puede determinar el rango máximo de número de Mach entre 1,2 y 1,5 (rojo). Los resultados anteriores se validan revisando las fórmulas que usa el software CFD para realizar el cálculo de la velocidad del sonido confrontándola con la norma correspondiente[6].



Fig. 11 Numero de Mach en el separador supersónico con generador de swirl.

4.2. Condensación

La condensación en el interior del separador es uno de los fenómenos que se generan y permiten la separación de diferentes componentes del gas natural; esta se presenta por ayuda del régimen supersónico el cual genera caídas en la temperatura y en la presión del fluido generando condiciones adecuadas para que los hidrocarburos pesados pasen a fase líquida. En la Fig. 12 se puede apreciar las temperaturas presentes en el interior de cada uno de los tipos de separador supersónico obteniendo variaciones de temperatura entre los -40°C (azul) y los 20°C (rojo). Este cambio de temperatura asegura la condensación de los componentes a separar en la corriente de gas natural.

La caída de presión del flujo en el separador puede llegar a los 60 bar, teniendo una presión de entrada del flujo de 100 bar.



Fig. 12 Temperatura en el separador con generador de swirl.

En la Fig. 13 se puede ver las presiones en el interior de los separadores que van desde 40-50 bar (azul) a 90-100 bar (rojo). Estos valores indican una expansión del flujo con eficiencia mayor al de la válvula Joule-Thompson empleada en esta labor en los actuales procesos de tratamiento de gas en Colombia.[7]



Fig. 13 Presión en el separador con generador de swirl.

4.3. El flujo en forma de remolino

Las condiciones presentadas anteriormente muestran la importancia de la generación del swirl, debido a que estas características de remolino permiten la extracción de las fases en el separador.

En la Fig. 14 se puede observar el corte transversal en la zona de separación. Se muestran adicionalmente las concentraciones volumétricas de Metano de 0,97 a 0,99 (rojo) lo que indica que se puede obtener un gas natural seco con un grado de separación altamente eficiente.

Con la información anterior es posible determinar a qué longitud del separador se debe localizar el separador ciclónico coaxial, de acuerdo a los resultados deseados en el grado de separación y la concentración de metano del gas seco.

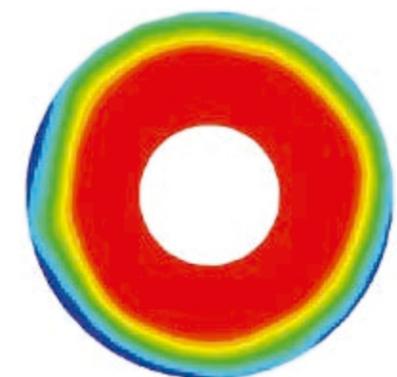


Fig. 14 Fracción volumétrica de Metano en el separador con generador de swirl.

5. VENTAJAS DE LAS SIMULACIONES CFD

La implementación de herramientas computacionales en el estudio del comportamiento de los fluidos en el interior de diferentes equipos utilizados en la industria, es hoy en día un hábito que toma cada vez más fuerza debido a que presenta múltiples ventajas tales como:

- Permitir una evaluación eficiente del comportamiento de los fluidos identificando los puntos críticos de los diferentes procesos.
- Reducir drásticamente los costos en la construcción y puesta en marcha de prototipos, evaluar diferentes parámetros tales como número de Reynolds, número de Mach, número de Rayleigh y orientación de flujo etc., los cuales permiten generar diseños más eficientes.
- Simular condiciones que no son reproducibles experimentalmente, tales como accidente o condiciones de operación que no son reproducibles en un laboratorio.
- Visualizar en detalle la información que no puede ser obtenida de los experimentos realizados.

Aunque estas técnicas presentan múltiples ventajas, es necesario entender que los métodos numéricos pueden presentar errores, por tanto pueden existir algunas diferencias entre los resultados obtenidos y la realidad.

6. VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE SEPARACIÓN SUPERSÓNICA

Los separadores supersónicos son una tecnología que presenta grandes ventajas con respecto a los sistemas de separación convencionales implementados actualmente en Colombia, los cuales presentan grados de eficiencia en la separación entre el 60 y 70% y generan caídas de presión considerables, lo que implica la implementación de sistemas de compresión adicionales. Algunas de las ventajas de los separadores supersónicos se presentan a continuación:

- No presenta partes móviles, lo cual asegura una alta confiabilidad, bajos costos de mantenimiento y largos períodos de operación.
- La velocidad supersónica se alcanza en un corto tiempo de residencia evitando la formación de hidratos, los cuales generan serios problemas de transporte.

- Evita químicos y equipos asociados a la regeneración de algunos sistemas convencionales de separación, lo que lo convierte en un sistema económico y amigable con el medio ambiente.
- Evita la implementación de un gran número de equipos (intercambiadores de calor, contenedores, torres de destilación etc.) requeridas para la mayoría de procesos convencionales.
- Presenta un mayor grado de separación que los métodos habituales.
- Presenta bajas caídas de presión, por lo que disminuye los costos de compresión implementados para alcanzar las presiones establecidas por la regulación.
- Este tipo sistemas permiten también separar compuestos indeseados de las corrientes de gas natural, tales como vapor de agua, sin el uso de separadores adicionales
- Menor tamaño y peso que los sistemas usuales, lo que facilita su transporte
- En condiciones de operación adecuadas, permite obtener grados de separación del 96 al 98%.

7. APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Todas las ventajas mencionadas anteriormente, argumentan la implementación de este tipo de tecnología, sin embargo, este sistema es apropiado para separar hidrocarburos pesados y vapor de agua sólo en líneas de flujo en los que el caudal y la presión sean tal que la caída de presión generada sea mínima, produciendo una mayor eficiencia energética en el equipo.

Otro factor influyente, aunque no determinante, es la concentración del gas de entrada, pues aunque es posible alcanzar un gas seco de concentraciones similares a diferentes composiciones de entrada, la cantidad de hidrocarburos extraídos variará según sea el caso.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que la implementación de estos sistemas está limitada a las condiciones de operación bajo las cuales fue diseñado y aunque puede operar bajo condiciones diferentes, su eficiencia podría no ser la misma.

Este sistema es apropiado para separar hidrocarburos pesados y vapor de agua sólo en líneas de flujo en los que el caudal y la presión sean tal que la caída de presión generada sea mínima, produciendo una mayor eficiencia energética en el equipo.

8. NUEVOS RETOS

La Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del GAS se encuentra actualmente desarrollando un estudio complementario, a partir de simulaciones CFD, que permita generar un prototipo de Separador Supersónico "Modular" que tendría la capacidad de adaptación a diferentes condiciones de operación, teniendo como limitante los requerimientos mínimos de funcionamiento de este tipo de sistemas, lo cual permitirá obtener un alto grado de separación de hidrocarburos pesados bajo diferentes condiciones.

REFERENCIAS

- [1] "Hoja de seguridad del Gas Natural", ECOPEPETROL S.A.
- [2] "Reglamento Único de Transporte de Gas Natural", CREG.
- [3] Kreith, Frank. Mechanical Engineering Handbook, Chapter 3 Fluid Mechanics, 1999.
- [4] CDT de GAS. Metrología aplicada a sistemas de transferencia de custodia de gas, segunda parte. 2006.
- [5] Miller Richard W. Flow measurement engineering handbook. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill.
- [6] AMERICAN GAS ASSOCIATION, AGA. Report N° 10 Speed of Sound in Natural Gas and other Related Hydrocarbon Gases. Rev January Año 2003
- [7] Vladimir Feygin, Salavat Imayev, Vadim Alfyorov, Lev Bagirov, Leonard Dmitriev, John Lacey SUPERSONIC GAS TECHNOLOGIES TransLang Technologies Ltd., Calgary, Canada.

SOLUCIONES TECNOLÓGICAS
Corporación CDT de GAS

CDT de GAS de Colombia
Desarrollos de "SOFTWARE A LA MEDIDA", según las necesidades operativas de las empresas.

MDM
Metrological Data Management
Gestión de procesos de calibración y emisión de resultados asegurados metrologicamente (ISO/IEC 17025)

GAS Balance Manager
Gas Balance Manager
Determinación del balance de gas natural de una red de gasoductos.

www.cdtdegas.com