



### SUMARIO

- \* La resistencia hidráulica puede ser un factor determinante tal como incrementos del volumen de producción y la viscosidad.
- \* Cualquier cosa que se añada a las varillas, incluyendo acoples y guías de varillas, aumentará la fricción.
- \* Una guía de varilla de baja-fricción, tal como la NETB de R&MES, añadirá menos fricción que un acople, o cuello, estándar.
- \* Una guía de rodillos añadirá 3 a 4 veces más fricción que la NETB.
- \* Guías para instalación en campo pueden añadir de 6 a 10 veces más fricción que la NETB.
- \* Las guías de varilla de más alta fricción introducirán mayor cantidad de turbulencia.
- \* Dependiendo de la velocidad de bombeo las barras de peso pueden generar grandes fuerzas de fricción.

## Fuerzas de Arrastre; o de Fricción Hidráulica, en la Sarta de Varillas

Los procedimientos técnicos y analíticos usados para predecir las fuerzas en el fondo de los pozos, están siempre en evolución.

Con esto en mente, R&MES realizó una serie de pruebas para medir la fricción en varios diseños de guías de varillas. La investigación se extendió eventualmente para medir la fricción generada el cuerpo de las varillas y acoples, incluyendo los salientes y los planos cuadrados para las llaves. Este proyecto culminó en el desarrollo de una nueva serie de guías de varilla, las NETB de R&MES, las cuales mejoran significativamente, las propiedades dinámicas del fluido.

Analizando el problema de la fuerza de fricción hidráulica, R&MES encontró que la resistencia total en la carrera de bajada era causada por una combinación de fuerzas: (1) Fricción Mecánica resultante del contacto entre la sarta de varillas y la tubería; (2) Fricción Hidráulica o de arrastre como resultante del paso del fluido alrededor de las guías de varillas, las varillas y conexiones o cuellos; (3) Flotación causada por el desplazamiento de fluido por la sarta de varillas.

Este Boletín Técnico solo se ocupa de la Fricción Hidráulica.

## Eficiencia de Sistemas de Producción

La necesidad de bombear a tasas más altas está frecuentemente asociada al incremento de las relaciones agua-petróleo. Como resultado, la calidad de lubricación del fluido de producción declina. La pobre lubricación, junto a las mayores velocidades de la sarta de varillas, aumenta el desgaste sobre las varillas y la tubería, resultando en mayores costos de mantenimiento y reparación.

A medida que aumentan la velocidad y longitud de carrera en las bombas convencionales de

balancín, las fuerzas resistentes al movimiento de descenso de la sarta de varillas pueden convertirse en el factor limitante en la cantidad de fluido a ser bombeado. A medida que se acerca este límite, las cargas mínima y máxima en la barra del balancín divergen a ratas cada vez mayores, haciendo difícil - si no imposible - lograr un contrabalance de la unidad de bombeo. Como resultado, la eficiencia total de Producción del sistema declina.

## Objetivos del Estudio

Los objetivos del estudio de R&MES fue el de cuantificar la resistencia hidráulica que actúa sobre la sarta reciprocante de varillas, y muy particularmente sobre las guías de varillas, que son una parte importante en el diseño de la sarta de varillas. Esta resistencia, o fuerza de arrastre, la cual ocurre a medida que la sarta cae a través del fluido de producción, aumenta de manera exponencial con las velocidades de bombeo. R&MES determinó que estas fuerzas de arrastre pueden ser un factor determinante en el diseño correcto de las sargas de varillas.

La máxima resistencia hidráulica ocurre en la mitad de la carrera de descenso. En casos extremos, los efectos de la dinámica de fluidos se hacen tan grandes, que la sarta de varillas se saldrá o flotará fuera de la barra del balancín.

## Programa de Prueba

Se realizaron una serie de pruebas para medir la fricción (arrastre) de varios diseños de guías. La guía de varillas a ser probada se montó en la tubería y se le mantuvo fija o estacionaria. Se bombeó agua a través de la tubería para simular el desplazamiento hacia abajo de una sarta de varillas. Las ratas de flujo fueron variadas para cubrir un alto rango de velocidades de sarta de varillas en tubería de 2", 2-1/2" y 3". Sin embargo solo los resultados de las pruebas en tubería de 2-1/2" son incluidas en este boletín técnico.

Se midieron las fuerzas resultantes con un peso colocado sobre el banco de prueba. Antes de cada prueba, la varilla y la guía de varilla de pruebas, se pesaron a cero flujo para compensar la flotación.

# Criterio de Diseño

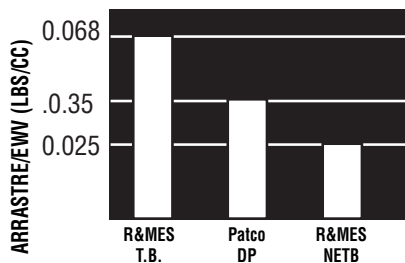
La función primaria de una guía de varilla es prevenir el contacto metal-a-metal entre las varillas y la tubería. Los criterios de diseño para una guía de varilla son:

1. Máximo Volúmen de Desgaste Erosionable (EWV)
2. Mínima Relación Volúmen total a EWV
3. Mínima Relación arrastre (fricción) a EWV
4. Mínima tasa de desgaste
5. Mínima abrasión en el metal
6. Máxima resistencia estructural y al impacto
7. Máxima resistencia a químicos y a la temperatura
8. Máxima sujeción a la varilla

El criterio #3 es importante porque es indicativo de la eficiencia hidráulica de una guía de varilla en relación a su habilidad de prevenir el contacto metal-a-metal entre la varilla y la tubería.

Las relaciones Fuerza de Arrastre-a-EWV de algunas guías seleccionadas para instalación en taller, se muestran en la Figura 3.

RELACION FUERZA DE ARRASTRE A EWV (Figura 3)

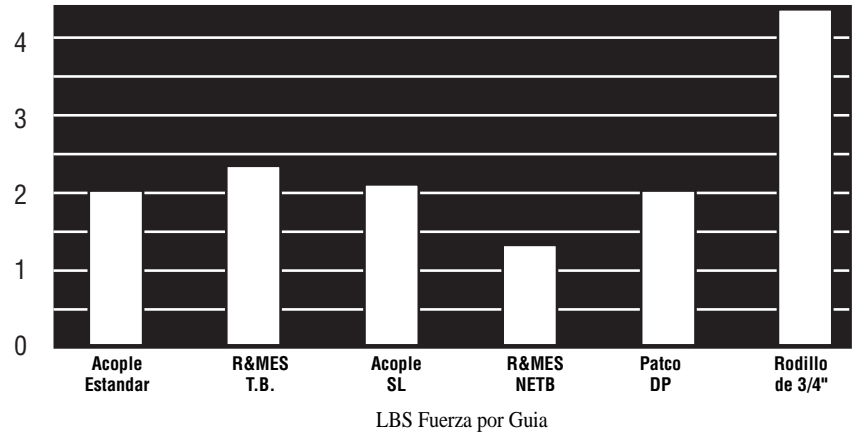


Fuerzas de arrastre en agua fresca a 70 °F y 100 gpm

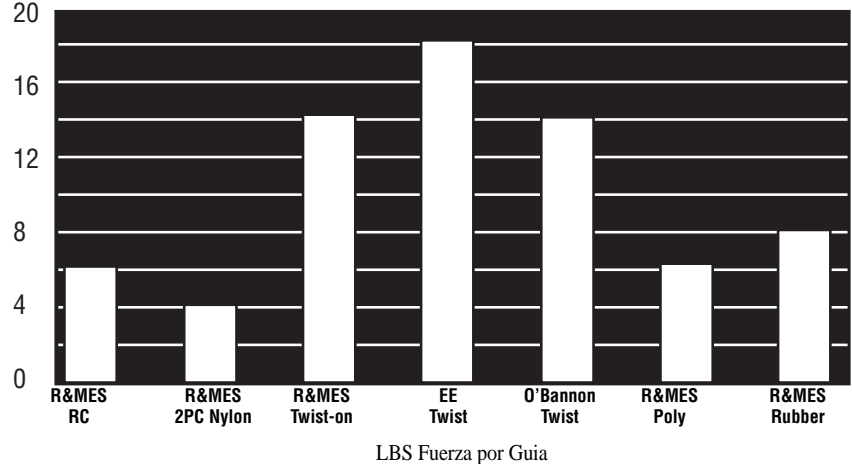
## Resúmen de Resultado de Pruebas

Un resúmen de los resultados del programa de pruebas en las Figuras 1 y 2. Estos gráficos comparan las fuerzas de arrastre sobre varias guías para instalación tanto en taller como en campo, en agua fresca a 70 °F y a 100 gpm.

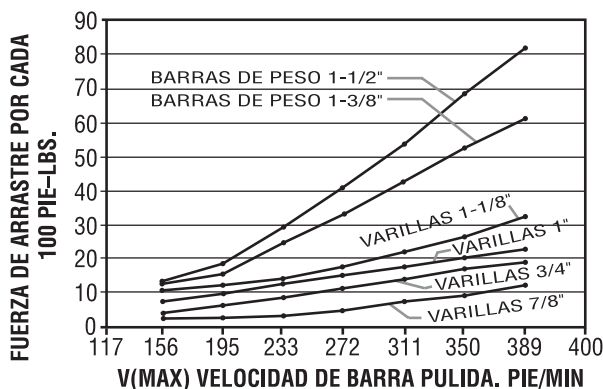
GUIAS INSTALADAS EN TALLER (Figura 1)



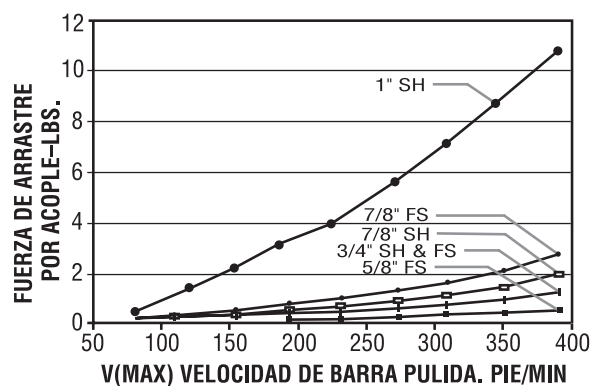
GUIAS INSTALADAS EN CAMPO (Figura 2)



FUERZAS DE ARRASTRE HIDRAULICO PARA LOS CUERPOS DE LA VARILLA Y LA BARRA DE PESO PARA TUBERIA DE 2-1/2" LLENA DE AGUA.



FUERZAS DE ARRASTRE HIDRAULICO PARA LOS ACOPLES DE LA VARILLA PARA TUBERIA DE 2-1/2" LLENA DE AGUA.



*Excelencia a través de la innovación*



R&M Energy Systems de Venezuela, C.A.  
Una unidad de Robbins & Myers, Inc.

Centro Commercial Industrial Standard II

Building "B"  
Calle 01 Conumen  
El Tigre, Anzoategui  
Venezuela  
Pone: (0283) 241-8668  
Fax: (0283) 241-8436

Calle 67-A Entre Avenidas 148 y 148A

Parcela PI-3, 2A Etapa  
Zona Industrial, Maracaibo  
Estado Zulia  
Venezuela  
Phone: (0261) 736-3926  
Fax: (0261) 736-3942