



› GEOMETRÍA PCP EN APLICACIONES DE ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS

4/27/2021

› CONTENIDO

- ¿Cuál es el problema con los sólidos y cómo lo afecta la geometría de la bomba?
- ¿Cómo se evalúa la geometría de la bomba?
- Conocimiento tradicional
- Pros / contras de la solución tradicional
- Hipótesis alternativa
- Otras soluciones para problemas de sólidos
- Conclusiones

› SÓLIDOS EN UNA BOMBA

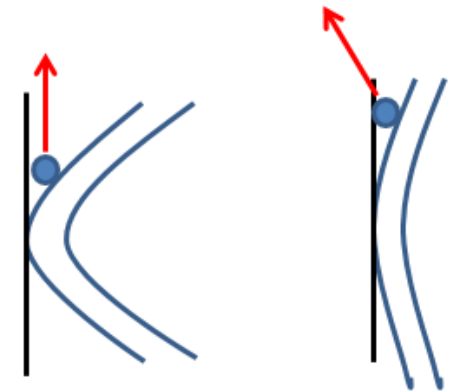
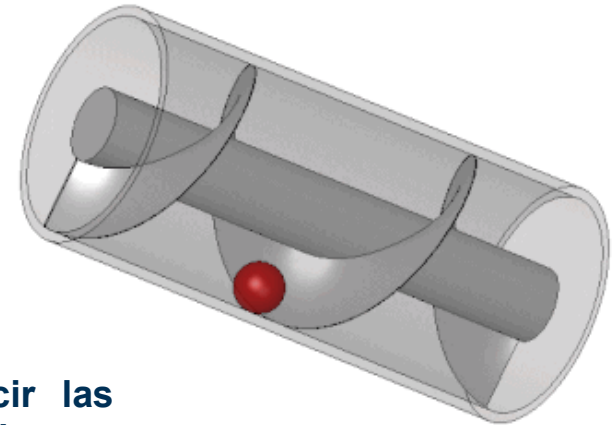
- **Los sólidos pueden tapar:**

La succión de la bomba

La descarga de la bomba

El interior de la bomba

- **Un ángulo de hélice apropiado puede ayudar a reducir las obstrucciones dentro de la bomba, al mantener los sólidos en movimiento a través de ella.**
- **El rotor puede actuar como un tornillo de Arquímedes para mover sólidos, si está diseñado apropiadamente.**
- **En general, un ángulo menos pronunciado en la hélice debería mover de manera más efectiva los sólidos hacia la descarga de la bomba.**
- **Veremos la entrada y la descarga de la bomba más adelante en esta presentación.**



› GEOMETRÍA DE LA BOMBA

- El ángulo de la hélice (a veces llamado ángulo del rotor o ángulo de barrido del rotor) se puede medir de diferentes formas.
- Todas estas medidas reflejan la longitud del paso - una longitud de paso más corta significa un ángulo menos pronunciado.

Ángulo de la hélice en el diámetro mayor del rotor

$$\theta_r = \text{atan} \left(\frac{\left(\frac{p}{2}\right)}{\pi(D + 2E)} \right)$$

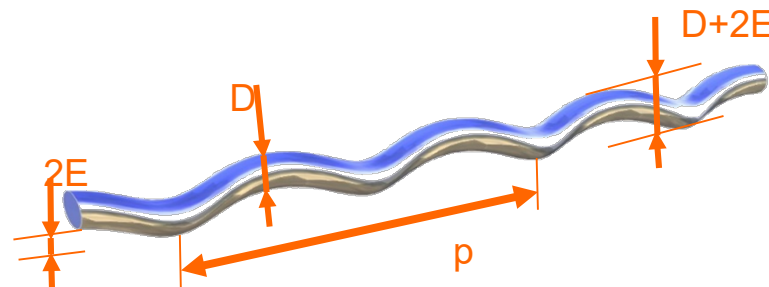
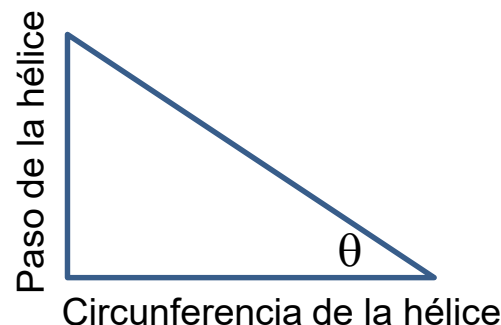
Ángulo de la hélice en el borde exterior del estator

$$\theta_s = \text{atan} \left(\frac{p}{\pi(D + 4E)} \right)$$

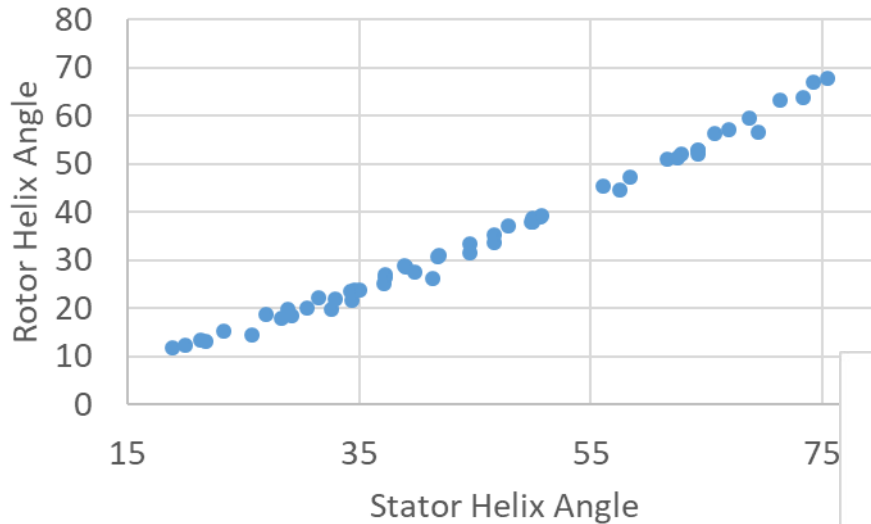
"Índice de geometría"

$$G = \frac{\frac{p}{2}}{D + 2E} \times \frac{D}{E}$$

Donde: p es el paso del estator, D es el diámetro menor, E es la excentricidad

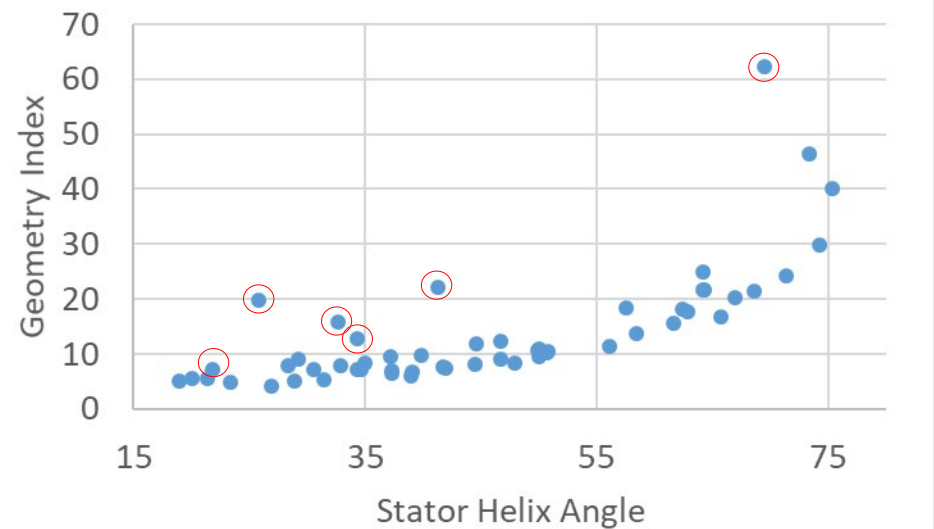


› COMPARACIÓN



Los ángulos del rotor y del estator son diferentes, pero dan la misma información básica.

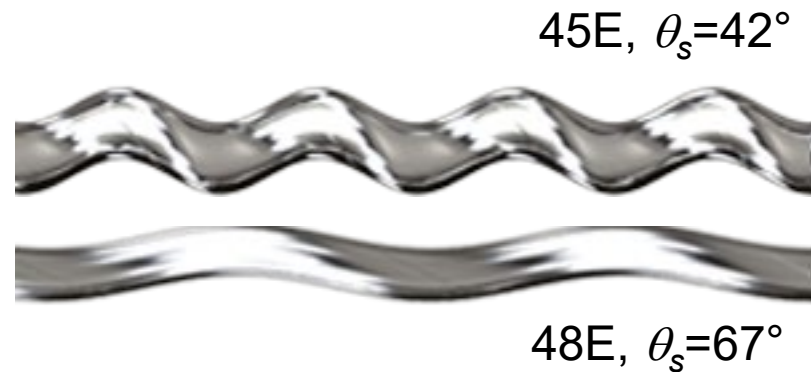
El índice de geometría proporciona información similar al ángulo de la hélice, excepto cuando la relación D/E es alta



puntos de datos marcados con un círculo tienen $D/E > 9$

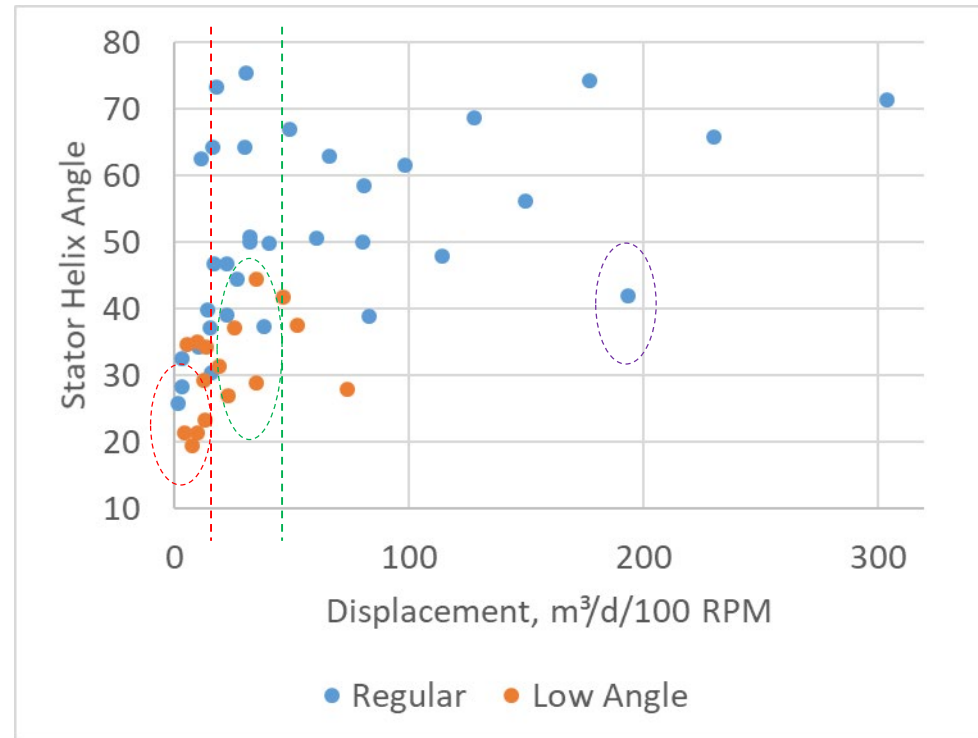
› COMPARACIÓN

- Dos bombas con un desplazamiento similar pueden tener perfiles de rotor y ángulos de hélice muy diferentes.



› CONOCIMIENTO TRADICIONAL

- Un ángulo de hélice más pequeño (o índice de geometría) es mejor para los sólidos.
- Muchos fabricantes tienen bombas diseñadas para sólidos o petróleo pesado, que están diseñadas con longitudes de paso cortas (ángulo de hélice más bajo, índice de geometría más bajo).
- En PCM, las llamamos bombas “Heavy Lift”. Algunas personas las llaman bombas “Fat Boy”.
- No hay un *ángulo específico* que usemos para distinguir las bombas de paso corto y las de paso largo; esto depende del desplazamiento.
- Hay muchos años de experiencia exitosa en el campo con estas bombas de paso corto en aplicaciones como CHOPS.



➤ PROS Y CONTRAS DE LA SOLUCIÓN TRADICIONAL

- **Las bombas de paso corto (ángulo bajo) tienen estas ventajas:**

El rotor puede mover sólidos de manera efectiva a través de la bomba.

Las velocidades internas dentro de la bomba son más bajas (bueno para fluidos de alta viscosidad).

Paso más corto significa que la bomba puede ser más corta para una presión nominal dada.

- **Y estas desventajas:**

Para un desplazamiento dado, el diámetro exterior de la bomba suele ser mayor.

La presión nominal por longitud de paso (o presión por cavidad) puede ser un poco menor.

Las líneas de sello son más cortas y pueden ser más susceptibles a desgastarse.

Puede haber mayor tensión en el elastómero.

El torque de fricción puede ser mayor (para el mismo desplazamiento y presión).

El rendimiento de la bomba puede ser más sensible a los cambios en el ajuste rotor-estator.

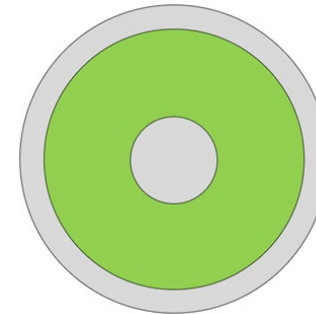
› HIPÓTESIS ALTERNATIVA

- ¿Qué pasa si no es el rotor el que mueve los sólidos, sino el fluido?
- Las bombas de ángulo bajo son buenas para fluidos de alta viscosidad (debido a la baja velocidad interna) y los fluidos de alta viscosidad transportan sólidos muy bien, incluso a baja velocidad. Por lo tanto, las bombas de ángulo bajo probablemente sean aún mejores en fluidos viscosos.
- Pero si es el fluido, el que transporta los sólidos y la viscosidad es baja, sería mejor una velocidad de fluido alta.
- Hay poca o ninguna experiencia de campo para apoyar esta teoría.
- Si la velocidad en la tubería es lo suficientemente alta como para transportar sólidos a la superficie, la velocidad en la bomba (incluso una bomba de ángulo bajo) es casi siempre más alta (generalmente mucho más alta), por lo que el fluido también debe transportar sólidos a través de la bomba.

➤ VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERÍA Y EN LA BOMBA

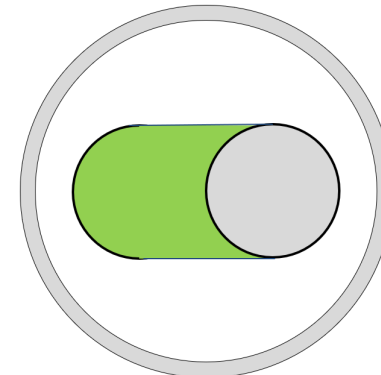
▪ Tubería

Tubería O.D. (pulg.)	Varilla O.D. (pulg.)	Velocidad Interna para 50 m ³ /d (m/s)
2"3/8	7/8"	0.355
2"7/8	7/8"	0.220
3"1/2	7/8"	0.140
3"1/2	1"	0.144



▪ PCP

Modelo PCP	Serie	Velocidad Interna para 50 m ³ /d (m/s)
22E	2"3/8	1.06
24E	3"1/2	0.93
48E	2"3/8	0.81



- La velocidad del fluido en la bomba es de 2,3 a 7,4 veces la velocidad en la tubería (para los casos anteriores) → si los sólidos pueden ser transportados en la tubería por el fluido, también serán transportados en la bomba por el fluido.

› COMPARACIÓN DE BOMBAS

- **Ejemplo: Si queremos una bomba con un desplazamiento dentro del rango de 30-40 m³/d /100 rpm, hay varias opciones disponibles como:**

Modelo PCP	Estator O.D. (mm)	Serie	Tubería O.D. (Pulg.)	Angulo de Helice (°)	Velocidad Interna para 100 m ³ /d (m/s)	Comentarios
32E	96	3"1/2	2"7/8	44.9	1.56	
33E	94	3"1/2	2"3/8	50.0	1.64	
35E	70	2"3/8	2"3/8	74.1	2.81	Sin extension superior
38E	109	4"	2"7/8	37.3	1.32	

- **El ángulo de la hélice no es lo único a considerar. También necesitamos mirar:**

Diámetro exterior de la bomba: ¿existen limitaciones de tamaño del *casing*?

Tamaño mínimo de la tubería: La tubería más pequeña permite velocidades más altas para ayudar a transportar sólidos.

Extensión superior (tubo Orbital): Aquí se necesita una junta más grande para acomodar el movimiento de la cabeza del rotor, pero tendrá una velocidad interna más baja y puede tener sólidos acumulados en ella.

Ángulo de hélice: Las bombas con un diámetro exterior mayor tienden a tener un ángulo más bajo (para un desplazamiento similar).

Velocidad interna de la bomba: Las bombas con mayor desplazamiento tienen menor velocidad interna.

- **Cuál es el equilibrio entre el tamaño de la tubería y el ángulo de la hélice?**

➤ OTROS PROBLEMAS CAUSADOS POR SÓLIDOS Y ALGUNAS SOLUCIONES

▪ Problemas con sólidos en la entrada de la bomba:

Los rotores extendidos (paddle rotor) pueden ser muy eficaces para romper las acumulaciones de sólidos y/o fluidificar los sólidos que se depositan cerca de la entrada.

Las bombas de carga o las bombas de hélice inversa mantienen un gran volumen de fluido en movimiento en el espacio anular cerca de la entrada de la bomba, para mantener los sólidos fluidizados.

Los sumideros (rat hole) más profundos pueden ser útiles, pero eventualmente se llenan.

Colocar la bomba más arriba en el pozo también puede reducir los problemas de sólidos, pero puede introducir problemas con el gas en la bomba.

▪ Problemas con sólidos en la descarga:

Una tubería más pequeña aumenta la velocidad del fluido en la tubería (para transportar mejor los sólidos), y reduce el volumen de sólidos disponibles para depositarse en la bomba durante una parada.

Los drenajes de tubería automáticos (ATD o ADV), permiten que el fluido de la tubería drene hacia el anular durante una parada para que los sólidos no se depositen en la parte superior de la bomba y causen atascamientos.

› CONCLUSIONES

- En general, se acepta que las PCP de ángulo bajo son mejores para manejar sólidos.
- Hay diferentes formas de medir este ángulo; en realidad, no importa cuál se utilice, pero es importante asegurarse de que se utilice la misma medida al comparar bombas.
- No proponemos un valor de *ángulo específico*, para lo que define una bomba de ángulo bajo. Sin embargo, el ángulo es muy útil para comparar bombas con desplazamientos similares.
- El uso de otras tecnologías (como rotores extendidos, bombas de carga , drenajes de tubería automáticos), pueden complementar el uso de bombas de ángulo bajo en aplicaciones con alto contenido de sólidos.
- Para una vida útil máxima, también hay otras cosas a considerar, como la selección del elastómero, el ajuste del rotor / estator y el desplazamiento de la bomba vs la velocidad.