

## HM 132 Visualización vertical de campos de flujo



Las burbujas finas son especialmente adecuadas para la visualización de campos de flujo. Gracias a las analogías, es posible demostrar muchos procesos de flujo que se producen en el aire a través de experimentos realizados en el agua.

El banco de ensayos HM 132 incluye una sección de ensayo vertical en la que se coloca un modelo intercambiable. El agua reco-

rra la sección de ensayo de abajo a arriba. El equipo de ensayo permite generar burbujas de hidrógeno electrolíticamente que ascienden con el flujo, rodean al modelo y permiten, así, visualizar el flujo a su alrededor.



### Registrar el movimiento

Los flujos se hacen visibles mediante partículas flotantes o burbujas de gas. Estas partículas o burbujas de gas deberán ser tan pequeñas que sean capaces de seguir el flujo sin retraso.

Para la visibilidad es importante que el fluido presente un buen contraste. Debido a su forma esférica, las burbujas de gas reflejan muy bien la luz y ofrecen un contraste excepcional.



Burbujas de hidrógeno de generación electrolítica como medio de contraste.

### Contenido didáctico / ensayos

- evolución de las líneas de corriente en flujos circundantes y flujos de paso en modelos
- separación
- formación de vórtices, demostración de las calles de vórtices de Kármán
- observación cualitativa de la distribución de la velocidad en el flujo laminar
- analogía con el flujo de aire
- junto con una cámara especial (p.ej. PCO Pixelfy) y software apropiado (p.ej. ImageJ):
  - ▶ evaluación de ensayos con ayuda de procesamiento de imágenes (particle image velocimetry, particle tracking velocimetry)



Accesorios opcionales: cámara especial

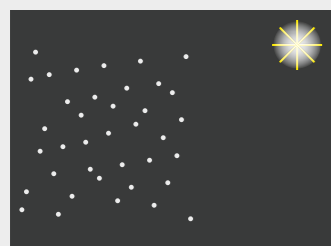
# HM 132 Visualización vertical de campos de flujo

## Trabajar con tiempos de exposición $t_E$

Hay diversas posibilidades de registrar el desarrollo del movimiento. Con el tiempo de exposición se controla la duración del registro. La intensidad y duración de la exposición dentro del

tiempo de exposición determina cómo se forman los desarrollos del movimiento en la fotografía.

$t_E$  breve: imagen fija



$t_E$  largo: se generan efectos de movimiento



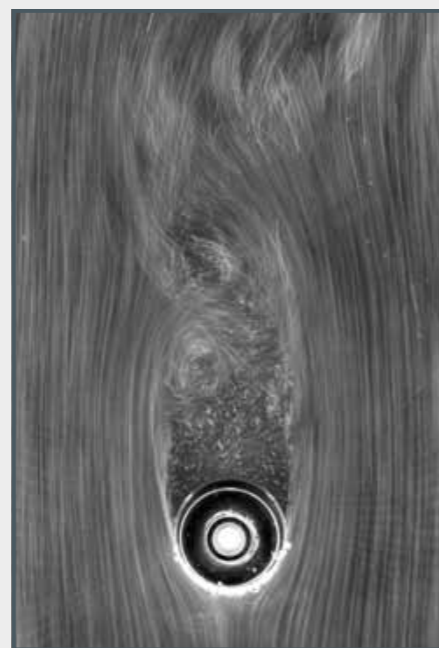
Tiempo de exposición  $t_E$  variable. Iluminación constante.

$v = 7 \text{ cm/s}$



$t_E = 1/200 \text{ s}$

Instantánea con burbujas individuales



$t_E = 1/5 \text{ s}$

Ejemplificación de estructuras de vórtice



$t_E = 1/1 \text{ s}$

Visibilidad del área influenciada

Con una cámara con el tiempo de exposición  $t_E$  ajustable es posible retener fácilmente la condición de flujo en forma de imagen. Es posible que las burbujas individuales se difuminen en líneas. Si las líneas aún se ven con la suficiente claridad como

para separarlas, es posible calcular la velocidad de las burbujas a partir de la escala de la imagen, la longitud de la línea (anchura) y el tiempo de exposición.

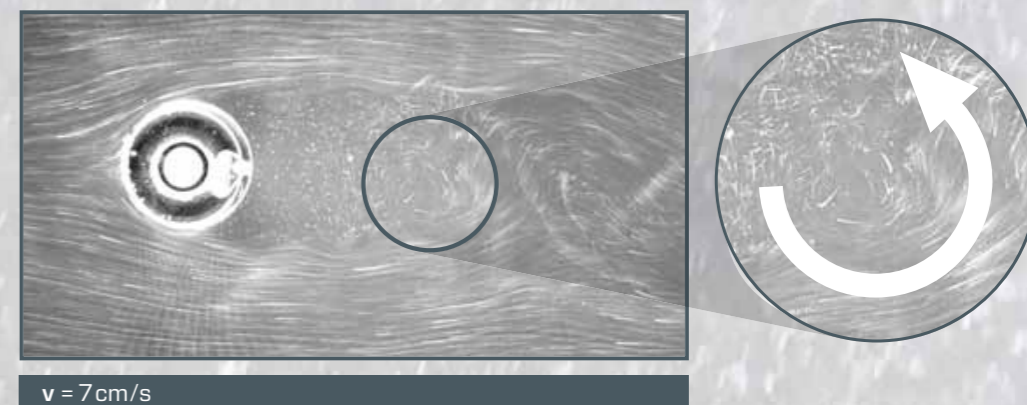
## Particle Tracking Velocimetry – PTV

Los efectos de movimiento reciben información de orientación a través de la intensidad lumínica decreciente



Tiempo de exposición  $t_E$  variable. Atenuación de la intensidad de la iluminación.

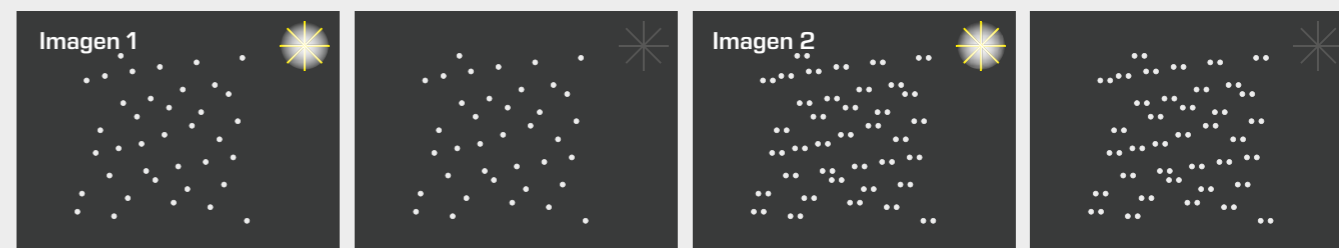
Las burbujas generan líneas en la imagen mediante la atenuación de la intensidad de la iluminación durante el tiempo de exposición. La desaparición gradual de las líneas muestra la dirección del flujo. La longitud de las líneas es proporcional en relación con la velocidad.



$v = 7 \text{ cm/s}$

## Particle Image Velocimetry – PIV

Imagen doble. Habitualmente se aplica en archivos de dos imágenes.



Tiempo de exposición  $t_E$  breve, doble. Iluminación breve, intensa.

El software compara dos imágenes tomadas de forma consecutiva. Se calcula la migración y la magnitud de los patrones de burbujas. Con la escala de la imagen y el desfase de tiempo entre las imágenes es posible determinar la velocidad.

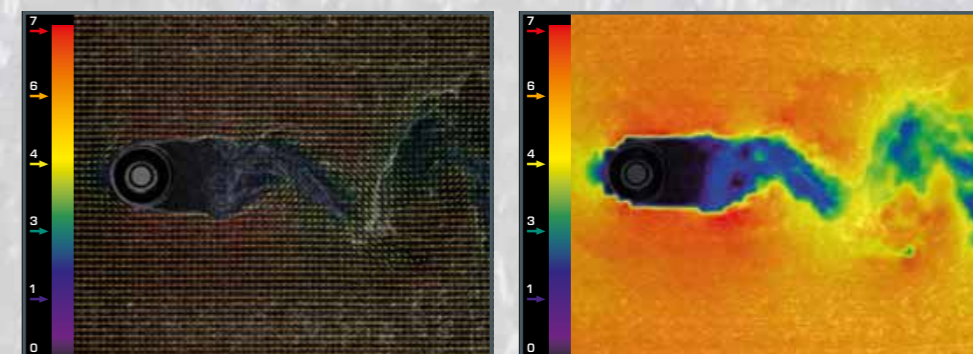


Imagen generada con ImageJ, PIV

Imagen generada con ImageJ, PIV