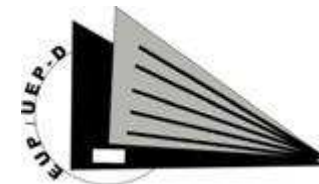
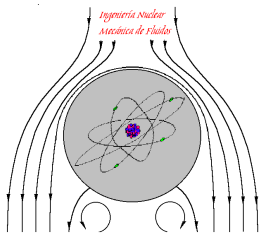


eman ta zabal zazu

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos



Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

INTRODUCCIÓN

En el comienzo de la asignatura se definió una propiedad que caracteriza a los fluidos y los distingue de los sólidos, es la viscosidad. Hasta este momento, no se ha tenido en cuenta, debido a que en los fluidos en reposo (estática) no aparecen los efectos de la misma y en el estudio de la dinámica se hace la abstracción de que los fluidos sean perfectos, es decir, tengan viscosidad nula, con el fin de simplificar el problema.

Con el fin de poder aplicar la ecuación de Bernoulli a problemas prácticos, hay que introducir unas modificaciones de las hipótesis utilizadas en su deducción. Entre estas modificaciones, está la de considerar que el fluido es real, por tanto tiene viscosidad, existiendo pérdidas de energía.

En el presente capítulo, se van a establecer los fundamentos de partida definiendo los flujos externos e internos, seguido de las experiencias de Reynolds y sus consecuencias, terminando con el concepto de capa límite y la distribución de velocidades en los flujos internos laminares y turbulentos.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

TIPOS DE FLUJO

Flujo interno: flujo completamente limitado por superficies sólidas. Incluyen flujos a través de tuberías, toberas, difusores, ensanchamientos y estrechamientos bruscos, válvulas,...

Los flujos internos pueden ser laminares y turbulentos. Algunos casos de flujo laminar pueden resolverse analíticamente. En el caso de flujo turbulento no son posibles las soluciones analíticas, por lo que se debe confiar en teorías semiempíricas y en datos experimentales. Para flujos internos el régimen de flujo (laminar o turbulento) es fundamentalmente una función del número de Reynolds.

Flujo externo: es aquel flujo sobre cuerpos sumergidos en un fluido sin fronteras. La corriente de fluido en la cual el cuerpo está inmerso, con frecuencia, se considera como infinita en extensión.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

EXPERIENCIAS DE REYNOLDS. NÚMERO DE REYNOLDS

Flujo laminar es aquél en que el fluido se mueve en capas paralelas, mientras que en el flujo turbulento las partículas del fluido tienen un movimiento errático. En 1883 el investigador Osborne Reynolds estudió el movimiento de un fluido. En el interior del tubo de ensayo inyectó un colorante y observó que para caudales y velocidades pequeños, y por tanto n° de Reynolds bajo, el filete coloreado se movía trazando una línea recta sin entremezclarse con el agua que le rodeaba, es decir el flujo era laminar. Al aumentar el caudal y por tanto la velocidad, aumentó el número de Reynolds, y llegó a la condición en que dicha línea se iba ondulando llegando un momento en que se rompía bruscamente, difundiéndose por el tubo, es decir se alcanzaba el régimen turbulento.

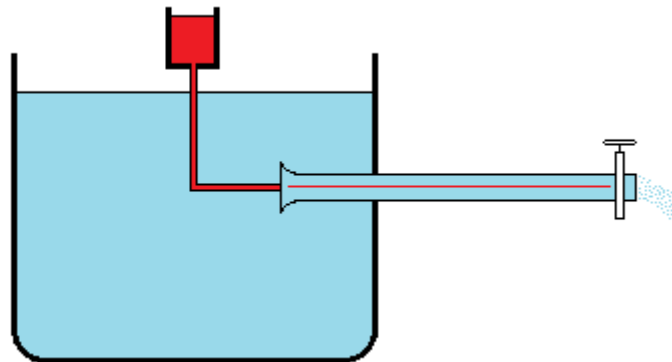


Fig. 15.1 Experimento de Reynolds

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

EXPERIENCIAS DE REYNOLDS. NÚMERO DE REYNOLDS

Reynolds obtuvo un valor de $Re=12.000$ antes de que se estableciera la turbulencia. Investigadores posteriores, usando el equipo original de Reynolds, obtuvieron un valor de 40.000 al mantener el agua en reposo en el tanque durante varios días antes de realizar el experimento, y teniendo cuidado en evitar vibraciones del agua o del equipo.

Comenzando con flujo turbulento en el tubo de vidrio, Reynolds encontró que siempre se vuelve laminar cuando se reduce la velocidad hasta hacer Re menor que 2000 . Este se denomina Número crítico inferior de Reynolds para flujos en tubos y es importante en los cálculos prácticos. Análogamente al aumentar el flujo de laminar a turbulento observó que para Re mayor de 4000 , era turbulento. Este se denomina Número crítico superior de Reynolds.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

EXPERIENCIAS DE REYNOLDS. NÚMERO DE REYNOLDS

Conclusiones:

- La transición entre el régimen laminar y el turbulento se produce bruscamente.
- La mayor o menor laminaridad del flujo depende directamente de la velocidad del fluido y de los diámetros de los distintos tubos, e inversamente de la viscosidad del fluido.
- La frontera de paso laminar a turbulento es muy difícil de precisar, ya que depende mucho de las condiciones del flujo (vibraciones,...).

$Re \leq 2000$: flujo laminar. Predominan las fuerzas viscosas. Se verifica la ley de Newton de la viscosidad.

$Re \leq 4000$: flujo turbulento. Las fuerzas viscosas quedan casi anuladas por las de turbulencia. No se verifica la ley de Newton de la viscosidad.

$2000 < Re < 4000$ el flujo está indeterminado, pudiendo comportarse como laminar o como turbulento, según las condiciones del entorno, y variando de unos momentos a otros. **Es un intervalo en el que no se debe de trabajar.**

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

CAPA LÍMITE

En 1904 Ludwig Prandtl desarrolló el concepto de capa límite que permite relacionar el flujo de los fluidos ideales con el de los fluidos reales. Para los fluidos que tienen una viscosidad relativamente pequeña el efecto de la fricción interna es apreciable sólo en una región delgada en inmediato contacto con las fronteras sólidas del fluido, que Prandtl denominó **capa límite**. El flujo fuera de esta zona estrecha se puede considerar como fluido ideal.

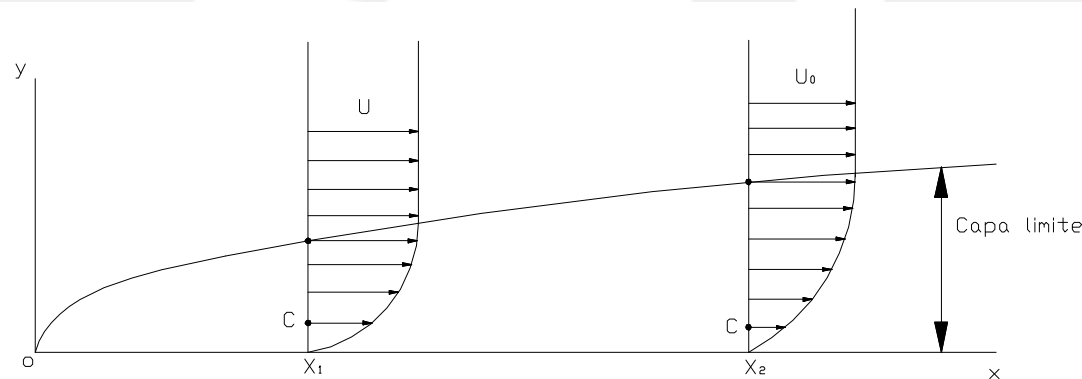


Fig. 15.2 Creación de la capa límite laminar

Cuando un fluido se mueve junto al contorno de un sólido éste ejerce una fuerza de rozamiento, de forma que la velocidad de la capa de fluido en contacto con el sólido es la misma que la de éste. Si consideramos puntos situados en un plano perpendicular al contorno del sólido, a medida que nos alejamos de él la velocidad aumenta hasta alcanzar la correspondiente al flujo libre. La región en la que se produce la variación de la velocidad se conoce como capa límite.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

CAPA LÍMITE

En el interior de la capa límite se producen tensiones de cortadura originadas por el gradiente de velocidad entre las capas de fluido adyacentes, según la ley de viscosidad de Newton.

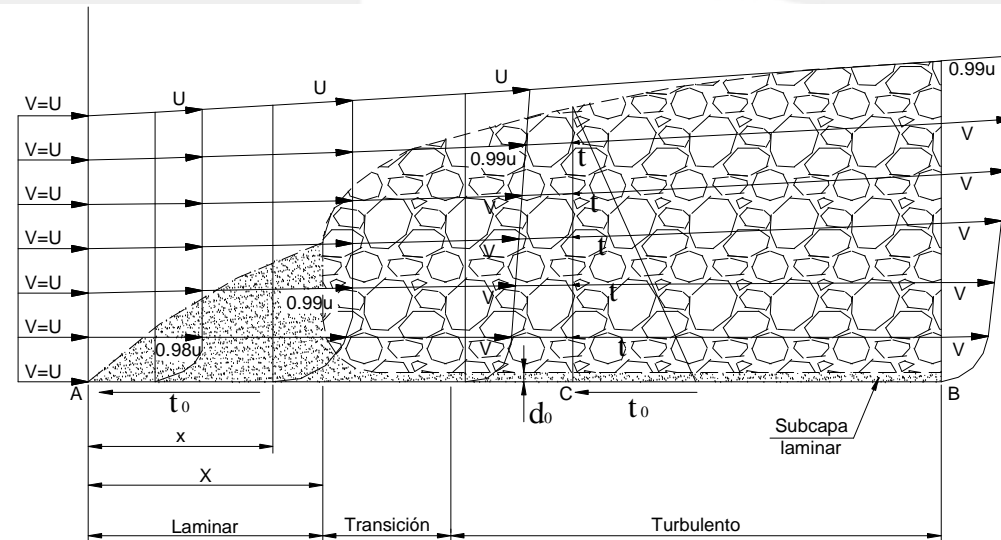


Fig. 15.3 Creación de la capa límite turbulenta

Cuando el espesor δ de la capa límite alcanza un valor determinado la estructura laminar se hace inestable y desaparece, comenzando a ser turbulenta.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

CAPA LÍMITE

En la zona turbulenta la tensión de cortadura es debida a los efectos de las turbulencias, siendo η la *viscosidad de turbulencia ó de remolino*.

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

Una vez pasado el punto de transición, en los puntos muy cercanos a la pared de la placa, la presencia de ésta hace imposible todo movimiento perpendicular a la pared. Por grande que sea la turbulencia de la masa fluida, su acción se anula en contacto con la placa; se forma por consiguiente, en las proximidades inmediatas de ésta, una delgada capa en la que el régimen es laminar y que está comprendida entre la pared y la masa de fluido en movimiento turbulento. A esta película de fluido se la denomina *subcapa laminar o capa límite laminar secundaria*.

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

FLUJOS LAMINAR Y TURBULENTO EN FLUJOS INTERNOS

Consideremos una tubería por la que circula un fluido en condiciones tales que el movimiento sea necesariamente laminar. A la entrada de la tubería, el perfil de velocidades es casi uniforme en toda la sección transversal.

La acción del esfuerzo cortante en la pared es retardar el flujo cerca de dicha pared. Como consecuencia la velocidad debe aumentar en la zona central.

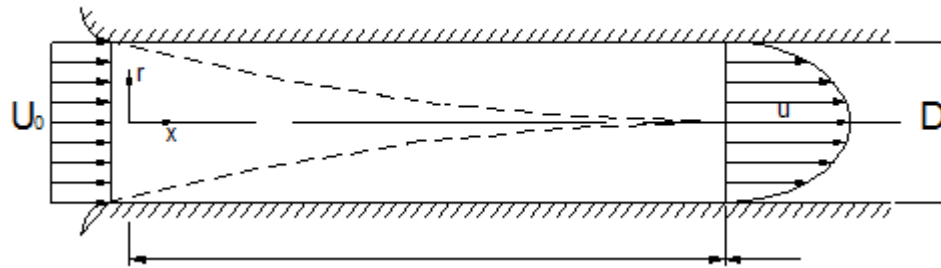


Fig. 15.4 Creación de la capa límite laminar en conducto cerrado

Debido a este esfuerzo cortante se crea una capa límite laminar, cuyo espesor, nulo a la entrada de la tubería, va creciendo hasta llenar totalmente el conducto a partir de una cierta sección situada a una distancia l de la entrada. Se dice que el régimen está dinámicamente establecido. A partir de aquí **la distribución de velocidades es parabólica.**

Tema 15: Efectos de la viscosidad en flujos

FLUJOS LAMINAR Y TURBULENTO EN FLUJOS INTERNOS

Al igual que en el caso anterior, las partículas próximas a la pared quedan adheridas, formándose así la capa límite. Esta es primeramente laminar y su espesor aumenta gradualmente hasta un valor en que se hace inestable, desarrollándose entonces una capa turbulenta hasta casi las mismas paredes de la tubería en que se desarrolla la subcapa laminar.

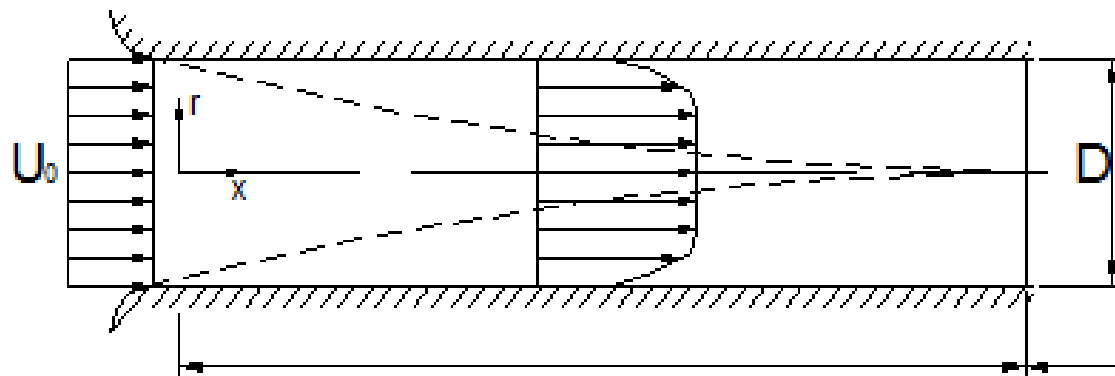


Fig. 15.5 Creación de la capa límite turbulenta en conducto cerrado

Se establece así una configuración permanente a lo largo de la tubería y el régimen está dinámicamente establecido. La distribución de velocidades es la de la figura; una vez establecido el régimen, la variación de la velocidad es muy rápida en la subcapa laminar y en la zona turbulenta la distribución es logarítmica.