

CIENCIA DE LOS MATERIALES: PROPIEDADES, PROCESOS Y CICLOS

Transformación de la materia e implicaciones en los fluidos

Clase 5



INTRODUCCIÓN DE LA CLASE

La transformación de la materia y su impacto en los fluidos es un campo de estudio fundamental en la ciencia de los materiales. Comprender el comportamiento de los fluidos permite analizar su influencia en distintos procesos físicos e industriales, donde sus propiedades determinan el rendimiento y la eficiencia de múltiples sistemas. En este contexto, los fluidos se caracterizan por poseer un estado de agregación particular en el que las fuerzas intermoleculares permiten el flujo y la deformación continua bajo la acción de esfuerzos cortantes. Su análisis se fundamenta en el estudio de propiedades esenciales como la densidad, la presión, la viscosidad y la tensión superficial, las cuales definen su respuesta ante diferentes condiciones de operación, impactando directamente áreas como el diseño de sistemas de transporte y la optimización de procesos químicos.

El estudio del comportamiento de los fluidos abarca conceptos como la dinámica de fluidos, donde se describen los principios que rigen el movimiento de los fluidos y sus interacciones con su entorno. Asimismo, los estados de flujo permiten diferenciar entre regímenes laminares y turbulentos, los cuales tienen aplicaciones directas en la ingeniería de materiales y en la optimización de procesos. Las propiedades específicas de los fluidos, tales como la viscosidad, la tensión superficial y la capilaridad, son factores determinantes en múltiples aplicaciones tecnológicas. Además, la comprensión de estos principios permite abordar el diseño y análisis de sistemas de fluidos, la transferencia de calor y los procesos industriales, donde los materiales interactúan con medios fluidos para cumplir funciones específicas. Este marco teórico proporciona las bases para la caracterización de materiales en entornos fluidodinámicos, considerando cómo su estructura y composición influyen en la interacción con los fluidos y su aplicación en diversas ramas de la ingeniería.

Clase 5: Transformación de la materia e implicaciones en los fluidos

RDA1: Experimentar sobre la materia para conocer sus propiedades y su estructura

Reto 1

Transformación de la Materia e Implicaciones en los Fluidos

Comportamiento de Fluidos

Los fluidos son sustancias que fluyen y se adaptan a la forma de su recipiente. Se caracterizan por su falta de estructura fija y su capacidad de desplazarse ante esfuerzos cortantes. Se dividen en líquidos y gases, diferenciándose por la distancia entre moléculas

y la fuerza de cohesión. Su estudio es crucial para entender su interacción con materiales y su impacto en aplicaciones industriales y científicas.

La mecánica de fluidos analiza su comportamiento, dividiéndose en estática (fluidos en reposo) y dinámica (fluidos en movimiento), cuyos conceptos se usan en hidráulica, aerodinámica y termodinámica (Montanero Fernández, 2013).

Propiedades Básicas

Las propiedades fundamentales de los fluidos determinan su comportamiento y su aplicabilidad en distintas industrias (Agustin, 2018). Entre las propiedades más relevantes se encuentran (Alcalde Segundo, 2015):

- **Densidad (ρ):** Relación entre la masa y el volumen de un fluido, expresada como $\rho = \frac{m}{V}$. Se mide en kg/m^3 y varía con la temperatura y la presión.
- **Presión (P):** Fuerza ejercida por unidad de área dentro de un fluido, determinada por la ecuación $P = \rho gh$ en un fluido en reposo.
- **Temperatura (T):** Factor que influye en la viscosidad, la densidad y la presión de los fluidos. Su control es fundamental en procesos térmicos como la refrigeración, la combustión y la transferencia de calor en intercambiadores térmicos.
- **Compresibilidad:** Propiedad que describe la variación del volumen de un fluido ante cambios de presión. Es más significativa en gases que en líquidos y tiene aplicaciones en el diseño de motores de combustión interna y turbinas.

Estas propiedades permiten predecir el comportamiento de los fluidos en diferentes condiciones y facilitan su modelado matemático en sistemas de ingeniería.

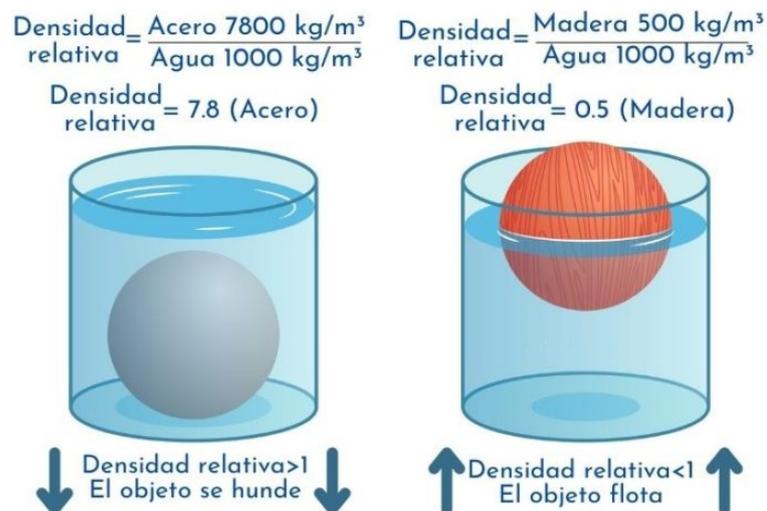


Figura 1. Densidad relativa de acero y madera

Tomado de (Lifeder, 2025)

Dinámica de Fluidos

La dinámica de fluidos estudia el movimiento de los fluidos y las fuerzas que actúan sobre ellos. Se fundamenta en leyes físicas que rigen su comportamiento (Modon, 2017; Torres, 2012), como:

- **Ecuación de continuidad:** Describe la conservación de la masa en un flujo estacionario, expresada como $A_1v_1 = A_2v_2$, donde A es el área de la sección transversal y v es la velocidad del fluido.

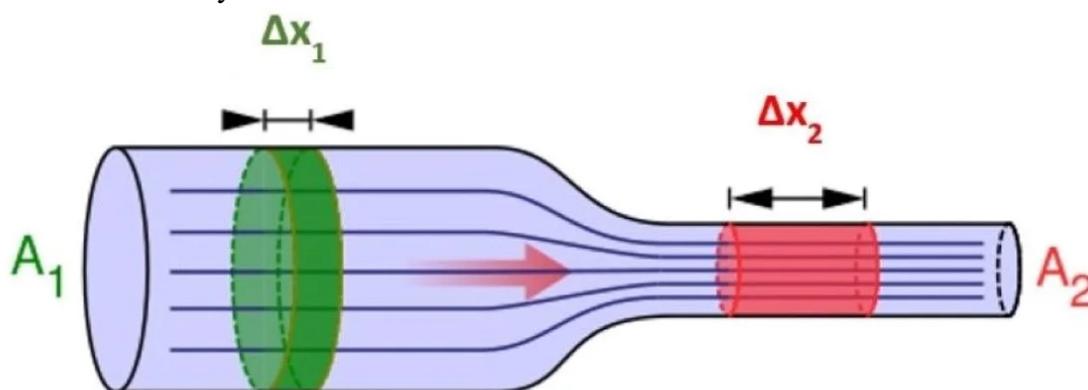


Figura 2. Tubo de horizontal de sección variable
Tomado de (Alcalde Segundo, 2015; Torres, 2012)

- **Ecuación de Bernoulli:** Relaciona la presión, la velocidad y la altura en un fluido en movimiento: $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$. Se utiliza en el diseño de aeronaves, sistemas de tuberías y aerodinámica de vehículos.
- **Ecuación de Navier-Stokes:** Describe el movimiento de los fluidos viscosos mediante ecuaciones diferenciales parciales, teniendo en cuenta la viscosidad, la velocidad y la presión. Su aplicación es fundamental en simulaciones computacionales de dinámica de fluidos.

La dinámica de fluidos se aplica en múltiples industrias, desde la ingeniería química y petrolera hasta la biomedicina, donde el estudio del flujo sanguíneo permite desarrollar dispositivos médicos avanzados.

Estados de Flujo

El movimiento de los fluidos puede clasificarse según su régimen de flujo, (Zamora, 2011):

- **Flujo laminar:** Se caracteriza por un movimiento ordenado y paralelo de las partículas del fluido. Ocurre a bajos valores del número de Reynolds ($Re < 2000$) y se observa en sistemas como microcanales y en la lubricación de superficies.
- **Flujo turbulento:** Se distingue por movimientos irregulares y caóticos, presentes cuando el número de Reynolds es mayor a 4000. Se encuentra en ríos, tuberías de gran caudal y en la atmósfera terrestre.
- **Flujo transitorio:** Representa el estado intermedio entre el flujo laminar y el turbulento, con valores de Reynolds entre 2000 y 4000. Se da en condiciones donde se producen cambios graduales en la velocidad del fluido.

El análisis de los estados de flujo es crucial para diseñar sistemas de conducción de fluidos y prever pérdidas de carga. El conocimiento del régimen de flujo optimiza procesos industriales, reduciendo costos y mejorando la eficiencia energética. La clasificación del flujo influye en la selección de materiales para tuberías y componentes hidráulicos. Materiales con baja rugosidad favorecen el flujo laminar, reduciendo fricción y pérdidas energéticas. Para flujo turbulento, se requieren materiales resistentes a la erosión por partículas en suspensión.

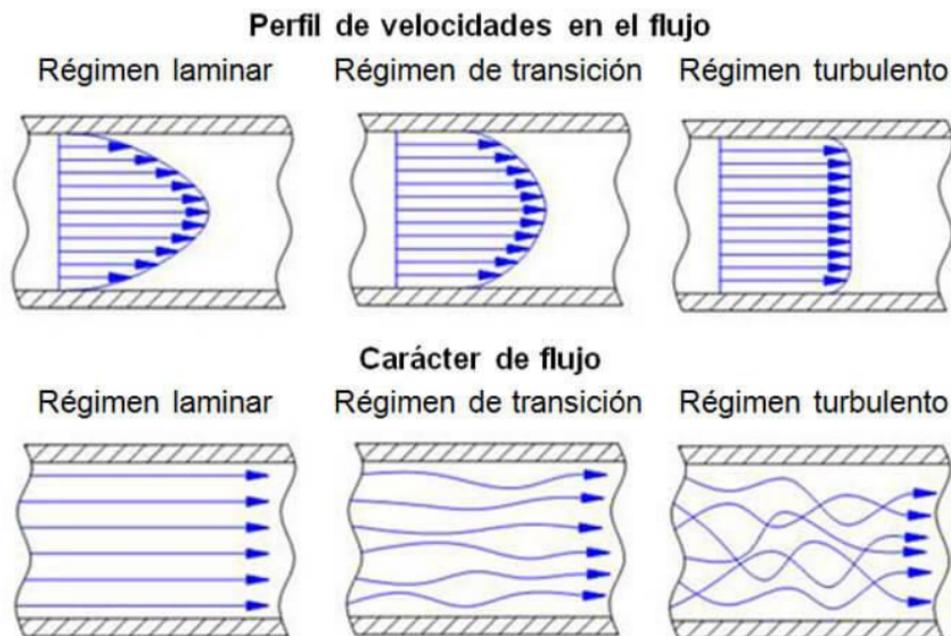


Figura 3. Perfiles y comportamiento de flujo según tipo
Tomado de (Arce, 2020)

Propiedades de los fluidos en materiales

Las propiedades de los fluidos en materiales son fundamentales para comprender su comportamiento en diversas aplicaciones de ingeniería. En esta sección, nos enfocaremos en tres propiedades clave: viscosidad, tensión superficial y capilaridad.

Viscosidad

La viscosidad es una propiedad fundamental de los fluidos que describe su resistencia a fluir. Se puede considerar como la "fricción interna" del fluido y juega un papel crucial en numerosas aplicaciones de ingeniería (Martínez-Calvo & Sevilla, 2018).

Viscosidad dinámica y cinemática: La viscosidad dinámica (μ) se define como la relación entre el esfuerzo cortante y la tasa de deformación en un fluido. Se expresa típicamente en unidades de Pa·s (Pascal-segundo). La viscosidad cinemática (ν) es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido ($\nu = \mu/\rho$) y se mide en m^2/s .



Figura 4. Flujo de aceites de diferentes viscosidades
Tomado de (Widman, 2024)

Fluidos newtonianos y no newtonianos: Los fluidos newtonianos, como el agua y la mayoría de los gases, mantienen una viscosidad constante independientemente del esfuerzo aplicado. La relación entre el esfuerzo cortante (τ) y la tasa de deformación ($\dot{\gamma}$) es lineal:

$$\tau = \mu \left(\frac{dv}{dy} \right) = \mu \gamma$$

Los fluidos no newtonianos, como algunas pinturas o la sangre, cambian su viscosidad en función del esfuerzo aplicado. Pueden ser pseudoplásticos (la viscosidad disminuye con el aumento del esfuerzo cortante), dilatantes (la viscosidad aumenta con el esfuerzo cortante), o tener un límite de fluencia (requieren un esfuerzo mínimo para comenzar a fluir). Para ampliar un poco más el conocimiento de estos conceptos se recomienda revisar el siguiente video: <https://www.youtube.com/watch?v=2XKl6lhBFrs>

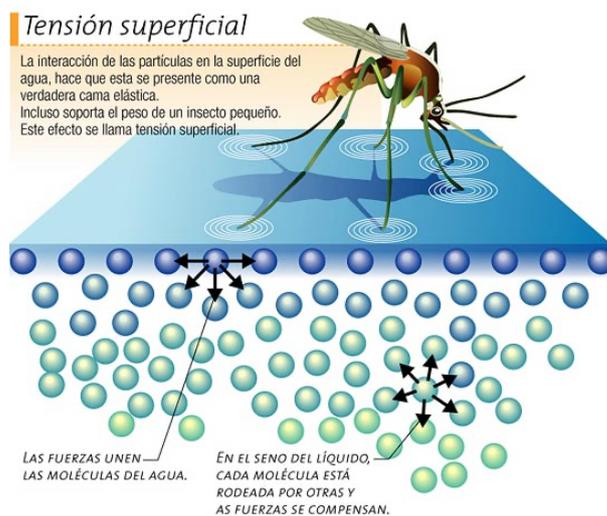
Efecto de la temperatura: La viscosidad de líquidos disminuye con la temperatura, mientras que en gases aumenta. Este fenómeno es crucial en lubricación y diseño de sistemas térmicos. La ecuación de Arrhenius describe esta relación en líquidos:

$$\mu = Ae^{(E_a/RT)}$$

donde A es una constante, E_a es la energía de activación, R es la constante de los gases, y T es la temperatura absoluta.

Tensión superficial

La tensión superficial es una propiedad de los líquidos que surge de las fuerzas cohesivas entre las moléculas en la superficie (Szigety et al., 2012).



Definición y causas: La tensión superficial es la energía requerida para aumentar la superficie de un líquido. Se debe a la atracción neta hacia el interior de las moléculas superficiales. Se mide en N/m o J/m² (Santos, 2016).

Figura 5. Flujo de aceites de diferentes viscosidades
Tomado de (Apolinar, 2017)

Efectos en materiales: La tensión superficial influye en capilaridad, formación de gotas y adhesión a superficies. Es crucial en pintura, impresión y recubrimientos. Determina la forma de gotas en superficies sólidas, equilibrando fuerzas de adhesión y tensión superficial.

Ecuación de Young-Laplace: Esta ecuación describe la diferencia de presión a través de una interfaz curva entre dos fluidos:

$$\Delta P = \gamma(1/R_1 + 1/R_2)$$

donde ΔP es la diferencia de presión, γ es la tensión superficial, y R_1 y R_2 son los radios principales de curvatura de la interfaz. Esta ecuación es fundamental para entender fenómenos como la formación de burbujas y la estabilidad de emulsiones.

Capilaridad

La capilaridad es un fenómeno que resulta de la interacción entre las fuerzas adhesivas y cohesivas en la interfaz entre un líquido y una superficie sólida, (Franco-Urquiza et al., 2021).

Ascenso capilar: En tubos de diámetro pequeño, la capilaridad puede causar que un líquido ascienda en contra de la gravedad. La altura del ascenso capilar (h) en un tubo circular se puede calcular mediante la ecuación:

$$h = \frac{(2\gamma\cos\theta)}{(\rho gr)}$$

donde γ es la tensión superficial del líquido, θ es el ángulo de contacto entre el líquido y la superficie del tubo, ρ es la densidad del líquido, g es la aceleración debido a la gravedad, y r es el radio del tubo.

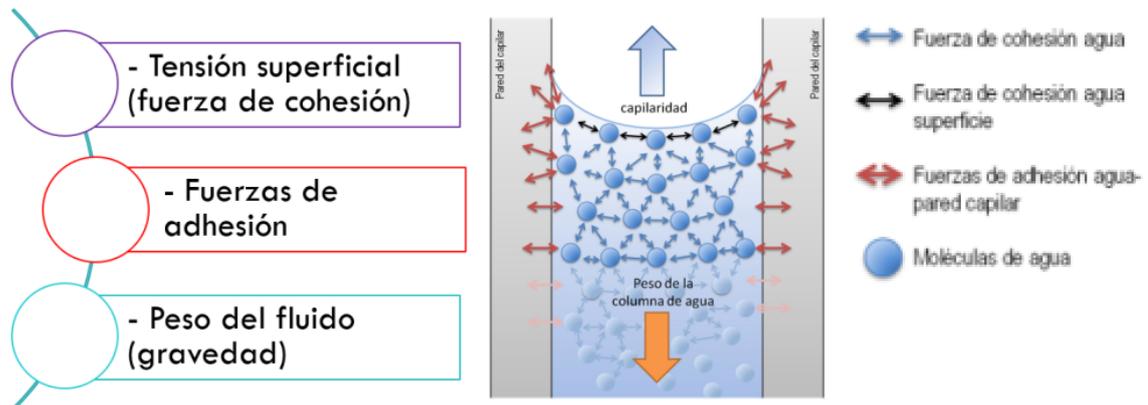


Figura 6. Fuerzas involucradas en la capilaridad
Tomado de (Cascarosa et al., 2021)

Ángulo de contacto: El ángulo de contacto es una medida de la mojabilidad de una superficie sólida por un líquido. Un ángulo de contacto menor de 90° indica que el líquido moja la superficie (superficie hidrofílica), mientras que un ángulo mayor de 90° indica que el líquido no moja la superficie (superficie hidrofóbica).

Aplicaciones en materiales: La capilaridad tiene importantes aplicaciones en la ciencia de materiales, incluyendo:

- Absorción de líquidos en materiales porosos, crucial en el diseño de membranas y materiales absorbentes.
- Impregnación de fibras en materiales compuestos, fundamental para la fabricación de compuestos de alta calidad.
- Control de la humedad en estructuras de construcción, importante para prevenir daños por humedad en edificios.
- Cromatografía, una técnica de separación basada en la capilaridad y la adsorción diferencial.

La comprensión de estas propiedades de los fluidos en materiales es esencial para el diseño y optimización de numerosos procesos y productos en ingeniería. Desde la selección de lubricantes adecuados hasta el desarrollo de recubrimientos y adhesivos, estas propiedades influyen significativamente en el comportamiento y rendimiento de los materiales en diversas aplicaciones. Una de las aplicaciones en la naturaleza de la capilaridad se puede observar en el siguiente video: <https://www.youtube.com/watch?v=Z9papKqYQVs>

Aplicaciones en Ingeniería

Sistemas de Fluidos

Los sistemas de fluidos son fundamentales en numerosas aplicaciones de ingeniería, abarcando desde la distribución de agua hasta los sistemas hidráulicos en maquinaria pesada. El diseño eficiente de estos sistemas requiere un profundo conocimiento de la dinámica de fluidos y las propiedades de los materiales.

En el diseño de tuberías, factores clave incluyen la pérdida de carga, la velocidad del fluido y la prevención de cavitación. La pérdida de carga, que representa la pérdida de energía debido a la fricción y otros factores, se calcula utilizando ecuaciones como la de Darcy-Weisbach:

$$\Delta h = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

donde Δh es la pérdida de carga, f es el factor de fricción, L es la longitud de la tubería, D es el diámetro, v es la velocidad del fluido y g es la aceleración debido a la gravedad.

Las bombas y turbinas son dispositivos esenciales en sistemas de fluidos. El diseño de estos equipos se basa en principios de dinámica de fluidos y requiere una comprensión detallada de las propiedades de los fluidos. Conceptos clave incluyen las curvas características de bombas, que representan la relación entre caudal, altura y eficiencia, y el número específico, un parámetro adimensional utilizado para clasificar y seleccionar bombas y turbinas.

Los sistemas hidráulicos y neumáticos utilizan fluidos para transmitir potencia en aplicaciones industriales y de transporte. La selección adecuada de fluidos hidráulicos y el diseño de componentes como válvulas y actuadores son críticos para el rendimiento del sistema. Aspectos importantes incluyen la selección de fluidos considerando propiedades como viscosidad, compresibilidad y estabilidad térmica, y el diseño de circuitos para optimizar la eficiencia y minimizar las pérdidas.

Transferencia de Calor

La transferencia de calor en fluidos es un aspecto crucial en muchas aplicaciones de ingeniería, desde el diseño de intercambiadores de calor hasta la gestión térmica en dispositivos electrónicos. La convección, que ocurre debido al movimiento macroscópico del fluido, es el modo dominante de transferencia de calor en fluidos.

En el análisis de la convección, se utilizan números adimensionales como el número de Nusselt (Nu), Reynolds (Re) y Prandtl (Pr) para caracterizar la transferencia de calor. Por ejemplo, para flujo turbulento en una tubería, la correlación de Dittus-Boelter proporciona una estimación del número de Nusselt:

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^n$$

donde $n = 0.4$ para calentamiento y $n = 0.3$ para enfriamiento.

Los intercambiadores de calor son dispositivos fundamentales en procesos industriales y sistemas de energía. El diseño eficiente de estos equipos requiere un conocimiento profundo de la dinámica de fluidos y la transferencia de calor. La selección del tipo de intercambiador (tubo y carcasa, placas, flujo cruzado, etc.) depende de la aplicación específica. El análisis de efectividad, utilizando métodos como NTU- ϵ , es crucial para evaluar el rendimiento térmico.

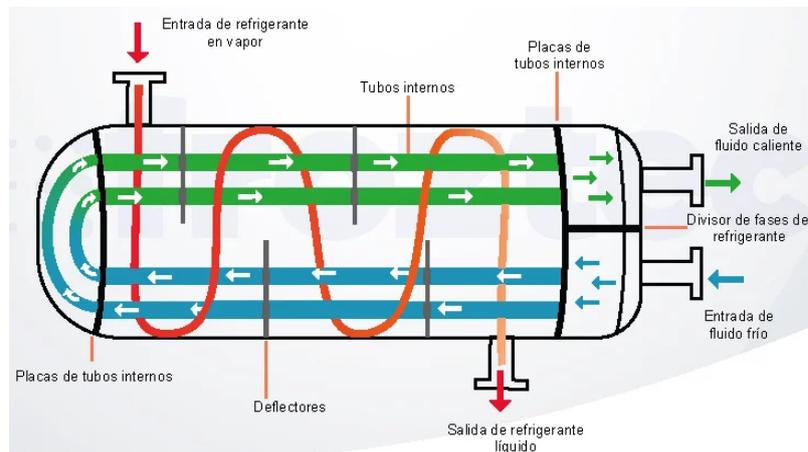
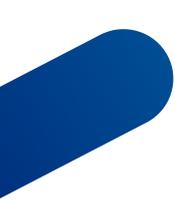


Figura 7. Proceso de intercambiado de calor
Tomado de (froztec.com, 2024)

El enfriamiento de dispositivos electrónicos se ha vuelto crítico con el aumento de la densidad de potencia en estos equipos. Las soluciones de enfriamiento basadas en fluidos, como los sistemas de refrigeración líquida, son cada vez más comunes en aplicaciones de alta potencia. El diseño de disipadores de calor y la implementación de sistemas de enfriamiento por inmersión son áreas de investigación activa en este campo.

Procesos Industriales

Los fluidos son fundamentales en diversos procesos industriales, desde la fabricación química hasta la producción alimentaria. La mezcla y agitación son procesos clave que



requieren un diseño eficiente basado en el comportamiento de los fluidos. La selección del agitador adecuado (hélice, turbina, ancla) depende de las propiedades del fluido y los requisitos del proceso. El análisis de patrones de flujo, a menudo mediante Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), optimiza la geometría del tanque y el agitador.

Los procesos de separación como destilación, filtración y centrifugación se basan en las diferencias de propiedades de los fluidos. La optimización de estos procesos, como el diseño de columnas de destilación, requiere un conocimiento profundo de la dinámica de fluidos³.

Los procesos de recubrimiento e impresión dependen de propiedades como viscosidad y tensión superficial. Técnicas avanzadas como la impresión por inyección de tinta y el recubrimiento por pulverización requieren un control preciso de estas propiedades.

Referencias citadas en la Clase 5.

- Agustin, M. D. (2018). Apuntes de Mecánica de Fluidos. En Revista de Ciência Elementar (Vol. 6, Número 4). <https://doi.org/10.24927/rce2018.071>
- Alcalde Segundo, I. (2015). MECÁNICA DE FLUIDOS.
- Apolinar, C. B. N. (2017). Propiedades Interfaciales del Ácido Sulhídrico [Universidad Autónoma del Estado de México]. En Universidad Autónoma del Estado de México. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.7217>
- Arce, B. C. (2020). Diseño de un dron mediante técnicas CFD. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/335825>
- Cascarosa, E., Mazas, B., & Pozuelo, J. (2021). Diseño de actividades para trabajar la capilaridad a partir de la indagación. CIMIE 21. https://amieedu.org/actascimie21/wp-content/uploads/2022/02/Esther-Cascarosa_Beatriz-Mazas_Jorge-Pozuelo.pdf
- Franco-Urquiza, E. A., Vázquez, B., & Escalante-Velázquez, C. A. (2021). Análisis del efecto de capilaridad en el procesos de infusión de bio-resinas en tejidos de fibra natural. *Afinidad*, 78(594), 238–244.
- froztec.com. (2024). Intercambiador de casco y tubos. froztec. <https://www.froztec.com/intercambiador-de-casco-y-tubos>
- Lifeder. (2025). Densidad: concepto, fórmula, cálculo, tipos, ejemplos. lifeder.com. <https://www.lifeder.com/densidad/>
- Martínez-Calvo, A., & Sevilla, A. (2018). Temporal stability of free liquid threads with surface viscoelasticity. *Journal of Fluid Mechanics*, 846(Langevin 2014), 877–901. <https://doi.org/10.1017/jfm.2018.293>
- Modon, A. (2017). Teoría De Mecánica De Los Fluidos. Facultad de ingeniería, 1, 172. <http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/apuntes-teoricos-de-mecanica-de-los-fluidos-rev9-doc-prot.pdf>
- Montanero Fernández, M. J. (2013). Un mundo de fluidos: Su estudio y aplicaciones. 1–24. <https://core.ac.uk/download/pdf/72044866.pdf>
- Santos, R. (2016). FENÓMENOS DE SUPERFICIE: TENSIÓN SUPERFICIAL Y CAPILARIDAD. Tensión superficial, 3–19.
- Szigety, E., Viau, J., Tintori, M. A., & Moro, L. (2012). Tensión superficial: un modelo experimental con materiales sencillos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 9(3), 393–400. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i3.07
- Torres, J. (2012). Dinámica de Fluidos. Universidad de Granada, 18–21.
- Widman. (2024). Lubricación Básica. Widman International SRL. <https://www.widman.biz/Seleccion/efecto.php>
- Zamora, J. (2011). Mecánica de fluidos - Física del medio continuo. *Mecanica de fluidos*, 63–70.



La excelencia no se improvisa

síguenos

