

1. DESCRIPCIÓN

En esta asignatura, se trata de conseguir que el alumno conozca, entienda y domine las propiedades y el comportamiento de los fluidos, muy diferente al de los sólidos, tanto en reposo como en movimiento, así como las aplicaciones de dichas leyes fundamentales.

Es una asignatura derivada de la física, con las dificultades de comprensión y razonamiento que ello supone para el alumno y con la ventaja de poder resolver problemas prácticos y habituales en la vida real.

2. OBJETIVOS

Se tratarán además de las propiedades que caracterizan a los fluidos, las ecuaciones fundamentales que definen su comportamiento, y una forma de análisis basada en la experimentación, muy útil en todos los campos de la física como es el análisis dimensional. Se estudiarán las siguientes ecuaciones:

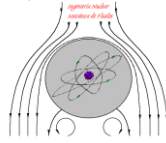
- Ecuación de la estática y de la hidrostática y sus aplicaciones.
- Ecuación de la continuidad o conservación de la masa.
- Ecuación de la energía y aparatos de medida del flujo.
- Ecuación de la cantidad de movimiento y sus aplicaciones.
- Análisis dimensional y semejanza.

En el campo de las aplicaciones, se tratarán las diferentes formas de cálculo de los flujos, tanto en conductos cerrados como en superficie libre, en condiciones estacionarias, y analizando brevemente tanto en concepto como en cálculo los fenómenos transitorios.

En conjunto se trata de capacitar a los alumnos, para que en su vida profesional tengan recursos básicos para poder abordar y estudiar los problemas que se les presenten sobre los fluidos.

3. COMPETENCIAS

Con las presentaciones y los ejercicios propuestos, se pretenden adquirir las competencias básicas relacionadas con la hidráulica, comenzando para ello con un nivel inicial de la materia vinculado directamente con la física (masa, peso, densidad), para poco a poco ir aportando pequeños conceptos inherentes a la mecánica de fluidos.



Las competencias específicas de la asignatura son las siguientes:

- CE1: Conocer, comprender y aplicar los conceptos básicos de la Mecánica de Fluidos para el desarrollo profesional de la ingeniería en el campo de los fluidos.
- CE2: Aplicar las estrategias propias de la metodología científica en la mecánica de fluidos: analizar la situación problemática cualitativa y cuantitativamente, plantear hipótesis y soluciones.
- CE3: Comunicar adecuadamente los conocimientos, procedimientos, resultados, destrezas y aspectos inherentes a la mecánica de fluidos, utilizando el vocabulario y la terminología específicos y los medios apropiados.

4. PRERREQUISITOS

- Conocimientos básicos de física, fundamentalmente de la mecánica de sólidos, y manejo de las unidades de medida de las variables físicas.
- Conocimientos básicos de matemáticas: trigonometría, resolución de integrales, ecuaciones diferenciales y solución en la resolución de ecuaciones.
- Habilidad y agilidad en el uso de la calculadora.

5. PROGRAMA

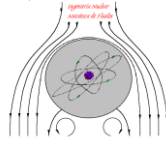
Tema 1.- INTRODUCCION A LA MECÁNICA DE FLUIDOS. CONCEPTOS PREVIOS

- 1.1.- Objeto de la mecánica de fluidos.
- 1.2.- Aplicaciones de la mecánica de fluidos.
- 1.3.- Sistema de unidades. Dimensiones.
- 1.4.- Densidad. Peso específico y volumen específico.
- 1.5.- Variables termodinámicas. Ecuaciones de estado.
- 1.6.- Concepto de gradiente. Divergencia, laplaciana y rotacional.

Tema 2.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS. DEFINICIONES.

- 2.1.- Definición de fluido. Sólidos, líquidos y gases. Analogías y diferencias.
- 2.2.- El fluido como medio continuo.
- 2.3.- Viscosidad. Ley de Newton de la viscosidad. Unidades de viscosidad. Viscosidad cinemática. Viscosidades empíricas.
- 2.4.- Fluido ideal y fluido perfecto.
- 2.5.- Elasticidad y módulo de elasticidad volumétrico. Coeficiente de compresibilidad cúbico.
- 2.6.- Tensión superficial. Capilaridad.
- 2.7.- Absorción de los gases por los líquidos. Ley de Henry.
- 2.8.- Tensión de vapor. Cavitación

Tema 3.- LEYES GENERALES DE LA ESTÁTICA DE LOS FLUIDOS.



- 3.1.- Introducción. Clasificación de las fuerzas que actúan sobre un fluido.
- 3.2.- Presión en un punto del fluido. Principio de isotropía.
- 3.3.- Ecuación fundamental de la estática de fluidos.
- 3.4.- Ecuación de la estática para el caso en que las fuerzas de volumen derivan de un potencial.
- 3.5.- Consecuencias de la estática de fluidos.

Tema 4.- ESTÁTICA DE UN FLUIDO INCOMPRESIBLE EN EL CAMPO GRAVITATORIO. HIDROSTÁTICA.

- 4.1.- Ecuación fundamental de la hidrostática.
- 4.2.- Consecuencias de la hidrostática.
- 4.3.- Variación de la presión de un fluido incompresible en reposo.
- 4.4.- Teorema de Pascal. Prensas hidráulicas.
- 4.5.- Unidades de presión.
- 4.6.- Escalas de presión. Presión absoluta y presión manométrica.
- 4.7.- Aparatos de medida de la presión. Manómetros y micromanómetros.

Tema 5.- FUERZAS SOBRE SUPERFICIE.

- 5.1.- Fuerzas sobre superficies planas horizontales. Resultante. Centro de acción.
- 5.2.- Fuerzas sobre superficies planas inclinadas. Resultante. Centro de acción. Cálculo de fuerzas mediante el prisma de presiones.
- 5.3.- Efecto de la presión atmosférica en el cálculo de las fuerzas.
- 5.4.- Fuerzas sobre superficies curvas. Componentes horizontales. Componente vertical. Resultante. Centro de acción.
- 5.5.- Fenómeno de la subpresión.

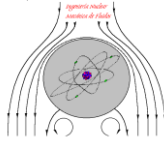
Tema 6.- FUERZAS SOBRE CUERPOS CERRADOS.

- 6.1.- Componente horizontal. Resultante.
- 6.2.- Componente vertical. Empuje. Teorema de Arquímedes. Centro de acción.
- 6.3.- Tensiones de tracción en tuberías, fondos de depósitos y esferas. Cálculo de espesores. Fórmula de Barlow.

Tema 7.- FUNDAMENTOS DEL MOVIMIENTO DE FLUIDOS.

- 7.1.- Introducción.
- 7.2.- Flujo. Tipos de flujos.
- 7.3.- Variables de Euler y Lagrange.
- 7.4.- Línea de corriente, tubo de corriente y trayectoria.
- 7.5.- Aceleración de una partícula fluida. Aceleración local y convectiva.
- 7.6.- Flujo volumétrico y flujo másico.
- 7.7.- Principios fundamentales para los medios continuos. Sistemas y volúmenes de control.

Tema 8.- TEOREMA DE LA CONSERVACIÓN DE LA MASA. ECUACIÓN DE LA



CONTINUIDAD.

8.1.- Ecuación integral de la continuidad.

- Expresión general.
- Expresión para el flujo permanente.
- Expresión para el flujo permanente y fluido incompresible.
- Expresión para el flujo incompresible.

Tema 9.- ECUACIONES FUNDAMENTALES DE LA DINÁMICA DE LOS FLUIDOS.

9.1.- Fuerzas que actúan sobre un fluido.

9.2.- Ecuación de Euler o ecuación fundamental de la dinámica de los fluidos perfectos.

9.3.- Ecuaciones generales del movimiento de los fluidos perfectos.

9.4.- Ecuaciones de Navier-Stokes.

Tema 10.- ECUACION DE BERNOULLI.

10.1.- Establecimiento de la ecuación de Bernoulli a partir de la ecuación de Euler. Hipótesis simplificadoras.

10.2.- Relación entre la ecuación de Bernoulli y el primer principio de termodinámica.

10.3.- Interpretación física y condiciones de validez de la ecuación de Bernoulli.

10.4.- Modificación de la hipótesis bajo las que se estableció la ecuación de Bernoulli. Ecuación de Bernoulli generalizada.

Tema 11.- APLICACIONES DE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI. APARATOS DE MEDIDA.

11.1.- Conceptos de presión estática, dinámica y total.

11.2.- Aparatos de medida de la presión estática: piezómetro y tubo estático.

11.3.- Aparatos de medida de la presión total: tubo de Pitot.

11.4.- Aparatos de medida de la velocidad. Combinación del tubo de Pitot y el piezómetro, y el tubo estático.

11.5.- Orificio de aforo en un recipiente. Ecuación de Torricelli. Vaciado y trasvase de depósitos en régimen permanente.

11.6.- Aparatos deprimógenos: venturímetro, tobera, diafragma y medidor de codo.

11.7.- Medidores indirectos.

11.8.- Vertederos.

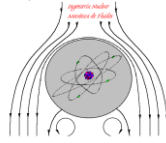
Tema 12.- TEOREMA DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO.

12.1.- Teorema de la cantidad de movimiento. Casos particulares: flujo permanente, flujo unidimensional y fluido incompresible.

Tema 13.- APLICACIONES DEL TEOREMA DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO.

13.1.- Fuerzas producidas por un fluido sobre un sólido.

13.2.- Teoría general de los álabes y aplicación a la turbina Pelton.



Tema 14.- ANÁLISIS DIMENSIONAL Y TEORÍA DE MODELOS.

- 14.1.- Introducción.
- 14.2.- Dimensiones de una entidad. Expresión dimensional.
- 14.3.- Principio de homogeneidad.
- 14.4.- Teorema de Vaschy-Buckingham.
- 14.5.- Cálculo de parámetros adimensionales. Ejemplos de aplicación. Selección de parámetros.
- 14.6.- Parámetros adimensionales más importantes de la mecánica de fluidos.
- 14.7.- Clases de semejanza.
- 14.8.- Aplicaciones del análisis dimensional y de la semejanza.

Tema 15.- EFECTOS DE LA VISCOSIDAD EN FLUJOS

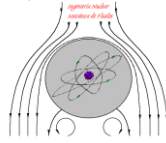
- 15.1.- Flujos externos e internos.
- 15.2.- Experiencias de Reynolds. Consecuencias. Número de Reynolds.
- 15.3.- Concepto de capa límite.
- 15.4.- Resistencia sobre cuerpos sumergidos. Coeficientes de resistencia y de sustentación.
- 15.5.- Flujo laminar en flujos internos.
- 15.6.- Flujo turbulento en flujos internos.

Tema 16.- ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS CERRADOS.

- 16.1.- Resistencia al flujo en conductos cerrados. Ecuación de Darcy-Weisbach.
- 16.2.- Tubos lisos y rugosos desde el punto de vista hidráulico. Fronteras.
- 16.3.- Expresiones para el cálculo del coeficiente de fricción. Fenómeno de la intermitencia. Experiencias de Nikuradse.
- 16.4.- Diagrama de Moody.
- 16.5.- Utilización del ábaco de Moody.

Tema 17.- FLUJO PERMANENTE DE FLUIDOS EN CONDUCTOS CERRADOS. CÁLCULO PRÁCTICO DE CONDUCCIONES. REDES

- 17.1.- Pérdidas menores: longitud equivalente y factor de paso.
- 17.2.- Envejecimiento de tuberías.
- 17.3.- Línea piezométrica y altura total.
- 17.4.- Fórmulas empíricas de cálculo de pérdidas de carga.
- 17.5.- Tuberías en serie y en paralelo. Leyes de circulación de los fluidos en un circuito.



Tema 18.- RÉGIMEN VARIABLE EN TUBERÍAS.

- 18.1.- Descripción del fenómeno del golpe de ariete.
- 18.2.- Golpe de ariete máximo. Fórmulas de Jouguet y Michaud.
- 18.3.- Propagación de las ondas elásticas. Celeridad de la onda.
- 18.4.- Ecuación del movimiento de las partículas. Fórmula de Allievi.
- 18.5.- Cálculo del golpe de ariete en una tubería funcionando por gravedad.
- 18.6.- Cálculo del golpe de ariete en una tubería funcionando por bombeo.
- 18.7.- Formas de atenuación del golpe de ariete.

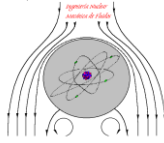
Tema 19.- FLUJO PERMANENTE EN CONDUCTOS ABIERTOS. CANALES.

- 19.1.- Resistencia al flujo permanente y uniforme en conducciones abiertas. Fórmula de Chezy.
- 19.2.- Coeficiente de Chezy. Fórmula de Manning.
- 19.3.- Distribución de velocidades y presiones en una sección transversal.
- 19.4.- Secciones hidráulicas óptimas.
- 19.5.- Cálculo práctico de canales de sección rectangular y trapecial.
- 19.6.- Cálculo práctico de canales de sección circular.

6. METODOLOGIA

Para conseguir el máximo aprovechamiento de este curso, se propone seguir el siguiente esquema:

- Estudiar cada tema en profundidad, la comprensión de los diferentes conceptos es lo más importante.
- Realizar los ejercicios propuestos en cada bloque, empleando para ello la teoría aportada. Se aportan las soluciones para que se pueda comprobar si se han realizado de forma correcta.
- Realizar el examen de auto-evaluación, sin el uso de apuntes, empleando para ello 4 horas aproximadamente, y una vez terminado, realizar la evaluación de dicha prueba, para obtener la nota.



7. CRONOGRAMA

El tiempo recomendable para el estudio de los contenidos de la asignatura es de 15 semanas (un cuatrimestre), a razón de un mínimo de 7 horas/semana, distribuidas de la siguiente manera:

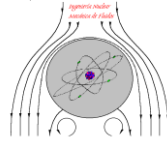
Tema 1. Introducción.	3 h
Tema 2. Propiedades.	9 h
Temas 3 y 4. Ecuación de la Hidrostática.	12 h
Temas 5 y 6. Fuerzas sobre superficies. Empuje.	15 h
Temas 7, 8 y 9. Introducción a la dinámica de fluidos.	3 h
Temas 10 y 11. Ecuación de la conservación de la energía. Aplicaciones.	15 h
Temas 12 y 13. Ecuación de la cantidad de movimiento. Aplicaciones.	9 h
Tema 14. Análisis Dimensional y Teoría de modelos.	6 h
Tema 15. Efectos de la viscosidad.	2 h
Temas 16 y 17. Pérdidas de carga.	22 h
Tema 18. Golpe de Ariete	3 h
Tema 19. Canales	6 h

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Agüera Soriano, *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas*. Ed. Ciencia 3, 1996.
- [2] J. Almandoz, B. Mongelos, y I. Pellejero, *Apuntes de ingeniería fluidomecánica*. Ed. Universidad del País Vasco: UPV/EHU.- E.U. Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2007.
- [3] —, *Colección de problemas de ingeniería fluidomecánica*. Ed. Universidad del País Vasco: UPV/EHU.- E.U. Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2007.
- [4] J. Almandoz, B. Mongelos, I. Pellejero, y D. Rebón, *Prácticas de laboratorio de ingeniería fluidomecánica*. Ed. Universidad del País Vasco: UPV/EHU.- E.U. Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2007.
- [5] M. Carlier, *Hydraulique générale et appliquée*. Eyrolles - EDF, 1998.
- [6] Y. Çengel y J. Cimbala, *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones (4a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2012.
- [7] J. Douglas, *Mecánica de los fluidos*. Ed. Bellisco, 1991, vol. I y II.
- [8] D. Escribá Bonafé, *Hidráulica para ingenieros*. Ed. Bellisco, 1998.
- [9] R. Fox y A. McDonald, *Introduction to Fluid Mechanics (8th Ed.)*. Wiley, 2011.
- [10] J. Franzini y E. Finnemore, *Mecánica de fluidos con aplicaciones en Ingeniería*. Ed. Mc. Graw-Hill, 1999.
- [11] R. H. French, *Hidráulica de canales abiertos*. Ed. Mc. Graw-Hill, 1993.
- [12] N. García Tapia, *Ingeniería Fluidomecánica*. Universidad de Valladolid, 2006.
- [13] C. Mataix, *Mecánica de fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Ed. del Castillo, 1986.
- [14] B. Munson, D. Young, y T. Okiishi, *Fundamentos de mecánica de fluidos*. Ed. Limusa Wiley, 1999.
- [15] P. Novak, *Estructuras hidráulicas*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2001.
- [16] M. Potter y D. Wiggert, *Mecánica de Fluidos*. Ediciones Paraninfo, 2002.
- [17] J. Roberson y C. Crowe, *Mecánica de fluidos*. Nueva Editorial Interamericana, 1983.
- [18] I. Shames, *Mecánica de Fluidos (3a Ed.)*. Ed. McGraw-Hill, 1995.
- [19] G. Sotelo Ávila, *Hidráulica general*. Ed. Limusa, 1995, vol. I.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



[20] V. Streeter y E. Wylie, *Mecánica de los fluidos (9a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2000.

[21] F. White, *Mecánica de los fluidos (6a Ed.)*. Ed. Mc. Graw-Hill, 2008.