

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Resistencia y Propulsión
<b>Clave de la asignatura:</b>	NVF-1035
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Naval

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta un elemento de competencia al perfil profesional del Ingeniero Naval para adquirir las capacidades y habilidades en una competencia profesional:

- Diseña y evalúa vehículos y artefactos marinos para la aplicación de procesos de diseño e ingeniería naval, así como de las normas, reglamentos y códigos pertinentes.

Este elemento de competencia se integra con otros en la unidad de competencia siguiente:

- ✓ Diseña, analiza y evalúa la arquitectura naval de los productos navales para aplicar los requerimientos hidrodinámicos, estructurales, y de su normativa.

El elemento de competencia consiste en el siguiente desempeño específico:

- Evalúa la forma óptima del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.

Su importancia es relevante en el área de desempeño de ingeniería ya que es una herramienta esencial para el análisis y diseño hidrodinámico del casco o estructura marina.

La asignatura consiste de un curso de resistencia y propulsión donde el énfasis se centra en la aplicación de los principios y procedimientos de análisis hidrodinámico de la resistencia al avance y de la potencia propulsiva.

Tiene como pre-requisito Mecánica de Fluidos, está relacionada con Cálculos de Forma y Estabilidad, Sistemas de Propulsión, Proyecto de Diseño de Vehículos Marinos, y es pre-requisito de Dinámica de Vehículos Marinos.

### Intención didáctica

Se organiza el temario en tres temas, delimitando claramente los procedimientos de análisis de flujo de fluidos, resistencia al avance y potencia de propulsión.

El primer tema se subdivide en tres subtemas. El primer subtema describe la conservación de la masa (ecuación de continuidad), la función de corriente, la conservación de cantidad de movimiento lineal (ecuación de Cauchy), la ecuación de Navier-Stokes y, el análisis diferencial de problemas de flujo de fluidos. El segundo subtema trata las ecuaciones de movimiento sin dimensiones, la aproximación de flujo de Stokes, la aproximación para regiones invíscidas de flujo, la aproximación de flujo irrotacional

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

y, la aproximación de la capa límite. El tercer subtema discute el arrastre y sustentación, el arrastre debido a fricción y a presión, los coeficientes de arrastre de geometrías comunes, el flujo paralelo sobre placas planas, el flujo sobre cilindros y esferas y, la sustentación.

El segundo tema se subdivide en cinco subtemas. El primer subtema aborda la resistencia al avance mediante la técnica de análisis dimensional, el examen de las componentes conceptuales de la resistencia, el análisis de la resistencia friccional, el análisis de la resistencia por formación de ola y, el análisis de las otras componentes de la resistencia. El segundo subtema trata la técnica de análisis dimensional, el principio de similitud, las leyes de comparación de Froude, las pruebas experimentales y la similitud incompleta, el desarrollo histórico del uso de modelos para la predicción de la resistencia del buque, las instalaciones modernas para pruebas con modelos, las técnicas de las pruebas con modelos y, los métodos de presentación de datos de resistencia de modelos. El tercer subtema proporciona los métodos de predicción de la resistencia al avance y de la potencia efectiva de Froude, Huges, ITTC, la presentación de algunas series como la Serie 60, Serie de Taylor, Serie de Takagi, el análisis estadístico de Doust y, la generación de líneas de forma del casco con la Serie 60. El cuarto subtema discute los efectos del trim, los efectos en aguas poco profundas, el método de Schlichting para la determinación de la resistencia en aguas poco profundas y, el squat. El quinto subtema examina los vehículos de semi-desplazamiento con pantoque redondeado, los vehículos planeadores, los catamaranes, los catamaranes SWATH y, los vehículos Hydrofoil.

El tercer tema se subdivide en cuatro subtemas. El primer subtema aborda la transmisión de la potencia y las definiciones de potencias y eficiencias. El segundo subtema describe la geometría de la hélice, las teorías del funcionamiento de la hélice (momentum, elemento de aspa y circulación), la ley de similitud para hélices, las pruebas con modelos de hélices auto-propulsadas, la cavitación, los diagramas de cavitación de hélices, el diseño de la hélice con gráficas de series y, los procedimientos de diseño de la hélice para varias condiciones de navegación. El tercer subtema trata sobre otros dispositivos de propulsión distintos a la hélice convencional, propulsión a chorro, bombas de chorro, ruedas de paletas, hélices de eje vertical, hélices de paso controlable, hélices en serie y contra rotantes, hélices de supercavitación, hélices traslapadas, hélice sumergida parcialmente y, otros dispositivos. El cuarto subtema examina los ensayos estandarizados del buque, el propósito de los ensayos, el plan general de los ensayos, la medición de la velocidad y, el análisis de ensayos de velocidad.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente busque sólo guiar a sus estudiantes para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el docente todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se

acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el estudiante tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el estudiante se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río, Mazatlán, Pachuca y San Luis Potosí.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.
Instituto Tecnológico de Boca del Río del 26 al 30 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías e Ingeniería Naval.
Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evalúa la forma óptima del casco o artefacto para aplicar los criterios de arquitectura naval y normativa pertinente.</li> </ul>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza los principios y métodos de Mecánica de Fluidos para el análisis del comportamiento de los fluidos en reposo o en movimiento y su interacción con sólidos o con otros fluidos.</li> <li>Utiliza los principios y métodos de Ecuaciones Diferenciales para el análisis y modelación de sistemas dinámicos y continuos.</li> <li>Utiliza los principios y métodos de Cálculo Vectorial para el análisis de modelos que representan fenómenos de la naturaleza en los cuales interviene más de una variable continua.</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Fundamentos de análisis de flujo de fluidos.	1.1 Análisis diferencial de flujo de fluidos 1.2 Soluciones aproximadas de la ecuación de Navier-Stokes 1.3 Flujo sobre cuerpos: arrastre y sustentación
2	Resistencia al avance de vehículos marinos.	2.1 Análisis de la resistencia al avance 2.2 Pruebas con modelos 2.3 Métodos de estimación de la resistencia al avance y potencia efectiva 2.4 Efecto de aguas poco profundas y de canales con restricciones 2.5 Vehículos marinos de alta velocidad y avanzados
3	Propulsión de vehículos marinos.	3.1 Interacción de la hélice con el casco 3.2 Teorías y métodos de diseño de la hélice 3.3 Dispositivos de propulsión alternativos 3.4 Ensayos al vehículo marino

#### 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Fundamentos de análisis de flujo de fluidos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<b>Específica(s):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evalúa y analiza el flujo de fluidos para aplicar su efecto sobre cuerpos sumergidos.</li> </ul> <b>Genéricas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>Habilidad en lograr una buena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo se deducen las ecuaciones diferenciales de conservación de masa y cantidad de movimiento</li> <li>Calcular la función de corriente y campo de presión, y graficar líneas de corriente para un campo de velocidad conocido</li> <li>Obtener soluciones analíticas de las ecuaciones de movimiento para campos de flujo simples</li> <li>Apreciar por qué son necesarias las aproximaciones para resolver numerosos</li> </ul>

<p>interrelación social con los demás.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<p>problemas de flujo de fluidos y saber cuándo y dónde son apropiadas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender los efectos de la falta de términos inerciales en la aproximación de flujo de Stokes, inclusive la desaparición de la densidad de las ecuaciones</li> <li>• Entender la superposición como un método para resolver problemas de flujo potencial</li> <li>• Predecir el espesor de capa límite y otras propiedades de la capa límite</li> <li>• Tener una comprensión intuitiva de fenómenos físicos tales como el arrastre, arrastre debido a fricción y a presión, reducción de arrastre y sustentación</li> <li>• Calcular la fuerza de arrastre asociada con el flujo sobre geometrías comunes</li> <li>• Entender los efectos del patrón de flujo sobre los coeficientes de arrastre relacionados con el flujo sobre cilindros y esferas</li> <li>• Entender los fundamentos del flujo sobre superficies de sustentación y calcular las fuerzas de arrastre y de sustentación que actúan sobre las superficies de sustentación.</li> </ul>
---	---

## 2.- Resistencia al avance de vehículos marinos.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza la resistencia al avance los métodos de estimación para hacer un pronóstico de la potencia efectiva</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>• Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>• Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás.</li> <li>• Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir las componentes de la resistencia al avance</li> <li>• Explicar la resistencia por fricción de superficie</li> <li>• Explicar la resistencia residual</li> <li>• Comparar la forma de presentación de datos de resistencia</li> <li>• Explicar los métodos de pruebas con modelos</li> <li>• Comparar los métodos de Froude, Hughes, ITTC, Prohaska y series</li> <li>• Explicar cómo se utilizan las series de Taylor, 60, Takagi, Doust, Holtrops, Savitsky</li> <li>• Calcular la resistencia al avance mediante los métodos de ITTC 1978, de regresión y de series</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar el efecto de aguas poco profundas en el patrón de olas</li> <li>• Calcular la resistencia al avance en canales mediante el método de Schlichting.</li> </ul>
<b>3.- Propulsión de vehículos marinos.</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúa la potencia de propulsión y los métodos de estimación para pronosticar la potencia total, así como la hélice y la máquina de propulsión requerida por la velocidad del vehículo marino</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidad en identificar, formular y resolver problemas.</li> <li>• Destreza para generar análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad para usar herramientas computacionales.</li> <li>• Habilidad en lograr una buena interrelación social con los demás.</li> <li>• Destreza para diseñar y gestionar objetivos y proyectos.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar la transmisión de potencia entre la máquina y la hélice</li> <li>• Definir potencia, eficiencia propulsiva y coeficiente cuasi-propulsivo</li> <li>• Definir estela, velocidad de avance, razón de deslizamiento real y aparente, fracciones de aumento de resistencia y de disminución de empuje, eficiencias en aguas abiertas, rotativa relativa, y del casco</li> <li>• Comprender la geometría de la hélice</li> <li>• Explicar las teorías del funcionamiento de la hélice</li> <li>• Conocer la ley de similitud para la hélice</li> <li>• Investigar sobre las pruebas con modelos auto-propulsados de buques</li> <li>• Definir cavitación</li> <li>• Analizar diagramas de cavitación para hélices</li> <li>• Explicar métodos de diseño de hélices</li> <li>• Explicar cómo se utilizan las Series B de NSMB</li> <li>• Seleccionar la hélice para condición de navegación libre</li> <li>• Seleccionar la hélice para condición de remolque con funcionamiento óptimo en navegación libre</li> <li>• Seleccionar la hélice para condición de remolque</li> <li>• Definir las alternativas de dispositivos de propulsión</li> <li>• Explicar los principios de water jets</li> <li>• Explicar el ensayo de medición de la milla</li> </ul>



## 8. Prácticas

Prácticas sugeridas para desarrollar las competencias específicas y genéricas:

- Experimentar con software de arquitectura naval análisis de resistencia al avance de vehículos marinos
- Experimentar con software de arquitectura naval determinación de la forma óptima del casco para generar la resistencia al avance más baja.
- Experimentar con software de arquitectura naval análisis de hélices marinas
- Experimentar con software de arquitectura naval diseño de hélices marinas.

## 9. Proyecto de asignatura (Para fortalecer la(s) competencia(s) de la asignatura)

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias (específicas y genéricas de la asignatura)

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Bitácora
- Cuestionario
- Debate
- Ensayo
- Escala de apreciación
- Examen (preguntas de respuestas abiertas, cerradas o múltiples)
- Exposición
- Investigación
- Lista de cotejo
- Mapa conceptual
- Portafolio
- Proyecto
- Prueba de conocimiento
- Prueba de desempeño

- Rúbrica
- Solución de problemas (cerrados o abiertos)
- Técnica de casos
- Técnica de ejecución
- Técnica de pregunta
- Trabajo en equipo o colaborativo.

## 11. Fuentes de información

### NECESARIA PARA EL ESTUDIO Y PRESENTACIÓN DE EXÁMENES

- Cengel Y. A. & Cimbala J. M. (2012) *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones*. (2ª Ed). México: Editorial Mc Graw Hill.
- Harvald SV. AA. (1992) *Resistance and Propulsion of Ships*. USA: Editorial Krieger Publishing Company.

### RECOMENDADA COMO SUPLEMENTO

- Barrass C. B. (2004) *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. UK: Editorial ELSEVIER.
- Bertram V. (2011) *Practical Ship Hydrodynamics*. UK: ELSEVIER B-H.
- Carlton J. (2012) *Marine Propellers and Propulsion*. (2ª Ed). UK: Editorial ELSEVIER.
- Lewis E. V. (1988) *Principles of Naval Architecture (Vol. II)*. USA: Editorial SNAME
- MAN Diesel & Turbo SE, [www.mandieselturbo.com/](http://www.mandieselturbo.com/)
- Maritime Research Institute Netherlands, [www.marin.nl/](http://www.marin.nl/)
- Rawson K. J. & Tupper E. C. (2001) *Basic Ship Theory (Vol. 2)*. (5a Ed). UK: ELSEVIER B-H.