



## PROGRAMA DE ASIGNATURA

## 1. Identificación de la asignatura

Asignatura: Robótica Móvil Probabilística		Créditos SCT-Chile:10	
Unidad académica: Departamento de Electrónica			
Sigla: <b>IPD-482</b>	Pre-requisitos: ELO-320, ELO-313, ELO-204/MAT 043	Horas de docencia directa <sup>1</sup> semanal: 2,3	Horas Cátedra: 2,3
Examen		Horas Otras <sup>2</sup> : 0	
Si:	No: X		
Horas de dedicación		Horas de Trabajo autónomo <sup>3</sup> semanal: 14	
		Tiempo total de dedicación cronológica: 277	
Área de Conocimiento (OCDE): Ingeniería y Tecnología			

## 2. Descripción de la asignatura

La robótica móvil es la rama de la robótica que estudia la planificación y movilidad de autómatas con capacidad de desplazamiento. El uso de robots móviles se extiende actualmente a tareas militares, sociales, industriales y médicas. Son principalmente diseñados para transitar y trabajar en ambientes (o tareas) hostiles y difíciles al ser humano. La interacción del robot con el medio que lo rodea y con los seres humanos, se modela a través de la probabilidad. En esta asignatura se presentarán los fundamentos matemáticos y algorítmicos para lograr tal interacción y modelado. En especial, el alumno aprenderá los conceptos básicos de fusión sensorial, localización, mapeo y SLAM (por sus siglas en inglés de Simultaneous Localization and Mapping), que corresponden a técnicas usadas actualmente en tareas industriales y científicas.

3. Requisitos de entrada / Aprendizajes previos<sup>4</sup>**ELO-320**

- Comprende y aplica algoritmos de ordenamiento y búsqueda de datos.
- Depura programas y verifica su funcionamiento correcto, a través de someterlos a datos de prueba escogidos convenientemente.

**ELO-313**

- Manipula señales digitales mediante filtrado y transformaciones lineales.
- Comprende las herramientas de procesamiento digital de señales comúnmente utilizadas en problemas aplicados de la ingeniería.

**ELO-204/MAT 043**

- Identifica situaciones prácticas de naturaleza aleatoria con la teoría de probabilidades.

<sup>1</sup> Trabajo presencial o de Docencia directa: número de horas cronológicas de contacto directo entre el docente y los estudiantes, considerando tanto las horas teóricas (clases, ayudantías, seminarios), como las prácticas (laboratorios, prácticos, taller, salidas a terreno) basado en 17 semanas por semestre.

<sup>2</sup> Determinar actividad (laboratorio/taller/salidas a terreno, etc.).

<sup>3</sup> Trabajo no presencial o Autónomo: tiempo que dedica el estudiante para la aprobación de una determinada asignatura, como revisión de apuntes, lectura de textos, recopilar y seleccionar información, preparar proyectos y trabajos, grupales e individuales, revisión de páginas web, estudio para pruebas y otros.

<sup>4</sup> Para estudiantes en articulación se entenderá que cumplen estos requisitos de entrada si tienen los prerequisitos aprobados.



#### 4. Competencias del Perfil del Graduado a las que contribuye

##### **Competencias Genéricas Transversales:**

- Actuar con altos estándares de responsabilidad profesional, social y ética en el ejercicio de las actividades de investigación o desarrollo tecnológico para beneficio de la sociedad.
- Conformar de manera proactiva equipos de trabajo para la ejecución de actividades tanto disciplinarias como multidisciplinarias.
- Desarrollar actividades de investigación en el contexto de proyectos originales de la Ingeniería Electrónica o bien en un contexto multidisciplinario aplicando competencias metodológicas y ejercitando una autonomía creciente.
- Aplicar creativamente conocimiento disciplinar avanzado en investigación o en la solución innovadora de problemas tecnológicos.

##### **Competencias Específicas Disciplinares:**

- Desarrollar soluciones tecnológicas a ser implementadas en hardware, firmware o software o mediante la integración de tecnologías existentes en sistemas que puedan requerir tiempo real de ejecución, interacción con sensores, actuadores y entre dispositivos para realizar investigación aplicada o innovación.
- Evaluar problemas de las Ciencias de la Ingeniería desde una perspectiva cuantitativa para su análisis y diseño de soluciones bajo la presencia de incertidumbre.
- Desarrollar estrategias de modelamiento o control de sistemas dinámicos, concentrados o distribuidos en general para mejorar y/o garantizar su desempeño.
- Desarrollar estrategias de procesamiento, estimación o transmisión de señales, o de extracción, comunicación o protección de la información, para analizar o mejorar el desempeño de sistemas.

#### 5. Resultados de Aprendizaje

- Reconoce y referencia adecuadamente el trabajo científico de otros.
- Actúa con honestidad y autorregulación en su quehacer académico y profesional
- Discute con otros usando argumentos científicos.
- Lidera y/o participa en equipos complementando el trabajo científico con otros.
- Propone soluciones a problemas multidisciplinarios que surgen de su quehacer científico.
- Analiza crítica y contextualmente el trabajo de investigación propio y de otros.
- Comunica efectivamente los resultados de su investigación
- Identifica problemas relevantes en la temática de investigación.
- Reconoce el proceso mediante el cual nuevo conocimiento se traduce en innovación tecnológica en base a estudio de casos.
- Crea soluciones a problemas con información incompleta y en presencia de restricciones.
- Analiza modelos cinemáticos de robots móviles convencionales obteniendo sus restricciones de movimiento.
- Analiza los problemas asociados a la localización de robots móviles dentro de entornos(cerrados y abiertos).
- Valora la importancia de la probabilidad como herramienta de modelado matemático.
- Desarrolla estrategias de SLAM convergentes para entornos abiertos y cerrados.

#### 6. Contenidos

1. Introducción a Robótica Móvil
  - a. Pose: definición y representación.
  - b. Restricciones Cinemáticas
  - c. Espacio de Trabajo
  - d. Movilidad y aplicaciones
2. Sensores y Medición
  - a. Robot y entorno



- b. Sensores propioceptivos y exteroceptivos
- c. Sensores de posicionamiento
- d. Sensores de rango
- e. Sensores de visión
- 3. Planificación de Caminos y Evasión de Obstáculos
  - a. Holonomía
  - b. Espacio de Configuraciones
  - c. La Suma de Minkowski
  - d. Métodos de Voronoi
  - e. Algoritmo de Bug
  - f. Campos Potenciales
- 4. Introducción a la Teoría de Estimación
  - a. Definiciones
  - b. Máxima Verosimilitud
  - c. Máximo posteriori
  - d. Error cuadrático medio mínimo
  - e. Estimación recursiva bayesiana
  - f. Aplicaciones en Robótica Móvil
- 5. Estimación por mínimos cuadrados
  - a. Soluciones geométricas
  - b. Minimización
  - c. Mínimos cuadrados no lineales
  - d. Aplicaciones en Robótica Móvil
- 6. Filtro de Kalman
  - a. Filtro de Kalman Lineal: teoría e implementación
  - b. Filtro de Kalman en robótica móvil
  - c. Filtro de Kalman Extendido
    - i. Predicción no lineal
    - ii. Observación de modelos no lineales
    - iii. Consideraciones de implementación
- 7. Modelos cinemáticos y odometría
  - a. Sensores odométricos
  - b. Evolución de la incertidumbre
  - c. Propagación de la incertidumbre
- 8. Localización
  - a. El problema de la localización
  - b. Ruidos en los sensores
  - c. Estimación de la posición
  - d. Filtro de Kalman aplicado a la localización
  - e. Celdas de localización (consideraciones computacionales)
  - f. Localización por Monte Carlo
- 9. Mapeo
  - a. Celdas de ocupación
  - b. Modelos de medición inversa
  - c. Tipos de Mapas
- 10. SLAM
  - a. SLAM con Filtro de Kalman Extendido
  - b. SLAM con correspondencias desconocidas
  - c. El algoritmo de Graph-SLAM
  - d. El filtro de Partículas aplicado al SLAM
- 11. Estimación bayesiana
  - a. Consideraciones generales
  - b. Principios de Aplicación e implementación



**7. Metodología (Estrategias de enseñanza-aprendizaje)**

- Clase expositiva, demostrativas, y aprendizaje activo
- Debate grupal
- Estudio de casos
- Tutoriales

**8. Evaluación de los resultados de aprendizaje**

<b>Requisitos de aprobación y calificación</b>	El proceso de evaluación y calificación consiste en: Un certamen global al final del semestre. Presentación de informes de aplicación (3 informes).	
	<b>Instrumentos de evaluación</b>	<b>%</b>
	Informes de Aplicación (3)	70
	Certamen global	30
Calificación final: $\text{Certamen} * 0.3 + (\text{Informe1} + \text{Informe2} + \text{Informe3}) * 0.7$		

**9. Recursos para el aprendizaje**

<b>Bibliografía Básica</b>	1. Sebastian Thrun (2006). Probabilistic Robotics. Wolfram Burgard and Dieter Fox, The MIT Press. 2. Handbook of Robotics, Springer, 2008.
<b>Bibliografía Recomendada</b>	1. Roland Siegwart and Illah Nourbakhsh (2005). Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press. 2. Artículos de los últimos tres años de revistas del catálogo ISI: IEEE Transactions on Robotics, Journal of Field Robotics y Autonomous Robots.



## 10. CÁLCULO DE CANTIDAD DE HORAS DE DEDICACIÓN (SCT-Chile)

## CUADRO RESUMEN DE LA ASIGNATURA

ACTIVIDAD	Cantidad de horas de dedicación		
	Cantidad de horas por semana	Cantidad de semanas	Cantidad total de horas
<b>PRESENCIAL</b>			
Cátedra o Clases teóricas	2,3	17	39,1
Ayudantía/Ejercicios	0	0	0
Visitas industriales (de Campo)	0	0	0
Laboratorios / Taller	0	0	0
Evaluaciones (certámenes, otros)	0	0	0
Otras (Especificar)	0	0	0
<b>NO PRESENCIAL</b>			
Tareas obligatorias	14	17	238
Preparación de seminarios o exposiciones (indicar sólo si se requiere tiempo extra-aula para su preparación)	0	0	0
Estudio Personal (Individual o grupal)	0	0	0
Otras (Especificar)	0	0	0
<b>TOTAL (HORAS RELOJ)</b>	<b>16,3</b>	<b>17</b>	<b>277,1</b>
<b>NÚMERO TOTAL DE CRÉDITOS TRANSFERIBLES</b>			<b>10 SCT-Chile</b>

Elaborado : Fernando Auat Cheein	Observaciones:
Aprobado : noviembre 2016	Revisado por César Silva, julio 2022.
Fecha : noviembre 2016	