

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sistemas Robóticos
Clave de la asignatura:	SCD-1903
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Con esta asignatura se trabajan competencias que necesitan los egresados de la carrera de Ingeniería Electrónica, ya que en esta materia se tienen que conjuntar los conocimientos que se han obtenido previamente para poder aplicarlos al análisis, simulación, validación numérica, experimental y síntesis de sistemas robóticos industriales enfocados a solucionar algún problema en específico.</p> <p>Esta asignatura integra los conocimientos de las materias álgebra lineal, cálculo vectorial, ecuaciones diferenciales, control I y II, programación de microcontroladores, PLC's, entre otras.</p> <p>El temario que la compone es el resultado de un análisis que intenta conjuntar y aplicar los conocimientos de diferentes áreas y nuevas disciplinas que van surgiendo debido a la evolución de la tecnología, como la industria 4.0. Se incluyen también algunos aspectos que se consideran relevantes en el ámbito profesional-industrial y de desarrollo tecnológico.</p>
Intención didáctica
<p>En la propuesta del curso se diferencian tres etapas. La primera etapa consiste en formar una buena base teórica, la cual involucra aspectos como los diferentes marcos de referencia, matrices de rotación, y cinemática directa a través de los parámetros de Denavit-Hartenber, al mismo tiempo se propone que el alumno guiado a través del profesor comience a hacer simulaciones de un brazo robótico industrial utilizando el software de simulación numérica y entrelazar modelos en tres dimensiones obtenidos de software de modelado mecánico.</p> <p>La segunda etapa consiste analizar la cinemática inversa a través del método geométrico, también se involucran temas como el análisis de la matriz Jacobiana para poder identificar singularidades en el modelo del robot y se comienza el análisis del modelo dinámico a través de sistemas de ecuaciones diferenciales, en la parte práctica el alumno comenzará con el proyecto que consta de un robot manipulador de 4 Grados de Libertad (GDL) con realimentación para poder actualizar los datos de la simulación con el prototipo generado con el estudiante.</p> <p>La tercera etapa involucra aspectos básicos de control, como compensación de gravedad, y una introducción control adaptable para casos en donde hay variaciones en</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos.

la carga útil del robot, también se involucran aspectos de generación de trayectorias en posición a través de interpolación polinomial, en el aspecto práctico, el estudiante trabajará en la interfaz gráfica además de generar diferentes maneras de comunicación con otros dispositivos ajenos al robot como pueden ser otros robots, sensores, etc.

Junto con el análisis y estudio de sistemas robóticos móviles cuyo auge va incrementando de manera exponencial tanto en el ámbito científico y de investigación como en el ámbito industrial.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Junio de 2019	Academia de especialidad de la División de Ingeniería Electrónica del TESE	

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia general de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> Adquiere los conocimientos necesarios para proponer soluciones a problemas que se presentan durante el proceso de automatización de los sistemas de manufactura industriales mediante el uso e implementación de manipuladores robóticos de tipo industrial.
Competencias específicas
<ul style="list-style-type: none"> Analiza, diseña y sintetiza un robot manipulador Diseña y sintetiza controladores validándolos numérica y experimentalmente en un manipulador robótico.
Competencias genéricas
<p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad para el manejo de software de simulación Habilidad para el manejo de software de diseño CAD. Habilidad para poder analizar señales de sistemas compuestos para poder modificar el comportamiento de los mismos dependiendo las necesidades del proyecto. Programación de sistemas embebidos para poder controlar el manipulador robótico. <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad crítica y autocrítica. Trabajo en equipo. Habilidades interpersonales <p>Competencias sistemáticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Habilidades de investigación. Capacidad de general nuevas ideas (creatividad)

- Habilidad para trabajar de forma autónoma.

5. Competencias previas o de otras asignaturas

- Manejo de software de simulación
- Operación de matrices
- Análisis y síntesis de controladores.
- Automatiza, controla y programa máquinas.
- Diagnostica y analiza fallas en máquinas.
- Selecciona y aplica sensores y transductores a sistemas y procesos industriales.
- Selecciona, aplica y diseña elementos y dispositivos mecánicos en sistemas dinámicos.
- Selecciona materiales para construcción de robots y manipuladores.
- Programación de microcontroladores.
- Conocimientos de Control I y II.
- Diseño de piezas en 3D en algún programa CAD.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la robótica	1.1 ¿Qué es la robótica? 1.1.1 Diferentes tipos de robots. 1.2 Robots industriales: componentes y estructura 1.3 Tipos de actuadores 1.4 Arreglos cinemáticos comunes 1.5 Industria 4.0 1.6 La importancia y el impacto de la robótica en la industria 4.0
2	Modelo cinemático directo	2.1 Rotaciones 2.2 Composición de rotaciones 2.3 Propiedades de las rotaciones 2.4 Transformaciones homogéneas 2.5 Parámetros de Denavit-Hartenberg 2.6 Cinemática
3	Cinemática inversa	3.1 Introducción 3.2 Desacoplamiento cinemático 3.3 Posición inversa: Método geométrico 3.3.1 Configuración articulada 3.3.2 Configuración esférica 3.4 Cálculo del Jacobiano 3.5 Singularidades
4	Dinámica y control de un robot manipulador	4.1 Formulación de Euler Lagrange 4.1.1 Cálculo de la energía cinética. 4.1.2 Cálculo de la energía potencial 4.2 Ecuaciones de movimiento de un manipulador
5	Control del manipulador	5.1 Conceptos básicos de control

		5.2 Interpolación de trayectorias 5.3 Control cinemático 5.4 Control dinámico 5.5 Control PID en el espacio de trabajo 5.6 Control adaptable.
6	Robótica en la industria 4.0	6.1 Definición y conceptos relacionados con la industria 4.0 6.2 La importancia de la robótica en la automatización de los procesos. 6.3 Robots colaborativos 6.4 Algoritmos de control para sistemas multiagente colaborativos. 6.5 Automatización Flexible.
7	Proyecto Final	7.1 Aplicación al análisis e implementación del movimiento de robots bidimensionales.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción a la robótica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los conceptos básicos de la robótica y las cadenas cinemáticas más comunes • Identificar la morfología de los diferentes robots. • Conocer los diferentes actuadores y sensores que se utilizan en los diferentes robots • Identificar el uso de los robots a través de la aplicación <p>Competencia genérica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad crítica y autocrítica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lecturas de temas relacionados • Lluvia de ideas y debates • Mapas mentales y conceptuales
2. Modelo cinemático directo	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender los conceptos sobre el modelado cinemático de un Robot manipulador, su importancia y limitaciones • Analizar los movimientos de traslación y de rotación de un robot. <p>Competencia genérica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación por parte del docente en el pizarrón sobre los diferentes aspectos de las matrices de rotación. • Utilización de software para simular las rotaciones y reforzar el aprendizaje. • Obtención del modelo cinemático de un brazo antropomórfico y la simulación del mismo utilizando software de modelado

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Trabajo en equipo. 	tridimensional enlazado con simuladores numéricos.
3. Modelo cinemático inverso	
Competencia	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender la importancia de la cinemática inversa en las diferentes aplicaciones de la robótica, las ventajas desventajas y diferentes métodos para la obtención del modelo inverso. • Desarrollar y sintetizar el modelo cinemático inverso de un robot para validar de manera experimental lo observado en clase. <p>Competencia Genérica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención del modelo cinemático utilizando el método geométrico. • Desarrollar algoritmos para pasar el espacio de trabajo al espacio de articulaciones para la correcta ubicación y orientación del efector final. • Realizar simulaciones de distintos robots con configuración cinemática distinta. • Análisis de singularidades precauciones para evitarlas.
4. Dinámica y control de un robot manipulador	
Competencia	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprender los conceptos sobre el modelado dinámico de un Robot manipulador, su importancia y limitaciones. • Sintetizar el modelo dinámico. <p>Competencia genérica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención del modelo dinámico del robot a través de ecuaciones diferenciales de segundo orden utilizando el formalismo de Euler-Lagrange. • Interpolación de diferentes puntos del espacio de trabajo para diseñar una trayectoria. • Realizar simulaciones para validar las ecuaciones y el análisis.
5. Control del manipulador	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los conocimientos adquiridos para poder diseñar y sintetizar un controlador para un brazo antropomórfico de 6 GDL. • Implementar diferentes técnicas de control digital para poder estabilizar un manipulador y poder generalizar el control del brazo. <p>Competencia genérica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de controladores PID en el espacio de articulaciones. • Comparación de un PID contra un PID con compensación de gravedad. • Desarrollar un controlador adaptable para el caso en que el robot llegara a sufrir modificaciones en dimensiones o carga.

<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. 	
6. Robótica en la industria 4.0	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Competencia específica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entender las bases generales que de un robot para la industria 4.0. • Obtener el modelo cinemático para algoritmos de control para sistemas multiagente colaborativos. <p>Competencia genérica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lecturas y análisis en grupo para poder comprender la importancia de la robótica en la industria 4.0. • Desarrollar control para robots integrados a la industria 4.0. • Validar numéricamente el controlador • Implementar el control en la plataforma escolar.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Práctica 1. Programación para el análisis de matrices de rotación • Practica 2. Introducción a funciones numéricas para simulación de sistemas robóticos • Práctica 3. Enlace entre diferentes softwares a utilizar. • Práctica 4. Modificación en el Hardware de un servomotor para poder obtener realimentación en posición. • Práctica 5. Diseño de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI). • Práctica 6. Adquisición de datos. • Práctica 7. Integración de datos para el control del brazo robótico. • Práctica 8. Identificación de las partes de un robot móvil • Práctica 9. Control de un robot móvil diferencial.
--

9. Proyecto integrador (Para fortalecer las competencias de la asignatura con otras asignaturas)

<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo: Construir un sistema robótico con interfaz gráfica de usuario para manipulación de objetos. • Ejecución: El proyecto se realizará en tres etapas las cuales deberán concluirse una semana antes de cada evaluación parcial en fechas establecidas en el cronograma. • Evaluación: La entrega para la evaluación del proyecto será de la siguiente forma:
--

Etapas:	Entregas:
Entregar antes de la evaluación del primer parcial (mínimo una semana antes) para aceptación.	
Primer Parcial	<ul style="list-style-type: none"> • Carátula • Fundamentación teórica • Diseño mecánico, • Lectura de posición de motores • Lectura, interpretación y filtrado de señales provenientes de sensores
Segundo Parcial	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación del sistema robótico e interfaz gráfica • Armado del robot • Implementación de la cinemática directa e inversa. • Implementación de trayectorias sencillas
Tercer Parcial	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del sistema de teleoperación utilizando tecnología inalámbrica.

- La evaluación es integral y se llevara a cabo durante los tres parciales que ayuda a tener una realimentación del desarrollo del proyecto, a la calificación del proyecto se le suman las notas del examen y el desarrollo de las prácticas.

Nota: El aspecto innovador es importante en los proyectos así como los siguientes puntos: Fundamentación, Planeación, Ejecución, Evaluación.:

10. Evaluación por competencias

Controlar un robot manipulador y realizar control de trayectoria, teleoperado utilizando los conocimientos adquiridos en clase.

Competencias instrumentales

- Habilidad de manejo de software de simulación numérica
- Habilidad de manejo de software de simulación de modelos en 3D
- Habilidad de implementación distintos algoritmos de control para validación experimental.
- Habilidad de solución de problemas utilizando el método científico.
- Capacidad de análisis y síntesis.

Competencias interpersonales

- Capacidad crítica y autocrítica.
- Trabajo en equipo.
- Habilidades interpersonales.

11. Fuentes de información

- Siciliano B., Sciavicco L., Villani L & Oriolo, G., Robotics: Modelling, Planning and Control, Springer, 2009
- Rany Rizk, Mariete Awad, Mechanism, Machin, Robotics and Mechatronics Sciences, 2019
- Spong, Mark W., "Robot control: dynamics, motion planning, and analysis. 1993
- P. Castillo, L. Munoz, P. Gil, "Indoor Navigation Strategies for Aerial Autonomous Systems, 2018
- A. Koubaa, H Bennaceur, "Robot Path Planning Cooperation"2019
- J. Kim, H. Hyung, S. Lee, "Robot Intelligence Techonology and Applications, 2019