

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Cinemática y Dinámica del Robot
Carrera:	Ingeniería Eléctrica
Clave de la asignatura:	ASF-1305
SATCA:	3-2-5

2.- PRESENTACION.

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero Eléctrico la capacidad para realizar estudios cinemáticos y dinámicos de los movimientos de robots y manipuladores para el diseño, aplicación y control de sistemas robóticos, así como la posibilidad para seleccionar y programar robots comerciales para un determinado proceso industrial.

La materia en su constitución ha tenido especial interés en abordar los diferentes campos de las ingenierías y de la tecnología que intervienen en la integración de un robot y da énfasis a la importancia que reviste la robótica actualmente en los campos diversos en el quehacer profesional.

La asignatura integra a las diversas ingenierías, pues requiere de ellas conocimientos de los diversos subsistemas que contienen un robot, así como sus características fundamentales de funcionamiento. Temas como la cinemática, dinámica, control y otros más son considerados con gran atención contemplando los enfoques teóricos y práctico en el tratamiento de los conceptos de la robótica.

El profesional en el desempeño cotidiano será capaz de comprender las características, parámetros y conceptos intrínsecos de un sistema robótico al observar sus diferentes configuraciones de este modo será capaz de seleccionar y programar estos sistemas propiciando con ello la modernización de los procesos productivos.

Intención Didáctica

El temario contiene cinco unidades, contemplando en su primera unidad la identificación de los diversos tipos de robots, así como sus diferentes especificaciones y aplicaciones.

La unidad dos enuncia y promueve la programación de robots comerciales utilizando técnicas por enseñanza y textuales a nivel robot y tarea.

La unidad tres comprende el entendimiento claro de lo que significa la formalización matemática de los movimientos de las articulaciones (traslaciones y rotaciones) en un sistema de referencia espacial dado. Considera la demostración y utilización de la matriz y transformación Homogénea 3D como una herramienta matemática que permite describir e movimiento de una cadena de eslabones que constituyen a un determinado robot también la inversa, de esta matriz es definida. También se realiza un estudio de la cinemática directa e inversa utilizando la metodología de Denavit-HARTENBERG.

La cuarta unidad realiza la modelación dinámica del robot utilizando la metodología de Lagrange-Euleri Newton- Eueler con el objetivo de definir la potencia de los motores que impulsan los movimientos del robot, así como para evaluar las inercias y esfuerzos involucrados esto permite evaluar la resistencia que deberían tener los soportes, engranes, bandas, etc., que requiere el robot.

La quinta unidad contempla el control del movimiento de un robot considerando sus articulaciones desacopladas y acopladas, la obtención de funciones de transferencia y el diseño de controladores.

La unidad seis contempla el estudio de los algoritmos que realizan la generación de trayectorias que gobiernan los movimientos del robot, las interpolaciones y las restricciones de estas.

Decididamente el énfasis fundamental de la materia es reunir todo el conocimiento necesario en las varias disciplinas que involucran a la robótica y prepararse para materias posteriores como manufactura avanzada donde los sistemas automáticos convergen para obtener una producción con altos estándares.

Todas las unidades están interrelacionadas y es necesario contar con cierto dominio matemático. Es necesario conocer los conceptos fundamentales de operaciones matriciales y la transformada Laplace, destacando que se vuelven unas herramientas fundamentales en el estudio de los modelos matemáticos generados.

Dentro del curso se contempla la posibilidad del desarrollo de actividades prácticas que promuevan, de los temas básicos a los avanzados, el desarrollo de habilidades para la experimentación tales como: identificación, manejo y control de las articulaciones del robot que puedan ser de la naturaleza eléctrica, etc., hipótesis; trabajo en equipo; así mismo, 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, así, por ejemplo, la robótica es posible observarla en aplicaciones prácticas que brinden una mejor comprensión de sus características. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque solo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar que no planifique el profesor todo por ellos sino involucrarlos en el proceso de planeación.

Se sugiere una actividad integradora (proyecto final) que permita aplicar los conceptos de robótica estudiados durante el curso. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores.

La lista de actividades de aprendizaje no exhaustiva se sugiere sobre todo las necesarias para ser 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 solo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruados, artificiales, virtuales o naturales.

Perfectamente cabe la posibilidad de utilizar herramientas de apoyo, materiales diversos que en la actualidad son más disponibles para la comprensión de los diversos temas. Una herramienta sugerida para la evolución de sistemas reales es RAPL i Matlab, los cuales se encuentran como una opción de programación y simulación de sistemas robóticos de diferentes configuraciones.

En las actividades de aprendizaje sugeridas generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la REFLEXION y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se realiza 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 alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos. Se pretende que durante el curso de manera integral se conforme una visión del futuro profesionalista y se pueda crear la confianza en el que permita interpretar el mundo que lo rodea, sea este dentro de su desempeño laboral o no, no es fundamentalmente el enfoque sistemático será una herramienta de desempeño de la profesión así mismo del desarrollo humano.

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 futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional de igual manera, aprecia 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 profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas	Competencias genéricas
<ul style="list-style-type: none"> • Tener un mejor conocimiento de los componentes principales de un sistema robótico. • Comprender los aspectos principales de operación, manipulación, configuración, y programación de un robot industrial. • Caracterizar y seleccionar los elementos, básicos que constituyen un ambiente de manufactura flexible basado en el uso de robots y sistemas automáticos. • Dominar algunas técnicas de programación de robots industriales. • Manipular y reconocer los diferentes tipos de robots industriales tanto fijos como móviles. • Obtención de la función de transferencia de manipulador de uno y dos grados de libertad con 	<p><u>Competencias Instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Conocimientos básicos de la carrera. • Comunicación oral y escrita. • Conocimiento de las propiedades matriciales y de la transformada de Laplace. • Habilidades básicas en el modelado de sistemas mediante la utilización de la transformada de Laplace. • Habilidades básicas de manejo de la computadora. • Habilidad de manejo de software de ingeniería. • Habilidad para simular mediante modelaje matemático los sistemas físicos.

<p>sus articulaciones desacopladas y acopladas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proponer una trayectoria para el movimiento de un robot. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de electrónica analógica y digital. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y auto crítica. • Trabajo en equipo. • Habilidades interpersonales. • Creatividad. • Habilidad de modelar. • <p><u>Competencias sistemáticas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Habilidad para trabajar en forma
--	---

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO.

Adquirir los conocimientos necesarios para proponer soluciones en la automatización de procesos de manufactura industriales mediante la selección y aplicación de manipuladores robóticos, para asegurar la calidad eficiencia y rentabilidad de dichos procesos.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Realizar operaciones con matrices.
- Generar diagramas de cuerpo libre.
- Automatizar, controlar y programar maquinas.
- Diagnosticar y analizar fallas en máquinas.
- Seleccionar y aplicar sensores y transductores a sistemas y procesos industriales.
- Seleccionar, aplicar y diseñar elementos y dispositivos mecánicos en sistemas dinámicos.
- Interpretar y aplicar tolerancias y dimensiones geométricas.
- Seleccionar materiales para construcción de robots y manipuladores.
- Aplicar el análisis de vibraciones, control e instrumentación para medición.
- Realizar y/o seleccionar interfaces electrónicas para el control de elementos mecánicos.
- Calcular momentos torsionales y flexionantes en los eslabones de articulaciones.

7.- TEMARIO

UNIDAD	TEMAS	SUBTEMAS
1	Morfología del robot	1.1 Historia de los robots. 1.2 Estructura mecánica de un robot. 1.3 Transmisiones y reductores. <ul style="list-style-type: none"> • Transmisiones • Reductores • Accionamiento directo 1.4 Comparación de sistemas de acción <ul style="list-style-type: none"> • Actuadores neumáticos. • Actuadores hidráulicos • Actuadores eléctricos 1.5 Sensores internos <ul style="list-style-type: none"> • Sensores de posición • Sensores de velocidad • Sensores de presencia 1.6 Elementos terminales 1.7 Tipos y características de robots. 1.8 Grados de libertad y espacio de trabajo 1.9 Aplicaciones.

2	Programación de robots	<p>2.1 Programación no textual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por hardware • Programa cableado • Programa definido mecánicamente • Por enseñanza • En línea • Modo pasivo • Modo activo • Fuera de línea <p>2.2 Programación textual</p> <p>Explícita</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel robot • Nivel objeto <p>Implícita</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel objeto • Nivel tarea <p>Nivel objetivo</p>
3	Cinemática	<p>3.1 Sistemas de coordenadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representación de un punto en el sistema de coordenadas. • Descripciones espaciales • Posición • Orientación • Ejes de referencia <p>3.2 Movimiento rígido y transformaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Homogénea • Rotaciones • Composición de rotaciones • Propiedades de las rotaciones • Matrices anti simétricas • Matrices y transformaciones homogéneas. <p>3.3 Representación de Denavit-Hartenberg.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cadenas cinemáticas • Representación de Dnavit-Hartenberg • Cinemática directa • Ejemplos <p>3.4 Cinemática inversa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción • Desacoplo cinemático • Posición inversa • Orientación inversa
4	Dinámica	<p>4.1 Introducción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Importancia de la dinámica del manipulador • Aplicaciones <p>4.2 Formulación de Newton-Euler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de coordenadas rotantes • Sistema de coordenadas en movimiento • Cinemática de los elementos • Ecuaciones de movimiento recursivas <p>4.4 Ecuaciones de movimiento generalizadas de D'' Alambert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo dinámico simplificado • Ejemplos
5	Control	<p>5.1 Introducción</p> <p>5.2 Control de posición</p> <p>5.3 Control de velocidad</p> <p>5.4 Control de fuerza</p>
6	Planificación de trayectorias	<p>6.1 Trayectorias paramétricas</p> <p>6.2 Perfil trapezoidal</p> <p>6.3 Restricciones de trayectorias.</p>

8.- SUGERENCIAS DIDACTICAS.

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina de robótica, la cual está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en el la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo Para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de metacognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo ara el profesor luego será el alumno quien lo identifique. Ejemplo: Reconocer los grados de libertad de un robot dada la configuración del mismo: reconocimiento de patrones; elaboración de un principio a partir de una serie de observaciones producto de un experimento: síntesis.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Ejemplo: buscar y contrastar comportamientos como aquellos de los movimientos de traslación y rotación, identificando puntos de coincidencia y diferencia entre ellos en cada situación concreta (matriz de transformación homogénea).
- Fomentar actividades grupales que proporciones l comunicación el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y de entre los estudiantes. Ejemplo: al socializar los resultados de las investigaciones hechas a partir de software de programación y simulación (RAPL, MATLAB) y las experiencias prácticas solicitadas como trabajo extra clase.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional Ejemplos: el proyecto final se realizara tomando en cuenta el contenido de todas las unidades.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios alas que esta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante. Ejemplos: señalar que el control continuo y discreto son necesarios para controlar los movimientos de los robos estudiados en esta clase, los cuales son necesarios para implementar manufactura integrada por computadora. Etc.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplo: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar reportes e informes de las actividades de experimentación, exponer al grupo las conclusiones obtenidas durante las observaciones.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.
- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van a preniendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante l integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente.
- Cuando los temas lo requieran utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la signatura (RAPL, Labview, Matlab, Mathematica, Simmon, Sircuit Maker, Internet, etc.).

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACION

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje haciendo especial énfasis en:

- Ejercicios y problemas en clase.
- Exposición de temas por parte de los alumnos con apoyo y asesoría del profesor.
- Evaluación, trabajos de investigación entregados en forma escrita.
- Evaluación por unidad para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Evaluación de las prácticas por unidad, considerando los temas que esta contiene.
- Evaluación de las aplicaciones del contenido de la materia.
- Considerar reporte de un proyecto final que describa las actividades realizadas y las conclusiones del mismo.
-

10.- UNIDADES DE APRENDISAJE.

Unidad 1: Morfología del robot.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Comprender la importancia de la robótica, así como las disciplinas que intervienen en el análisis y diseño de manipuladores.	<ul style="list-style-type: none">• Investigar en diferentes fuentes de los alumnos en forma individual o grupal sobre el tema de las aplicaciones de los robots.

	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar diversas fuentes para conocer publicaciones científicas y tecnológicas de la robótica. • Describir los componentes de un robot industrial, las características de robots y las definiciones básicas de la robótica. • Identificar y determinar los grados de libertad y el espacio de trabajo de un sistema mecánico articulado. • Comparar los diferentes sistemas de acción destacando sus ventajas y desventajas.
--	---

UNIDAD 2: PROGRAMACION DE ROBOTS

Competencias específicas a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Aplicar las diferentes técnicas de programación de robots, así como las ventajas y desventajas de cada una de ellas	<ul style="list-style-type: none"> • Exponer en clase las formas convencionales de programación de los robots industriales. • Realizar prácticas sobre programación de robots en donde el alumno aplique las interfaces de control del robot. • Realizar prácticas sobre programación de Robots en donde el alumno programe de forma textual los movimientos de un robot.

UNIDAD 3: Cinemática

Competencia específica a desarrollar	Actividades de aprendizaje
Comprender los conceptos sobre el modelado cinemático de un manipulador, su importancia y limitaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en clase la forma de modelar la cinemática de los robots manipuladores. • Obtener la matriz de traslación, rotación y transformación homogénea para algún movimiento determinado de un robot, dada su configuración particular. • Realizar la cadena cinemática de los eslabones de un robot utilizando la metodología Denavit-Hartenberg. • Efectuar una búsqueda en internet sobre simuladores de uso gratuito. • Realizar ejemplos de modelación que el profesor exponga en clase. • Realizar una práctica en donde se programe en computadora y se simule el modelo de la cinemática de un robot.

UNIDAD 4: DINAMICA

Competencia específica a desarrollar	Actividades de aprendizaje
Comprender los conceptos sobre el modelado dinámico de un manipulador, su importancia y limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en clase la forma de modelar la dinámica de los robots manipuladores. • Realizar el modelado dinámico de los eslabones de un robot utilizando Lagrange-Euler y Newton-Euler. • Realizar un proyecto el modelo dinámico de un manipulador. • Realizar prácticas en donde se implemente un programa en computadora que simule el modelo de la dinámica de un robot y que analiza los resultados de las simulaciones.

UNIDAD 5: CONTROL

Competencia específica a desarrollar	Actividades de aprendizaje
Reconocer los diferentes esquemas de control y su aplicación para los requerimientos de movimiento de un manipulador	<ul style="list-style-type: none"> • Exponer en clase las formas convencionales de controlar la posición, velocidad y fuerza en robots industriales.

	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prácticas orientadas a simular modelos de control de uno o varios grados de libertad de un robot. • Utilizar lenguajes de programación lineal para control y monitoreo de procesos de manufactura robotizados.
--	--

UNIDAD 6: PLANIFICACION DE TRAYECTORIAS.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de aprendizajes
Aplicar las principales técnicas para la definición de trayectorias de un robot.	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar la forma de modelar la planificación de trayectorias de los robots manipuladores. • Realizar prácticas en donde se programe en computadora y se simule la trayectoria deseada que efectúe un robot y se analicen los diferentes resultados obtenido.

11.- FUENTES DE INFORMACION

- 1.- Fu, k S Gonzales, R. c Y Lee, C. S. G, Robótica: Control, Detección, Visión e inteligencia, McGraw Hill, 1987
- 2.- Barrientos, et. al, Fundamentos de robótica, McGraw Hill, 1997.
- 3.- Spong, M.WW, Vidyasagar, M Robot Dynamics and control, John Wiley y Sons, 1998.
4. - Craig, J, Introduction to Robotics: Mechanics and control, Addison- Wesley, Reading, MA, 1986.
5. - Shahinpoor, M A robot Enginnering Textbook, Harper y Row , N.Y, 1987.
6. - www.Kuka.com : Arcwelding_engl., Food_Suppy_Chain_ engl.
- 7.- Standlr, W Analytical Robotics and Mechatronics, McGraw Hill International Ed., 1995.
8. - Koren, Y ROBOTICS For enginners, McGraw Hill International Ed 1987.
- 9.- www.unimation.com: catalog
- 10.- www.abbrobots.com: catalog
- 11.- Safford, E,L Handbook of Advanced Robotics TAB BOOKS inc., 1982.

12.- PRACTICAS PROPUESTAS

- 1.- Establecer un robot experimental esquematizado que satisfaga a una necesidad real.
- 2.- Establecer los parámetros que definen dimensionalmente al robot propuesto.
- 3.- Realizar una práctica sobre Programación de Robots en donde el alumno aplique la interface de control del robot Teach- Pendant.
- 4.- Realizar una práctica sobre Programación de Robots en donde el alumno programe de forma textual los movimientos de un robot.
- 5.- Desarrollar el análisis cinemático directo e inverso del robot propuesto.
- 6.- Aplicar el modelo dinámico al robot propuesto mediante el método de Lagrange-Euler.
- 7.- Aplicar el modelo dinámico establecido por Newton-Euler al robot propuesto.
- 8.- Realizar un programa en computadora que simule el modelo de la cinemática y dinámica de un robot.
- 9.- Diseñar y detallar el controlador dinámico articular para un sistema robótico propuesto.