



# Planificaciones

8615 - Robótica

Docente responsable: GONZALEZ PABLO SEBASTIAN

## OBJETIVOS

- a) Definir y analizar las características que diferencian a los Robots de otras máquinas automáticas.
- b) Estudiar la cinemática y dinámica del manipulador y actuadores para obtener los parámetros necesarios para el diseño del controlador.
- c) Estudiar las estrategias de control, intercambio de información con sensores externos y técnicas de programación de tareas utilizadas en Robótica y su aplicación en los Robots industriales.
- d) Analizar los Sistemas de Producción Integrados por Computadora con el Robot como eslabón necesario de los mismos.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

Definición y caracterización de Robots. Transformaciones Homogéneas. Ángulos de Euler. Cuaterniones. Parámetros D-H. Cinemática Directa e Inversa. Configuraciones. Singularidades. Jacobiano. Estática. Generación de Trayectorias. Modelización matricial de la celda de trabajo. Interfase con Visión Industrial. Métodos de Programación. Lenguajes de Programación off-line. Planteo del Problema de Calibración. Simulación Cinemática. Dinámica inversa y directa. Ecuación de Estado. Simulación Dinámica. Arquitectura de Control. Sensores internos. Control lineal. Análisis de estabilidad. Control no lineal. Incertezas. Planteo del problema de Identificación y Control Adaptivo. Movimiento sujeto a vínculos. Acomodamiento y Control de fuerzas. Incorporación del Robot a la fábrica. Manufactura Integrada por Computadora.

### PROGRAMA ANALÍTICO

#### INTRODUCCIÓN.

Cualidades que diferencian al Robot de una máquina automática convencional. Capacidades básicas. Distintos tipos de estructuras cinemáticas. Sistemas de coordenadas. Angulos de Euler. Cuaterniones. Transformaciones homogéneas.

#### CINEMÁTICA Y ESTÁTICA.

Estudio de cadenas cinemáticas abiertas. Asignación de ternas solidarias a los eslabones. Problema directo de posición. Parámetros D-H. Transformaciones de pasaje entre ternas. Problema inverso. Soluciones múltiples y singularidades. Configuraciones. Velocidades. Características cinemáticas de cada eslabón y de la herramienta. Movimientos diferenciales. Jacobiano. Condición de la matriz. Manipulabilidad. Aceleraciones. Método recursivo. Estática. Vector fuerza-momento. Torques en los ejes.

#### PROGRAMACIÓN Y GENERACIÓN DE TRAYECTORIA.

Evolución de los métodos de programación de Robots. Programación off-line. Planteo del problema de calibración. Descripción matricial de objetos y del puesto de trabajo. Interfase con sistemas de visión. Sistema de coordenadas de la cámara. Programación de tareas. Movimiento entre puntos. Zonas y tiempo para cambio de velocidad. Puntos de paso. Interpolación a nivel de las articulaciones (punto a punto). Movimiento cartesiano. Generación de trayectorias en el espacio. Distintas técnicas. Método de Paul. Simuladores cinemáticos.

#### DINÁMICA.

Energía cinética y potencial del robot. Matriz de pseudoinercia. Ecuaciones dinámicas por el método de Lagrange-Euler. Parámetros dinámicos. Propiedades fundamentales de las ecuaciones dinámicas. Dinámica de los actuadores. Cálculo de las fuerzas y torques para control. Simulación dinámica. Problema dinámico directo. Solución numérica de las ecuaciones.

#### CONTROL DE POSICIÓN.

Arquitectura de control. Organización del soft. Controlador. Sensores internos. Codificador óptico absoluto e incremental. Decodificación de señales. Actuadores.

Control lineal. Control de un modelo simplificado SISO del manipulador + actuadores. Control PID. Ajuste de

ganancias. Criterios de Paul. Eliminación de errores estacionarios. Frecuencia de muestreo. Modelo elástico.

Diseño en el espacio de estado. Control multivariable. Modelo dinámico completo. Análisis de la estabilidad del control lineal por Lyapunov. Control no lineal. Linealización por realimentación del vector de estado. Torque computado. Incertezas del modelo dinámico. Planteo del problema de identificación. Modelo lineal en los parámetros dinámicos. Control adaptivo. Análisis de la estabilidad de estrategias de control mediante simulación.

#### ACOMODAMIENTO. CONTROL DE FUERZAS.

Movimientos del Robot sujeto a vínculos externos. Tareas que lo requieren. Sensores de fuerza/torque. Restricciones naturales y artificiales. Selección de la terna de acomodamiento. Partición del espacio. Condición de terminación. Métodos activos de control de fuerzas. Control de rigidez. Matriz de acomodamiento. Lazo externo de fuerzas. Corrección de la trayectoria cartesiana. Métodos pasivos de control de fuerzas. Dispositivos mecánicos (RCC). Estrategia de acomodamiento mediante ganancias "blandas". Control híbrido. Método de Paul. Selección de ejes para acomodar/controlar fuerzas. Compensación de los desvíos.

#### INCORPORACIÓN DEL ROBOT A LA FÁBRICA. CIM.

Integración del Robot al proceso productivo. El Robot como eslabón necesario para el Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora (CAD/CAM) y para los Sistemas Flexibles (FMS). Planificación y Control de Producción mediante MRP y JIT. Manufactura Integrada por Computadora (CIM).

### BIBLIOGRAFÍA

1. Bruno Siciliano and Lorenzo Sciavicco. Robotics: Modeling, Planning and Control. Springer 2011.
2. Paul, Richard P. Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control. The MIT Press. 1981.
3. Craig, John, J. Robótica. Prentice Hall. 2006.
4. Spong, M.W., Hutchinson S. and Vidyasagar M. Robot Modeling and Control. New York: John Wiley & Sons Inc. 2006.
5. Product Specification IRB 140 y RAPID Reference Manual. ABB Robotics Products. Sweden.2002.
6. Arnedo Rosel, J.M. Fabricación Integrada por Ordenador (CIM). Marcombo, Barcelona, España. 1992
7. Artículos seleccionados de las siguientes publicaciones:  
 The International Journal of Robotics Research.  
 Journal of Robotic Systems.  
 IEEE Transactions on Robotics and Automation.

### RÉGIMEN DE CURSADA

#### Metodología de enseñanza

Se explica la teoría y ejercicios de aplicación. Se propone el desarrollo de programas de computadora y la utilización de software específico para simulación. Se trabaja además en el laboratorio con un Robot industrial de ABB. El curso está estructurado de la siguiente manera: 2 clases Teórico/prácticas semanales de 3 horas cada una. En ambas clases se dictan temas teóricos, se hacen ejercicios prácticos y de laboratorio.

#### Modalidad de Evaluación Parcial

En la evaluación parcial se toman 2 ó 3 temas teórico/prácticos semejantes a los realizados durante las clases. No se requiere memorizar fórmulas. Dos temas tipo:

1. Resolver el problema cinemático directo e inverso de un manipulador simple de tres ejes.
2. Calcular algún término de la ecuación dinámica del manipulador anterior.
3. Plantear una estrategia de control híbrido (posición/fuerza) para una tarea.

Modalidad de la evaluación integradora:

Evaluación por coloquio durante la presentación de un trabajo práctico individual integrador de la materia.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 11/03 al 16/03	Manufactura Flexible. CIM. Sistemas de Referencia					1,6
<2> 18/03 al 23/03	Parámetros DH. Problema directo	Rotaciones, cuaterniones.		TP1. Transformaciones		2,3,7
<3> 25/03 al 30/03	Problemas inversos	Matrices homogéneas	Programación por enseñanza			2,3,4
<4> 01/04 al 06/04	Problema inverso de un manipulador	Cinemática directa e inversa del robot ABB.	Introducción a la simulación y programación Off-Line		Entrega TP1	2,4,7
<5> 08/04 al 13/04	Matriz Jacobiana de velocidades		Introducción a la programación estructurada. Definición de una herramienta	TP2. Cinemática directa e inversa		2,3,4,5
<6> 15/04 al 20/04	Análisis de singularidades en manipuladores	Cálculo del jacobiano de un manipulador	Encadenamiento de transformaciones. E/S digitales y analógicas.			2,3,4,5
<7> 22/04 al 27/04	Programación. Generación de trayectorias Joint		Resolución del primer ejercicio utilizando la estructura de la celda		Entrega TP2	2,5
<8> 29/04 al 04/05	Movimiento Cartesiano	Simulación cinemática	Planteo de una tarea relativamente compleja y que requiera también utilizar sensores externos. Definición de objetivos parciales. Distribución de actividades por grupos.	TP3. Jacobiano y singularidades		2,5,7
<9> 06/05 al 11/05	Dinámica del manipulador.		Programación.			2,3,4,5,7
<10> 13/05 al 18/05	Dinámica directa. Simulación.	Cálculo de distintos términos de la ec. dinámica	Programación.		Entrega TP3	3,4,5,7
<11> 20/05 al 25/05	Actuadores, transmisiones y sensores		Programación.	TP4. Generación de trayectoria		2,3,4
<12> 27/05 al 01/06	Conceptos de visión artificial aplicados a robótica		Evaluación Parcial			3,4,7
<13> 03/06 al 08/06	Arquitectura del control. Control Lineal	Simulación dinámica.	Incorporación de sensores de visión al programa		Entrega T4	2,3,4,5

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
			desarrollado			
<14> 10/06 al 15/06	Control lineal. Estabilidad		Incorporación de sensores de visión al programa desarrollado	TP5. Modelo dinámico, diseño del control y simulación dinámica de un manipulador		2,3,4,5
<15> 17/06 al 22/06	Acomodamiento. Control de fuerza en robots		Programar una tarea con contacto con el medio y control de fuerzas			3,4,5
<16> 24/06 al 29/06	Control no lineal. Incertezas del modelo. Control adaptivo		Programar una tarea con contacto con el medio y control de fuerzas		Entrega T5	4,5,7

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	12	27/05	19:00	
2º	15	17/06	19:00	
3º	16	24/06	19:00	
4º				
Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial				
Incluye todos los temas vistos en las clases teóricas y prácticas hasta Dinámica inclusive.				
Otras observaciones				
Pueden consultarse libros y apuntes durante el examen.				