

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

Profesor Patrocinante
Dr. Gabriel Barrientos Ríos
Profesor Co-Patrocinante
Dr. Emilio Dufeu Delarze

**TÉCNICAS DE CONTROL MODERNO ENFOCADAS A LA
DINÁMICA DE MULTI-CUERPOS FLEXIBLES**

CLAUDIO ALBERTO SOLÍS ORREGO

Informe de Memoria de Título
para optar al Título de

Ingeniero Civil Mecánico



Marzo 2001

SUMARIO.

Este trabajo se puede dividir en dos partes fundamentales: la primera parte está avocada al estudio de técnicas de control moderno, específicamente técnicas para sistemas no-lineales y la segunda parte comprende un estudio de la dinámica y el control de estructuras flexibles.

Así en la primera parte se presentan los conceptos básicos y herramientas fundamentales para el análisis de sistemas no-lineales. Además se realiza un estudio de técnicas de control para éste tipo de sistemas, dando una descripción más detallada de las más utilizadas para el control de la dinámica de multi-cuerpos e ilustrando su implementación a través de la aplicación al caso de un robot rígido.

En la segunda parte se presentan algunos de los principales resultados en el control de estructuras flexibles, describiéndose los distintos modelos y las técnicas utilizadas para su control. Se presenta además la formulación teórica y las potencialidades de un modelo particular de multi-cuerpos flexibles, en que la deflexión de cada componente del cuerpo obedece a las hipótesis de una viga Euler-Bernoulli y el movimiento global del sistema es obtenido a través de un modelo de cuerpo rígido.

Finalmente en este trabajo se aborda el control de estructuras flexibles utilizando este modelo no-lineal. Para ello se analiza el efecto de la flexibilidad sobre el desempeño del sistema de control, además se desarrolla una técnica de control por linealización entrada-salida para éste tipo especial de multi-cuerpos flexible, cuyos resultados son analizados.

ÍNDICE.

Sumario	I
Índice	II
Nomenclatura	V
Capítulo 1: Introducción	01
1.1 Motivación	02
1.2 Objetivo del Trabajo	03
1.3 Organización de la memoria	03
1.4 Conceptos Básicos de Control Automático	04
Capítulo 2: Análisis de Sistemas No-Lineales	08
2.1 Introducción	08
2.2 Estabilidad de Sistema Dinámicos	08
2.2.1 Estabilidad de Lyapunov	09
2.2.2 Estabilidad Asintótica y Exponencial	10
2.3 Métodos para Análisis de Estabilidad de Lyapunov	10
2.3.1 Estabilidad Local y Linealización	10
2.3.2 Método directo de Lyapunov	11
2.3.3 Teorema de los Conjuntos Invariantes	12
2.4 Análisis de Sistemas Basados en Lyapunov	13
2.4.1 Método de Krasovskii	13
2.5 Método Directo de Lyapunov Basado en Características Físicas	14
2.5.1 Estabilidad Asintótica Global de un Controlador de Posición para un Robot	15
2.6 Conclusiones y Comentarios del Capítulo	17
Capítulo 3: Control de Sistemas No-Lineales	19
3.1 Introducción	19
3.1.1 Tareas del Control No-Linear	19
3.1.2 Comportamiento Deseado para los Sistemas No-Lineales	20

3.1.3 Procedimiento para el Diseño del Sistema de Control	21
3.1.4 Principales Dificultades en el Diseño de Controladores para Sistemas No-Lineales...	21
3.1.5 Métodos Disponibles para el Diseño de Controladores No-Lineales	22
3.1.6 Comparación entre las Distintas Técnicas de Control	24
3.2 Regulación Vía Linealización	25
3.2.1 Regulación con Realimentación de Estados	26
3.2.2 Regulación con Observador y Realimentación de Estados	26
3.3 Técnicas de Linealización por Realimentación	27
3.3.1 Linealización Vía Realimentación y la Forma Canónica	28
3.3.2 Técnicas de Linealización Alternativas	29
3.4 Técnica de Control Robusto por Superficies de Deslizamiento	30
3.4.1 Superficies de Deslizamiento	30
3.4.2 Existencia de Régimen de Deslizamiento	32
3.4.3 Método de Control para Superficies Deslizantes	33
3.5 Conclusiones y Comentarios del Capítulo	36
Capítulo 4: Diseño de Sistemas de Control Moderno	37
4.1 Introducción	37
4.2 Descripción del Robot prototipo	38
4.2.1 Modelo Dinámico del Prototipo	38
4.2.2 Modelación de robot en variables de estado	39
4.3 Control de Posicionamiento para Robots Rígidos	40
4.3.1 Regulación con controlador PD	41
3.1.2 Regulación Vía Linealización con Realimentación de Estados	43
4.4 Control de Trayectoria para Robots Rígidos	46
4.4.1 Control de Trayectoria por Linealización Vía Realimentación	46
4.4.2 Control de Trayectoria por Superficies de Deslizamiento	50
4.5 Conclusiones y Comentarios del Capítulo	54
Capítulo 5: Control de Multi-Cuerpos Flexibles	56
5.1 Introducción	56
5.1.1 Control de Trayectoria para el Modelo de Juntas Flexibles	56
5.1.2 Control de Vibraciones Mediante Modelo de Viga Continua	58

5.2 Modelación de un Multi-Cuerpo Flexible	58
5.2.1 Modelo Cinemático de un Multi-Cuerpo Flexible	59
5.2.2 Modelo Dinámico de un Multi-Cuerpo Flexible	60
5.2.3 Discretización de las Ecuaciones Dinámicas	62
5.2.4 Implementación y Simulación computacional	63
5.3 Control de un Multi-Cuerpo Flexible	65
5.3.1 Influencia de la Flexibilidad en el Desempeño del Sistema de Control	65
5.3.2 Control de Trayectoria por Linealización Entrada-Salida	67
5.4 Conclusiones y Comentarios del Capítulo	68
Capítulo 6: Resultados y Conclusiones.	70
6.1 Análisis de Resultados del Trabajo	70
6.2 Conclusiones Relevantes	70
6.3 Futuros Trabajos Relacionados	71
Bibliografía	72
Anexo A	74