

IPN  
UPIICSA  
Perfil del Licenciado en Ciencias de la Informática  
**Línea de Sistemas Interactivos**

Integración del documento realizada por Miembros del Comité Asesor de la  
Licenciatura en Ciencias de la Informática  
Julio de 1988, Actualizado 1989, México

## INTRODUCCIÓN

La carrera de Informática es una carrera que conlleva una innovación inherente.

Debido a que la ciencia y la tecnología avanzan con rapidez, las necesidades industriales de cada país se hacen mayores, con el fin de aprovechar estos nuevos recursos de la mejor manera posible.

La industria requiere una fuerza de trabajo igualmente actualizada. A su vez, esta fuerza de trabajo requiere de conocimientos modernos. Por lo tanto, los planes de estudio de los centros educativos que ofrecen ese tipo de conocimientos deben ser dinámicos e ir al paso del progreso tecnológico y de los requerimientos industriales del país.

Dentro de la Licenciatura en Informática de la UPIICSA, se han observado estos problemas y se ha decidido modificar el plan de estudios correspondiente.

Dentro de los objetivos y filosofía de la UPIICSA, se encuentran el preparar profesionistas con formación interdisciplinaria y promover la investigación y el desarrollo científico en las áreas del conocimiento que imparte; por lo cual, se ha venido elaborando un proyecto de reestructuración del plan de estudios de la carrera, con una estructura que permita mantenerlo actualizado.

Esta estructura es una integración de Líneas Curriculares en conocimientos específicos y diversos como: Computación, Matemáticas, Biología, Administración, etc., todas ellas con orientación hacia la Informática.

Debido a esto, el objetivo del presente trabajo es *proponer el plan de estudios de la Línea Curricular en Sistemas Interactivos, entendiéndose por Sistema Interactivo cualquier sistema automatizado que pueda comunicarse con su ambiente*, de tal forma que la información que capte de él, regule el comportamiento de dicho sistema ( por ejemplo un robot, o un sistema de control distribuido).

Este documento engloba los siguientes aspectos:

- . Un panorama económico, político, social y tecnológico del país, lo cual permite visualizar las necesidades nacionales existentes en la industria.
- . Un marco teórico que permite, tanto al lector como a los realizadores de este trabajo, conocer las bases sobre las cuales se elabora un plan de estudios.
- . Un análisis del plan de estudios de la Licenciatura y en base a este, los objetivos de la Línea curricular que proponemos.
- . Una propuesta de los temas posibles a incluir en la Línea curricular.

. La propuesta concreta del plan de estudios de la Línea curricular citada.

Cabe mencionar que esta propuesta esta fundamentada en los objetivos y filosofía de la escuela, y persigue al igual el desarrollo de profesionales de alto nivel, capaces de innovar y adoptar nuevas tecnologías de acuerdo a las necesidades del país y de las organizaciones específicas en las que se desenvuelvan, y por ende, elevar el nivel de la educación nacional.

## CAPITULO 5

### PLAN DE ESTUDIOS PROPUESTO

En este capitulo se presenta la estructura de la Línea curricular de Sistemas Interactivos para la Licenciatura en Ciencias de la Informática.

Primeramente, se identificaran las áreas que darán forma al plan de estudios de la Línea curricular, agrupando los temas descritos en el capitulo 4, reestructurándolos y complementándolos con las opiniones de especialistas e investigadores en los mismos, en la asignatura que les corresponda. También se han asignado tiempos estimados de exposición a cada tema, basándose en la complejidad e importancia de los mismos. Posteriormente, se definen las materias que forman el plan y su secuenciación. Finalmente se describe el objetivo, programa detallado, conocimientos previos recomendables y bibliografía de cada materia.

Cabe mencionar que en el diseño de esta Línea curricular se emplearon principalmente los criterios expuestos en el capitulo 3 en relación a la propuesta de reestructuración del plan de estudios de la Lic. en C. de la Informática de la UPIICSA.

#### 5.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS

A continuación se presentan las áreas que han sido definidas para conformar la Línea curricular en Sistemas Interactivos, incluyendo el objetivo de cada una de ellas, su contenido y horas de exposición estimadas.

De acuerdo a los Lineamientos de la UPIICSA, se consideran 15 semanas por semestre. Los créditos se otorgan 1 por cada hora-semana de clase teórica o por 2 horas-semana de practica.

Cabe mencionar que hay algunos conocimientos de considerable importancia, relacionados con esta Línea curricular, que no han sido incluidos debido a que su naturaleza corresponde a otras áreas de conocimiento, es decir, deberán ser incluidos en otras Líneas curriculares. Por ejemplo, Mecánica, Hidráulica, Neumática, Óptica, etc., deberán incluirse en la Línea curricular de Física; la estructura y funcionamiento del cuerpo humano y en seres vivos deberán incluirse en la Línea curricular de Biología, etcétera.

#### INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Introducir al alumno al estudio e investigación en el campo de los sistemas interactivos, de tal manera que comprenda su utilidad, aplicaciones, características,

funcionamiento, limitaciones y la problemática social que implican y que emplee estos conocimientos en la construcción de un sistema interactivo.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a los sistemas interactivos	5
. Sensores	4
. Actuadores	4
. Robótica	15
. Tendencias en la tecnología de sistemas interactivos	2
Total de horas	30

### INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Que el alumno comprenda y aplique herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en el diseño y construcción de sistemas interactivos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a la Inteligencia Artificial	1
. Aplicaciones de Inteligencia Artificial	6
. Técnicas y herramientas de la Inteligencia Artificial aplicada	34
. Inteligencia de maquina	12
. Teorías sobre la función cerebral	10
. Sistemas evolutivos	18
. Reconocimiento de formas y patrones	12
. Dispositivos móviles autónomos	6
. Planeación automática.	4
Total de horas	105

### MOVIMIENTO EN SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Que el alumno comprenda la naturaleza de los movimientos y fuerzas generados por un sistema interactivo y las Técnicas para la representación de los mismos; así como el funcionamiento de los mecanismos que hacen posible dicho movimiento, y los elementos terminales que permiten la ejecución de tareas específicas; y que aplique estos conocimientos en la construcción de un sistema interactivo.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción al movimiento en sistemas interactivos	2
. Matrices de transformación y su aplicación al movimiento	10
. Cinemática de robots	18
. Dinámica de robots	10
. Conversión digital-analógico	6
. Elementos motrices	10
. Efectores finales en robots	4
Total de horas	60

## PERCEPCIÓN

Objetivo: Que el estudiante conozca y comprenda los tipos, características, importancia, funcionamiento y limitaciones de los mecanismos y dispositivos de percepción existentes y que integre estos en la construcción de sistemas interactivos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a la percepción	4
. Modelado de la realidad	6
. Mecanismos de percepción	10
. Conversión analógico-digital	4
. Señales	6
Total de horas	30

## TEORÍA DE CONTROL Y CONTROL EN SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Que el alumno conozca, comprenda y aplique las Técnicas y métodos de Teoría de control, desde sus fundamentos hasta sus conceptos mas modernos, en el diseño y construcción de sistemas interactivos y reconozca la importancia y utilidad de esta en la automatización de procesos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a los sistemas de control	4
. Base matemática	20
. Acciones básicas de control y controles automáticos industriales	6

. Análisis de errores e introducción a la optimización de sistemas	5
. Técnicas de análisis de estabilidad	20
. Técnicas de proyecto y compensación	5
. Análisis de sistemas de control no Lineales con la función descriptiva	4
. Análisis con el plano fase	6
. Sistemas de tiempo discreto y el método de la transformada z	18
. Sistemas en tiempo discreto en bucle abierto.	6
. Sistemas de control optimo y adaptativo	12
. Filtros	8
. Control con microprocesador	6
Total de horas	120

### COMUNICACIÓN DE SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Que el estudiante sea capaz de usar y construir medios lógicos y-o físicos de comunicación con los sistemas interactivos y los aplique e integre en la construcción de sistemas interactivos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a la comunicación con sistemas interactivos	5
. Programación de sistemas interactivos	5
. Lenguajes de programación de sistemas interactivos	12
. Elementos físicos de comunicación con sistemas interactivos	8
Total de horas	30

### ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMAS INTERACTIVOS

Objetivo: Que el alumno conozca, aprenda y emplee Técnicas y métodos de administración en el desarrollo de proyectos de aplicación de sistemas interactivos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a la planeación de proyectos en sistemas interactivos	2
. Análisis informático de sistemas interactivos	5
. Diseño y control del ambiente del sistema interactivo	4
. Análisis económico en sistemas interactivos	7

. Metodologías de planeación de aplicaciones en sistemas interactivos	8
. Seguridad, entrenamiento, mantenimiento y calidad	4
Total de horas	30

## TÓPICOS DE AUTOMATIZACIÓN

Objetivo: Que el alumno conozca, comprenda, use y desarrolle herramientas y-o sistemas que favorezcan la automatización de procesos.

Contenido	Horas estimadas
. Introducción a la automatización de procesos	4
. Principios, fundamentos y desarrollo en CAD-CAM	14
. Análisis de requerimientos y selección de equipo de automatización	4
. Administración de centros de CAD-CAM	4
. Sistemas flexibles de manufactura	4
Total de horas	30

## 5.2 DEFINICIÓN DE MATERIAS

Hemos denominado asignatura a un grupo común de conocimientos, y materia a la unidad empleada para su instrucción; esto es, una asignatura puede ser dividida en varias materias semestrales.

A continuación se definen las materias que conformaran el plan de estudios de la Línea curricular en sistemas interactivos.

Materia	Horas de Exposición	Horas-Semana
Introducción a los sistemas interactivos	30	2
Introducción a la IA aplicada	45	3
IA aplicada a sistemas interactivos	60	4
Movimiento en sistemas interactivos	60	4
Percepción	30	2
Teoría de control	60	4
Teoría de control moderna	60	4
Comunicación con sistemas interactivos	30	2
Administración de proyectos de sistemas interactivos	30	2

Tópicos de automatización	30	2
Créditos		29

### 5.3 SECUENCIACIÓN DE MATERIAS

Las materias mencionadas en el punto anterior han sido ubicadas en cuatro niveles de estudio o aprendizaje. Los niveles no indican el semestre en el que las materias deben cursarse, sino la secuencia recomendable para una mejor integración del conocimiento. Por lo que las materias pueden cursarse en cualquier semestre, siempre que sea en el orden adecuado. También debe aclararse que esta secuencia no implica seriación en las materias.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
Introducción a los sistemas interactivos	IA aplicada a sistemas interactivos	Teoría de control	Teoría de control moderna
Introducción a la IA aplicada	Movimiento en sistemas interactivos	Comunicación con sistemas interactivos	Tópicos de automatización
	Percepción	Administración de proyectos de sistemas interactivos	

Dentro de un mismo nivel las materias pueden cursarse paralelamente; en caso de que no sea así, es conveniente cursar primero aquellas cuyos conocimientos son de mucha utilidad para otra(s) del mismo nivel. De un nivel a otro es recomendable haber cursado antes las materias de los niveles precedentes.

### 5.4 PLAN DE ESTUDIOS (PROGRAMA DETALLADO)

En esta última sección del capítulo se presenta cada una de las materias con su objetivo, programa detallado, conocimientos previos necesarios y bibliografía.

En el programa de cada materia se encuentran incluidas actividades encaminadas al desarrollo de un proyecto de aplicación que los alumnos deberán realizar con el fin de llevar a la práctica los conocimientos teóricos expuestos en clase.

Cabe aclarar que cada actividad ha sido incluida en el punto que se ha considerado oportuno para que comience a desarrollarse, por lo que no es necesario esperar a que esta termine para continuar con la exposición de la parte teórica del curso; por lo que los avances del proyecto deberán ser supervisados paulatinamente por el profesor.

La ubicación del punto de inicio de las actividades también puede cambiar a juicio del profesor, de acuerdo al avance del curso, siempre que quede un margen de tiempo adecuado para la realización del proyecto.

La realización de este proyecto pretende el logro de los siguientes objetivos:

- Que el alumno comprenda la aplicación de los conocimientos expuestos en clase y que además los aplique.
- Fomentar en el alumno el hábito de la investigación.
- Que además del alumno, el profesor también se vea obligado a investigar, con el fin de que la información que se maneje en el curso sea actualizada.
- Que el curso sea dinámico.
- Que a la vez de que el alumno aprenda, desarrolle proyectos comercializables de los cuales pueda verse beneficiado.

Por otra parte, el plan de estudios de esta Línea curricular ha sido diseñado de tal modo que se facilite la construcción de un macroproyecto; esto es, los proyectos desarrollados en cada materia pueden irse integrando para formar uno solo, mismo que podría valer la titulación del o de los alumnos que lo hayan desarrollado.

A continuación sugerimos un procedimiento para el desarrollo del macroproyecto:

ÁREA	PROYECTO	MACROPROYECTO
Introducción a los sistemas interactivos	Un primer sistema interactivo	Un primer sistema interactivo
IA aplicada a sistemas interactivos	Desarrollo de un sistema interactivo empleando herramientas de IA	Integración de herramientas de IA al sistema interactivo
Movimiento en sistemas interactivos	Un sistema interactivo con movimiento	Dotar de movimiento al sistema interactivo
Percepción en sistemas interactivos	Un sistema interactivo con percepción	Dotar de percepción al sistema interactivo
Teoría de control	Un sistema interactivo con realimentación(control)	Optimizar el sistema interactivo mediante control
Comunicación con sistemas interactivos	Un sistema interactivo con medios eficientes de comunicación con el ser humano	Integrar medios eficientes de comunicación con el ser humano al sistema interactivo
Administración de proyectos de sistemas interactivos	Administración del desarrollo y aplicación de un sistema interactivo	Planear la implantación del sistema interactivo en una actividad real (integración de un sistema interactivo completo)

Algunas áreas en las cuales podrían desarrollarse proyectos de sistemas interactivos son:

- Bioingeniería
- Prótesis
- Sistemas distribuidos
- Sistemas evolutivos



- Robótica
- Aeronáutica
- Sistemas flexibles de manufactura
- Automatización de procesos

En cada materia se utilizara una numeración propia e independiente de la empleada en la tesis, esto con el fin de dar mayor claridad.

A continuación se presenta el programa detallado de cada materia.

## INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INTERACTIVOS

**OBJETIVO:** Introducir al alumno al estudio e investigación en el campo de los sistemas interactivos, de tal manera que comprenda su utilidad, aplicaciones, características, funcionamiento, limitaciones y la problemática social que implican y que emplee estos conocimientos en la construcción de un sistema interactivo.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.
- 1.2 Descripción del curso.
- 1.3 Mecanismos de evaluación.
- 1.4 Fuentes de información.
2. Introducción a los sistemas interactivos.
  - 2.1 Definición de Sistema Interactivo.
  - 2.2 Características de los sistemas interactivos.
  - 2.3 Origen e historia de los sistemas interactivos.
  - 2.4 Estado actual de los sistemas interactivos.
  - 2.5 Clasificaciones de sistemas interactivos.
  - 2.6 Aplicación de los sistemas interactivos.
  - 2.7 Ejemplos de sistemas interactivos.
  - 2.8 Problemática social.
- 3 Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.
  - 3.1 Investigación para la selección del proyecto.
  - 3.2 Selección del proyecto.
  - 3.3 Definición de objetivos.
  - 3.4 Análisis del proyecto.

- 3.5 Estructura y características del proyecto.
- 4. Sensores.
- 5. Actuadores.
- 6. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 6.1 Propuesta de solución.
  - 6.2 Investigación de proveedores de partes y equipo.
  - 6.3 Selección de los elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 7. Desarrollo del proyecto de aplicación.
- 8. Robótica.
  - 8.1 Introducción.
  - 8.2 Anatomía de robots.
    - 8.2.1 Configuración básica del robot.
    - 8.2.2 Configuraciones de robots específicos.
    - 8.2.3 Movimientos de un robot.
      - 8.2.3.1 Notación para la configuración de un robot según sus articulaciones.
      - 8.2.3.2 Volumen de trabajo.
    - 8.2.4 Sistemas de impulsión.
    - 8.2.5 Velocidad de movimiento.
    - 8.2.6 Capacidad de transporte de carga.
  - 8.3 Sistemas de control y rendimiento dinámico.
    - 8.3.1 Tipos de controles de robots.
    - 8.3.2 Velocidad de respuesta y estabilidad.
  - 8.4 Precisión del movimiento.
    - 8.4.1 Resolución espacial.
    - 8.4.2 Exactitud y repetitividad.
    - 8.4.3 Control coordinado de fuerza y posición.
  - 8.5 El manipulador.
  - 8.6 Efectores finales.
  - 8.7 Características generales de los robots industriales.
  - 8.8 Descripción de algunos robots específicos.
- 9. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.
- 10. Tendencias en la tecnología de sistemas interactivos.

## CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Nociones de Geometría plana y analítica, Trigonometría, Probabilidad y Matrices.

Física: Nociones de Mecánica, Cinemática, Dinámica y Electrónica.

## BIBLIOGRAFÍA:

Robotics in practice, Engelberger, J. F., AMACOM, New York, 1980.

Robótica Industrial. Tecnología, Programación y aplicaciones. Mikell P. Groover, Mitchell Weiss, Roger N. Nagel y Nicholas G. Odrey, Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1989.

Curso de Robótica, J. Ma. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, Madrid, 1985.

Brains, Behavior, and Robotics, J. S. Albus, BYTE Books, Peterborough, NH, 1981.

Robotics, Applications and Social Implications, R. U. Ayres y S. M. Miller, Ballinger, Cambridge, MA, 1983.

"The Household Robot: by 1993", Decade of Robotics, J. F. Engelberger, IFS Publications, Bedford, Inglaterra, 1983.

The Robotics Industry of Japan, Today and Tomorrow, Japan Industrial Robot Association, Fuji Corporation, Tokyo, 1982.

Los Robots, Isaac Asimov.

Robótica, Fu, McGraw-Hill.

## INTRODUCCIÓN A LA IA APLICADA

**OBJETIVO:** El alumno comprenderá y aplicara herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en el diseño y construcción de sistemas interactivos.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a la Inteligencia Artificial.

2.1 Definición de Inteligencia Artificial (IA).

2.2 Objetivos de la investigación en la IA.

2.3 Situación y problemática actual de la IA.

2.4 Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

2.4.1 Investigación para selección del proyecto.

- 2.4.2 Selección del proyecto.
- 2.4.3 Definición de objetivos.
- 2.5 Técnicas de Inteligencia Artificial.
  - 2.5.1 Representación del conocimiento.
  - 2.5.2 Representación y resolución de problemas.
  - 2.5.3 Técnicas de búsqueda en la resolución de problemas.
- 2.6 Análisis del proyecto de aplicación.
- 2.7 Estructura y características del proyecto de aplicación.
- 3. Aplicaciones de IA.
  - 3.1 Sistemas expertos.
  - 3.2 Procesamiento de lenguaje natural.
  - 3.3 Administración de la información.
  - 3.4 Robótica.
  - 3.5 Otras.
- 4. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 4.1 Propuesta de solución.
  - 4.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 5. Desarrollo del proyecto de aplicación.
- 6. Técnicas y herramientas de la IA aplicada.
  - 6.1 Jerarquía de herramientas y Técnicas.
  - 6.2 Búsqueda heurística.
  - 6.3 Lenguaje natural.
  - 6.4 Arquitecturas de sistemas de IA.
  - 6.4 Programación exploratoria y creación rápida de prototipos.
  - 6.8 Estructuras y redes semánticas.
  - 6.9 Redes neuronales.
  - 6.10 Fractales.
  - 6.11 Estructura de los lenguajes de programación para IA.
    - 6.11.1 LISP.
    - 6.11.2 PROLOG.
- 7. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Nociones de Investigación de operaciones.

Computación: Nociones de Técnicas de programación, de Programación en lenguajes de alto nivel, de Algoritmos computacionales, Teoría de redes, Lenguajes formales, Estructuras de datos, Procesamiento de datos, Análisis estructural de sistemas de computo.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Applications in Artificial Intelligence. Edited by Stephen J. Andiole. Ed. Petrocelli Books, Inc., Princeton, N.J., 1985.

Knowledge-Based Systems in A.I. Davis, Randell, Douglas, Lentat, Ed. McGraw-Hill.

"A framework for representing knowledge ", the Psychology of computer visión. M. Minsky, P.H. Winston, Ed. McGraw-Hill.

Robótica Industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones. Mikell P. Groover, Ed. McGraw-Hill, 1989.

Artificial Intelligence. P. Winston, Ed. Addison-Wesley, 1984.

Curso de Robótica. J. Ma. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, 1985.

LISP. Winston, Patrick, Berthold Horn, Ed. Addison-Wesley, 1981.

The handbook of Artificial Intelligence, A. Barr, P. Cohen y E. Feigenba, William y Kaufmann, Los Altos, CA, 1981.

Artificial Vision for Robots, D. H. Ballard y C. M. Brown, Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

Cibernética del cerebro, Rolando Lara y Zavala, Ed. CECOSA, México, 1987.

Computation finite and infinite Machines, Marvin L. Minsky, Prentice-Hall series in automatic computation, Englewood Cliffs, N.J., 1967.

#### IA APLICADA A SISTEMAS INTERACTIVOS

OBJETIVO: El alumno comprenderá y aplicara herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en el diseño y construcción de sistemas interactivos.

#### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Inteligencia de maquina.

2.1 Definición de un sistema redundante.

- 2.2 Programación de un sistema redundante.
- 2.3 Paradigmas de ciencia y tecnología en IA aplicada.
- 2.4 Requerimientos y especificaciones Técnicas de maquinas inteligentes.
- 2.5 Expectativas de una maquina inteligente.
- 2.6 Aplicaciones de la inteligencia de maquina.
- 2.7 Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.
  - 2.7.1 Investigación para la selección del proyecto.
  - 2.7.2 Selección del proyecto.
  - 2.7.3 Definición de objetivos.
  - 2.7.4 Análisis del problema.
  - 2.7.5 Estructura y características del proyecto.
- 3. Sistemas evolutivos.
  - 3.1 Introducción.
  - 3.2 Lenguajes de trayectoria y movimiento.
- 4. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 4.1 Propuesta de solución.
  - 4.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 5. Teorías sobre la función cerebral.
  - 5.1 Teoría de los esquemas de Bergson.
  - 5.2 Teoría de los esquemas de Bartlett.
  - 5.3 Teoría de los esquemas de Piaget.
  - 5.4 Teoría de los esquemas de Arbib.
  - 5.5 Teoría de las estructuras o cuadros de Minsky.
  - 5.6 Teoría de la organización funcional del cerebro, de Luria.
- 6. Desarrollo del proyecto de aplicación.
- 7. Reconocimiento de formas y patrones.
  - 7.1 Introducción a la visión de maquina.
    - 7.1.1 Definiciones.
    - 7.1.2 Elementos de un sistema de visión por computadora.
  - 7.2 La función de detección y digitalización en la visión de maquina.
    - 7.2.1 Dispositivos de formación de imágenes.
    - 7.2.2 Técnicas de iluminación.
    - 7.2.3 Cuantificación, codificación y almacenamiento de imagen.
  - 7.3 Análisis y procesamiento de la imagen.

- 7.3.1 Reducción de los datos de la imagen.
- 7.3.2 Segmentación.
- 7.3.3 Extracción de características.
- 7.3.4 Reconocimiento del objeto.
- 7.3.5 Otras Técnicas de reconocimiento de imágenes.
- 7.4 Aprendizaje de los sistemas de visión.
- 7.5 Manipulación de piezas de trabajo por robots.
  - 7.5.1 Adquisición de piezas de trabajo desde un recipiente.
  - 7.5.2 Estimación de distancias.
  - 7.5.3 Identificación de la pieza de trabajo y estimación de su posición.
  - 7.5.4 Inspección de piezas de trabajo.
- 7.6 Modelos auditivos por computadora.
  - 7.6.1 Obtención de información a partir de voz o de sonidos.
  - 7.6.2 Las series de Fourier y el análisis de frecuencias.
  - 7.6.3 Modelos auditivos computacionales.
- 8. Dispositivos móviles autónomos.
  - 8.1 Apariencia de los dispositivos móviles autónomos.
  - 8.2 Estructuras de inteligencia.
  - 8.3 Tendencias de evolución.
- 9. Planeación automática.
- 10. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Álgebra, Probabilidad y Técnicas de muestreo.

Física: Nociones de Electricidad, Mecánica, Óptica y Fonometría.

Computación: Estructura de datos, Programación estructurada,

Lenguajes de nivel alto, Análisis estructural de sistemas de computo.

Ingeniería: Nociones de Electrónica, Microprocesadores.

Biología: Nociones de sistema nervioso, Anatomía funcional del cuerpo humano y percepción en seres vivos.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Applications in Artificial Intelligence, Edited by Stephen J. Andiole, Ed. Petrocelli Books, Inc., Princeton, N.J., 1985.

Perceptual Structures and Distributed Motor Control. En: Handbook of Physiology of the nervous system. II., M. A. Arbib, Motor Control Brooks, V. B. Ed. American Physiological Society, Bethesda, 1981.

Segmentation, schemas and cooperative computation. Studies in Mathematical Biology, M. A. Arbib, Levine, S., Ed., 1978.

Remembering, F. C. Bartlett, Cambridge University Press, 1932.

Matiere et memoire, H. Bergson, Presses Universitaires de France, Paris, 1970.

The working brain: an introduction to neuropsychology, A. R. Luria, Basic Books, Inc., Pub., New York, 1973.

A framework representing knowledge. The psychology of computer vision. M. L. Minsky. Winston, P. H., Ed. McGraw Hill, New York, 1975.

Introducción a la epistemología genética. El pensamiento matemático, el pensamiento físico y el pensamiento biológico, psicológico y sociológico. J. Piaget, Paidós, Buenos Aires, 1975.

Artificial Vision for Robots. I. Aleksander (ed.), Chapman y Hall, New York, 1983.

Computer Vision, D. H. Ballard y C. M. Brown, Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

Robótica Industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones, Mikell P. Groover, et al, Ed. McGraw Hill, Madrid, 1989.

Curso de Robótica, J. Ma. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, Madrid, 1985.

Computation finite and infinite Machines, Marvin L. Minsky, Prentice-Hall series in automatic computation, Englewood Cliffs, N.J., 1967.

## MOVIMIENTO EN SISTEMAS INTERACTIVOS

**OBJETIVO:** El alumno comprenderá la naturaleza de los movimientos y fuerzas generados por un sistema interactivo y las Técnicas para la representación de los mismos; así como el funcionamiento de los mecanismos que hacen posible dicho movimiento, y los elementos terminales que permiten la ejecución de tareas específicas; y aplicará estos conocimientos en la construcción de un sistema interactivo.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción al movimiento en sistemas interactivos.



- 2.1 Ejemplos de sistemas interactivos con movimiento.
- 2.2 Utilidad y aplicaciones del movimiento en sistemas interactivos.
- 2.3 Situación actual de los sistemas interactivos con movimiento.
  - 2.3.1 Alcances actuales del movimiento en sistemas interactivos.
  - 2.3.2 Principales dificultades y limitaciones en el movimiento en sistemas interactivos.
- 2.4 Elementos que permiten el movimiento en un sistema interactivo.
- 3. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.
  - 3.1 Investigación para la selección del proyecto.
  - 3.2 Selección del proyecto.
  - 3.3 Definición de objetivos.
  - 3.4 Análisis del problema.
  - 3.5 Estructura y características del proyecto.
- 4. Matrices de transformación.
  - 4.1 Matrices.
    - 4.1.1 Definición de matrices.
    - 4.1.2 Álgebra de matrices.
    - 4.1.3 Inversión de matrices.
    - 4.1.4 Derivación e integración de matrices.
  - 4.2 Movimiento en robots y el álgebra matricial para su representación.
    - 4.2.1 Matriz de traslación.
    - 4.2.2 Matriz de rotación.
    - 4.2.3 Cambio de coordenadas.
    - 4.2.4 Angulo y eje de rotación equivalente.
    - 4.2.5 Transformación perspectiva.
    - 4.2.6 Recomposición de imágenes.
    - 4.2.7 Cambio de escalas.
    - 4.2.8 Definición de la posición de un elemento.
    - 4.2.9 Ejemplos prácticos.
- 5. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 5.1 Propuesta de solución.
  - 5.2 Investigación de proveedores de partes y equipo.
  - 5.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 6. Cinemática de robots.

- 6.1 Introducción a la cinemática del manipulador.
  - 6.1.1 Grados de libertad de un robot.
  - 6.1.2 Representación de la posición.
  - 6.1.3 Transformación directa e inversa de un brazo con dos grados de libertad.
  - 6.1.4 Orientación en suma.
  - 6.1.5 Manipulador de cuatro grados de libertad en tres dimensiones.
- 6.2 Transformaciones homogéneas.
  - 6.2.1 Resolución de ecuaciones cinemáticas.
- 6.3 Calculo de la región accesible.
  - 6.3.1 Robots con dos o tres elementos.
  - 6.3.2 Síntesis de robots.
- 6.4 Utilidad de las transformaciones homogéneas.
- 6.5 Orientación y posición de la mano del robot.
- 6.6 Matrices de elementos.
- 6.7 Control de la trayectoria del manipulador: tipos de movimiento.
- 6.8 Problema cinemático directo: Planteamiento, aplicación al manipulador de Stanford.
- 6.9 Problema cinemático inverso: Planteamiento, orientación de la mano de sujeción.
- 6.10 Relaciones diferenciales: Rotación y traslación diferencial. 6.10.1 Jacobiano del manipulador.
- 7. Dinámica de robots.
  - 7.1 Problema de la dinámica de robots.
  - 7.2 Preliminares cinemáticos.
  - 7.3 Dinámica del robot.
    - 7.3.1 Análisis estático.
    - 7.3.2 Compensación de la gravedad.
    - 7.3.3 Dinámica del brazo del robot.
  - 7.4 Problema dinámico inverso.
    - 7.4.1 Método de Newton.
    - 7.4.2 Método de Lagrange.
      - 7.4.2.1 Obtención de ecuaciones.
    - 7.4.3 Estática de robots.
    - 7.4.4 Vibraciones en los robots.
    - 7.4.5 Configuración de un controlador de robot.

8. Conversión digital-analógica.
9. Desarrollo del proyecto de aplicación.
10. Elementos motrices.
  - 10.1 Circuitos neumáticos e hidráulicos.
  - 10.2 Dispositivos y actuadores.
    - 10.2.1 Neumáticos, hidráulicos y motores eléctricos.
  - 10.3 Principios generales de electromagnetismo.
  - 10.4 Fundamentos del motor eléctrico.
  - 10.5 Par motor.
  - 10.6 Fuerza contraelectromotriz.
  - 10.7 Tipos de motores según su excitación.
    - 10.7.1 Características de funcionamiento.
    - 10.7.2 Velocidad.
    - 10.7.3 Motores Serie, Shunt y Compound.
  - 10.8 Sistemas de control de lazo abierto y de lazo cerrado.
  - 10.9 Motores de corriente continua.
    - 10.9.1 Control y rectificación controlada.
  - 10.10 Sistemas de transmisión de potencia.
  - 10.11 Diseño del control de las articulaciones del robot.
  - 10.12 Control de potencia.
  - 10.13 Introducción a motores paso a paso.
    - 10.13.1 Tipos de motores paso a paso.
    - 10.13.2 Modo de funcionamiento.
    - 10.13.3 Características principales.
    - 10.13.4 Márgenes de potencia.
    - 10.13.5 Aplicaciones y perspectivas.
11. Efectores finales.
  - 11.1 Elementos terminales.
    - 11.1.1 De sujeción por presión.
    - 11.1.2 De sujeción por enganche.
    - 11.1.3 De sujeción por acción auxiliar.
    - 11.1.4 Con sensores.
    - 11.1.5 De diseño específico.

- 11.2 Pinzas Mecánicas.
  - 11.2.1 Definición y operaciones básicas.
  - 11.2.2 Tipos de mecanismos de pinza.
  - 11.2.3 Análisis de la fuerza de la pinza.
- 1.3 Tipos de pinzas.
- 11.4 Interconexión de robot - efector final.
  - 11.4.1 Soporte físico del efector final.
  - 11.4.2 Transmisión de potencia y señales.
- 11.5 Consideraciones en el diseño y selección de pinzas.
- 12. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Álgebra Lineal, Álgebra matricial, Calculo vectorial, Geometría analítica, Trigonometría, Métodos numéricos, Calculo diferencial e integral, Ecuaciones diferenciales.

Física: Física de sólidos, Mecánica, Cinemática, Dinámica, Estática.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Robot manipulators, Mathematics, programming and Control, R. P. Paul, The M.I.T. Press, 1981.

Mathematical elements for computer graphics, Rogers, D.F. y Adams, J.A., Ed. McGraw-Hill, 1976.

Curso de Robótica, J.M. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, Madrid, 1985.

Cinemática de robots manipuladores, Iñigo R. y Angulo J.M., Mundo Electrónico, junio de 1973.

Robots manipulators: Mathematics, Programming and Control, Paul R.P., Then M.I.T. Press, 1981.

Robótica industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones, Mikell P. Groover, et al., Ed. McGraw-Hill, 1989.

Kinematics, Statics and Dynamics of two-dimensional manipulators, B.K.P. Horn, Artificial Intelligence: An M.I.T. Perspective, M.I.T. Press, 1979.

On the control of mechanical manipulators, Lee, G.S., IFAC, junio, 1982.

Kinematics and mechanisms design, Suh, C.H. y Radcliffe, C.W., Ed. Wiley, 1978.

## PERCEPCIÓN

**OBJETIVO:** El estudiante conocerá y comprenderá los tipos, características, importancia, funcionamiento y limitaciones de los mecanismos y dispositivos de percepción existentes e integrara estos en la construcción de sistemas interactivos.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a la percepción.

2.1 Definición de percepción.

2.2 Universo de percepción.

2.3 Sentidos de percepción.

2.3.1 En seres vivos.

2.3.2 En maquinas.

2.3.3 Teorías sobre el funcionamiento de los sentidos.

2.3.4 Procesamiento y flujo de información a través de los sentidos.

2.4 Medios de percepción.

2.5 Percepción simultanea a través de varios sentidos.

3. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

3.1 Investigación para la selección del proyecto.

3.2 Selección del proyecto.

3.3 Definición de objetivos.

3.4 Análisis del problema.

3.5 Estructura y características del proyecto.

4. Modelado de la realidad.

4.1 Tipos de modelos.

4.2 Modelos informáticos.

4.3 Medios, Técnicas y herramientas de simulación.

5. Diseño del proyecto de aplicación.

5.1 Propuesta de solución.

5.2 Investigación de proveedores de partes y equipo.

5.3 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.

6. Desarrollo del proyecto.

7. Mecanismos de percepción.

7.1 Transductores y sensores.

7.2 Tipos de sensores utilizados en sistemas interactivos.

7.3 Sensores optoelectrónicos.

7.4 Aplicaciones de los sensores optoelectrónicos en sistemas interactivos.

7.5 Dispositivos de formación de imagen.

7.6 Sensores auditivos.

7.7 Sensores mecánicos.

7.8 Sensores ultrasónicos.

7.9 Sensores con rayo láser.

7.10 Sensores de temperatura.

7.11 Sensores táctiles.

7.11.1 De contacto.

7.11.2 De fuerza.

7.12 Sensores de proximidad y de alcance.

7.13 Otros sensores.

7.14 Uso de los sensores en Robótica.

7.15 Criterios para la selección de mecanismos.

7.16 Conexión de mecanismos.

8. Conversión analógico-digital.

9. Señales.

9.1 Clasificación de señales.

9.2 Muestreo de señales.

9.2.1 Velocidad de la señal.

9.2.2 Volumen de información.

9.2.3 Análisis del muestreo.

10. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS:**

Matemáticas: Álgebra Lineal, Trigonometría, Límites, Funciones, Cálculo diferencial e integral, Ecuaciones diferenciales, Probabilidad.

Física: Nociones de Mecánica, Neumática, Hidráulica, Electricidad, Óptica, Calorimetría.

Computación: Nociones básicas de Inteligencia Artificial y representación del conocimiento.

Ingeniería: Nociones de Electrónica.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Robótica industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones, Mikell P. Groover, et. al., Ed. McGraw-Hill, 1988.

Industrial robots and robotics, E. Kafriksen y M. Stephans, Reston, 1984.

Modern control engineering, K. Ogata, Ed. Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, NJ, 1970.

Curso de Robótica, J.M. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, 1985.

Vector mechanics for engineering, F. P. Beer y E. R. Johnson, Ed. McGraw-Hill, NY, 1977.

Camera geometry for robot vision, Thompson, Robotics age, abril 1981.

Telemetría láser, Martinez y Villoslada, Mundo electrónico, num. 130.

#### TEORÍA DE CONTROL

**OBJETIVO:** El alumno conocerá, comprenderá y aplicara las Técnicas y métodos fundamentales de la Teoría de control en el diseño y construcción de sistemas interactivos y reconocerá la importancia y utilidad de esta en la automatización de procesos.

#### PROGRAMA DETALLADO.

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a los sistemas de control.

2.1 Conceptos básicos.

2.2 Sistemas de control digital.

2.3 El problema del control.

2.4 Control de lazo cerrado y de lazo abierto.

2.5 Ejemplos de sistemas de control.

2.6 Principios de proyecto de sistemas de control.

3 Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

- 3.1 Investigación para la selección del proyecto.
- 3.2 Selección del proyecto.
- 3.3 Definición de objetivos.
- 3.4 Análisis del problema.
- 3.5 Estructura y características del proyecto.
- 4. Base Matemática.
  - 4.1 La Transformada de Laplace.
    - 4.1.1 Transformada de Laplace.
    - 4.1.2 Teoremas de la transformada de Laplace.
    - 4.1.3 Solución de ecuaciones diferenciales Lineales por el método de la transformada de Laplace.
  - 4.2 Modelos matemáticos de sistemas físicos.
    - 4.2.1 Introducción.
    - 4.2.2 Funciones de transferencia.
    - 4.2.3 Linealización de un modelo matemático no Lineal.
    - 4.2.4 Diagrama de bloques.
    - 4.2.5 Obtención de funciones de transferencia de sistemas físicos.
    - 4.2.6 Sistemas de múltiples variables y matrices de transferencia.
    - 4.2.7 Gráficos de flujo de señal.
  - 4.3 Muestreo y reconstrucción.
    - 4.3.1 Introducción.
    - 4.3.2 Sistemas de control de datos muestreados.
    - 4.3.3 Muestreo ideal. \*
    - 4.3.4 Evaluación de  $E(s)$ . \*
    - 4.3.5 Propiedades de  $E(s)$ .
    - 4.3.6 Reestructuración de datos.
    - 4.3.7 Conversiones digital-analógico y analógico- digital.
- 5. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 5.1 Propuesta de solución.
  - 5.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 6. Acciones básicas de control y controles automáticos industriales.
  - 6.1 Introducción.
  - 6.2 Controles proporcionales.



- 6.3 Obtención de acción de control derivativa e integral.
- 6.4 Efectos de la acción de control derivativa e integral en el comportamiento de un sistema.
- 6.5 Reducción de variaciones de los parámetros por uso de la realimentación.
- 6.6 Fluidica.
- 7. Desarrollo del proyecto de aplicación.
- 8. Análisis de errores e introducción a la optimización desistemas.
  - 8.1 Coeficientes de error estático.
  - 8.2 Coeficientes de error dinámico.
  - 8.3 Criterios de error.
  - 8.4 Introducción a la optimización de sistemas.
- 9. Técnicas de análisis de estabilidad.
  - 9.1 Introducción.
  - 9.2 Estabilidad.
  - 9.3 Transformada bilineal.
  - 9.4 El criterio de Roth-Hurwitz.
  - 9.5 Prueba de estabilidad de Jury.
  - 9.6 El lugar de las raíces.
  - 9.7 El criterio de Nyquist.
  - 9.8 El diagrama de bode.
  - 9.9 Interpretación de la respuesta frecuencial.
  - 9.10 Análisis de estabilidad de Liapunov.
- 10. Técnicas de proyecto y compensación.
  - 10.1 Introducción.
  - 10.2 Consideraciones preliminares de proyectos.
  - 10.3 Compensación en adelanto.
  - 10.4 Compensación en atraso.
  - 10.5 Compensación en atraso-adelanto.
  - 10.6 Filtros integración y diferenciación.
- 11. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS:**

Matemáticas: Álgebra, Calculo diferencial e integral, Ecuaciones diferenciales.

Física: Nociones de Mecánica y Electricidad.

Ingeniería: Nociones de análisis de circuitos, Electrónica.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Ingeniería de control moderna, Katsuhiko Ogata, Ed. PHH Prentice Hall, México, 1980.

Sistemas de Control Digital, Análisis y Diseño, Charles L. Phillips y H. Troy Nagle, Jr., Ediciones G. Gili S.A. de C.V., Colección Ciencia Electrónica, México, 1987.

Transform methods in Linear system analysis, Aseltine, J.A., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Process Dynamics, Campbell, D.P., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1958.

Synthesis of optimum control systems, Chang, S.S.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1961.

Servomechanisms and regulation systems design, Chestnut, H., Mayer, R.W., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1959.

Non Linear control systems, Cosgriff, R.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Theory and application of Liapunov's direct method, Hahn, W., Ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1963.

Non Linear control systems, Thaler, G.J., Pastel, M.P., Ed. McGraw-Hill, NY, 1962.

Curso de Robótica, J.M. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, 1985.

Microprocesadores, cerebros para robots industriales, Revista Antena, junio, 1983.

Brains, behaviour & robotics, Albus, J.S., Byte Publicatios, 1981.

Microcomputer based path control, Synder, W.E., Robotics Age, 1980.

Robots manipulators: Mathematics, Programming and Control, Paul, R.P., M.I.T. Press, 1981

On the control of mechanical manipulators, Lee, G.S., IFAC, junio, 1982.

#### TEORÍA DE CONTROL MODERNA

**OBJETIVO:** El alumno conocerá, comprenderá y aplicara las Técnicas y métodos de la Teoría de control moderna en el diseño y construcción de sistemas interactivos y reconocerá la importancia y utilidad de esta en la automatización de procesos.

#### PROGRAMA DETALLADO.

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

- 2.1 Investigación para la selección del proyecto.
- 2.2 Selección del proyecto.
- 2.3 Definición de objetivos.
- 2.4 Análisis del problema.
- 2.5 Estructura y características del proyecto.
- 3. Análisis de sistemas de control no Lineales con la función descriptiva.
  - 3.1 Introducción a sistemas no Lineales.
  - 3.2 Sistemas de control no Lineales.
  - 3.3 Funciones descriptivas.
  - 3.4 Análisis de sistemas de control no Lineales con la función descriptiva.
- 4. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 4.1 Propuesta de solución.
  - 4.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 5. Desarrollo del proyecto.
- 6. Análisis con el plano de fase.
  - 6.1 Introducción.
  - 6.2 Métodos para construir trayectorias.
  - 6.3 Obtención de soluciones temporales a partir de diagramas del plano de fase.
  - 6.4 Puntos singulares.
  - 6.5 Análisis de sistemas de control con el plano de fase.
    - 6.5.1 En sistemas Lineales.
    - 6.5.2 En sistemas no Lineales.
- 7. Sistemas de tiempo discreto y el método de la transformada Z.
  - 7.1 Introducción a los sistemas de tiempo discreto.
  - 7.2 La transformada z.
  - 7.3 Solución de ecuaciones diferenciales por el método de la transformada z.
  - 7.4 La transformada z inversa.
  - 7.5 Funciones de transferencia de pulsos.
  - 7.6 Análisis de estabilidad en el plano z.
  - 7.7 Representación de sistemas en el espacio de estado.
  - 7.8 Resolución de la ecuación de estado invariante en el tiempo.
  - 7.9 Matriz transferencia.
  - 7.10 Sistemas Lineales variables en el tiempo.
  - 7.11 Representación de sistemas de tiempo discreto con el espacio de estado.

- 7.12 Solución de la ecuación de estado de tiempo discreto.
- 8. Sistemas en tiempo discreto en bucle abierto.
  - 8.1 Introducción a sistemas en bucle abierto. \*
  - 8.2 La relación entre  $E(z)$  y  $E(s)$ .
  - 8.3 La función de transferencia impulso.
  - 8.4 Sistemas en bucle abierto conteniendo filtros digitales.
  - 8.5 La transformada  $z$  modificada.
  - 8.6 Sistemas con retardos de tiempo.
  - 8.7 Muestreo no síncrono.
  - 8.8 Modelos de variables de estado.
- 9. Sistemas de control óptimo y adaptativo.
  - 9.1 Introducción.
  - 9.2 Controlabilidad.
  - 9.3 Observabilidad.
  - 9.4 Sistemas de control de tiempo óptimo.
  - 9.5 Sistemas de control óptimo basados en índices de comportamiento estadístico cuadrático.
  - 9.6 Sistemas de control con referencia al modelo.
  - 9.7 Sistemas de control adaptativo.
- 10. Filtros.
  - 10.1 Transformación de datos muestreados en filtros analógicos.
    - 10.1.1 Transformación de datos muestreados.
    - 10.1.2 Repaso de diseño de filtros continuos.
    - 10.1.3 Transformación de filtros analógicos.
  - 10.2 Estructuras de filtros digitales.
    - 10.2.1 Estructuras directas.
    - 10.2.2 Modelos de segundo orden.
    - 10.2.3 Realización en cascada.
    - 10.2.4 Realización en paralelo.
    - 10.2.5 Controladores PID (Proporcional mas Integral mas Derivativo).
    - 10.2.6 Realización en escalera.
    - 10.2.7 Otras estructuras.
- 11. Control con microprocesador.

- 11.1 Introducción.
- 11.2 Realización de filtros digitales con microprocesador.
  - 11.2.1 Realización de módulos de segundo orden.
  - 11.2.2 Realización en paralelo de filtros de orden superior.
  - 11.2.3 Realización en cascada de filtros de filtros de orden superior.
  - 11.2.4 Comparación de estructuras.
  - 11.2.5 Comparación de maquinas.
- 1.3 Control de la trayectoria en manipuladores de robots.
- 12. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Álgebra, Calculo diferencial e integral, Ecuaciones diferenciales.

Física: Nociones de Mecánica y Electricidad.

Ingeniería: Nociones de Análisis de circuitos, Electrónica.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Ingeniería de control moderna, Katsuhiko Ogata, Ed. PHH Prentice Hall, México, 1980.

Sistemas de Control Digital, Análisis y Diseño, Charles L. Phillips y H. Troy Nagle, Jr., Ediciones G. Gili S.A. de C.V., Colección Ciencia Electrónica, México, 1987.

Transform methods in LÍnear system analysis, Aseltine, J.A., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Process Dynamics, Campbell, D.P., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1958.

Synthesis of optimum control systems, Chang, S.S.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1961.

Servomechanisms and regulation systems design, Chestnut, H., Mayer, R.W., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1959.

Non LÍnear control systems, Cosgriff, R.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Theory and application of Liapunov's direct method, Hahn, W., Ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1963.

Non Linear control systems, Thaler, G.J., Pastel, M.P., Ed. McGraw-Hill, NY, 1962.

Curso de Robótica, J.M. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, 1985.

Microprocesadores, cerebros para robots industriales, Revista Antena, junio, 1983.

Brains, behaviour & robotics, Albus, J.S., Byte Publicatios, 1981.

Microcomputer based path control, Synder, W.E., Robotics Age, 1980.

Robots manipulators: Mathematics, Programming and Control, Paul, R.P., M.I.T. Press, 1982.

On the control of mechanical manipulators, Lee, G.S., IFAC, junio, 1982.

## COMUNICACIÓN CON SISTEMAS INTERACTIVOS.

**OBJETIVO:** El estudiante usara y construirá medios lógicos y-o físicos de comunicación con los sistemas interactivos y los aplicara e integrara en la construcción de sistemas interactivos.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a la comunicación con sistemas interactivos.

2.1 Objetivos de la comunicación con los sistemas interactivos.

2.2 Formas de comunicación con los sistemas interactivos.

2.3 Dispositivos para la comunicación con los sistemas interactivos.

2.4 Herramientas para la construcción de lenguajes de comunicación con sistemas interactivos.

2.5 Dificultades para comunicarse con los sistemas interactivos.

3. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

3.1 Investigación para la selección del proyecto.

3.2 Selección del proyecto.

3.3 Definición de objetivos.

3.4 Análisis del problema.

3.5 Estructura y características del proyecto.

4. Diseño del proyecto de aplicación.

4.1 Propuesta de solución.

4.2 Investigación de proveedores de partes y equipos.

4.3 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.

5. Programación de sistemas interactivos.

5.1 Métodos de programación de robots.

5.2 Métodos de programación de aprendizaje directo.

5.3 Programación del robot como trayectorias en el espacio.

5.3.1 Métodos de definición de posiciones en el espacio.

- 5.3.2 Razones para la definición de puntos y control de velocidad.
- 5.4 Interpolación de movimientos.
- 5.5 Capacidades y limitaciones de los métodos de aprendizaje directo.
- 6. Desarrollo del proyecto.
- 7. Lenguajes de programación para sistemas interactivos.
  - 7.1 Lenguajes textuales de robot.
  - 7.2 Generaciones de los lenguajes de programación de robots.
  - 7.3 Estructura de los lenguajes de control.
    - 7.3.1 Sistema de funcionamiento y elementos del lenguaje.
  - 7.4 Constantes, variables y otros objetos de datos.
  - 7.5 Comandos de movimiento.
    - 7.5.1 Control de velocidad.
    - 7.5.2 Definición de los puntos en el espacio de trabajo, caminos y estructuras.
    - 7.5.3 Ordenes del sensor y efector final y su funcionamiento respectivo.
    - 7.5.4 Cálculos y operaciones.
    - 7.5.5 Control del programa y subrutinas.
    - 7.5.6 Comunicación y procesamiento de datos.
    - 7.5.7 Ordenes de la modalidad del monitor.
    - 7.5.8 Algunos lenguajes de programación de robots.
  - 7.6 Lenguaje LISP.
  - 7.7 Lenguaje PROLOG.
- 8. Elementos físicos de comunicación con sistemas interactivos.
  - 8.1 Dispositivos.
  - 8.2 Conexiones.
- 9. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Computación: Técnicas de programación, Estructuras de datos, Nociones de IA, Simulación de modelos, Algoritmos computacionales, Lenguajes de programación de alto nivel.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Robótica industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones, M.P. Groover, et al., Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1989.

Robot manipulators: Mathematics, Programming and Control, The M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1981.

Curso de Robótica, J.M. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, 1985.

Industrial robots: Computer interfacing and control, W.E. Snyder, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1985.

Programming Languages: Design & Implementation, Pratt.

A comparative study of robotic languages, Bonner y Shim, "Computer", diciembre 1982.

## ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS EN SISTEMAS INTERACTIVOS.

OBJETIVO: El alumno conocerá, aprenderá y empleará Técnicas y métodos de administración en el desarrollo de proyectos de aplicación de sistemas interactivos.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a la planeación de proyectos en sistemas interactivos.

2.1 Objetivos de la planeación de proyectos.

2.2 Utilidad de la planeación de proyectos en sistemas interactivos.

2.4 Aplicaciones de la planeación de proyectos en sistemas interactivos.

3. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

3.1 Investigación para la selección del proyecto.

3.2 Selección del proyecto.

3.3 Definición de objetivos.

3.4 Análisis del problema.

3.5 Estructura y características del proyecto.

4. Análisis y diseño informático del ambiente para sistemas interactivos.

4.1 Herramientas de análisis y diseño de sistemas.

4.2 Elaboración de los objetivos del sistema.

4.3 Detección de fuentes de información en el ambiente.

4.4 Diseño del flujo de información en el sistema.

4.4.1 Selección de la información útil del ambiente.



- 4.4.2 Diseño del flujo de información.
- 4.5 Definición de las características del sistema.
- 4.6 Criterios para la selección de herramientas para construcción de sistemas.
- 4.7 Selección de canales y dispositivos de percepción para interactuar con el ambiente.
- 5. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 5.1 Propuesta de solución.
  - 5.2 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
- 6. Diseño y control del ambiente del sistema interactivo.
  - 6.1 Estructura del ambiente del sistema.
    - 6.1.1 En sistemas fijos.
    - 6.1.2 En sistemas móviles.
  - 6.2 Interacción entre sistemas múltiples.
  - 6.3 Consideraciones en el diseño del ambiente del sistema.
  - 6.4 Control del ambiente.
    - 6.4.1 Tipos de control.
    - 6.4.2 Interfaz con el ser humano.
    - 6.4.3 Supervisión de seguridad.
  - 6.5 Enclavamientos.
  - 6.6 Detección y recuperación de errores.
  - 6.8 Análisis del tiempo de ciclo del sistema.
  - 6.9 Simulación grafica del ambiente del sistema.
    - 6.9.1 Investigación en modelación grafica.
    - 6.9.2 Paquetes para simulación grafica.
- 7. Desarrollo del proyecto de aplicación.
- 8. Análisis económico en sistemas interactivos.
  - 8.1 Análisis económico.
    - 8.1.1 Datos básicos requeridos.
    - 8.1.2 Tipos de instalación.
    - 8.1.3 Datos del costo necesitados para el análisis.
    - 8.1.4 Métodos de análisis económico.
    - 8.1.5 Método de recuperación.
    - 8.1.6 Método del costo anual uniforme equivalente.
    - 8.1.7 Método del rendimiento sobre la inversión.
    - 8.1.8 Uso subsiguiente del sistema.

- 8.1.9 Diferencias en tasas de producción.
- 8.1.10 Factores difíciles de cuantificar.
- 8.1.11 Formularios de análisis del proyecto.
- 9. Metodologías de planeación de proyectos de aplicación en sistemas interactivos.
  - 9.1 Familiarización inicial con la tecnología de sistemas interactivos.
  - 9.2 Identificación de aplicaciones potenciales.
  - 9.3 Selección de la mejor aplicación.
  - 9.4 Selección de equipo.
  - 9.5 Análisis económico detallado y autorización del capital.
  - 9.6 Planificación e ingeniería de la instalación.
  - 9.7 Instalación.
- 10. Seguridad, entrenamiento, mantenimiento y calidad.
  - 10.1 Seguridad en Robótica.
    - 10.1.1 Consideraciones de diseño del lugar de trabajo para seguridad.
    - 10.1.2 Sensores de seguridad.
    - 10.1.3 Supervisión de seguridad y otras medidas.
  - 10.2 Entrenamiento.
    - 10.2.1 Personal de mantenimiento.
    - 10.2.2 Mantenimiento preventivo.
    - 10.2.3 Política de repuestos de piezas.
  - 10.3 Mejora de la calidad.
- 11. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Física: Nociones de Electricidad y Mecánica.

Computación: Nociones de Representación y simulación de modelos, Técnicas de graficación en computadoras.

Ingeniería: Nociones de Economía de la ingeniería, Evaluación de proyectos, Procesos productivos de manufactura, Diseño y organización de área de trabajo, Control de inventarios.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Robótica industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones, Mikell P. Groover, Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1985.

Automation, production systems and Computer aided manufacturing, Mikell P. Groover, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1980.

Engineering economy, A.J. Tarquin y L.T. Blank, Ed. McGraw-Hill, NY, 1976.

Engineering economy, G.J. Thuesen, W. Fabrycky y H.G. Thuesen, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1977.

Materials and processes in manufacture, Ed. McMillan, NY, 1984.

Processes and material of manufacture, R.A. Lindberg, Ed. Allyn and Bacon, Boston MA, 1983.

Product design and Process engineering, B.W. Niebel y A.B. Draper, Ed. McGraw-Hill, NY, 1974.

Design for assembly, Abdreasen, Kahler y Lund, IFS Publications Ltd, 1983.

Mechanized assembly, Boothroyd y Redford, Ed. McGraw-Hill, 1968.

Robotics in practice, J.F. Engelberg, AMACOM, NY, 1980.

## TÓPICOS DE AUTOMATIZACIÓN.

**OBJETIVO:** El alumno conocerá, comprenderá, usara y desarrollara herramientas y-o sistemas que favorezcan la automatización de procesos.

### PROGRAMA DETALLADO:

Introducción al curso.

1. Objetivo del curso.

1.2 Descripción del curso.

1.3 Mecanismos de evaluación.

1.4 Fuentes de información.

2. Introducción a la automatización de procesos.

2.1 Características de procesos automatizables.

2.2 Casos de procesos automatizables.

2.2.1 Procesos de diseño (CAD).

2.2.2 Procesos de manufactura (CAM).

3. Selección y delimitación de un proyecto de aplicación.

3.1 Investigación para la selección del proyecto.

3.2 Selección del proyecto.

3.3 Definición de objetivos.

3.4 Análisis del problema.

3.5 Estructura y características del proyecto.

4. Diseño del proyecto de aplicación.
  - 4.1 Propuesta de solución.
  - 4.2 Investigación de proveedores de partes y equipo.
  - 4.3 Selección de elementos y herramientas para el desarrollo del proyecto.
5. Principios, fundamentos y desarrollo en CAD-CAM.
  - 5.1 Graficación por computadora.
  - 5.2 Interfase hombre-maquina.
  - 5.3 Modelado de sistemas.
6. Desarrollo del proyecto.
7. Análisis de requerimientos y selección de equipo de CAD-CAM.
  - 7.1 Análisis de requerimientos.
  - 7.2 Selección de equipo.
8. Administración de centros de CAD-CAM.
9. Sistemas flexibles de manufactura.
10. Presentación de resultados del proyecto de aplicación.

#### CONOCIMIENTOS PREVIOS:

Matemáticas: Geometría plana y analítica, Calculo diferencial e integral.

Computación: Teoría de graficas, Programación en lenguajes de nivel alto, Estructura de datos.

Ingeniería: Nociones de Diseño y procesos de manufactura.

#### BIBLIOGRAFÍA:

Automation, Production systems, and Computer-Aided Manufacturing, M.P. Groover, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1980.

CAD-CAM: Computer-Aided design and manufacturing, M.P. Groover and E.W. Zimmers Jr., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.

#### CONCLUSIONES

El plan de estudios expuesto en el capítulo 5, es un grupo de materias diseñadas para formar una Línea curricular como las mencionadas en el proyecto de reestructuración del plan de estudios de la Licenciatura en C. de la Informática de la UPIICSA, en su capítulo 5; por lo que si se pretendiera formar una especialidad a partir de esta propuesta, seria necesario añadir algunas materias que proporcionen los conocimientos indicados como conocimientos previos de cada materia.

El plan propuesto no pretende formar informáticos especializados en Robótica, o en Biotecnología o en alguna otra área particular, ya que se espera que el informático sea capaz de desarrollarse en alguna de estas áreas pero no exclusivamente en ellas. La idea es, mas bien, dotar al informático de herramientas que le permitan diseñar y desarrollar sistemas capaces de interactuar con su ambiente; es decir, que sea capaz de conceptualizar, diseñar y desarrollar cualquier tipo de sistema en términos de Sistemas Interactivos. Este enfoque amplía el campo de aplicación de un informático que posee este tipo de herramientas.

Por otra parte, se trato de que el plan de estudios además de cumplir con el concepto de "Línea curricular", cumpla también con el concepto de "materias por funciones"; esto es, materias que, en lo posible, no queden obsoletas con el tiempo; es decir, las materias y sus objetivos serian los mismos, lo que cambiaria seria el contenido, buscando el logro del mismo objetivo pero con lo mas actual en tecnología y conocimiento. También se procuro diseñar materias completas, sin secuenciaciones del tipo de Matemáticas I, II, III y IV, o Robótica I, II y III, ya que existe una definición de niveles de conocimiento, pero esto no implica ligas especificas ni secuencias rígidas.

Finalmente, se trato de diseñar una Línea curricular adaptable y desligada de un plan de estudios específico, ya que el plan actual esta en proceso de reestructuración y, aun no se cuenta con el nuevo; sin embargo, si se espera que los conocimientos previos estén de alguna manera contemplados en el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

"Desarrollo tecnológico en México: En busca del tiempo perdido", Revista Expansión, México, Mayo de 1989.

"El año que vivimos en pacto", "México en el mundo", "1989 año de transición Cambio de rumbo ?", "Costos del pacto", "De Guatemala a guatepeor"; Revista Expansión, México, Diciembre de 1988.

"Robots para su empresa", Oscar R. Orgallez, Revista "Lo mejor de hombre 84", México, Diciembre de 1988.

"La modernización en los perfiles del programa de gobierno 1988-1994", Revista Alto Nivel, México, Enero de 1989.

"Las maquinas del futuro, Regentes del universo ?", Patrick McGovern, Revista Ciencia y Desarrollo, México, Enero-Febrero de 1984.

"La educación en la era de la información", Enrique Calderon Alzati, Revista de Información Científica y Tecnológica, México, Junio de 1989.

"Ciencia, nuevas tecnologías y universidades", Silvia Bravo, Revista Ciencia y Desarrollo, México, Julio-Agosto de 1989.

"Modelos auditivos por computadora", Luis Sanchez Sandoval, Revista Ciencia y Desarrollo, México, Septiembre-Octubre de 1986.

"Visión por computadora", Jose C. Pineda Castillo, Revista Ciencia y Desarrollo, México, Septiembre-Octubre de 1985.

Principios básicos del curriculum, R. Tyler, Ed. Troquel, Buenos Aires, 1970.

La confección de objetivos para la enseñanza, R. Meger, Ed. Pax-Mex (AID), México, 1970.

El maestro y la enseñanza escolar, Pophan y Baker, Ed. Paidos, Buenos Aires, 1972.

Didáctica y curriculum, Angel Diaz Barriga, Ed. Nuevomar, México, 1989.

Robotics in practice, Engelberger, J. F., AMACOM, New York, 1980.

Robótica Industrial. Tecnología, Programación y aplicaciones. Mikell P. Groover, Mitchell Weiss, Roger N. Nagel y Nicholas G. Odrey, Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1989.

Curso de Robótica, J. Ma. Angulo y Rafael Aviles, Ed. Paraninfo, Madrid, 1985.

Brains, Behavior, and Robotics, J. S. Albus, BYTE Books, Peterborough, NH, 1981.

Robotics, Applications and Social Implications, R. U. Ayres y S. M. Miller, Ballinger, Cambridge, MA, 1983.

"The Household Robot: by 1993", Decade of Robotics, J. F. Engelberger, IFS Publications, Bedford, Inglaterra, 1983.

The Robotics Industry of Japan, Today and Tomorrow, Japan Industrial Robot Association, Fuji Corporation, Tokio, 1982.

Applications in Artificial Intelligence. Edited by Stephen J. Andiole. Ed. Petrocelli Books, Inc., Princeton, N.J., 1985.

Knowledge-Based Systems in A.I. Davis, Randell, Douglas, Lentat, Ed. McGraw-Hill.

"A framework for representing knowledge ", the Psychology of computer vision. M. Minsky, P.H. Winston, Ed. McGraw-Hill, 1975.

Artificial Intelligence. P. Winston, Ed. Addison-Wesley, 1984.

LISP. Winston, Patrick, Berthold Horn, Ed. Addison-Wesley, 1981.

The handbook of Artificial Intelligence, A. Barr, P. Cohen y E. Feigenba, William y Kaufmann, Los Altos, CA, 1981.

Artificial Visión for Robots, D. H. Ballard y C. M. Brown, Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

Cibernética del cerebro, Rolando Lara y Zavala, Ed. CECSA, México, 1987.

Computation finita and infinite Machines, Marvin L. Minsky, Prentice-Hall series in automatic computation, Englewood Cliffs, N.J., 1967.

Perceptual Structures and Distributed Motor Control. En: Handbook pf Physiology the nervous system. II., M. A. Arbib, Motor Control Brooks, V. B. Ed. American Physiological Society, Bethesda, 1981.

Segmentation, schems and cooperative computation. Studies in Mathematical Biology, M. A. Arbib, Levine, S., Ed., 1978.

Remembering, F. C. Bartlett, Cambridge University Press, 1932.

Matiere et memoire, H. Bergson, Presses Universitaires de France, Paris, 1970.

The working brain: an introduction to neuropsychology, A. R. Luria, Basic Books, Inc., Pub., New York, 1973.

Introducción a la epistemología genética. El pensamiento matemático, el pensamiento físico y el pensamiento biológico, psicológico y sociológico. J. Piaget, Paidós, Buenos Aires, 1975.

Artificial Vision for Robots. I. Aleksander (ed.), Chapman y Hall, New York, 1983.

Mathematical elements for computer graphics, Rogers, D.F. y Adams, J.A., Ed. McGraw-Hill, 1976.

Computer Vision, D. H. Ballard y C. M. Brown, Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

Cinématica de robots manipuladores, Iñigo R. y Angulo J.M., Mundo Electrónico, junio de 1973.

Robots manipulators: Mathematics, Programming and Control, Paul R.P., Then M.I.T. Press, 1981.

Kinematics, Statics and Dynamics of two-dimensional manipulators, B.K.P. Horn, Artificial Intelligence: An M.I.T. Perspective, M.I.T. Press, 1979.

On the control of mechanical manipulators, Lee, G.S., IFAC, junio, 1982.

Kinematics and mechanisms design, Suh, C.H. y Radcliffe, C.W., Ed. Wiley, 1978.

Industrial robots and robotics, E. Kafriksen y M. Stephans, Reston, 1984.

Vector mechanics for engineering, F. P. Beer y E. R. Johnson, Ed. McGraw-Hill, NY, 1977.

Camera geometry for robot visión, Thompson, Robotics age, abril 1981.

Telemetría láser, Martínez y Villoslada, Mundo electrónico, num. 130.

Ingeniería de control moderna, Katsuhiko Ogata, Ed. PHH Prentice Hall, México, 1980.

Transform methods in Linear system analysis, Aseltine, J.A., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Process Dynamics, Campbell, D.P., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1958.

Synthesis of optimum control systems, Chang, S.S.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1961.

Servomechanisms and regulation systems design, Chestnut, H., Mayer, R.W., Ed. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1959.

Non Linear control systems, Cosgriff, R.L., Ed. McGraw-Hill, NY, 1958.

Theory and application of Liapunov's direct method, Hahn, W., Ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1963.

Non Linear control systems, Thaler, G.J., Pastel, M.P., Ed. McGraw-Hill, NY, 1962.

Microprocesadores, cerebros para robots industriales, Revista Antena, junio, 1983.

Microcomputer based path control, Synder, W.E., Robotics Age, 1980.

On the control of mechanical manipulators, Lee, G.S., IFAC, junio, 1982.

Industrial robots: Computer interfacing and control, W.E. Snyder, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1985.

Programming Languages: Design & Implementation, Pratt.

A comparative study of robotic languages, Bonner y Shim, "Computer", diciembre 1982.

Automation, production systems and Computer aided manufacturing, Mikell P. Groover, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1980.

Engineering economy, A.J. Tarquin y L.T. Blank, Ed. McGraw-Hill, NY, 1976.

Engineering economy, G.J. Thuesen, W. Fabrycky y H.G. Thuesen, Ed. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1977.

Materials and processes in manufacture, Ed. McMillan, NY, 1984.

Processes and material of manufacture, R.A. Lindberg, Ed. Allyn and Bacon, Boston MA, 1983.

Product design and Process engineering, B.W. Niebel y A.B. Draper, Ed. McGraw-Hill, NY, 1974.

Design for assembly, Abdreasen, Kahler y Lund, IFS Publications Ltd, 1983.

Mechanized assembly, Boothroyd y Redford, Ed. McGraw-Hill, 1968.

Automation, Production systems, and Computer-Aided Manufacturing, M.P. Groover, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1980.

CAD-CAM: Computer-Aided design and manufacturing, M.P. Groover and E.W. Zimmers Jr., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.